



**Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Planeación Urbana y Regional**

Licenciatura en Ciencias Ambientales

**“Emisiones 2018-2021 de crematorios en la
ZMVT detectados por la RAMA”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES

**PRESENTA:
MARÍA FERNANDA RUIZ RUIZ**

DIRECTORES DE TESIS:
DRA. EN A. ANA MARCELA GÓMEZ HINOJOS
DR. EN E. P. JERÓNIMO AMADO LÓPEZ ARRIAGA

Toluca de Lerdo, Estado de México; Junio, 2023

Índice

Índice.....	2
Agradecimientos.....	13
Resumen	14
Abstract	15
Introducción.....	16
Justificación.....	20
Planteamiento del problema.....	20
Objetivo general	20
Objetivos particulares.....	21
Hipótesis.....	21
Metodología.....	22
1.1 Casos internacionales	25
1.2 Casos nacionales	35
2.1 Atmósfera	39
2.1.1 Composición química de la atmósfera	39
2.2 Contaminación atmosférica	40
2.2.1 Tipos de contaminantes.....	40
2.2.1.1 Clasificación según la fuente	40
2.2.1.1.1 Contaminantes primarios	40
2.2.1.1.2 Contaminantes secundarios.....	42
2.2.1.2 Clasificación por su origen.....	43
2.2.1.3 Contaminantes criterio.....	44
2.2.1.3.1 Monóxido de carbono.....	44
2.2.1.3.2 Óxidos de nitrógeno	45
2.2.1.3.3 Óxidos de azufre	45
2.2.1.3.4 Ozono.....	46
2.2.1.3.5 Material particulado menores a 10 micras.....	46
2.2.1.3.6 Material particulado menores a 2.5 micras.....	46
2.2.1.3.7 Carbono negro	46
2.2.1.4 Contaminantes tóxicos	47
2.2.1.5 Contaminantes biológicos.....	47
2.3 Red automática de monitoreo atmosférico	47
2.4 Cremación	49

2.4.1 Origen de la cremación.....	49
2.4.1.1 Edad media.....	50
2.4.1.2 Era moderna	50
2.4.2 Pira funeraria	50
2.4.3 Apreciaciones religiosas de la cremación	51
2.4.3.1 Cristianismo	51
2.4.3.2 Judaísmo	51
2.4.3.3 Religión mormona.....	52
2.4.3.4 Budismo.....	52
2.5 Tipos de cremación	52
2.5.1 Cremación basada en fuego.....	52
2.5.2 Cremación por disolución química.....	52
2.5.3 Cremación por promoción.....	53
2.6 Categorías de cremación	53
2.6.1 Cremación de cadáveres humanos	53
2.6.1.1 Cremación individual	53
2.6.1.2 Cremación colectiva	53
2.6.2 Cremación de animales	54
2.7 Horno crematorio	54
2.8 Proceso de cremación	55
2.9 Manejo de cadáveres por COVID-19	56
	58
3.1 Localización y conformación de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca	59
3.2 Características naturales	61
3.2.1 Orografía y relieve	61
3.2.2 Clima.....	62
3.2.2.1 Épocas climatológicas	63
3.2.3 Meteorología	64
3.2.4 Dinámica de vientos.....	64
3.3 Características socioeconómicas	65
3.3.1 Sistema territorial	66
3.3.1.1 Dinámica poblacional.....	66
3.3.2 Actividades económicas	67

3.3.2.1 Actividades del sector primario	68
3.3.2.2 Actividades del sector secundario	68
3.3.2.3 Actividades del sector terciario	70
3.3.3 Vías de comunicación.....	70
3.3.4 Usos del suelo	71
3.4 Toluca	72
3.4.1 Contexto natural.....	72
3.4.2 Contexto socioeconómico	72
3.4.3 Vías de comunicación.....	73
3.4.4 Usos de suelo.....	74
3.5 Metepec	74
3.5.1 Contexto natural.....	74
3.5.2 Contexto socioeconómico	75
3.5.3 Vías de comunicación.....	76
3.5.4 Usos de suelo	77
3.6 Calimaya	77
3.6.1 Contexto natural.....	77
3.6.2 Contexto socioeconómico	79
3.6.3 Vías de comunicación.....	79
3.6.4 Usos del suelo	80
4.1 Normatividad internacional en tema de cremación	83
4.1.1 Colombia y cremaciones.....	83
4.1.1.1 Resolución 909 del 5 de junio de 2008.....	83
4.2 Normatividad nacional en tema de cremación	84
4.2.1 Normas Ambientales para el distrito federal para equipos de cremación	84
4.2.2 Ley General de salud en materia de cremación e inhumación de restos humanos y animales.....	85
4.2.3 Reglamento de Ley General de Salud en materia de control sanitario de la disposición de órganos, tejidos y cadáveres de seres humanos.	86
4.3 Normatividad nacional en tema de servicios funerarios	87
4.3.1 Normas Oficiales Mexicanas para servicios funerarios	87
4.4 Normatividad local en tema de servicios de panteones	88
4.4.1 Código reglamentario municipal de Toluca	88

4.5 Normatividad internacional en tema de calidad del aire	89
4.5.1 Guías de calidad del aire de la OMS	89
4.5.2 Norma ambiental de calidad del aire NA-AI-001-03 de República dominicana	89
4.5.3 Norma ambiental para el control de las emisiones contaminantes provenientes de fuentes fijas NA-AI-002-03 de República Dominicana.....	90
4.6 Normatividad nacional en tema de calidad del aire	91
4.6.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.....	91
4.6.2 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.....	91
4.4.3 Normas Oficiales Mexicanas.....	92
4.4.3.1 Normas Oficiales Mexicanas para la calidad del aire	92
4.4.3.2 Normas Oficiales Mexicanas para contaminantes criterio	93
5.1 Delimitación de la zona de estudio	97
5.2 Cremaciones	105
5.2.1 Cremación de adultos	105
5.2.1.1 Cremación de adultos en el año 2018	105
5.2.1.2 Cremación de adultos en el año 2019	107
5.2.1.3 Cremación de adultos en el año 2020	109
5.121.4 Cremación de adultos en el año 2021	111
5.2.1.5 Cremaciones totales de adultos.....	113
5.2.2 Cremación de niños	115
5.2.2.1 Cremación de niños en el año 2018	115
5.2.2.2 Cremación de niños en el año 2019	117
5.2.2.3 Cremación de niños en el año 2020	119
5.2.2.4 Cremación de niños en el año 2021	121
5.2.2.5 Cremaciones totales de niños.....	123
5.2.3 Cremación de restos áridos humanos	124
5.2.3.1 Cremación de restos áridos en el año 2018	125
5.2.3.2 Cremación de restos áridos en el año 2019	127
5.2.3.3 Cremación de restos áridos en el año 2020	129
5.2.3.4 Cremación de restos áridos en el año 2021	131
5.2.3.5 Cremaciones totales de restos áridos.....	133
5.2.4 Cremaciones totales 2018-2021	135
5.3 Contaminantes	136

5.3.1 Concentraciones de CO.....	137
5.3.2 Concentraciones de NO ₂	138
5.3.3 Concentraciones de SO ₂	139
5.3.4 Concentraciones de partículas PM ₁₀	140
5.3.5 Concentraciones de partículas PM _{2.5}	141
5.3.6 Concentraciones de O ₃	142
5.4 Estación de monitoreo Ceboruco vs Cremaciones	143
5.5 Dirección de los vientos y arrastre de contaminantes	153
6.1 Recomendaciones	167
Bibliografía	168

Índice de Tablas

Capítulo 2. Marco conceptual

Tabla 2.1. Gases en la atmósfera	39
Tabla 2.2. Contaminantes primarios.....	41
Tabla 2.3. Contaminantes secundarios	42
Tabla 2.4. Contaminantes naturales y antropogénicos.....	43
Tabla 2.5. Contaminantes criterio medidos por la RAMA-ZMVT	47
Tabla 2.6. Estaciones de monitoreo atmosférico de la RAMA-ZMVT.....	48

Capítulo 3. Marco contextual

Tabla 3.1. Municipios de la ZMVT	60
Tabla 3.2.1. Elevaciones en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca	62
Tabla 3.3.1.1. Población de los municipios de la ZMVT	67
Tabla 3.3.2.2. Número de unidades económicas en los municipios de la ZMVT ..	69

Capítulo 4. Marco normativo

Tabla 4.1.1.1. Artículos Resolución 909 sobre fuentes fijas	83
Tabla 4.2.1 NADF-017-AIRE-2017 Equipos de cremación e incineración	84
Tabla 4.2.2 Ley General de salud en materia de cremación e inhumación de restos humanos y animales.....	85
Tabla 4.2.3 Reglamento de la Ley General de Salud en materia de control sanitario de la disposición de órganos, tejidos y cadáveres de seres humanos.	86
Tabla 4.3.1 NOM-036-SCFI-2016 Prácticas de servicios funerarios	87
Tabla 4.4.1 Código reglamentario municipal de Toluca	88
Tabla 4.5.2 Estándares de los límites máximos permisibles para contaminantes .	90
Tabla 4.4.2 Capítulo II de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	92
Tabla 4.4.3.1 NOM-172-SEMARNAT-2019 Lineamientos para la obtención y comunicación del índice de calidad del aire y riesgos a la salud.....	93
Tabla 4.4.3.2 Normas Oficiales Mexicanas para contaminantes criterio	94

Capítulo 5. Resultados y observaciones

Tabla 5.1. Estaciones de monitoreo de la ZMVT	97
---	----

Tabla 5.1.1 Comparativa de crematorios por la Dirección de Medio Ambiente y la Subdirección de Normatividad Sanitaria.....	100
Tabla 5.2.1.1 Cremaciones de adultos en el año 2018 por mes	105
Tabla 5.2.1.2 Cremaciones de adultos en el año 2019 por mes	107
Tabla 5.2.1.3 Cremaciones de adultos en el año 2020 por mes	109
Tabla 5.2.1.4 Cremaciones de adultos en el año 2021 por mes	111
Tabla 5.2.1.5 Total de cremaciones de adultos en el periodo 2018-2021	113
Tabla 5.2.2.1 Cremaciones de niños en el año 2018 por mes	115
Tabla 5.2.2.2 Cremaciones de niños en el año 2019 por mes	117
Tabla 5.2.2.3 Cremaciones de niños en el año 2020 por mes	119
Tabla 5.2.2.4 Cremaciones de niños en el año 2021 por mes	121
Tabla 5.2.2.5 Total de cremaciones de niños en el periodo 2018-2021	123
Tabla 5.2.3.1 Cremaciones de restos áridos en el año 2018 por mes.....	125
Tabla 5.2.3.2 Cremaciones de restos áridos en el año 2019 por mes.....	127
Tabla 5.2.3.3 Cremaciones de restos áridos en el año 2020 por mes.....	129
Tabla 5.2.3.4 Cremaciones de restos áridos en el año 2021 por mes.....	131
Tabla 5.2.3.5 Total de cremaciones de restos áridos en el periodo 2018-2021 ..	133
Tabla 5.4.1 Emisiones por cuerpo humano	143
Tabla 5.4.2 Emisiones por crematorio	144
Tabla 5.4.3 Comparativa RAMA-ZMVT vs Cremaciones	147

Índice de imágenes

Imágen 1.	Metodología de la investigación.....	22
Imágen 2.	Etapas del proceso de cremación humana.....	55
Imágen 3.	Mapa de la República Mexicana.....	59
Imágen 4.	Dirección de los Vientos en la ZMVT.....	65
Imágen 5.	Vías de comunicación dentro de la ZMVT.....	71
Imágen 6.	Base de datos velocidad de vientos.....	153
Imágen 7.	Exportación de la base de datos a QGis.....	154
Imágen 8.	Capa de puntos.....	155
Imágen 9.	Resultado capa de puntos.....	155
Imágen 10.	Cambio de simbología en capa de puntos.....	156
Imágen 11.	Velocidad dentro del marcador.....	157
Imágen 12.	Resultado final del mapa de dirección de vientos.....	158
Bibliografía.....		168

Índice de Mapas

Capítulo 3

Mapa 3.1 Mapa de localización de la ZMVT.....	61
Mapa 3.2 Vías de comunicación zona centro del municipio de Toluca	73
Mapa 3.3 Usos de suelo en el municipio de Metepec	75
Mapa 3.4 Vías de comunicación municipio de Metepec.....	77
Mapa 3.5 Tipos de Climas en la ZMVT	78
Mapa 3.6 Vías de comunicación municipio de Calimaya.....	80

Capítulo 5

Mapa 5.1. Geolocalización de las Estaciones de Monitoreo Atmosférico RAMA-ZMVT 2017.....	98
Mapa 5.2 Geolocalización de las nuevas estaciones de monitoreo atmosférico en la ZMVT.....	99
Mapa 5.3 Ubicación de los crematorios en la ZMVT	101
Mapa 5.4 Radios de influencia de las estaciones de monitoreo de la ZMVT	102
Mapa 5.5 Localización de la Estación Ceboruco.....	103
Mapa 5.6 Elevaciones en los municipios de la ZMVT	104
Mapa 5.7 Dirección de los vientos periodo febrero 2021.....	159
Mapa 5.8 Dirección de los vientos periodo mayo 2020	160
Mapa 5.9 Dirección de los vientos periodo junio 2020	161

Índice de Gráficos

Gráfico 5.2.1.1 Cremaciones de adultos en el año 2018 por mes en valores...	106
Gráfico 5.2.1.1 Cremaciones de adultos en el año 2018 por mes en porcentaje.....	107
Gráfico 5.2.1.2 Cremaciones de adultos en el año 2019 por mes en valores...	108
Gráfico 5.2.1.2 Cremaciones de adultos en el año 2019 por mes en porcentaje.....	109
Gráfico 5.2.1.3 Cremaciones de adultos en el año 2020 por mes en valores...	110
Gráfico 5.2.1.3 Cremaciones de adultos en el año 2020 por mes en porcentaje.....	111
Gráfico 5.2.1.4 Cremaciones de adultos en el año 2021 por mes en valores...	112
Gráfico 5.2.1.4 Cremaciones de adultos en el año 2020 por mes en porcentaje.....	113
Gráfico 5.2.1.5 Total de cremaciones de adultos en el periodo 2018-2021 en valores.....	114
Gráfico 5.2.2.1 Cremaciones de niños en el año 2018 por mes en valores.....	116
Gráfico 5.2.2.1 Cremaciones de niños en el año 2018 por mes en porcentaje.....	116
Gráfico 5.2.2.2 Cremaciones de niños en el año 2019 por mes en valores.....	118
Gráfico 5.2.2.2 Cremaciones de niños en el año 2019 por mes en porcentaje.....	118
Gráfico 5.2.2.3 Cremaciones de niños en el año 2020 por mes en valores.....	120
Gráfico 5.2.2.3 Cremaciones de niños en el año 2020 por mes en porcentaje.....	120
Gráfico 5.2.2.4 Cremaciones de niños en el año 2021 por mes en valores.....	122
Gráfico 5.2.2.4 Cremaciones de niños en el año 2021 por mes en porcentaje.....	122
Gráfico 5.2.2.5 Total de cremaciones de niños en el periodo 2018-2021 en valores.....	124
Gráfico 5.2.3.1 Cremaciones de restos áridos en el año 2018 por mes en valores.....	126
Gráfico 5.2.3.1 Cremaciones de restos áridos en el año 2018 por mes en porcentaje.....	126
Gráfico 5.2.3.2 Cremaciones de restos áridos en el año 2019 por mes en valores.....	128
Gráfico 5.2.3.2 Cremaciones de restos áridos en el año 2019 por mes en porcentaje.....	128
Gráfico 5.2.3.3 Cremaciones de restos áridos en el año 2020 por mes en valores.....	130
Gráfico 5.2.3.3 Cremaciones de restos áridos en el año 2020 por mes en porcentaje.....	130

Gráfico 5.2.3.4 Cremaciones de restos áridos en el año 2021 por mes en valores.....	132
Gráfico 5.2.3.4 Cremaciones de restos áridos en el año 2018 por mes en porcentaje.....	132
Gráfico 5.2.3.5 Total de cremaciones de restos áridos en el periodo 2018-2021 en valores.....	134
Gráfico 5.2.4 Cremaciones totales 2018-2021.....	135
Gráfico 5.3.1 Promedio de concentraciones de CO.....	137
Gráfico 5.3.2 Promedio de concentraciones de NO ₂	138
Gráfico 5.3.3 Promedio de concentraciones de SO ₂	139
Gráfico 5.3.4 Promedio de concentraciones de PM ₁₀	140
Gráfico 5.3.5 Promedio de concentraciones de PM _{2.5}	141
Gráfico 5.3.6 Promedio de concentraciones de O ₃	142
Gráfico 5.4 CO vs cremaciones.....	148
Gráfico 5.4.1 NO ₂ vs cremaciones.....	149
Gráfico 5.4.2 SO ₂ vs cremaciones.....	150
Gráfico 5.4.3 PM ₁₀ vs cremaciones.....	151
Gráfico 5.4.4 PM _{2.5} vs cremaciones.....	152

Agradecimientos

Gracias a mis papás por todo el apoyo y cariño que me han dado, es un privilegio el ser su hija sin importar nada. Hoy concluyo mis estudios profesionales, que se ven reflejados y plasmados dentro de este trabajo que tanto orgullo me ha generado y sé que a ustedes también los llenará de orgullo al ver a su pequeña lograrlo. Este triunfo vale la pena compartirlo y con quien mejor que con ustedes, y con aquellas personas que han creído en mí y en mis locuras. Los amo mucho mamá y papá, este logro también es suyo.

Gracias a mis hermanos por siempre ser uno de mis más grandes apoyos, que, a pesar de ser tan diferentes y de poder tener diferentes puntos de vista tenemos algo en común, siempre nos hemos apoyado cuando se trata de nosotros. Gracias por creer en mí, de cuidarme en todos los sentidos, y sobre todo por impulsarme a ser mejor cada día. Los quiero mucho hoy y siempre, y deseo que logremos todo lo que nos hemos propuesto.

Gracias a mis abuelitos por el apoyo incondicional que siempre han tenido no solo conmigo, sino con los tres en cada momento de nuestras vidas, por siempre estar ahí cuando los necesitamos, por esa emoción cada que logramos algo por más mínimo que sea. Este triunfo también es para ustedes, al ver a una de sus nietas lograr sus objetivos, También por ustedes soy la persona que soy en este momento, gracias por tanto cariño, tanta motivación. Los quiero mucho.

Gracias a mis perros Michelin, Chamaco, Bartolo y Tomás por ser mis bebés por darme su cariño perruno y ser parte de la familia.

Gracias a mi precioso novio y amigos que han estado conmigo no solo desde que iniciamos con esta aventura llamada carrera universitaria, sino también antes, gracias por esos momentos inolvidables de risas, de estrés, angustia y sobre todo por el cariño tan grande que me han dado a lo largo de este tiempo. Siempre tendrán un lugar en mi corazón no importa lo que nos depare la vida, siempre seremos colegas. Los adoro.

Gracias a mis revisores, el Dr. Jorge Tapia Quevedo y el M. Tomás Ángel Bernal Dávila por sus observaciones que ayudaron a mejorar el trabajo de investigación realizado.

Gracias a mis directores de Tesis, la Dra. Ana Marcela Gómez Hinojos y al Dr. Jerónimo Amado López Arriaga, por haber estado en todo el proceso de elaboración de este trabajo, por todo su apoyo, enseñanza y comprensión. Por nunca dudar de mi capacidad y siempre alentarme a seguir adelante.

Resumen

Dentro de este trabajo de investigación se desarrolló el tema de las cremaciones como fuente de contaminación atmosférica dentro de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, lo que. El objetivo principal de la investigación es asociar y analizar la dirección y dirección de los vientos con las emisiones atmosféricas por cremaciones con los valores de las emisiones detectadas por la estación de monitoreo Ceboruco durante el periodo 2018-2021 en la Ciudad de Toluca, mediante una recopilación de registros de contaminantes criterio obtenidos por la Red Automática de Monitoreo Atmosférico así como del número de cremaciones obtenidos del Centro de Incineración ISSSTE, del mismo modo se realizó una depuración y análisis estadístico de las variables, con el propósito de identificar si existía una relación entre los tres factores, de este modo su comportamiento a lo largo del periodo 2018-2021 en una perspectiva pre pandemia, durante la pandemia y post pandemia por COVID-19, y como esto podría afectar en la calidad del aire de la zona al igual que en la salud de la población aledaña al crematorio.

En los resultados se pudo representar la relación a través del tiempo de la tendencia de los contaminantes criterio en comparación con la tendencia del número de cremaciones, pudiendo ser captadas por la estación de monitoreo Ceboruco en ciertos meses, demostrando que existe relación entre ambas variables. Sin embargo, también se encontró algunas inconsistencias en los registros debido a la alza en contaminantes a pesar de los bajos números de cómo es el caso del mes de febrero 2021, dando como resultado que esta condición se debía debido a que en esos meses del año la dirección de los vientos iba del lado contrario a la estación de monitoreo lo que hacía que no se registraran las emisiones de esos meses particularmente.

Abstract

Within this research work the topic of cremations as a source of air pollution within the Metropolitan Zone of Toluca Valley was developed, which. The main objective of the research is to associate and analyze the direction and direction of winds with atmospheric emissions from cremations with the values of emissions detected by the Ceboruco monitoring station during the period 2018-2021 in the City of Toluca, through a compilation of records of criteria pollutants obtained by the Automatic Atmospheric Monitoring Network as well as the number of cremations obtained from the ISSSTE Incineration Center, In the same way, a purification and statistical analysis of the variables was performed, with the purpose of identifying if there was a relationship between the three factors, thus their behavior throughout the period 2018-2021 in a pre-pandemic, during the pandemic and post-pandemic perspective by COVID-19, and how this could affect the air quality of the area as well as the health of the population surrounding the crematorium.

The results showed the relationship over time of the trend of criteria pollutants compared to the trend of the number of cremations, which could be captured by the Ceboruco monitoring station in certain months, demonstrating that there is a relationship between the two variables. However, some inconsistencies were also found in the records due to the increase in pollutants in spite of the low numbers, as in the case of the month of February 2021, resulting that this condition was due to the fact that in those months of the year the direction of the winds was on the opposite side of the monitoring station, which meant that the emissions of those months in particular were not recorded.

Introducción

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2018), la contaminación del aire es la presencia de agentes físico, químicos y biológicos en el ambiente, provocando una alteración dentro de las características naturales en la atmósfera, así como problemas en la salud debido a que esta puede causar enfermedades respiratorias agudas y crónicas, cardiopatías, y cáncer de pulmón en la población. Como menciona las Naciones Unidas (2020), el problema de la contaminación que se vive en las ciudades está estrechamente vinculada con el cambio climático, siendo ambos consecuencia de la combustión de combustibles fósiles, los cuales incrementan las concentraciones de dióxido de carbono (CO_2).

Para ello, el Estado de México cuenta con la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Zona metropolitana del Valle de Toluca el cual fue fundado en el año de 1992 arrancando sus operaciones hasta el año de 1993, contando actualmente con 9 estaciones de monitoreo en diferentes municipios de la zona metropolitana, las cuales tienen como objetivo medir la tendencia de los 6 contaminantes criterio monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2), ozono (O_3), partículas suspendidas $\text{PM}_{2.5}$ y partículas suspendidas PM_{10}) a lo largo del tiempo (Secretaría de Medio Ambiente, 2021).

El concepto de cremación ha sido establecido como el método de destrucción del cuerpo humano por medio de altas temperaturas dentro de un horno crematorio, lo cual puede ser reducido a cenizas. La cremación aparece en la época de Bronce, donde los griegos realizaban esta práctica ya que se creía que con la cremación se purificaba el alma y se desprendía de su forma terrenal; para la edad media esta práctica únicamente se utilizaba como medio de castigo para aquellas personas consideradas como herejes cremándolas en vida en la hoguera. En el año de 1963 el Papa Paulo VI prohibió la cremación como acto hereje dentro de la iglesia católica; no fue hasta el año de 1966 que permitió que los sacerdotes oficiaran ceremonias religiosas posteriores a la cremación de las personas. A lo largo de la historia, la cremación ha tenido muchas interpretaciones de acuerdo con la región donde realizaran este acto, a las creencias religiosas, algunos países o religiones prohíben completamente la cremación como acto de disposición final de sus difuntos por considerarlo un acto inhumado, algunos por la historia detrás de esta actividad, otros han tenido que recurrir a ella por falta de espacio o por protocolo epidemiológico, poniendo así a la cremación como una práctica habitual dentro de la sociedad.

El objetivo del presente trabajo es analizar la dirección y dirección de los vientos, para poder así, asociarlos con las emisiones atmosféricas emitidas por las cremaciones del Centro de Incineración ISSSTE, así como con los valores de las emisiones detectadas por la Red Automática de Monitoreo Atmosférico en un periodo de tiempo tomando como referencia del año 2018 al 2021.

La primera parte del proyecto se enfoca a definir el rumbo del trabajo tomando como referencia el esquema de investigación, precisar de manera más clara el planteamiento del problema, y el cómo se justificaría aquel problema social/ambiental, definir los objetivos que queremos alcanzar dentro del trabajo que lleguen a un resultado concreto, coherente y significativo para poder servir de referencia en futuras investigaciones. En el capítulo 1 se desarrollaron los antecedentes yendo de lo internacional a lo nacional, buscando en diferentes fuentes de consulta trabajos que fueran relevantes o que contribuyeran al enriquecimiento de la estructura del trabajo.

En el capítulo 2 trabajó en el marco conceptual siguiendo el esquema de lo general a lo particular, tomando como punto de partida el concepto de atmósfera como tema principal para comprender la problemática de la contaminación atmosférica y todos los componentes detrás de ella; como segundo punto se encuentra la definición y descripción de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico como herramienta para la obtención de datos relacionados con los contaminantes criterios y factores meteorológicos. Así mismo, se aborda el tema de la cremación comenzando con conceptos generales, la historia de esta, tipos, clasificación, entre otros elementos. Dentro del capítulo 3 se describe el marco contextual, donde se desarrolla la localización y caracterización física/social de la zona de estudio para poder comprender como se comporta el entorno en relación con la contaminación atmosférica proveniente de las cremaciones. En el mismo orden de ideas se encuentra el capítulo 4, el cual aborda el marco normativo concentrando normatividad internacional, nacional y local referente a contaminación atmosférica y cremaciones.

Por su parte, en el capítulo 5 se presentan los resultados y observaciones en donde se realizó la tabulación y representación gráfica de la tendencia tanto de los contaminantes criterio captados por la RAMA como de las cremaciones registradas en el Centro de Incineración ISSSTE, a consecuencia de esto, se llevó a cabo la relación de estos dos componentes para poder identificar si existía una relación entre ambas variables que pudiera ser significativa para la presente investigación. Por último, se presentó el apartado número 6 con las conclusiones que generan gracias a la investigación realizada para poder así entender de manera más amplia

el tema de la cremación no solo como una práctica de disposición final para cuerpos tanto humanos como para mascotas utilizada desde tiempos remotos en toda la historia hasta la actualidad, sino también en su comportamiento como fuente generadora de contaminación atmosférica debido a los componentes arrojados de la incineración.

Esquema de investigación



Justificación

La emisión al aire de sustancias peligrosas en un porcentaje que excede los límites de la capacidad de los procesos naturales para transformarlos genera afectaciones a la salud de los seres humanos y del ambiente; las emisiones generadas por los crematorios en forma de humo y polvo al estar dentro de las zonas urbanas son percibidas por los vecinos, como emisiones que resultan desagradables. Durante la pandemia por Covid-19 se tiene conocimiento que las cremaciones incrementaron por lo que todas sus emisiones debieron hacer lo mismo. Hacer la detección de los contaminantes emitidos por los crematorios a través de las estaciones de monitoreo de la RAMA permitirá acceder a una nueva línea de investigación que posibilite dimensionar la problemática existente.

Planteamiento del problema

Los procesos de cremación implican emisiones de contaminantes atmosféricos tipo criterio y otros, como lo son el material particulado fracción respirable; dependen de dos factores importantes, el diseño del crematorio, así como de las características de la persona a cremar. Derivado de la pandemia por Covid-19 se presume que el número de cremaciones en los años previos a esta eran menores, durante la pandemia se incrementaron y un año después se redujeron. Por lo que, a mayor número de cremaciones derivadas de las muertes por la pandemia Covid-19, el número de emisiones se verá incrementado en los valores de los contaminantes criterio y material particulado fracción respirable. Resulta importante encontrar estaciones de monitoreo atmosférico que puedan detectar por su cercanía a un crematorio los contaminantes emitidos y permitan analizar si el aumento de las concentraciones de los contaminantes criterio detectados por la RAMA se encuentran relacionados con el aumento de las cremaciones durante la pandemia por COVID-19 en el mismo periodo de tiempo.

Objetivo general

El objetivo del presente trabajo es identificar y geolocalizar las fuentes de emisión de crematorios y las estaciones de monitoreo en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, que detecten los contaminantes emitidos y elaborar una relación entre ellos.

Objetivos particulares

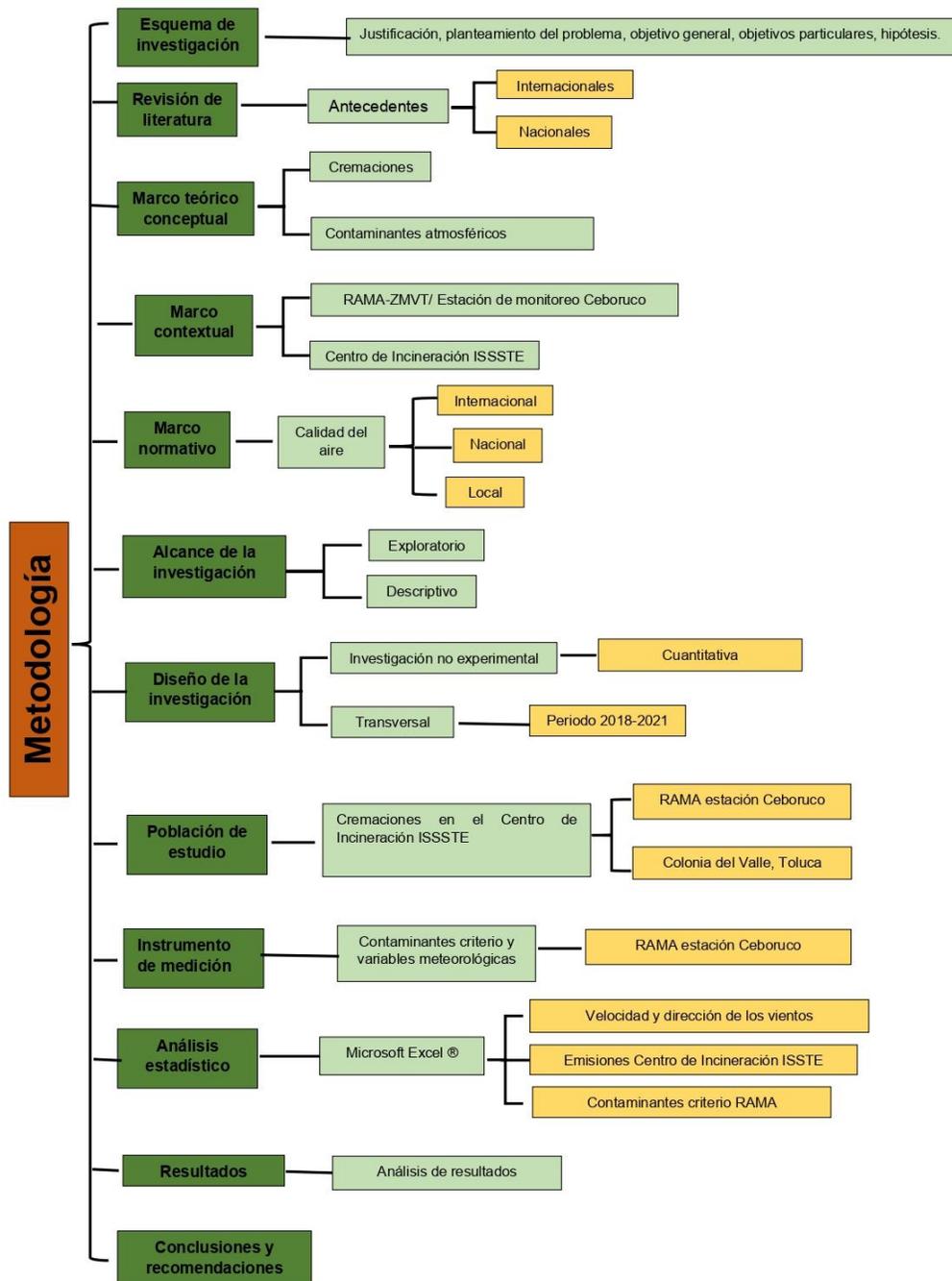
- Recopilar información para construir los antecedentes como referencia al tema de las emisiones provenientes de las cremaciones humanas.
- Elaborar el marco conceptual y de referencia definiendo los temas abordados en esta investigación.
- Integrar el marco normativo vigente desde una perspectiva internacional, nacional y local referente a las fuentes fijas y a las cremaciones.
- Definir, geolocalizar y realizar las presentaciones cartográficas de la zona de estudio y el área de influencia de la estación de monitoreo atmosférico Ceboruco, así como del Centro de Incineración ISSSTE.
- Recabar, analizar y comparar la información al respecto de las cremaciones en el periodo 2018-2021 en el Centro de Incineración ISSSTE.
- Analizar con base en los datos registrados por la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT, las concentraciones de los contaminantes criterio detectadas por la estación de monitoreo atmosférico Ceboruco de forma mensual y anual en el periodo 2018-2021.
- Elaborar el análisis de la información recabada generar conclusiones y recomendaciones finales.

Hipótesis

En la hipótesis del presente trabajo se plantea que a mayor número de cremaciones, las emisiones de los contaminantes criterio aumentarán y éstas serán detectadas por la estación de monitoreo Ceboruco de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico.

Metodología

Imágen 1. Metodología de la investigación



Fuente: Elaboración propia.

La presente investigación es exploratoria, ya que de acuerdo con Hernández y Mendoza (2018), se basa en un problema poco estudiado, en este caso las características de las cremaciones humanas en los municipios de Toluca, Metepec y Calimaya como agente nocivo para el medio ambiente y la salud de la población. Por otra parte, presenta un alcance descriptivo ya que especifica las propiedades y características de un fenómeno en un contexto determinado, así mismo, cuantifica y muestra las dimensiones de un fenómeno o problema.

Como Hernández y Mendoza (2018) señalan en su libro “Metodología de la investigación”, se determinó que el diseño de la investigación fue de carácter no experimental, ya que no se realizó la manipulación de variables, solo se observaron los fenómenos dentro de su ambiente en la zona de estudio, se realizó la recopilación, procesamiento y análisis de los datos reportados por el Centro de Incineración ISSSTE en el periodo 2018-2021, y por la RAMA-ZMVT.

También se consideró un diseño transversal comparativo, ya que primero se realizaría una recolección de datos sobre la dirección y velocidad de los vientos, así como del número de cremaciones obtenidas del centro de incineración. Se compararían los datos obtenidos para determinar si existe una relación entre ambas variables en un tiempo único que es el periodo 2018-2021.

La población de estudio para la presente investigación se constituye por las cremaciones registradas por el Centro de Incineración ISSSTE, junto con las bases de datos reportadas por la RAMA-ZMVT en específico con la estación de monitoreo Ceboruco, las cuales contienen los datos de las concentraciones diarias de seis contaminantes criterio: dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), ozono (O_3), material particulado menor a 10 micras (PM_{10}) y material particulado menor a 2.5 micras ($\text{PM}_{2.5}$).

El instrumento de medición de la investigación se realizó a través de los contaminantes criterio y de las variables meteorológicas obtenidas por la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca específicamente de la estación de monitoreo Ceboruco. Donde el análisis estadístico se lleva a cabo por medio de la aplicación de hoja de cálculo Microsoft Excel® concentrando los datos de la velocidad y dirección de los vientos, las emisiones del crematorio y contaminantes criterio de la RAMA-ZMVT.

Capítulo 1.

Antecedentes



En este capítulo se abordarán algunos de los trabajos que se han realizado con relación a las emisiones de contaminantes atmosféricos resultado de cremaciones humanas. El abordaje se hará contemplando los casos internacionales y nacionales que resalten la importancia de estudiar las emisiones de los crematorios como una fuente de contaminación y riesgo a la salud de la población.

1.1 Casos internacionales

De acuerdo con Wang et al. (2003), en 1977 se descubrieron los dibenzofuranos policlorados (PCDF) y los dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD) como resultado de la combustión de diversas fuentes, entre las que resaltan residuos municipales, industriales y cremaciones de cuerpos, siendo estas últimas una fuente de contaminación atmosférica importante y de las cuales se han realizado pocos estudios. Los malos olores y las partículas suspendidas provenientes de los crematorios pueden causar problemas en la salud de los pobladores. Actualmente, el número de cremaciones en Taiwán ha aumentado, en el año 2000 se presentó un 66.9% de incineraciones, mientras que en el 2005 se incrementó a 85.0%. Este estudio fue realizado en el sur de Taiwán, analizando dos crematorios de la zona con un funcionamiento similar, midiendo las concentraciones de PCDF y PCDD en zonas rurales, residenciales e industriales; ambos crematorios contaban con las mismas condiciones, con una cámara primaria y otra secundaria, el crematorio 1 no contaba con ningún control de contaminación atmosférica, mientras que el crematorio 2 almacenaba un filtro de agitación automática, mediante los cuales se tomaron tres muestras con duración de dos horas y media cada una. Como resultado de la investigación se pudo resaltar que en el crematorio 1 las emisiones fueron de 74.6 μ de emisiones totales de PCDD/f, mientras que para el crematorio 2 presento 33.3 μ ; de la misma forma, para el crematorio 1 se presentaron 13.6 μ de emisiones totales I-TEQ (equivalentes de toxicidad), en tanto el crematorio 2 presento 6.11 μ ; además, se arrojó que los crematorios emitían una cantidad de 0.838 g de equivalentes tóxicos (I-TEQ) al año, siendo esto un punto clave para comenzar a adoptar estrategias de control para la eliminación de las emisiones de PCDD generadas por los crematorios tanto de Taiwán como de otros países.

Por su parte Montenegro (2005), en su informe sobre el impacto ambiental y sanitario de los hornos crematorios, realizó dentro de la comunidad de Villa Allende, Argentina un estudio para proporcionar información a vecinos y autoridades de la zona acerca de los efectos ambientales y sanitarios de las cremaciones. De la misma manera, se resalta que los contaminantes arrojados durante el funcionamiento de un horno crematorio pueden ser equivalentes a la descarga de emisiones por parte de un incinerador industrial; donde las emisiones que destacan

fueron descargas de mercurio, plomo, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$, etc. Todas las emisiones se atribuyen a fallas en el sistema de control de contaminación, a la pérdida del aire de combustión, pérdida de combustible, falta de atomización y falta de llama dentro del horno. Destacando que las emisiones provenientes de hornos crematorios se deben ajustar al Convenio de Estocolmo para controlar este tipo de emisiones.

Santarsiero et al. (2005), informaron acerca de los resultados arrojados del programa de pruebas sobre las emisiones de un horno crematorio en Italia, estudiando los parámetros establecidos por las normas de la región de estudio. Mencionan que el tiempo que se requiere para completar la cremación varía entre una hora y media a tres horas, dependiendo del peso, el material y el tamaño del ataúd, además del peso, la edad y las condiciones de los cadáveres. El crematorio estudiado contaba con un sistema de limpieza de los gases de combustión, el intercambiador de calor se situaba después de la segunda cámara del horno lo cual redujo la temperatura de combustión de $800^{\circ}C$ a $200^{\circ}C$; además, se encontraba el paquete de dosificación, en el cual se introducía una mezcla de carbón activo y cal; el proceso de filtración con el tiempo produce la caída de partículas, y como último paso dentro de este proceso las partículas pasan a través del filtro de mangas el cual limpia los gases de combustión para ser liberados a la atmósfera a través de la chimenea. Al finalizar la cremación, los autores encontraron que las emisiones de mercurio, que iban entre 0.003 y 0.300 mg/m^3 siendo el límite máximo permisible de 0.05 mg/m^3 , se encontraban fuera de norma. Respecto a las emisiones de dibenzodioxinas y dibenzofuranos policlorados (PCDD/fs), se detectó un incremento significativo de emisiones arrojando valores de 1 ng/m^3 con respecto a los límites permisibles de 0.1 ng/m^3 , por lo que recomendaron establecer normas sobre los tipos de materiales con los que son fabricados los ataúdes para reducir el impacto de las emisiones durante en proceso de incineración.

Dentro de la Región Metropolitana del Valle de Aburrá, Colombia, Gil (2010), dio a conocer la resolución 909 del 2008, que propuso el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia, esta resolución establece las normas y estándares de emisiones atmosféricas contaminantes permisibles por fuentes fijas. La contaminación atmosférica en Colombia es un problema que ha generado graves problemas tanto medioambientales como en la salud de la población, siendo el problema que mayor gastos ambientales y sociales ocasiona. Para el caso del Valle de Aburrá en las zonas urbanas se han presentado altas concentraciones de material particulado $PM_{2.5}$, además de altos niveles de radiación solar; de igual forma el ozono troposférico (O_3) rebasa las concentraciones de acuerdo con la norma colombiana de calidad del aire del año 2009, la cual establece un porcentaje

de concentración de ozono troposférico (O_3) de 198% respecto al estándar del 100%. En la regulación de las fuentes fijas se reglamentaron los equipos de combustión externa, instalación de incineradores, hornos crematorios, entre otros. El cumplimiento de la resolución admite la reducción de las emisiones de material particulado (PM), óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO_2) y otros contaminantes. La aplicación de la resolución 909 ha sido un avance significativo para la normatividad en materia ambiental en Colombia, para el mejoramiento de la calidad del aire y saneamiento atmosférico, su difusión e implementación se ha visto favorecida, por procesos de capacitación diversos sectores de la población.

En 2010, Mari y Domingo en España elaboraron una revisión bibliográfica acerca de los crematorios como fuente de contaminación ambiental y riesgo para la salud de la población. En el año 2006 en Europa hubo más de un millón de cremaciones, seguido de China con 1,549 cremaciones y Japón con 1,500 respectivamente, siendo de los países con un mayor número de cremaciones. El cuerpo humano contiene cloro en su composición el cual durante el proceso de cremación produce policlorodibenzeno-p-dioxinas (PCDD/fs); así mismo, el mercurio presente en el cuerpo y en las amalgamas dentales suelen liberarse en cantidades considerables a la atmósfera durante este proceso, debido a que, las altas temperaturas a las que trabaja el horno crematorio volatilizan este metal. La exposición ambiental alrededor de un crematorio puede ser perjudicial para la población, tal es el caso de mortinatos, muertes neonatales o enfermedades congénitas en bebés de madres que habitaban cerca de crematorios. Es por lo anterior que los autores concluyeron que, si la altura de las chimeneas no es la adecuada y se carece de filtros en los tubos de salida se, puede presentar altos riesgos por lo que es necesario que se implementen programas de vigilancia o un mejor control para la construcción de los crematorios.

En 2012, Smith et al. en Londres, Reino Unido, realizaron un estudio con el propósito de determinar los efectos de los dispositivos médicos en personas fallecidas utilizando la revisión sistemática como metodología principal. En Reino Unido alrededor del 70% de la población ha optado como mejor opción la cremación para la disposición final de sus seres queridos, mientras que en Japón se ha incrementado al 99%; por el contrario, en el caso de Israel la incineración de cadáveres es muy baja en comparación con otros países. Las emisiones identificadas provenientes de los hornos crematorios durante todo el proceso de combustión fueron metales pesados, dibenzo-p-dioxinas policloradas y dibenzofuranos los cuales generan riesgos potenciales para la salud de la población; así mismo, señalaron que los crematorios son responsables de la sexta parte de todas las emisiones de mercurio (Hg) del Reino Unido debido a la

combustión de las amalgamas dentales, presentando más de 0.5 gramos de mercurio (Hg). Al realizar la investigación se tomaron en cuenta bases de datos publicadas y no publicadas acerca de la cremación con pacientes con algún aparato médico con el objetivo de determinar los peligros ambientales y sanitarios que esta práctica podría generar. Como resultado del estudio se pudo plantear que el marcapasos es el aparato que puede generar un mayor peligro de explosión dentro de la cámara del horno crematorio debido a su combustión y a la reacción de sus compuestos; así mismo, se tiene evidencia que las personas responsables de los crematorios y grupos funerarios están conscientes de los peligros que podría provocar la exposición de este tipo de aparatos a la cremación, sin embargo, es necesario que esa misma información sea compartida con los familiares de los fallecidos para evitar angustia innecesaria.

Como expresa Takeda et al. (2014), en el año 2010 en Japón se implementaron medidas para la reducción de emisiones de dioxinas en el proceso de cremación de cuerpos humanos. Dentro de su estudio del 2001, Takeda et al. midieron en 27 crematorios las concentraciones de policlorodibenzeno-p-dioxinas y policlorodibenzofuranos (PCDD/fs), arrojando valores que van de 0.064 a 24 ng/l TEQ=m³ (Equivalentes Tóxicos Internacionales), a partir de estos resultados se determinó que la cantidad de emisiones por cada cuerpo incinerado era de 3,970 ng de EQT-1 (Concentración de Equivalentes Tóxicos); así mismo, se analizaron los comportamientos de eliminación de policlorodibenzofuranos y bifenilos policlorados coplanares (co-PCB) de 14 crematorios con el propósito de examinar la eficiencia de los sistemas de enfriamiento de gases de combustión, los filtros de bolsa y dispositivos de control de contaminación atmosférica. Como resultado de la investigación, los autores estimaron que las emisiones totales de TEQ eran de 0.13 a 1.9 g al año, valor que equivale al 0.04-0.7% de dioxinas en Japón de acuerdo con el inventario actual.

Green et al. (2014), argumentan en su trabajo "Cremation, air pollution and special use permitting", que el principal interés de las personas sobre los crematorios eran las emisiones de humo y malos olores que se emitían; sin embargo, recientemente la preocupación se ha inclinado a las emisiones de contaminantes tóxicos que se arrojan de las chimeneas de los crematorios. Por lo que los autores propusieron el análisis de un crematorio con largo tiempo de uso y cerca de un barrio residencial en la ciudad de Virginia; estableciendo que el factor de emisión de equivalentes tóxicos (EQT) era de 0.735 µg de 2,3,7,8- tetraclorodibenzo-p-dioxina (TCDD) por cuerpo incinerado, teniendo en cuenta que en el crematorio de estudio realiza cuatro incineraciones por día arrojando 3 µg de equivalentes tóxicos de 2,3,7,8-TCDD y un promedio de 12 g de mercurio. A modo de conclusión, Green et al. (2014) señalan

que las concentraciones moderadas de mercurio no son tóxicas, pero pueden llegar a serlo si la exposición a dicho elemento se prolonga por un largo plazo entre los habitantes y trabajadores.

Xue et al. (2016), en su trabajo "Present and future emissions of HAPs from crematories in China" establecieron un inventario sobre las emisiones HAPs emitidos por los crematorios de China en el periodo de 1990 a 2012. Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), incluyen principalmente partículas suspendidas, dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NOx), monóxido de carbono (CO), ácido clorhídrico (HCl), fluoruro de hidrógeno (HF), amoníaco (NH₃), compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (NMVOC por sus siglas en inglés), metales pesados incluyendo el mercurio (Hg), plomo (Pb), arsénico (As), cadmio (Cd) y los más peligrosos, los dibenzo-p-dioxinas (PCDD/s), y dibenzofuranos policlorados (PCDFs).

Así mismo, Xue et al. (2016) menciona dentro de su investigación que la cremación en China es una de las políticas básicas más utilizadas para la disposición final de los cuerpos humanos debido a que es el país con mayor población en el mundo y a la falta de espacio para poder enterrar a los cadáveres, aumentando de 1990 a 2012 un 49.5% las incineraciones, siendo que para el año 2012 las emisiones de partículas suspendidas fueron de 672 t (toneladas métricas), seguido de 443 t de dióxido de azufre, 906 t de óxidos de nitrógeno, 2,713 t de monóxido de carbono, 377 t de ácido clorhídrico, 25 t de amoníaco, 62 t de NMVOC, 592 kg de mercurio y 96 g-TEQ de dibenzeno-p-dioxinas. Como resultados de la investigación, los autores encontraron que en el año 2015 se registraron los valores más altos de emisiones HAPs; así mismo, de acuerdo con los datos obtenidos del 2012 las emisiones de dibenzo-p-dioxinas por crematorios disminuirá hasta un 31.3% para el 2020 y un 59.4% para 2030 si se logra la implementación de dispositivos de control de emisiones y el mejoramiento de las normas locales y nacionales de los crematorios en China.

En las poblaciones de Alagoas y Santa Catarina, Brasil Joseph et al. (2017), llevaron a cabo una investigación exploratoria con personas de las comunidades en la cual el principal objetivo era mostrar los impactos medioambientales causados por los crematorios, así como presentar dos nuevos procesos funerarios que tengan menor impacto en el ambiente. Actualmente, la cremación en Brasil es un tema que ha tomado relevancia, debido a que la forma tradicional de disposición final era enterrar dentro de un cementerio a sus seres queridos; sin embargo, debido a la falta de espacio dentro de los cementerios se ha optado por la cremación como una mejor opción más económica para algunas familias brasileñas. A pesar de ser una

de las prácticas que ha tomado mayor relevancia no solo en Brasil sino en varios países del mundo, se ha tenido evidencia de los efectos nocivos que las emisiones de los crematorios pueden generar a la calidad atmosférica, arrojando compuestos peligrosos como gases de dibenzo-p-dioxinas policloradas, dibenzofuranos policlorados, del mismo modo que compuestos como dióxido de nitrógeno (NO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), mercurio e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP).

Al mismo tiempo, Joseph et al. (2017) refiere que los nuevos procesos funerarios revisados dentro del artículo son, en primer punto la Liofilización desarrollado por la bióloga Susanne Wiigh Masak, el cual se basa en la preservación de materiales biológicos del cuerpo, congelando el agua que contienen a 18°C bajo cero, pasando por un proceso de sublimación, al colocar el cadáver en una cámara al vacío donde el agua se evapora inmediatamente; al término de este procedimiento se pasa por un imán que separa los restos metálicos como pueden ser prótesis o aparatos médicos, y a continuación los restos se separan en urnas hechas de almidón de maíz y cáscaras de papa para ser entregados a sus familiares, si ellos lo deciden las cenizas pueden ser enterradas ya que funcionan como abono y se puede plantar un árbol encima de las cenizas.

El segundo proceso al que hace referencia Joseph et al. (2017), es el de Hidrólisis alcalina (AH), propuesta por primera vez en el año de 1990 por investigadores del Albany Medical Collage, Nueva York, el cual consiste en colocar el cadáver sumergido dentro de una cámara con 95% de agua y 5% de hidróxido de potasio, calentando los compuestos a una temperatura de 180°C, así mismo la bomba de la cámara crea un remolino de la misma el cual ayudará a la disolución del cuerpo, al final del procedimiento lo restante son líquido que contiene níquel, fosforo, aminoácidos, sales y azúcares y puede ser desechado sin ningún inconveniente; además de huesos los cuales se dejan secar para poder triturarlos para después ser entregado a los familiares. Dentro de la metodología de la investigación, se realizaron 400 encuestas a personas de ambas comunidades, proyectando videos que mostraran el proceso de las dos técnicas propuestas (liofilización e hidrólisis alcalina), al término de las entrevistas se procesaron los datos obtenidos en un software para poder calcular la media. Como resultado de la investigación se arrojó que en ambas poblaciones la cremación presentó mayor interés entre las personas entrevistadas con un 27.5% en el poblado de Alagoas y un 23.9% en el poblado de Santa Catarina, estos resultados muestran que las nuevas técnicas de disposición final de los cadáveres aún no son aceptadas por las personas de las comunidades de Alagoas y Santa Catarina, siendo la cremación que mayor preferencia tiene

debido a las diferentes preferencias personales de los familiares, así como de las culturas y costumbres que las familias puedan tener de acuerdo a su región.

En Japón, Kato et al. (2017), realizaron un estudio para evaluar la exposición en trabajadores a nanopartículas liberadas por crematorios. Para la investigación los contaminantes estudiados fueron los dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD/s), dibenzofuranos policlorados (PCDFs), metales pesados incluyendo el mercurio (Hg), partículas suspendidas (PM), óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de azufre (SOx), monóxido de carbono (CO), ácido clorhídrico (HCl). El proceso de cremación en Japón se divide en tres procesos: funcionamiento del crematorio, la reorganización de los huesos restantes y la limpieza después de la cremación; siendo la reorganización de huesos el proceso que mayor cantidad de nanopartículas concentra. De acuerdo con el análisis realizado, se presentaron concentraciones de 44.5 y 72.2 mg/m³ de partículas PM_{2.5} en los dos crematorios estudiados respectivamente. Se resalta dentro de los resultados que la exposición gradual de nanopartículas afecta principalmente la región respiratoria alveolar, por lo cual es necesario reducir las emisiones contaminantes y buscar nuevas formas de disposición final para los cuerpos que no generen residuos dañinos para la salud y para el ambiente.

En Estados Unidos como menciona Coronel et al. (2017), la cremación masiva puede provocar la liberación de grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), óxido de nitrógeno (NO), dióxido de azufre (SO₂), cloruro de hidrógeno (HCl), vapor de mercurio, dibenzodioxinas policloradas (PCDD) y dibenzofuranos policlorados (PCDFs). En los primeros 30 minutos del proceso de cremación el ataúd ha sido quemado por completo, dando paso a la descomposición del cadáver desprendiendo malos olores como amoníaco (NH₃), sulfuro de hidrógeno (H₂S), metilo captano (CH₃SH) y sulfuro de metilo ((CH₃)₂S). Dentro de la metodología implementada en este estudio se midieron el número de reparaciones dentales en personas de 63 a 79 años del estado de Minnesota; estimar y mediar la cantidad de amalgama dentro de cada persona antes de haber fallecido y cremado proporciona más información para poder controlar las emisiones de mercurio que son emitidas. Por tanto, los autores encontraron que después del proceso de cremación se liberan 82 ng/min de dioxinas a la atmósfera si el horno está a una temperatura de 760°C, 139 ng/min a 870°C y 192 ng/min a 982°C, lo que quiere decir que a mayor temperatura este el horno mayores emisiones de dioxinas se liberarán a la atmósfera; así mismo, se determinó que las emisiones de mercurio provenientes de los crematorios son de 2.3 g por persona incinerada.

En un camposanto en Santiago de Cali Colombia, Ortiz (2019), llevó a cabo el análisis del horno crematorio, para saber si cumplía con las normas establecidas en el inventario de emisiones reportado por el Departamento de Gestión del Medio Ambiente de Cali. Realizando, una simulación de la dispersión de contaminantes criterio, con énfasis en los óxidos de nitrógeno (NOx) y dióxido de azufre (SO₂); resaltan dentro de sus resultados que el horno estudiado cumple con las normas y parámetros de las emisiones del lugar de estudio, el cual establece los siguientes límites máximos permisibles, para los óxidos de nitrógeno entre 0.1-0.2 ppm o 0.19-0.38 mg/m³. Otras de las problemáticas resueltas fue identificar que los olores molestos detectados en la zona afectada no provenían del horno crematorio en estudio.

Como presentan Tibau y Blanche (2019), las amalgamas dentales se han utilizado durante más de 170 años a lo largo de la historia, siendo una de las prácticas más comunes dentro del ámbito de cuidado bucal, las cuales están compuestas por plata, estaño, zinc, cobre y su componente principal, mercurio. El objetivo de la investigación fue investigar y presentar las distintas formas en que el mercurio contenido en las amalgamas dentales llega al ambiente, y cuáles son sus principales consecuencias en la salud de las personas. Uno de los principales problemas es cuando los dentistas desechan los restos de amalgama de sus procedimientos, a pesar de que ellos mismos coloquen sus residuos en contenedores especiales, su eliminación es incorrecta provocando que se incineren estos residuos y se generen vapores de mercurio liberados a la atmósfera.

La cremación es una de las prácticas de disposición final para los cuerpos más utilizada recientemente, debido a su bajo costo, al proceso más rápido y con menos restricciones religiosas; de acuerdo con la investigación realizada las amalgamas dentales contienen entre 5 y 10 gramos de mercurio lo que al entrar en contacto con las altas temperaturas de los hornos crematorios se vaporizan y son liberados a la atmósfera como un gas tóxico, así mismo se liberan contaminantes orgánicos como los gases de combustión, dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD) y dibenzofuranos policlorados (PCDF). Los crematorios son una fuente de riesgo, no solo para los trabajadores sino también para la población que vive cerca de ellos ya que la exposición crónica de estos compuestos en especial del mercurio puede ocasionar temblores, gingivitis, bronquitis, problemas en mujeres embarazadas, etc. Como conclusiones de los autores se hace hincapié en el poco control de la cantidad de mercurio contenido en cada persona por parte de sus amalgamas, así como del mal proceso en la incineración al no retirar los implantes dentales que puedan generar emisiones (Tibau y Blanche, 2019).

Como se afirma en el artículo “Rethinking the dental amalgam dilemma: An integrated toxicological approach” de Jirau-col et al. (2019), el principal material para la reparación de caries es la amalgama la cual está fabricada por 50% de una mezcla de plata, cobre y estaño, mientras que el otro 50% consiste en mercurio. En 1991 se confirmó que las amalgamas dentales era la mayor fuente de mercurio en el ambiente, siendo un peligro potencial para las personas habitantes cerca de los crematorios ya que el mercurio en su forma gaseosa es altamente tóxico viajando rápidamente en las vías respiratorias de las personas provocando síntomas como tos, fiebre, alucinaciones, pérdida de memoria, insomnio, gingivitis y cambios de personalidad. El estudio arrojó como resultados concentraciones de 0.05 mg/m^3 de mercurio en un periodo de ocho horas, siendo $0.2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ de mercurio el nivel mínimo de riesgo por una inhalación crónica, para lo cual se sugiere la generación de más estudios del tema debido a la falta de investigaciones respecto a la relación de las emisiones de los crematorios y las complicaciones médicas presentes en las personas.

Como plantean Piagno y Afshari (2020), las emisiones provenientes de los hornos crematorios en la Columbia Británica, Canadá, son una fuente de contaminación atmosférica debido a la combustión generada por los cuerpos humanos, ataúdes, implantes médicos y vestimenta, los cuales emiten gases contaminantes, incluido el de mercurio. El mercurio contenido en las amalgamas de las personas incineradas es un problema que no ha tenido tanta relevancia para la sociedad; sin embargo, es un peligro tanto para la salud humana como para el medio ambiente. Debido a las altas temperaturas en las que el cuerpo es incinerado dentro del horno estas superan el punto de ebullición del mercurio, lo cual hace que se evapore y sea liberado a la atmósfera. Aquellas personas que han estado expuestas por un largo periodo de tiempo a las concentraciones liberadas de mercurio pueden llegar a presentar dolores en el pecho, dificultad para respirar, tos, hemoptisis y en casos extremos, la muerte.

Piagno y Afshari (2020), hacen mención que, en el año 2015, el Ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá estimó que los crematorios de la Columbia Británica emitieron un total de 42.9 kg de mercurio a la atmósfera lo que podría provocar daños a corto y largo plazo dentro de la comunidad. Como método de estudio, los autores estimaron las concentraciones de dicho elemento a partir del número de cremaciones realizadas por año y el volumen de mercurio liberado a la atmósfera por cuerpo. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), definió los límites máximos permisibles para la inhalación de vapor de mercurio de $0.3 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, mientras que en Canadá de acuerdo con (Richardson et al., 2009, como se citó en Piagno y Afshari, 2020) la concentración de referencia para

la exposición del elemento es de $0.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que la concentración de exposición considerada de alto riesgo para la salud de los individuos es de $10.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Los resultados de la investigación de Piagno y Afshari (2020) arrojaron que en el año 2016 en la Columbia Británica se efectuaron alrededor de 30,000 cremaciones con un promedio de 1.20 g de mercurio proveniente de los empastes de las amalgamas por cuerpo humano, lo que de acuerdo con los autores representa el 7% de las emisiones emitidas a la atmósfera en la Columbia Británica, lo que podría significar un riesgo inminente debido a que los crematorios se concentran en la cercanía de las poblaciones. Dentro de Canadá, la liberación de mercurio por crematorios no está regulada actualmente por el Marco Regulador de las Emisiones a la Atmósfera de Canadá, mientras que en el Reino Unido se creó la Organización para la Reducción de las Emisiones de Mercurio de los Crematorios con el objetivo de reducir hasta el 50% de las emisiones provenientes de los crematorios del país; por lo tanto, los autores recomiendan que se debe comenzar una regulación estricta de emisiones por parte de los crematorios dentro de la Columbia Británica ya que por lo general las instalaciones no cuentan con controles de emisión, así como el retiro de los implantes dentales antes de iniciar el proceso de cremación.

De acuerdo con el libro "Field inquiry: crematoria emissions and air quality impacts" de O'Keeffe y National Collaborating Centre for Environmental Health (2020), la preferencia por la cremación como disposición final de los cuerpos en Canadá ha incrementado desde 1950. La cremación produce gases de combustión como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), dióxido de azufre (SO₂), partículas PM₁₀ y PM_{2.5}, dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD), dibenzofuranos policlorados (PCDF), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), mercurio, entre otros. La exposición de partículas como las PM_{2.5} pueden incrementar el riesgo de enfermedades cardíacas, cáncer de pulmón, asma, incluso la muerte; siendo los ataúdes recubiertos por barnices, pintura e insecticidas una fuente de las emisiones de PCDD/f, así mismo las bajas temperaturas al iniciar el proceso de la cremación provoca una combustión incompleta de los componentes que resulta en la liberación de PCDD/f, la combustión de los empastes de las amalgamas en los dientes de los cadáveres liberan a la atmósfera vapores de mercurio altamente tóxicos para la población cercana al crematorio.

Los autores O'Keeffe y National Collaborating Centre for Environmental Health (2020) señalaron que, los crematorios en Canadá aportaban un 5% de las emisiones de PCDD/f, 6% de mercurio y 0.25% de partículas PM_{2.5}, así mismo, se demostró que en Canadá los crematorios están regulados a nivel localidad y las autoridades

realizan un parámetro de la distancia mínima a la que podía estar el crematorio teniendo en cuenta consideraciones medioambientales, de planificación y sobre todo de salud. Como consideraciones finales, los autores del libro recomiendan evitar el uso de materiales hechos de PVC, metales y compuestos clorados en los ataúdes y accesorios ya que estos liberan contaminantes tóxicos, la implementación de equipo adecuado para el control de emisiones dentro de los hornos crematorios, retirar implantes médicos antes de la incineración, información a los operadores de las personas fallecidas que hayan recibido algún tratamiento de radioterapia y una mejor manipulación de los restos y las cenizas restantes.

1.2 Casos nacionales

González et al. (2018), en su artículo “PM_{2.5} emissions from urban crematoriums”, dan a conocer las consecuencias que se presentan a partir del proceso de cremación, siendo el lugar de estudio dos crematorios ubicados en el norte y en el sur de la Ciudad de México, ambos crematorios utilizan como combustible auxiliar el gas licuado del petróleo. El crematorio 1 tiene un promedio de 4 incineraciones diarias de aproximadamente con 120 minutos de duración por proceso; por su parte, el crematorio 2 cuenta con promedio de 6 incineraciones diarias, con una duración aproximada de 70 minutos por cada proceso. Realizando un muestreo de una hora en la que se fueron registrando datos como el peso, el género, la edad, causa de muerte del paciente, la temperatura en la que se encuentra el horno, humedad, velocidad del gas y el flujo de la corriente; durante el proceso de recolección de datos se utilizó un filtro de cuarzo y las partículas emitidas se calcularon a partir de del método 201-A USEPA el cual consiste en dividir los miligramos de partículas PM_{2.5} recogidos en el filtro sobre el volumen del contador de gas a condiciones normales.

De acuerdo a la información recabada de González et al. (2018) en el crematorio 1 se registraron las concentraciones promedio de 25.5 a 11.5 mg/m³ teniendo una gran variabilidad en concentración, esto puede presentarse a la duración del proceso de 120 minutos, lo que ayuda a mantener una estabilidad de emisiones entre cada proceso; por otra parte, para el crematorio 2 las concentraciones fueron de 104.4 a 58 mg/m³, este alto número de concentraciones se debe a que el tiempo de cremación es de únicamente 70 minutos y se realizan 6 procesos diarios, esto a su vez no da el tiempo necesario para que los hornos se estabilicen. Como resultado de la investigación, los autores concluyeron que la variación de las partículas PM_{2.5} emitidas por ambos crematorios puede deberse a las diferentes características de los cuerpos incinerados, como lo es el peso, edad, causa de muerte, tipo de ropa

utilizada durante el proceso y el género, si bien son variables que pueden contribuir al problema estudiado, no se encontraron registros que demuestren la correlación entre los datos y las emisiones; por lo que se recomienda hacer obligatoria la instalación de equipo de control de partículas en los diferentes crematorios de la ciudad.

Hernández (2019), en la Ciudad de México llevo a cabo la cuantificación de las concentraciones de material particulado $PM_{2.5}$ y partículas suspendidas totales para tres hornos crematorios ubicados en diferentes lugares de la Ciudad de México; se adaptó el método 201 A de la EPA a través de un muestreo isocinético con cuantificación gravimétrica. Las partículas suspendidas totales en los tres casos con base en la norma NADF-017-AIRE-2017, excedían el límite máximo permisible de 40 mg/m^3 , con valores de 65.35 mg/m^3 , 52.74 mg/m^3 y 119 mg/m^3 respectivamente. Concluyendo que los procesos de cremación no se encuentran estandarizados lo cual influye significativamente en las emisiones.

La cremación de cuerpos humanos se ha vuelto una práctica bastante común dentro de la sociedad debido a su accesibilidad y a la falta de espacio dentro de los cementerios municipales; por lo que González et al. (2020), en su trabajo "Toxic atmospheric pollutants from crematoria ovens" mencionan que la cremación es una práctica que produce emisiones contaminantes que contribuyen a deteriorar la calidad del aire. Por lo que se realizó un muestreo durante 6 meses en tres diferentes hornos crematorios de la Ciudad de México, para determinar la exposición de la población a los contaminantes emitidos derivado de los hornos, considerando que, en las tres instalaciones al día se realizan de dos a cuatro cremaciones; mediante un muestreo isocinético en las chimeneas de los crematorios se midieron y caracterizaron las emisiones de monóxido de carbono y dióxido de carbono, entre otros componentes.

Como resultado de la investigación, González et al. (2020) obtuvieron que los factores de emisión entre los diferentes hornos crematorios no presentaron diferencias significativas; además, las concentraciones de monóxido de carbono (CO), carbono elemental (C), partículas $PM_{2.5}$ y carbono orgánico, excedieron los estándares en todos los crematorios. Así mismo, Villegas (como se citó en González Cardoso et al., 2020), menciona que el Consejo Jurídico y Departamento de Servicios Legales de la Ciudad de México estimó que un 50% de los cadáveres son incinerados entre los 40 crematorios alrededor de la ciudad. Estimando un total de 25,000 incineraciones por año en el periodo de los años 2014-2016 dentro de la zona de estudio.

Epílogo

Derivado de la revisión bibliográfica presentada en este capítulo se observa que, en los antecedentes tanto internacionales como nacionales, los autores llegaron a la conclusión que el proceso de cremación es una fuente de contaminación atmosférica debido a las emisiones provenientes de los hornos crematorios y de la propia combustión de los cuerpos a través de este proceso. La mayoría de los estudios analizados coinciden en que los contaminantes predominantes son los óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$, así como otros compuestos más complejos como los vapores de mercurio debido a las amalgamas que las personas pudieran tener, dioxinas y furanos provenientes de la quema de los tejidos de la ropa de las personas fallecidas, de los barnices, acolchados y arreglos de metal que puedan llegar a tener los ataúdes en caso de ser incinerados con todo y ataúd.

La cremación es una de las formas de disposición final de cuerpos más utilizada actualmente, debido a la falta de espacio que hay dentro de los cementerios, así como de la facilidad para los familiares de las personas fallecidas y el bajo costo que representa. Si bien, es un proceso recurrente y accesible dentro de la población y, sobre todo, durante la pandemia por COVID-19, se puede llegar a ignorar el efecto negativo de la exposición por los contaminantes que emiten las cremaciones al ambiente y como repercuten a la salud de la población, principalmente a aquella aledaña a los crematorios.

Capítulo 2. Marco conceptual y de referencia



En el capítulo 2 se desarrolla el marco conceptual y de referencia, utilizando el método deductivo direccionando el razonamiento de lo general a lo particular; el cual se divide en 9 títulos principales. En el primer apartado se concentra la descripción de la atmósfera como el componente inicial, el segundo habla sobre la contaminación atmosférica, sus tipos, así como contaminantes criterio; dentro del tercer apartado se define lo que es la Red Automática de Monitoreo Atmosférico y sus características principales; Del apartado cuarto al noveno se precisa el tema de la cremación describiendo todos sus factores como lo es su origen, tipos, clasificación, el proceso y cómo fue la disposición de los cuerpos humanos en el proceso de cremación durante la pandemia por COVID-19.

2.1 Atmósfera

La atmósfera es la capa gaseosa que rodea la litósfera e hidrósfera con aproximadamente 10,000 km de espesor, compuesta por gases, partículas sólidas y líquidas suspendidas y atraídas por la gravedad del planeta. Dentro de esta capa se producen los fenómenos climáticos y meteorológicos, regula la entrada de energía solar así como su salida (Cuevas Hernández, 2019).

2.1.1 Composición química de la atmósfera

La composición química de la atmósfera se describe en términos de los componentes que se han presentado a lo largo de la historia del planeta Tierra, pasando por un constante cambio de acuerdo con las condiciones ambientales y antropogénicas, por lo cual en la tabla 2.1 se presentan los porcentajes de los elementos que la componen.

Tabla 2.1. Gases en la atmósfera

Gas	Fórmula Química	Porcentaje (por volumen)
Nitrógeno	N ₂	78.08%
Oxígeno	O ₂	20.95%
Argón	Ar	0.93%
Neón	Ne	0.0018%
Helio	He	0.0005%
Hidrógeno	H ₂	0.00006%
Xenón	Xe	0.000009%
Vapor de agua	H ₂ O	0 a 4%
Dióxido de carbono	CO ₂	0.036%
Metano	CH ₄	0.00017%
Óxido nitroso	N ₂ O	0.00003%

Ozono	O ₃	0.000004%
Partículas		0.000001%
Clorofluorocarbonos (CFC)		0.00000002%

Fuente: Elaboración propia con datos de Camiloni y Vera (2016).

2.2 Contaminación atmosférica

De acuerdo con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014), la contaminación atmosférica se refiere a la presencia en el aire de partículas pequeñas o productos gaseosos que pueden implicar riesgo o daño a las personas o seres vivos que se encuentran expuestos a ellos. Por su parte, Ubilla y Yohannessen (2017), definen la contaminación atmosférica como la mezcla compleja de contaminantes resultado de las diferentes fuentes de emisión afectado la salud de la población; una vez emitidos estos contaminantes se transforman de acuerdo a las condiciones del ambiente en el que fueron emitidos.

La denominación para la contaminación del aire o atmosférica es utilizada cuando existe una alteración en la atmósfera por la presencia de agentes físicos, químicos o biológicos que puedan ser nocivos para la salud, seguridad o bienestar de la población y para la vida animal y vegetal (Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México, 2021).

2.2.1 Tipos de contaminantes

Según el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2019), un contaminante es aquella materia o sustancia, además de sus combinaciones y compuestos, derivados químicos o biológicos, que al incorporarse y actuar dentro de la atmósfera, el entorno natural agua o suelo alteran o modifican su composición original afectando el entorno y la salud. Con base en su fuente de emisión los contaminantes se pueden clasificar de acuerdo con la fuente de emisión y su composición.

2.2.1.1 Clasificación según la fuente

Dentro de esta clasificación se encuentran dos grupos de contaminantes:

2.2.1.1.1 Contaminantes primarios

Contaminantes primarios, que son aquellos que se emiten directamente a la atmósfera desde distintas fuentes (Encinas, 2011).

En la tabla 2.2 se pueden observar la clasificación de contaminantes primarios, así como sus características y el origen de cada uno.

Tabla 2.2. Contaminantes primarios

Contaminante	Origen	Característica
Partículas suspendidas (polvo, aerosoles, niebla, humos)	<ul style="list-style-type: none"> • Aerosoles marinos. • Incendios forestales. • Combustiones industriales y domésticas. • Extracción de minerales. • Incineración de residuos agrícolas, ganaderos y urbanos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sustancias sólidas o líquidas. • Tamaño aproximado de 0.1 a 1,000μ.
Óxidos de azufre (SOx)	<ul style="list-style-type: none"> • Erupciones volcánicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gases incoloros. • El dióxido de azufre cuenta con un olor picante con un alto poder corrosivo.
Óxidos de nitrógeno (NOx)	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos de desnitrificación del suelo. • Empleo de abonos nitrogenados. • Combustión de vehículos. • Erupciones volcánicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gas incoloro con fuerte aroma y sabor dulce, soluble en agua, benceno y alcohol.
Óxidos de carbono	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones oceánicas. • Combustiones incompletas en vehículos. • Refinerías de petróleo y plantas de tratamiento de combustibles fósiles. • Transporte por carreteras. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gas incoloro, inodoro, tóxico e inflamable.
Hidrocarburos	<ul style="list-style-type: none"> • Refinerías de petróleo. • Combustiones en motores de gasolina. • Empleo de disolventes. • Incendios forestales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Abundantes en ciudades y zonas industriales. • Son gases a temperatura ambiente.
Metano	<ul style="list-style-type: none"> • Refinerías de petróleo. • Combustiones en motores de gasolina. • Empleo de disolventes. • Incendios forestales. • Zonas pantanosas. • Arrozales. • Pozos petrolíferos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Abundantes en ciudades y zonas industriales. • Son gases a temperatura ambiente.
Dioxinas y furanos	<ul style="list-style-type: none"> • Incineración de residuos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Poco solubles en agua. • No volátiles. • Tóxicos. • Se descomponen por la acción de la luz y en presencia de hidrógeno.

Metales pesados	<ul style="list-style-type: none"> • El plomo en gases de escape en vehículos que emplean gasolina a base de plomo. • El cadmio en industrias metalúrgicas, extracción de metales. • Incineración de residuos. • El mercurio en minería de carbón y actividades agrícolas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad alta. • Son muy tóxicos. • Presentes en cantidades muy pequeñas. • No son metabolizados ni degradados por los seres vivos.
------------------------	--	--

Fuente: Elaboración propia con información de (Mc Graw Hill, 2021).

2.2.1.1.2 Contaminantes secundarios

El Ministerio del Medio Ambiente de Chile (2018), refiere que los contaminantes secundarios son aquellos que se originan en consecuencia de reacciones químicas entre dos o más contaminantes primarios, formando contaminantes nuevos por la alteración de los ya existentes. En la tabla 2.3 se observa los principales contaminantes secundarios, así como su origen y algunas características importantes.

Tabla 2.3. Contaminantes secundarios

Contaminante	Origen	Características
Ozono troposférico (O₃)	<ul style="list-style-type: none"> • Centrales eléctricas. • Escapes de vehículos automotores. • Vapores de la gasolina. • Solventes químicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Carácter oxidante, reactivo, corrosivo y tóxico.
Sulfatos	<ul style="list-style-type: none"> • Disolución de tizas. • Fertilizantes. • Pesticidas. • Colorantes. • Jabones. • Fármacos. 	<ul style="list-style-type: none"> • La mayoría son solubles en agua y son fuentes de cationes metálicos. • Térmicamente estables.
Lluvia ácida	<ul style="list-style-type: none"> • Quema de combustibles. • Incendios naturales. • Industria. • Centrales energéticas. • Vehículos a motor. • Explotación ganadera intensiva. 	<ul style="list-style-type: none"> • El pH de la lluvia cambia al combinarse con el ácido sulfúrico y ácido nítrico. • Eleva el nivel ácido en los acuíferos.

Fuente: Elaboración propia con base en información de (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2013; Ministerio del Medio Ambiente de Chile, 2018).

2.2.1.2 Clasificación por su origen

Según Albert (2016), los contaminantes pueden tener un origen natural o artificial generado por causas antrópicas. Los contaminantes de origen natural pueden ser clasificados como orgánicos, por ejemplo, las toxinas naturales, partículas de polvo, etc. Así como contaminantes resultantes de las actividades humanas como lo son el ozono, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, entre otras. La siguiente tabla (2.4) muestra la relación entre ambos tipos de contaminantes, así como sus fuentes de emisión.

Tabla 2.4. Contaminantes naturales y antropogénicos

Fuente natural	contaminante	Fuente antropogénica	Contaminante
Incendios forestales	<ul style="list-style-type: none"> • Compuestos orgánicos volátiles. 	Agricultura y ganadería	<ul style="list-style-type: none"> • Metano
Erupciones volcánicas	<ul style="list-style-type: none"> • Dióxido de azufre. • Cenizas volcánicas. 	Motores de los automóviles	<ul style="list-style-type: none"> • Monóxido de carbono. • Monóxido de nitrógeno. • Ozono
Materia orgánica	<ul style="list-style-type: none"> • Metano 	Sistemas de refrigeración y aerosoles	<ul style="list-style-type: none"> • Clorofluorocarbonos (CFC)
Respiración humana	<ul style="list-style-type: none"> • Dióxido de carbono. 	Zonas urbanas, tráfico de vehículos, combustión de leña, incineradores industriales y centrales térmicas	<ul style="list-style-type: none"> • Material particulado (MP)
Descargas eléctricas en tormentas	<ul style="list-style-type: none"> • Óxidos de nitrógeno. 		

Fuente: Elaboración propia con base en información de (Universidad de Buenos Aires, 2021; Mc Graw Hill, 2021; Ministerio del Medio Ambiente de Chile, 2018).

2.2.1.3 Contaminantes criterio

La Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (2017), define a los contaminantes criterio como aquellos que han sido normados y establecidos con un límite máximo permisible de concentración en la atmósfera, con el objetivo de asegurar el bienestar de la población, así como la disminución de la contaminación del aire. Estos contaminantes principalmente son: Ozono (O_3), dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO_2), partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$).

En el año de 1992 en el Estado de México instalan la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA), que un año después comenzaría su operación con los objetivos de evaluar la calidad del aire mediante la generación de indicadores de calidad, observar la tendencia que tienen los contaminantes a lo largo del tiempo, desarrollar de control de contaminación para prevenir problemas en la población, etc. La Red se compone de 8 estaciones de monitoreo alrededor de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, que operan los 365 días del año, las 24 horas. Dentro de la RAMA se miden 6 contaminantes criterio: Bióxido de azufre (SO_2), bióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de carbono (CO), ozono (O_3), partículas suspendidas menores a 10 micras (PM_{10}) y partículas suspendidas menores a 2.5 micras ($PM_{2.5}$) (Secretaría de Medio Ambiente, 2021).

2.2.1.3.1 Monóxido de carbono

El monóxido de carbono (CO), es un gas incoloro e inodoro formado por la quema incompleta de un combustible que contiene carbono, es sumamente estable con una vida promedio en el aire de dos meses. Es un gas producido de forma natural por la descomposición de materia orgánica, quema de biomasa y la oxidación de los compuestos orgánicos como el metano (CH_4), se emite a través de los gases de escape de los vehículos, motores de combustión interna y la combustión incompleta de sustancias como gas, gasolina, carbón, petróleo, o madera (Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT, 2021).

El monóxido de carbono es altamente tóxico para los seres humanos ya que reduce la capacidad de la sangre para oxigenar el sistema nervioso y cardiovascular; la exposición a largo plazo de este compuesto puede provocar daños al cerebro, vértigo, náuseas, fatiga y disminución en el control muscular (Gregg et al., 2008).

2.2.1.3.2 Óxidos de nitrógeno

De acuerdo con la Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2002), los óxidos de nitrógeno son una mezcla de gases compuestos de nitrógeno y oxígeno. El monóxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno constituyen a dos de los óxidos de nitrógeno más importantes desde el punto de vista toxicológico. Estos son liberados a la atmósfera desde el escape de vehículos motorizados, de la combustión del carbón, petróleo o gas natural. La población generalmente está expuesta a los óxidos de nitrógeno principalmente al respirarlos en el aire teniendo como consecuencia graves problemas en su salud.

Según la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (2021), el bióxido de nitrógeno (NO_2) es un gas rojo-naranja-café de olor repugnante, altamente corrosivo y gran oxidante que pertenece a los óxidos de nitrógeno (NO_x). Las concentraciones en la naturaleza oscilan entre las 10 y 50 partes por billón generadas por la quema de biomasa, actividad volcánica y las principales fuentes antropogénicas como los vehículos automotores, plantas generadoras de electricidad, industrias, y quema de combustibles fósiles. El bióxido de nitrógeno es altamente tóxico e irritante, causa problemas de visibilidad, afecta al sistema nervioso principalmente; la alta exposición a este compuesto a corto plazo provoca daños en las células pulmonares, a largo plazo en niveles bajos ocasiona problemas de percepción olfativa, molestias respiratorias, dolores respiratorios agudos y edema pulmonar.

2.2.1.3.3 Óxidos de azufre

El Gobierno de España (2019), define los óxidos de azufre como un grupo de gases compuestos por trióxido de azufre (SO_3) y dióxido de azufre (SO_2). Siendo el dióxido de azufre el más común.

El bióxido de azufre (SO_2) es un gas incoloro, con olor cáustico irritante, se disuelve fácilmente en agua para formar ácido sulfuroso (H_2SO_3). El SO_2 se genera por fuentes naturales como las erupciones volcánicas, actividades geotérmicas, oxidación del material orgánico, fuentes antropogénicas como la quema de combustibles por ejemplo el carbón o aceite, mediante el proceso de enfriamiento del petróleo, extracción de metales, etc. El dióxido de azufre causa enfermedades respiratorias como bronquitis, agravamiento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, y en casos extremos, la muerte (Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT, 2021).

2.2.1.3.4 Ozono

El Ozono (O₃) es un gas incoloro e inestable, oxidante fuerte, y altamente tóxico que a concentraciones que a concentraciones elevadas tiene efectos en la salud humana, afectando al aparato respiratorio, irritando las mucosas, produciendo afecciones pulmonares, provocando dolor de cabeza, náuseas, dolores pectorales y acortamiento de la respiración (Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT, 2021)

2.2.1.3.5 Material particulado menores a 10 micras

Según la Secretaría de Medio Ambiente (2017), las partículas suspendidas menores a 10 micras (PM₁₀) son aquellas partículas de fracción gruesa que provienen principalmente de materiales de la corteza terrestre, pueden ser encontrados a través del polen, esporas, virus o bacterias provenientes de la combustión incompleta de los combustibles fósiles. La exposición de estas partículas puede provocar problemas pulmonares, daños en el tejido pulmonar, carcinogénesis y la muerte en casos extremos.

2.2.1.3.6 Material particulado menores a 2.5 micras

De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente (2017), estas partículas finas tienen sus orígenes de la industria metalúrgica, caminos no pavimentados, generadores de energía eléctrica, elaboración de ladrillos, industria automotriz, etc. Debido a su diámetro pueden llegar a los bronquiólos respiratorios y a la región alveolar, provocando problemas respiratorios, inflamación en los pulmones, entre otras consecuencias a la salud.

2.2.1.3.7 Carbono negro

El carbono negro se origina principalmente por la combustión incompleta de combustibles fósiles como el petróleo, carbón mineral y gas natural, de los llamados biocombustibles (bioetanol, biodiesel, biogás y estiércol) y de la biomasa generada a través de la vegetación, leña, etc. Este contaminante calienta el planeta mediante la absorción del espectro visible de la radiación solar y su liberación en la atmósfera en forma de calor. El carbono negro ha tomado gran relevancia en los últimos años debido a su participación en la formación de contaminantes secundarios, pero, sobre todo, por sus efectos nocivos en la salud humana, llegando a provocar problemas en el sistema respiratorio, causando enfermedades e infecciones respiratorias e incluso en casos mayores cáncer y/o la muerte (Secretaría de Medio Ambiente, 2010).

2.2.1.4 Contaminantes tóxicos

Los contaminantes tóxicos son aquellos componentes en forma de partículas o gaseosos presentes en la atmósfera en bajas concentraciones, pero con un grado de toxicidad alto que puede presentar un peligro para la sociedad, y el ambiente. Se agrupan sustancias con efectos diversos dependiendo del tiempo y del grado de exposición a ellos; ejemplo de ellos es el benceno, tolueno, xileno, amoniaco y cloro, así como metales pesados como el plomo, cromo y cadmio (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, 2017).

2.2.1.5 Contaminantes biológicos

Según la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (2017), los contaminantes biológicos son emitidos a partir del material vivo o en descomposición del ambiente, por ejemplo el moho, restos de piel muerta de humanos o animales, esporas, etc.; y pueden ser un factor clave para la contaminación atmosférica.

2.3 Red automática de monitoreo atmosférico

En el año de 1992 el Estado de México se instala la Red de Monitoreo Atmosférico de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (RAMA-ZMVT), la cual comenzó a operar en 1993, siendo administrada por la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México. Su objetivo es evaluar la calidad del aire mediante la generación de indicadores de calidad, midiendo la tendencia de los contaminantes criterio principalmente (ver tabla 2.5) (Secretaría de Medio Ambiente, 2021).

Tabla 2.5. Contaminantes criterio medidos por la RAMA-ZMVT

Contaminante	Unidad de Medida
Bióxido de azufre (SO ₂)	Partes por millón (ppm)
Bióxido de Nitrógeno (NO ₂)	Partes por millón (ppm)
Monóxido de Carbono (CO)	Partes por millón (ppm)
Ozono (O ₃)	Partes por millón (ppm)
Partículas suspendidas menores a 10 micras (PM ₁₀)	Microgramos por metro cúbico (µg/m ³)
Partículas suspendidas menores a 2.5 micras (PM _{2.5})	Microgramo por metro cúbico (µg/m ³)

Fuente: Elaboración propia con base en (Secretaría de Medio Ambiente, 2021).

La RAMA-ZMVT se compone en el año de 2021 de ocho estaciones de monitoreo atmosférico (ver tabla 2.6), los cuales son recintos metálicos climatizados, que albergan equipos analizadores, una torre meteorológica donde están instalados los sensores; además, cuenta con una unidad móvil y un centro de control (Secretaría de Medio Ambiente, 2021).

Tabla 2.6. Estaciones de monitoreo atmosférico de la RAMA-ZMVT

Nombre de la estación	Clave	Dirección
Oxtotitlán	OX	Escuela Primaria “Carmen Serdán”, calle Lago Caimanero esq. Laguna de la Asunción, Col. Nueva Oxtotitlán, Toluca, Méx.
Toluca Centro	CE	Gimnasio “Prof. Guillermo Ortega Vargas” de la UAEM, Calle Venustiano Carranza esq. Mariano Matamoros, Toluca, Méx.
Metepec	MT	Calle Manzana #20-A, Colonia Izcalli Cuauhtémoc C, entre las calles Manuel J. Clouthier y Calle Mango, Metepec, Méx.
Ceboruco	CBO	Calle Ceboruco S/N, Colonia Aztecas, entre las calles Heriberto Enríquez y José Antonio Albarrán, Toluca, Méx.
San Mateo Atenco	SM	Ave. Hacienda Tres Marías #260 Colonia Santa Elena, entre las calles de la Hacienda de la Gavia y Niños Héroes, San Mateo Atenco, Méx.
Almoloya de Juárez	AJ	Melchor Ocampo 50, Cabecera III sección, 50900, Villa de Almoloya de Juárez, Méx.
San Cristóbal Huichochitlán	SC	Paseo de la Luz esq. Manuel Hinojosa Giles S/N, entre las calles de Paseo de la Luz y República del Salvador, San Cristóbal Huichochitlán, Méx.
Xonacatlán	XO	Calle 5 de mayo #206, Col. Centro, Xonacatlán, Méx.

Fuente: Elaboración propia con base en (Secretaría de Medio Ambiente, 2021)

2.4 Cremación

Del latín *crematorio*, es la acción de quemar y/o consumir por medio del uso de fuego. Por lo tanto, la cremación es el proceso de destrucción de un cuerpo humano por medio de hornos crematorios, sometiéndolo a altas temperaturas. Este proceso tiene una importancia religiosa y cultural en muchos países, donde se realiza ante la muerte de los seres humanos, en especial de sus seres queridos. Como lo menciona Armentano (2015), aquellos fragmentos de hueso y cenizas restantes al término de la cremación, representan un estimado del 3.5% del peso del cuerpo original para una persona adulta, en el caso de niños se estima el 2.5%; sin embargo, existen variaciones en los porcentajes dependiendo de la constitución individual del cuerpo, masa esquelética y tamaño de la persona.

Con información de Altamirano (2013), históricamente esta práctica se ha realizado con fuego en piras funerarias, a veces en lugares especiales de culto. Aunque actualmente se realizan en modernos hornos crematorios, lo que supone una gestión más amplia, regulada y con un tratamiento más respetuoso de los restos de la persona fallecida. Siendo una alternativa cada vez más utilizada entre las sociedades.

2.4.1 Origen de la cremación

La cremación dio origen en Europa, en el principio de la edad de Bronce en el año 2,000 a.C. debido a que los griegos creían que el quemar el cuerpo de un difunto purificaba el alma y la desprendía de su forma física; por consiguiente, cuando los romanos absorbieron y comenzaron a realizar las ideas y costumbres griegas. Dentro del Imperio Romano la cremación era una práctica ampliamente utilizada, donde los restos resultantes de dicha cremación eran colocados en urnas, las cuales eran albergadas en un sepulcro de las familias romanas. Las piras funerarias eran consideradas un lujo dentro de la cremación en la época de los griegos, considerándola un símbolo de distinción entre la sociedad. Hacia el año 600 a.C. para los romanos se volvió parte del gobierno como un decreto oficial esta práctica de disposición final de los cuerpos. Para el año 400 a.C. gran parte de Europa se volvió al cristianismo, por lo que el entierro comenzó a desplazar por completo a la cremación; sin embargo, entre los años 274 y 395 a.C. esta práctica fue muy utilizada en el imperio, donde las cenizas eran depositadas en una urna para posteriormente colocarlas dentro de un cementerio de la antigua Roma mejor conocido como columbario (Lugones et al., 2015).

2.4.1.1 Edad media

La cremación en la Edad Media se utilizaba como castigo para los herejes, lo que incluía una incineración en vida en la hoguera. La práctica de la cremación con base en las acciones hechas en vida de los individuos continuó hasta los tiempos modernos, por ejemplo, después de la Segunda Guerra Mundial, varios cuerpos correspondientes a hombres presos contra la humanidad no fueron regresados a sus familias, sino que fueron cremados y depositados en un lugar secreto. Por su parte, en Japón se construyeron monumentos en memoria de los criminales de guerra que fueron ejecutados y cremados (Altamirano, 2013).

2.4.1.2 Era moderna

En 1873, comenzó el movimiento moderno de la cremación, con la presentación del profesor Paduano Brunetti de una cámara de cremación en Viena. Para 1874 en Gran Bretaña se fundó la Sociedad de la cremación de Inglaterra por sir Henry Thompson y colegas. De igual forma, en 1874 fue construido en Estados Unidos Pensilvania, el primer crematorio por Julius LeMoyne; mientras que en Europa los primeros crematorios fueron construidos hasta 1878 en Gotha, Alemania y Woking, Inglaterra (Lugones et al., 2015).

En Inglaterra fue declarada legal después de que el doctor William Price fue encarcelado por cremar a su hijo. Por lo que acto seguido de esto, en 1902 se declaró la legalización formal del Acta de Cremación lo cual propuso requerimientos procesales antes de esta práctica. En 1963, el Papa Paulo VI prohibió la cremación como acto hereje; sin embargo, en 1966, les permitió a los sacerdotes católicos officiar ceremonias para posteriormente cremar a las personas difuntas (Lugones et al., 2015).

2.4.2 Pira funeraria

El Ministerio de Cultura y Deporte España (2021), define la pira funeraria como la estructura de madera, cubiertas de telas y alfombras adornando la estructura en la que se realizaba el proceso de cremación. El término dio origen del griego “pyrá” haciendo referencia al fuego purificador ardiendo sobre el altar; el cuerpo del difunto era colocado encima de la estructura de madera la cual era encendida para dejar al cuerpo consumirse por el fuego. De acuerdo con las diferentes culturas y civilizaciones se crearon diversas versiones de la pira funeraria a lo largo de la historia.

2.4.3 Apreciaciones religiosas de la cremación

2.4.3.1 Cristianismo

En el año 400 a.C. la cremación perdió aceptación entre la sociedad debido a la entrada del cristianismo, ya que la iglesia tenía cuatro ideas: la primera era que el cuerpo era sagrado por sí solo y debía de ser considerado como tal; la segunda, se debía disponer del cuerpo de manera honrada por lo que la cremación se consideraba una práctica pagana insultando a la persona fallecida y a sus familiares; la tercera se basaba en que el cuerpo de un cristiano debía de ser sepultado y en cuarto lugar, esta práctica negaba la resurrección del cuerpo (Crematorios.cl, 2016).

De acuerdo con Altamirano (2013), la cremación fue un acto prohibido; sin embargo, hubo excepciones por lo cual se tuvo que emplear este proceso, por ejemplo en la Edad Media fue utilizada debido a la multitud de cuerpos existentes a raíz de las guerras; durante la peste y hambruna, que llegaban a ser un foco de infección para la demás población si no se trataban. La iglesia católica sigue prefiriendo el entierro o la inhumación tradicional, mientras que la cremación actualmente es libremente permitida siempre y cuando no signifique un rechazo a la creencia de la resurrección del cuerpo.

Desde 1963 la iglesia católica permitió la cremación y a principios de 1997 se ha permitido un culto fúnebre en presencia de los restos incinerados, de igual forma se enfatizó la importancia de enterrar los restos de los difuntos ya sea el cuerpo o las cenizas. Actualmente, la cremación ha aumentado en muchos países como una de las prácticas más empleadas para la disposición final de cuerpos y dentro del cristianismo se ha cambiado la manera en que se trata, utilizando por ejemplo, algunos de los restos incinerados para hacer joyería u otros artefactos (Archdiocese of Chicago Catholic Cemeteries, 1997).

2.4.3.2 Judaísmo

Durante la época de Bronce, el judaísmo desaprobó la práctica de la cremación entre sus pobladores, al igual que la conservación del difunto embalsamado. Según información de Altamirano (2013), durante el siglo XIX y principios del XX, los cementerios judíos llegaron a su límite poblacional, dando como resultado la aceptación de la cremación como un medio de disposición entre los judíos liberales. Actualmente, la cremación ha sido una práctica con un uso estricto entre esta religión, sobre todo por la memoria de los millones de judíos que fueron asesinados por los nazis en el Holocausto, donde sus cuerpos fueron quemados dentro de los

hornos crematorios o fosas, dándole a la cremación una connotación negativa para los grupos conservadores dentro de la religión.

2.4.3.3 Religión mormona

En el año 1830, la iglesia de Jesucristo de los Santos a través de sus líderes promovía entre sus seguidores evitar la práctica de la cremación a menos que fuera requerida por la ley, promoviendo que el cuerpo fuera enterrado en el suelo, dejando que la naturaleza se encargara de la descomposición (Altamirano, 2013).

2.4.3.4 Budismo

De acuerdo con Dignity Memorial (2021), las tradiciones funerarias budistas señalan que el servicio funerario se realice un día después de la muerte conducido por un monje, teniendo el ataúd abierto para que los asistentes puedan acercarse y despedirse del difunto inclinándose ligeramente en señal de respeto. Durante esta ceremonia puede haber un período de meditación para reflexionar sobre la vida de aquella persona y honrar su memoria. Dependiendo de las creencias de las familias, los budistas también pueden elegir la cremación como opción; después de la cremación, las cenizas se esparcen en un río o bien pueden ser enterradas en un cementerio.

2.5 Tipos de cremación

Según Ñaupari (2019), existen tres tipos de cremación de acuerdo con la Asociación de Cremación de América del Norte (CANA por sus siglas en inglés). A continuación, se presentarán con mayor detalle los tipos:

2.5.1 Cremación basada en fuego

Este tipo de cremación es el método tradicional que se ha empleado dentro de las civilizaciones desde la antigüedad, la cual consiste en la destrucción del cuerpo al ser expuesto a altas temperaturas de calor dentro de un horno crematorio, donde el resultado obtenido es las cenizas del cuerpo (Ñaupari, 2019; Lugones et al., 2015).

2.5.2 Cremación por disolución química

Existen alternativas diferentes a la cremación tradicional con fuego para la disposición final de los cuerpos más ecológicas; una de ellas es la hidrólisis alcalina o cremación por disolución química la cual consiste en introducir el cuerpo dentro de una cámara con una disolución alcalina compuesta del 95% de agua y 5% de

hidróxido de potasio, después, a una temperatura de 150°C en un lapso de una hora y media el cuerpo comienza a degradarse, como resultado de este proceso se tienen únicamente los huesos y una disolución orgánica (Fundación Tierra, 2018; Ñaupari, 2019).

2.5.3 Cremación por promoción

Este método fue creado en Suecia por Susanne Wiigh-Masak, el cual consiste en someter al cuerpo a nitrógeno líquido dentro de una cámara, para luego por medio de vibraciones, el cuerpo se desintegre hasta quedar reducido en polvo, el cual es entregado a los familiares de la persona fallecida en una urna o en algún recipiente hecho de almidón de maíz, el cual puede ser enterrado o utilizado como abono (Ñaupari, 2019).

2.6 Categorías de cremación

2.6.1 Cremación de cadáveres humanos

Como se ha mencionado con anterioridad, la cremación de restos humanos es una práctica que consiste en la descomposición del cuerpo por medio de altas temperaturas dentro de una cámara llamada horno crematorio, resultando en cenizas las cuales se depositan en una urna (Samayoa, 2010).

2.6.1.1 Cremación individual

Según (Samayoa, 2010), esta clase de cremación se llega a acabo por disposición voluntaria cuando el difunto autoriza de forma escrita antes de fallecer en su testamento para ser cremado, o bien, se realiza una solicitud escrita por parte de los parientes para poder comenzar el procedimiento.

2.6.1.2 Cremación colectiva

Este tipo de cremaciones también conocidas como cremaciones masivas se refieren a la cremación en masa de cuerpos humanos producidos principalmente por la presencia desastres naturales, guerras, motivos de orden público, pandemias, etc. Sin embargo, esta clase de cremación se efectúa sin respetar los procesos de incineración, identificación ni preservación de la individualidad de los fallecidos, lo cual presenta un alto riesgo como un foco de epidemias y al medio ambiente, etc. (Samayoa, 2010).

2.6.2 Cremación de animales

Esta práctica se refiere a la descomposición a través de altas temperaturas del cuerpo de un animal para convertirlo en cenizas, siendo una técnica más rápida que la cremación de humanos. El horno crematorio que se utiliza para este procedimiento es distinto al que se usa para los cuerpos humanos (Samayoa, 2010).

2.7 Horno crematorio

Para Recondo (2013), un horno crematorio es un horno industrial, el cual alcanza altas temperaturas aproximadamente entre 870 a 980°C, con modificaciones especiales que aseguran la desintegración del cuerpo incinerado. Los hornos de uso funerario están diseñados para quemar un cuerpo a la vez, ya que la quema de varios puede ser una práctica ilegal en varios países. El horno cuenta con una cámara llamada retorta hecha con ladrillos refractarios que ayudan a la conservación de calor, los cuales deben ser reemplazados cada cinco años debido a que suelen ser fracturados por la constante expansión y contracción que sufren con cada cremación.

Los hornos crematorios de uso funerario cuentan generalmente con dos cámaras: la primaria es construida con chapa laminada de acero y una estructura reforzada que tenga resistencia, así mismo esta cámara cuenta con aislamiento de hormigón especial de ladrillo refractario que sirven para que la temperatura exterior no cause ningún accidente de quemaduras; por otra parte la cámara secundaria se posiciona encima o por detrás de la cámara primaria; los gases de combustión de la primera se alimentan por conductos conectados con la segunda cámara. El consumo energético de este tipo de horno ronda entre los 22.5 y 30 m³ de gas natural, 30 litros de gasolina o 900 kWh. Y, generalmente el tiempo que dura cada cremación ronda entre 75 minutos a 3 horas; sin embargo, los hornos modernos son más eficientes en su proceso que pueden soportar ocho cremaciones seguidas en un periodo de 12 horas aproximadamente (Funeral Natural, 2021).

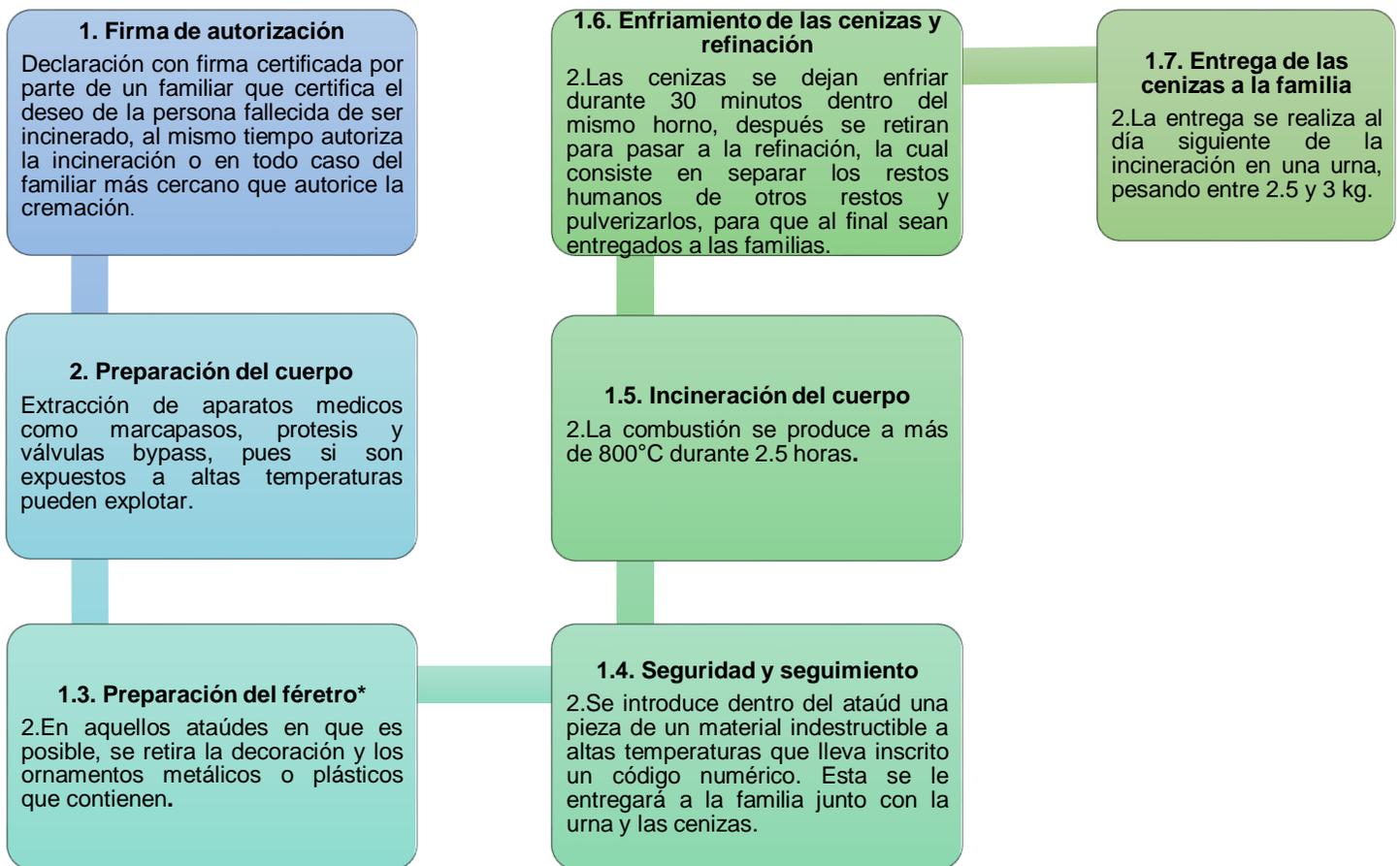
De acuerdo con Carrión y Pesántez (2010), los hornos crematorios cuentan con dimensiones aproximadas de 1.25 metros de ancho por 2 metros de largo, con un espesor de las paredes de 16 cm, los cuales operan regularmente con combustible Diesel y cuentan con una capacidad de incinerar de hasta 50 kg. Estos se componen de dos cámaras, un sistema de enfriamiento de gases y una chimenea donde se dispersan los contaminantes a la atmósfera. La cámara primaria es destinada para la incineración de los restos biológicos o humanos a una temperatura promedio de 800°C durante una hora de operación; la cámara secundaria funciona para la

descomposición de gases tóxicos o dioxinas generadas durante este proceso a una temperatura de 1,200°C.

2.8 Proceso de cremación

El proceso de la cremación de cadáveres humanos se puede dividir en 7 etapas, mostradas en la siguiente imagen:

Imágen 2. Etapas del proceso de cremación humana.



*Nota: no en todos los casos es así, solo si las responsables del crematorio lo creen necesario.

Fuente: Elaboración propia con base en (Ecofuneral, 2018).

2.9 Manejo de cadáveres por COVID-19

De acuerdo con el Gobierno de México y la Secretaría de Salud (2020), no se tiene evidencia de que exista un alto riesgo de infección a partir de los cadáveres de las personas fallecidas por el virus COVID-19; sin embargo, estos pueden suponer un foco de infección para las personas que entren en contacto directo con ellos, por lo que deben ser manejados por el Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Control Sanitario de la Disposición de Órganos, Tejidos y Cadáveres de Seres Humanos y las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes. Es necesario seguir una serie de lineamientos:

- Trato digno y solidario a los cadáveres y a las familias de los fallecidos.
- Evitar la saturación de los sistemas de manejo de cadáveres.
- Uso de equipo de protección personal, limpieza y desinfección de superficies conforme se manipule cada cuerpo.
- No se permitirá el embolsamiento y velación del cuerpo para reducir el tiempo de destino final del cuerpo.
- Planeación del manejo masivo de cuerpos.
- La disposición final del cadáver deberá ser de forma inmediata, mediante cremación o inhumación, las cenizas no suponen ningún riesgo infeccioso por lo que pueden ser manipuladas.

Epílogo

Dentro de este capítulo se pudo realizar una descripción de los conceptos más representativos abordados en la presente investigación, para tener un mejor entendimiento de la dinámica de la problemática estudiada, en este caso de las cremaciones como fuente de emisiones contaminantes a la atmósfera. En primera instancia se presentó la idea general de la contaminación atmosférica como una mezcla de agentes físico, químico y biológicos dentro del ambiente que pueden llegar a alterar la dinámica del entorno, así como representar un riesgo para la vida. Por lo cual, existen diferentes tipos de contaminantes dependiendo de su clasificación como lo son los primarios y secundarios, así como por su origen provenientes de fuentes naturales y antropogénicas. Así como la presentación de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico como herramienta para la medición de contaminantes dentro de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.

A su vez, se define al proceso de cremación como aquel acto de destrucción de un cuerpo humano a través de un horno crematorio expuesto a altas temperaturas; abarcando parte de su origen y cómo fue cambiando la forma de ver a este proceso a través del tiempo y, de las diferentes corrientes religiosas, para posteriormente convertirse en uno de los métodos más utilizados actualmente. Así mismo, se pudo conocer la existencia de dos nuevas técnicas más ecológicas para disponer de un cuerpo humano; sin embargo, estas dos nuevas técnicas de liofilización e hidrolisis alcalina siguen siendo difícil de concebir dentro de las sociedades debido a su falta de divulgación y especialmente por la forma inhumana con la que ves estos dos métodos, por lo que se sigue prefiriendo la cremación como disposición final de cuerpos para sus seres queridos.

Capítulo 3. Marco contextual



En este capítulo se abordarán algunas de las características físicas y socioeconómicas de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. Por lo que se divide en diferentes apartados: localización de la República Mexicana, seguido del Estado de México para terminar focalizando la ZMVT siendo esta la zona de estudio, características naturales, incluyendo la orografía y relieve de la zona, climatología, meteorología, así como las características sociales y económicas.

3.1 Localización y conformación de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca

De acuerdo con la Semarnat (2010), la República Mexicana abarca una extensión de 1'964, 375 km². La capital de México es el Distrito Federal ahora Ciudad de México; además de tener una división política de 32 entidades federativas: Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Campeche, Coahuila, Colima, Chiapas, Chihuahua, Durango, Distrito Federal (Ciudad de México), Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas.

Imágen 3. Mapa de la República Mexicana



Fuente: (Delgado, 2021).

El Estado de México se localiza en la parte centro de la República Mexicana y cuenta con una superficie territorial de 21,461 km², representando el 1.1% del total del territorio nacional; conformado por 122 municipios con 4,786 localidades, siendo su capital la ciudad de Toluca (Cámara de Diputados, 2002).

La Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), se ubica en la región centro y comenzó su proceso de metropolización a partir de la década de los 60's debido a la industrialización en el corredor Toluca-Lerma (Sistema Estatal de Información Urbana Metropolitana y Vivienda, 2021).

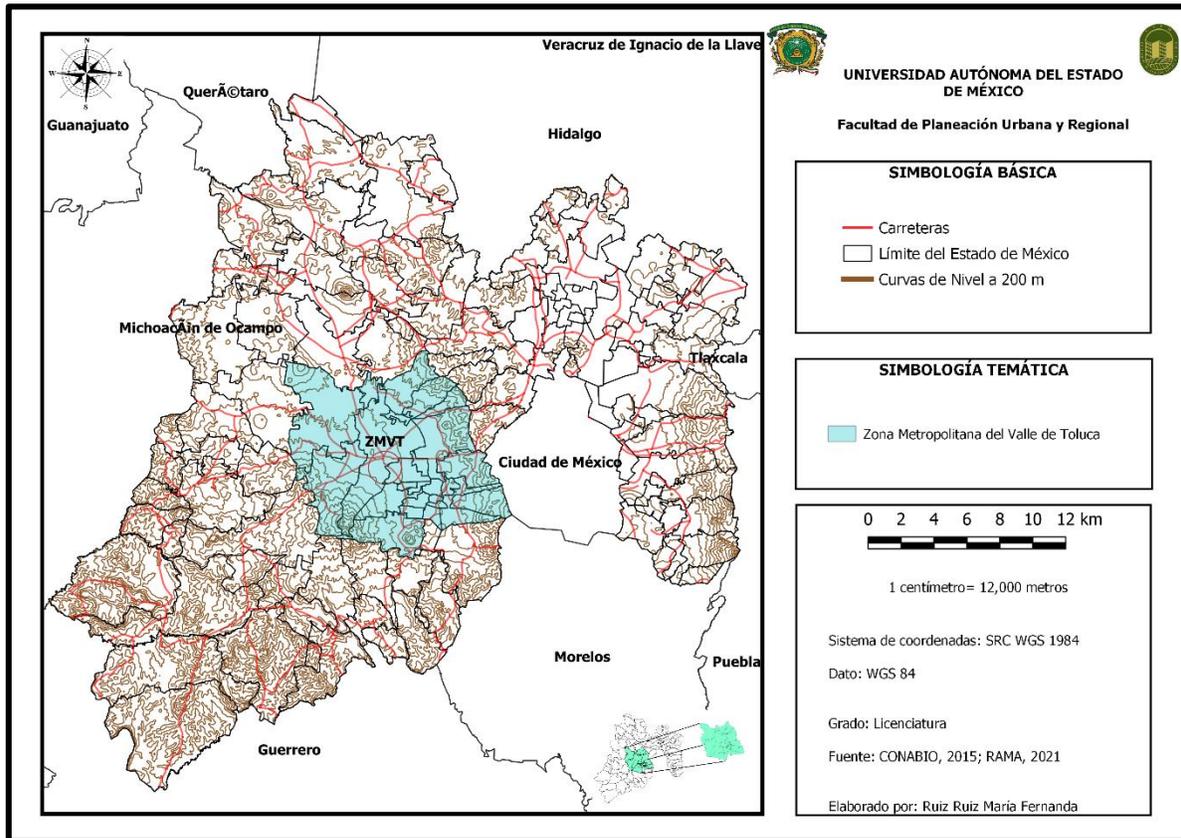
De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica (2007), la Zona Metropolitana del Valle de Toluca se localiza entre los paralelos 18°59'07" y 19°34'47" de latitud norte y los meridianos 99°38'22" y 99°56'13" de longitud oeste respecto al meridiano de Greenwich. La ZMVT se integra por 22 municipios mostrados en el mapa 3.1:

Tabla 3.1. Municipios de la ZMVT

Número	Municipio	Número	Municipio
1	Almoloya de Juárez	12	Rayón
2	Almoloya del Río	13	San Antonio la Isla
3	Atizapán	14	San Mateo Atenco
4	Calimaya	15	Temoaya
5	Capulhuac	16	Tenango del Valle
6	Chapultepec	17	Texcalyacac
7	Lerma	18	Tianguistenco
8	Metepec	19	Toluca
9	Mexicaltzingo	20	Xalatlaco
10	Ocoyoacac	21	Xonacatlán
11	Otzolotepec	22	Zinacantepec

Fuente: elaboración propia con base en información de (Gobierno del Estado de México, 2017a).

Mapa 3.1 Localización de la ZMVT



Fuente: Elaboración propia con base en (CONABIO, 2021).

3.2 Características naturales

Este apartado hace referencia a los componentes del medio físico que caracteriza a la ZMVT, involucrando características como la orografía, climatología, meteorología y dinámica de los vientos que se presenta, con el objetivo de comprender de mejor manera el comportamiento de los contaminantes en su medio natural.

3.2.1 Orografía y relieve

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales et al. (2011), resalta que la ZMVT forma parte de la provincia del Sistema Volcánico Transversal y la subprovincia de los Lagos y Volcanes de Anáhuac. El principal relieve de la zona se conforma de planicies, lomeríos, cañadas y montañas de origen volcánico. Entre las principales elevaciones se destacan en la Sierra de las Cruces el cerro “El Gavilán”,

los volcanes cerros “La Palma” y “La Campana”; en la Sierra de Monte Alto se encuentra el cerro “Xeshadi”, en el volcán Nevado de Toluca destaca “El ombligo”, “Pico de Fraile”.

La ZMVT se encuentra rodeada por grandes sierras y apartados volcánicos, entre las que se encuentran, en la zona suroeste, “La Sierra” Nevado de Toluca; en la zona este se localiza “La Sierra de las Cruces” y “La Sierra de Ocoyotepec”; al noreste, “La Sierra de Monte Alto” y al sur, “La Sierra Matlazinca”. En particular el Nevado de Toluca es fundamental para la dinámica del viento dentro del valle, debido a los sistemas de baja y alta presión que se generan en la región. En la tabla 3.2.1 se muestran las principales elevaciones dentro de la ZMVT Gobierno del Estado de México y Secretaría de Medio Ambiente, en el Programa para mejorar la calidad del aire del valle de Toluca (2012-2017).

Tabla 3.2.1. Elevaciones en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca

Elevación	Ubicación	Municipio	Altura (m.s.n.m)
La Campana	Sierra de Monte Alto	Lerma	3,300
El Xeshadi	Sierra Monte Alto	Lerma	3,400
El Gavilán	Sierra de las Cruces	Ocoyoacac	3,000
El Molcajete	Sierra Morelos	Toluca	2,900
El Ombligo	Nevado de Toluca	Toluca	4,600
Pico de Fraile	Nevado de Toluca	Toluca	4,660
Volcán Gordo	Nevado de Toluca	Zinacantepec	3,700
La Calera	Nevado de Toluca	Zinacantepec	3,740

Fuente: Elaboración propia con base en (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Medio Ambiente, 2012; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales et al., 2011).

3.2.2 Clima

Según la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales et al. (2011), el clima predominante en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca es el templado de acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por Enriqueta García en 1970 (ver Mapa 3.5); sin embargo, se caracteriza por tres tipos de climas:

1. **Clima templado subhúmedo [C(w2) (w)b(i') g]:** Este tipo de clima abarca las planicies del territorio de la ZMVT localizada entre los 2,500 y 2,900 msnm, tiene un régimen de lluvias en verano con un porcentaje inferior a 5% de precipitación invernal; su temperatura media anual va entre los 12° y 18°C (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales et al., 2011; García, 2004).
2. **Clima semifrío subhúmedo [C(w2) (w)b(i')]:** Este tipo de clima se presenta en dos zonas, la primera corresponde a las partes bajas del Volcán “Nevado de Toluca” entre los 2,900 y 4,000 msnm, y la segunda corresponde en la Sierra de las Cruces. Su temperatura media anual oscila entre los 5° y 12°C, presentándose la temperatura más alta en los meses de mayo y junio (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales et al., 2011; García, 2004).
3. **Clima frío [E(T)H]:** Este tipo de clima se localiza en la parte más alta del Volcán “Nevado de Toluca” entre los 4,000 y 4,680 msnm, cuenta con una temperatura media anual entre -2° y -5°C (SEMARNAT et al., 2011).

3.2.2.1 Épocas climatológicas

En la ZMTV se presentan tres épocas climáticas que guardan en tiempo atmosférico a lo largo del año:

1. **Época seca-fría:** Se presenta la temperatura promedio mensual anual más baja durante el año, comprendiendo los meses de noviembre a febrero con un rango de 9° y 11°C. Las heladas son un fenómeno meteorológico que se presenta dentro de la zona metropolitana, y que está relacionado con las bajas temperaturas registradas y las nevadas ocasionales, ya que durante esta época se registran temperaturas bajo cero (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Medio Ambiente, 2012).
2. **Época seca-cálida:** En los meses de marzo a mayo se presentan un ascenso de temperatura que llega hasta los 15°C, siendo esta la temperatura media que se expresa como máxima dentro de la zona a lo largo del año (Secretaría de Medio Ambiente y Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica, 2007).
3. **Época de lluvia:** Se presenta en los meses de junio a octubre, manifestando un decremento de temperatura entre 11° y 13°C, con precipitaciones que se desarrollan con un rango entre 160 y 210 mm (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Medio Ambiente, 2007).

3.2.3 Meteorología

De acuerdo con el Gobierno del Estado de México y la Secretaría de Medio Ambiente (2012), la Zona Metropolitana del Valle de Toluca por su posición geográfica se encuentra bajo influencia de sistemas meteorológicos tropicales durante la época de lluvia como el paso constante de ciclones tropicales aportando humedad en forma de nublados y lluvias abundantes sobre la zona durante a lo largo del año contribuyendo a la remoción de los contaminantes atmosféricos presentes. Por su parte, en la época seca el desplazamiento de los frentes fríos y masas de aire polar son los sistemas meteorológicos predominantes, generando inversiones térmicas que provocan condiciones desfavorables para la dispersión de los contaminantes dentro de la ZMVT.

3.2.4 Dinámica de vientos

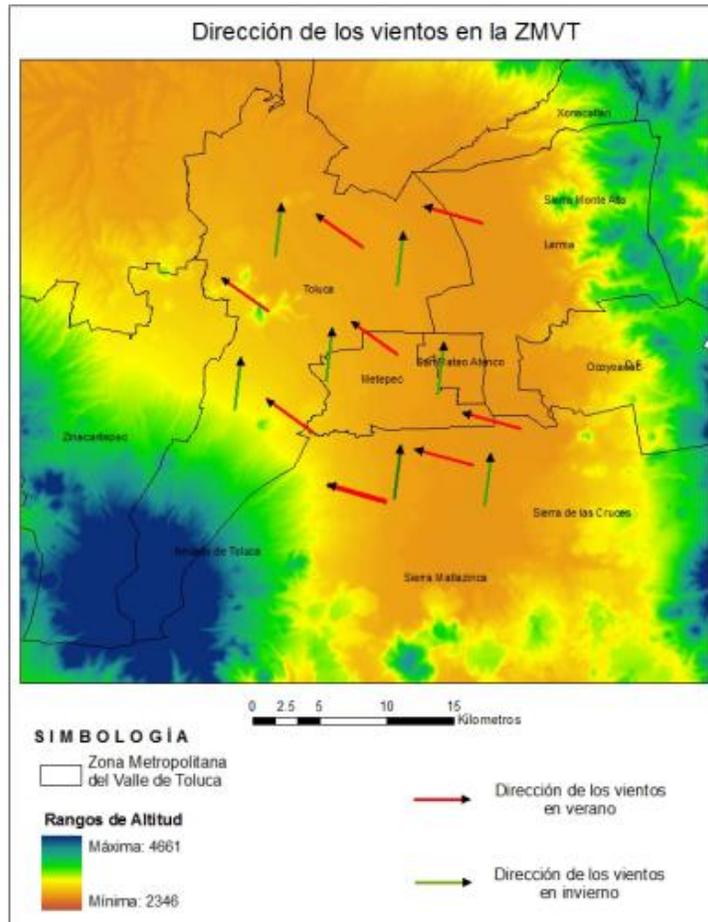
El Gobierno del Estado de México y la Secretaría de Medio Ambiente (2007), resaltan que la ZMVT no se encuentra encerrada por completo por barreras naturales como sucede con la Zona Metropolitana del Valle de México, lo que favorece a la circulación del viento. Para Aldunate et al. (2006), el estudio de los vientos se encarga en la dispersión de los contaminantes, de modo que el efecto de los tóxicos emitidos se extiendan hacia las áreas colindantes, en donde la contaminación acumulada se suma a la producida por las fuentes locales.

En esta zona la circulación del viento en dirección y frecuencia llega a ser compleja y variada en función del relieve; sin embargo, el Valle de Toluca se encuentra bajo influencia de vientos aislados, con una intensidad débil y estable en un periodo de época fría, predominando los vientos provenientes del sur y dirección norte, con una ligera curvatura desviada a favor de las manecillas del reloj en función del relieve, siendo el caso del Nevado de Toluca aquel que no permite que circulen de forma libre los vientos que llegan por el sur (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Medio Ambiente, 2012, como se cito en García, 2014).

Por su parte, en la época seca-cálida, los vientos se intensifican más y llegan a modificar su curso debido a la aceleración de los alisios, influyendo el sistema de relieve que presenta la Sierra de las Cruces orientada de norte a sur, obstruyendo de manera determinante el paso libre de los vientos aislados hacia este valle. Por último, durante la época de lluvia, la dinámica de vientos se presenta desde el este y sureste con dirección noroeste y norte, favoreciendo la transportación de

contaminantes generados en la zona industrial del municipio (ver Imagen 3.2) (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Medio Ambiente, 2007, como se cito en García, 2014).

Imagen 4. Dirección de los Vientos en la ZMVT



Fuente: (García, 2014).

3.3 Características socioeconómicas

En este apartado se hablará acerca de las características sociales y económicas de la ZMVT, como pueden ser la dinámica poblacional, sistema territorial, actividades económicas que se realicen en la zona, vías de comunicación y uso de suelo.

3.3.1 Sistema territorial

Para Gabella et al. (2013), un sistema territorial es el conjunto de todos los elementos y procesos, naturales y artificiales existentes en el territorio, el cual corresponde a un espacio geográfico que puede estar delimitado bajo distintos criterios, ya sea político-administrativos o ecológico-ambiental y constituye al soporte de todas las actividades y funciones de sus habitantes. Además, se interrelacionan distintos componentes que normalmente son separados para su estudio pero que sólo pueden ser comprendidos adecuadamente cuando se incluye un análisis de estos.

3.3.1.1 Dinámica poblacional

Según el Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (2017), una zona metropolitana es el conjunto de dos o más municipios o demarcaciones territoriales en los que se localiza una ciudad de 50 mil o más habitantes, cuya área urbana, funciones y actividades rebasan el límite del municipio o demarcación que originalmente la contenía, incorporando como parte de su área de influencia a municipios vecinos, con los que mantiene un alto grado de integración socioeconómica.

La Zona metropolitana del Valle de Toluca es considerada la segunda concentración de población del Estado de México, siendo una de las metrópolis más importantes del país, entrando en el rango de grandes ciudades de acuerdo con el Sistema Nacional de Ciudades (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Medio Ambiente, 2007). De acuerdo con el Censo General de Población y Vivienda 2010 del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), la población de la ZMVT pasó de 1,917,000 habitantes en 2005 a 2,166,024 en el año 2010, lo que representó un incremento de 8.85% (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Medio Ambiente, 2012).

En la Tabla 3.3.1.1. Se muestra la población en los municipios que integran la ZMVT en los años 2010 y 2020, así como la suma de ambos años, resaltando que para el año 2020 hubo un incremento de 365,170 personas.

Tabla 3.3.1.1. Población de los municipios de la ZMVT

Número	Municipio	Mujeres	Hombres	Población	
				2010	2020
1	Almoloya de Juárez	73,870	73,783	147,653	174,587
2	Almoloya del Río	5,687	5,199	10,886	12,694
3	Atizapán	5,332	4,967	10,299	12,984
4	Calimaya	23,972	23,061	47,033	68,489
5	Capulhuac	17,560	16,541	34,101	36,921
6	Chapultepec	4,938	4,738	9,676	12,772
7	Lerma	68,130	66,669	134,799	170,327
8	Metepec	111,103	103,059	214,162	242,307
9	Mexicaltzingo	6,054	5,658	11,712	13,807
10	Ocoyoacac	31,440	30,365	61,805	72,103
11	Otzolotepec	39,828	38,318	78,146	88,783
12	Rayón	6,496	6,252	12,748	15,972
13	San Antonio la Isla	11,266	10,886	22,152	31,962
14	San Mateo Atenco	36,982	35,597	72,579	97,418
15	Temoaya	46,047	43,963	90,010	105,766
16	Tenango del Valle	39,893	38,072	77,965	90,518
17	Texcalyacac	2,605	2,506	5,111	5,736
18	Tianguistenco	36,405	34,277	70,682	84,259
19	Toluca	424,725	394,836	819,561	910,608
20	Xalatlaco	13,807	13,058	26,865	30,687
21	Xonacatlán	23,460	22,871	46,331	54,633
22	Zinacantepec	85,650	82,109	167,759	203,872
			Total=	2,172,035	2,537,205

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de (INEGI, 2010 ; INEGI, 2020).

3.3.2 Actividades económicas

Para el Gobierno de Canarias (2015), las actividades económicas son el conjunto de actividades realizadas por los seres humanos las cuales se produce, se

intermedia y se vende un bien o servicio para satisfacer las necesidades de las personas.

Dentro de la ZMVT ha presentado una transformación paulatina de las actividades económicas, pasando de ser una economía rural a una economía industrial y de servicios. Se ha determinado que la población económicamente activa de la ZMVT es del 49.9%. La población ocupada por sector de actividad corresponde a 3.4% en el sector primario, el 35.9% en el sector secundario y el 56.8% en el sector terciario. Estas cifras señalan una tendencia a la terciarización del empleo, por lo que las actividades primarias continúan siendo desplazadas.

3.3.2.1 Actividades del sector primario

Para la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, dentro del sector primario se puede destacar la actividad agrícola mayormente de temporal, no obstante, también se desarrolla la agricultura de riesgo en menor medida. El suelo que predomina la zona es *Feozem*, el cual es susceptible a la erosión moderada y alta, lo que hace que se presenten problemas de erosión del suelo transportando como consecuencia la emisión de partículas de origen natural (García, 2014).

3.3.2.2 Actividades del sector secundario

Dentro de la ZMVT se ubican diferentes tipos de industrias, destacando la industria manufacturera con 11,364 unidades económicas dentro del área. Concentrándose principalmente en la zona de Toluca, en donde existen aproximadamente 3,464 unidades económicas, representando el 30.49% de la planta industrial de esta metrópoli; le sigue San Mateo Atenco con 1,763 unidades económicas, Metepec con 967 y, por último, Lerma con 740 unidades económicas (ver tabla 3.3.2.2) (Secretaría de Medio Ambiente, 2012).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2014), el Estado de México reportó un tamaño promedio de 3.8 personas por unidad económica; registra 35,964 viviendas con actividad económica manufacturera, comercial o de servicios, donde sobresalen los sectores de 'Comercio al por menor' con 44.2% y las 'Manufacturas' con 20.6% según los datos de los Censo Económico del año 2014. Según los datos de INEGI citados por el Gobierno del Estado de México y la Secretaría de Medio Ambiente (2012), la industria manufacturera de la entidad estaba compuesta por el 93.9% de microindustrias; 3.1% por pequeñas industrias; 2.5% por industrias medianas y el 0.5% por grandes industrias. Así mismo, se

destacan las unidades económicas micro, pequeñas y mediana que ocupan el 76% del personal estatal en este sector.

La importancia de la industria radica no sólo en su impacto como actividad económica, sino también en los efectos ambientales derivados de sus procesos propios, por ejemplo, las emisiones de hidrocarburos a la atmósfera provenientes de la industria metalmeccánica, así como gases de combustión generados en la industria química y alimentaria, en hoteles, baños públicos y restaurantes, los cuales en su conjuntos contribuyen al deterioro de la calidad del aire por la ausencia de sistemas de control de emisiones, y a la falta de un sistema de administración ambiental para el ahorro de materias primas (García, 2014).

Tabla 3.3.2.2. Número de unidades económicas en los municipios de la ZMVT

Municipio	Unidades Económicas	Personal Ocupado
		Total
Almoloya de Juárez	1,685	4,128
Almoloya del Río	760	1,675
Atizapán	533	1,632
Calimaya	1,407	3,251
Capulhuac	1,927	7,293
Chapultepec	225	388
Lerma	3,206	37,747
Metepec	7,815	43,951
Mexicaltzingo	549	974
Ocoyoacac	2,647	10,725
Otzolotepec	1,607	3,705
Rayón	368	9,068
San Antonio la Isla	661	2,532
San Mateo Atenco	5,072	22,187
Temoaya	1,315	2,960
Tenango del Valle	2,936	9,111
Texcalyacac	214	575
Tlanguistenco	3,056	15,228
Toluca	32,994	204,659
Xalatlaco	902	1,885
Xonacatlán	1,646	4,101
Zinacantepec	4,466	13,749

Fuente: Elaboración propia con base en la Información socioeconómica básica regional del Estado de México 2014.

3.3.2.3 Actividades del sector terciario

Debido a la urbanización que se ha experimentado en los últimos años, la expansión del mercado interno ha sido más marcada. Donde se destacan las actividades del comercio de alimentos, bebidas y tabaco, servicios de apoyo a los negocios, manejo de desechos, servicios de alojamiento temporal, entre otros (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Medio Ambiente, 2012).

Con base en la información de (IGCEM, 2010; como se citó en Gobierno del Estado de México y Secretaría de Medio Ambiente, 2012), en el año 2010 se determinó que dentro de la ZMVT hay 44,015 unidades económicas en el sector comercio y 2,895 en el sector servicios. En el sector comercio 2,526 unidades se dedican a la actividad al por mayor y 41,489 al por menor. Por su parte, en el sector servicios, 1,443 unidades pertenecen al rubro de servicios financieros, inmobiliarios y de alquiler de bienes inmuebles, en tanto que 1,452 unidades al de servicios técnicos, profesionales, personales y sociales.

Los municipios de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca que reflejan la mayor actividad en cuanto a bienes y servicios son: Metepec, Toluca, Almoloya de Juárez, Lerma y Zinacantepec, en tanto que la mayor concentración de servicios se presenta en Toluca, Metepec, Almoloya de Juárez y Zinacantepec (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Medio Ambiente, 2012).

3.3.3 Vías de comunicación

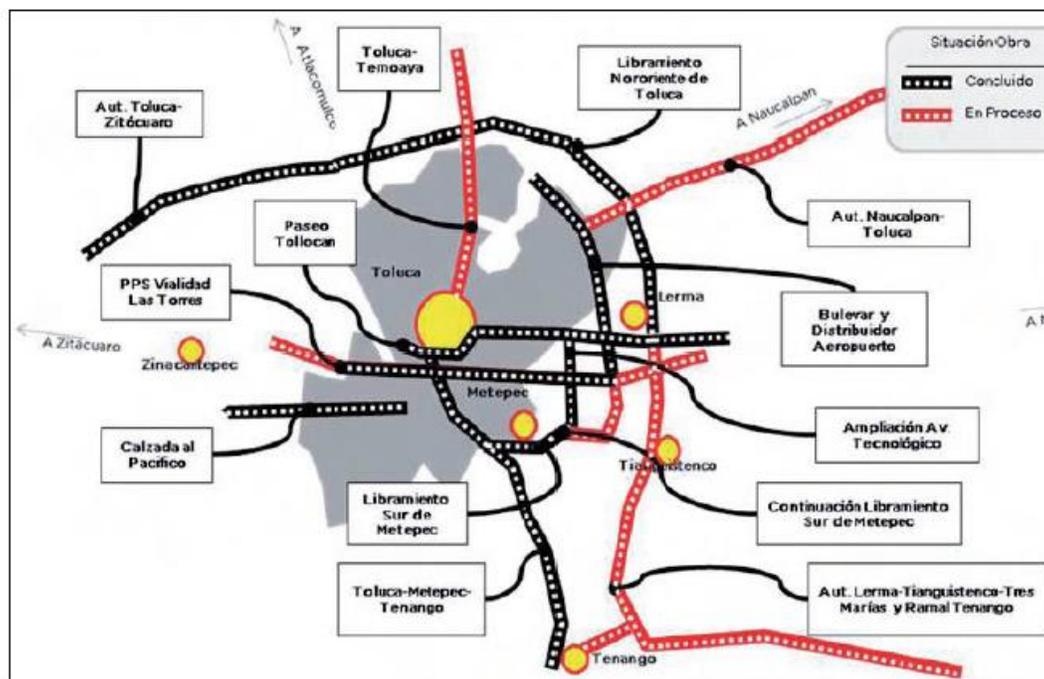
El Gobierno del Estado de México y la Secretaría de Medio Ambiente (2012), señala que dentro de la ZMVT se encuentra el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de Toluca, considerado como un aeropuerto de clase mundial, debido a su concepto de apoyo a aerolíneas de bajo costo, la implementación del Sistema de Aterrizajes y Despegues por instrumentos en condiciones de baja visibilidad; además, el edificio terminal tiene un área de 28,300 m² que incrementa su capacidad de servicios a 8 millones de pasajeros y el estacionamiento de cuatro niveles con más de 2,000 cajones. Está considerada como la quinta terminal área del país en número de pasajeros, el índice de más alto crecimiento en los últimos años y reconocido como el mejor Aeropuerto en América Latina y el Caribe.

Las principales vías de comunicación son (ver figura 3.3):

- El Libramiento Nororiente de Toluca y Sur de Metepec
- El Bulevar y Distribuidor Aeropuerto

- Las autopistas: Toluca-Zitácuaro, Toluca-Naucalpan, Lerma-Santiago Tianguistenco-Tres Marías y Ramal a Tenango del Valle.
- Las vialidades: Prolongación Avenida Isidro Fabela, Paseo Adolfo López Mateos, Vía Alfredo del Mazo, Vía José López Portillo, Paseo Tollocan, Paseo Colón, Calzada al Pacífico, Avenida Salvador Díaz Mirón, Avenida Tecnológico, Avenida de las Partidas-Zona Industrial-Lerma-El Cerrillo.
- Las carreteras: Toluca-Metepec-Tenango del Valle, Toluca-Temascaltepec-Valle de Bravo, Toluca-Temoaya, Toluca-Amanalco de Becerra-Valle de Bravo, Toluca-San Felipe Tlalmimilolpan, Santiago Tianguistenco-Chalma, Amomolulco-Xonacatlán, Xonacatlán-Presa José Antonio Alzate, Ocoyoacac-Santiago Tianguistenco, Tenango-Joquicingo, Almoloya de Juárez, San Mateo Atenco-San Pedro Tultepec y Santiago Tianguistenco-Tenango del Valle (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Medio Ambiente, 2012).

Imágen 5. Vías de comunicación dentro de la ZMVT



Fuente: *Programa para mejorar la calidad del aire del valle de toluca (2012-2017)* del Gobierno del Estado de México y Secretaría de Medio Ambiente, (2012).

3.3.4 Usos del suelo

Como se menciona en el Programa para Mejorar la Calidad del Aire del Valle de Toluca (ProAire), en la ZMVT están presentes 8, de los 38 grupos de suelo del mapa

mundial de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO-UNESCO). Los suelos con mayor extensión corresponden a los denominados: *Feozem*, *andosol* y *vertisol*, localizando en la parte centro y sur del territorio; con menor cobertura se encuentra el *luvisol*, el *cambisol* y el *planosol* localizados en algunas zonas de los municipios de Temoaya y Oztolotepec; los suelos *regosol* y *leptosol* se registraron en la zona del Nevado de Toluca y una fracción del municipio de Tenango del Valle (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Medio Ambiente, 2012).

3.4 Toluca

Dentro de este apartado se abordará de manera más puntual el municipio de Toluca, debido a que es el municipio en el que se encuentra ubicado dentro de la zona de estudio de 5 km alrededor de la estación de monitoreo Ceboruco, abarcando los aspectos más relevantes en el contexto natural, social, económico y sus vías de comunicación.

3.4.1 Contexto natural

El municipio de Toluca se constituye por lomeríos de basalto que ocupan aproximadamente el 40% de la superficie de la Sierra Volcánica. Además, existe un vaso lacustre de piso rocoso que ocupa el 35% del área; el resto está conformado por estrato volcanes o estrato volcanes aislados que representan el 21% y, por último, el 2% restante se conforma por una llanura aluvial. En la zona se puede encontrar un amplio valle que ha sido utilizado para el crecimiento urbano y ordenamiento territorial, con un terreno que se eleva gradualmente en dirección sur hasta llegar a los 4,660 msnm, representando la cima del Nevado de Toluca (H. Ayuntamiento del municipio de Toluca, 2021b).

3.4.2 Contexto socioeconómico

Como lo menciona el H. Ayuntamiento del municipio de Toluca (2021b), en su Plan de Desarrollo Municipal 2019-2021, en el año 2000, el municipio contaba con una población total de 666,596 habitantes, cifra que para 2017 se estimó un total de 900,855 habitantes. Cabe señalar que más de la mitad de esta población corresponde a población femenina con un 52.22%. De acuerdo con el Censo 2020 de INEGI, el municipio de Toluca cuenta con una población de 910,608 habitantes, lo cual refleja su intensa dinámica económica, poniendo a relucir dos componentes

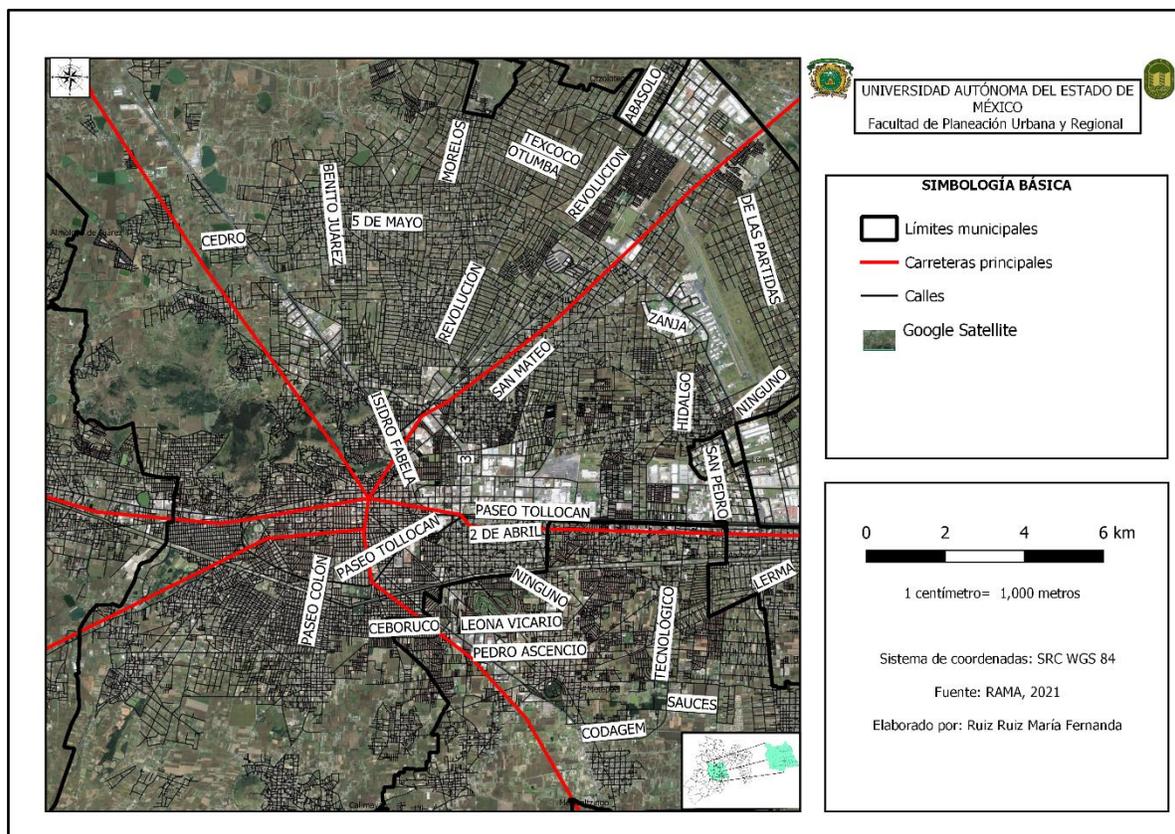
principales que influyen en esto, siendo el primero el crecimiento natural y el crecimiento social mediante la migración.

Así mismo, Toluca como la capital del Estado de México concentran actividades económicas especializadas en la industria, comercio, servicios, educativos, innovación, recreativos y culturales; lo cual a mayor especialización existe una mayor diversificación de las actividades económicas que impulsen el crecimiento económico, siempre y cuando haya una mayor productividad y competitividad (H. Ayuntamiento del municipio de Toluca, 2021b).

3.4.3 Vías de comunicación

A continuación, se mostrará una imagen satelital de la zona de estudio dentro del municipio de Toluca con las principales vías de comunicación.

Mapa 3.2 Vías de comunicación zona centro del municipio de Toluca



Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth y RAMA, 2021.

3.4.4 Usos de suelo

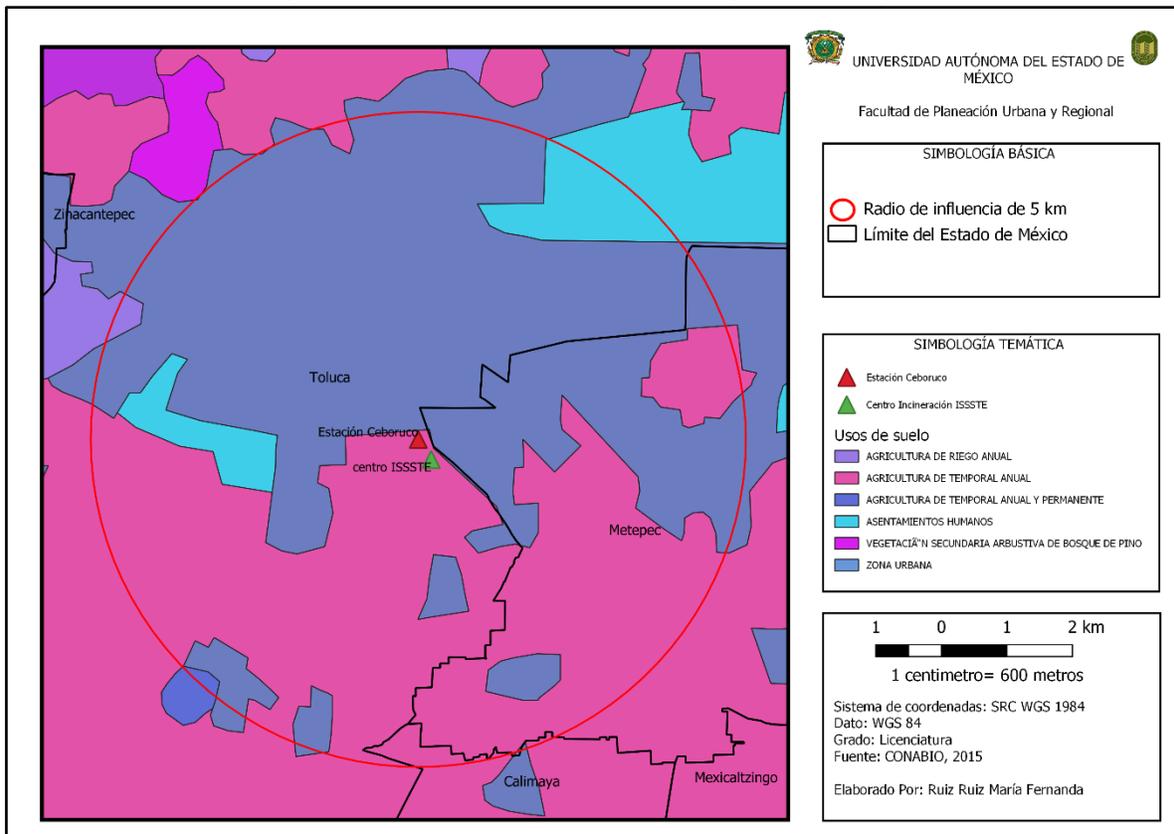
El uso del suelo predominante dentro del municipio es el agrícola, con una extensión aproximada de 201.71 km², representando el 48.01% de la superficie total municipal. En segundo lugar, se encuentra el uso urbano con una extensión de 131.38 km² de superficie del municipio, representando el 31.27%. Seguido de esto, se cuenta con una extensión de 41.43 km² de vegetación secundaria, representando un 9.86% de la superficie; seguido de pastizal con 30.74 km² representando el 7.32%, 5km² de bosque con el 1.20%, cuerpos de agua que representan el 1.47% de la superficie, y por último, el 0.87% de suelo desnudo (H. Ayuntamiento del municipio de Toluca, 2021b).

3.5 Metepec

3.5.1 Contexto natural

En el municipio de Metepec la geomorfología forma parte del Sistema Neovolcánico en la subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac y se localiza dentro de un vaso lacustre de piso rocoso con el 82.73% y una llanura aluvial con el 17.27%, presenta una elevación en el Cerro de los Magueyes, con una altura máxima de 2,690 msnm y muestra pendientes mayores al 4.4% lo que implica riesgo por desprendimientos rocoso y deslaves. El 98.44% de la superficie total del municipio se comprende por zonas planas con pendientes de 0 a 5%, siendo áreas aptas para usos del suelo agropecuarios y urbanos (ver mapa 3.3) (Secretaría de Desarrollo Urbano y Metropolitano, 2018).

Mapa 3.3 Usos de suelo en el municipio de Metepec



Fuente: Elaboración propia con base en CONABIO, 2015.

Dentro del municipio de Metepec el tipo de clima que predomina es el templado subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura promedio que oscila entre los 10 y 14°C, en temporada invernal se registran temperaturas mínimas de 3°C, la media se encuentra entre 14°C, mientras que la máxima es de 28°C. La temporada de lluvias se registra de mayo a octubre, siendo la precipitación media anual de 805 mm, donde los eventos máximos se dan entre agosto y septiembre con hasta 104 mm (Secretaría de Desarrollo Urbano y Metropolitano, 2018).

3.5.2 Contexto socioeconómico

De acuerdo con el Censo 2020 de INEGI, el municipio de Metepec contó con una población de 242,307 personas. En el municipio de Metepec debido al crecimiento descontrolado de la mancha urbana, los terrenos de cultivo, la actividad ganadera y agrícola se ha visto disminuida, por lo que no es tan frecuente como en otras partes del Estado de México. Datos de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario arrojan

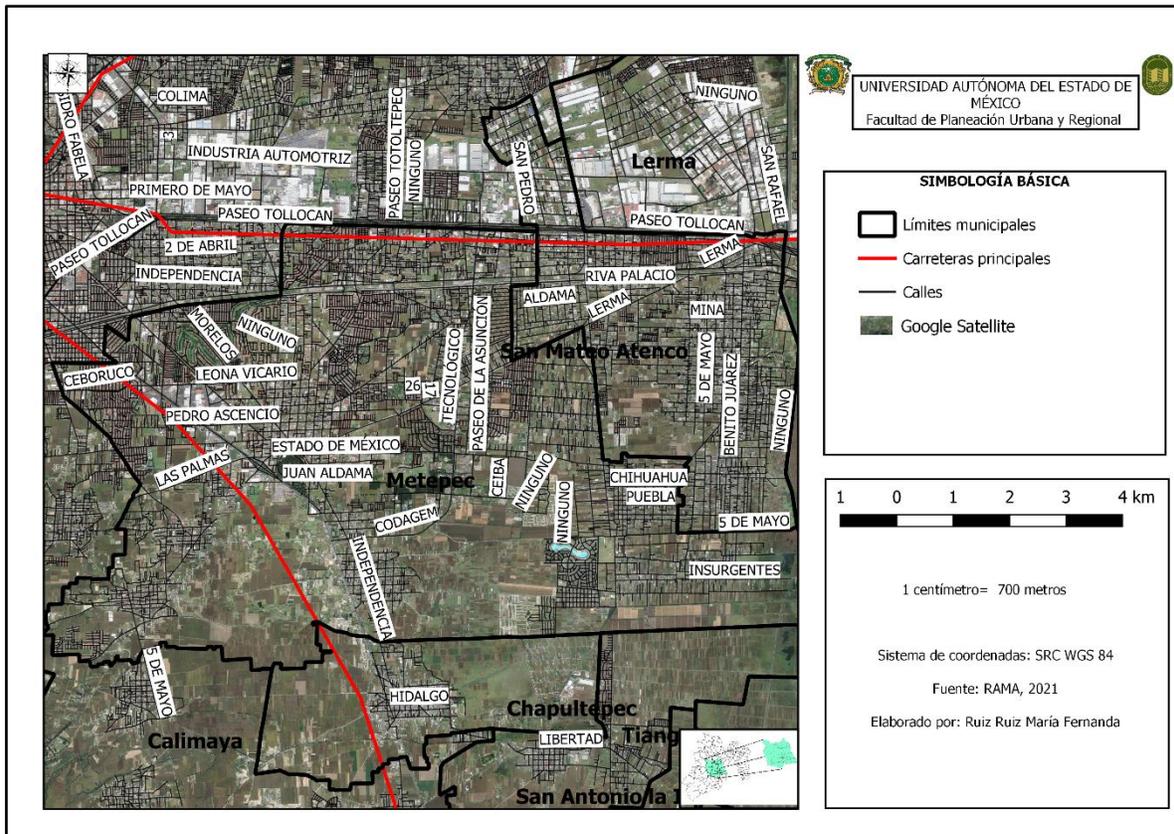
que, en el periodo 2008-2015 la superficie total sembrada de riego y temporal en el Estado de México fue de 1'516,947.90 hectáreas, lo cual equivale al 67.86% de la superficie total de la República Mexicana, de este total el municipio de Metepec representa tan solo el 0.4% de superficie total sembrada. Por su parte, para la pesca no se cuenta con litorales o cuerpos de agua de gran extensión que permitan el desarrollo de esta actividad dentro del municipio (Información Pública Mexiquense, 2015). Por su parte, en la ganadería se observa la invasión de las áreas forestales, donde, además, se presenta la tala de árboles e incendios provocados para la quema de pasto y generación de renuevo, lo que favorece al pastoreo de rebaños. Sin embargo, dicha actividad afecta la calidad del aire por la emisión de partículas durante la combustión y posteriormente por la erosión del suelo a consecuencia de la pérdida de cubierta vegetal (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Medio Ambiente, 2007).

En el caso de Metepec, se considera un generador predominante de nuevos empleos y servicios en los sectores secundarios y terciarios compitiendo abiertamente con Toluca (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Medio Ambiente, 2012). El municipio de Metepec se ubica en una zona estratégica entre la Ciudad de México y Toluca, sitios claves generadoras de industria y comercio, convirtiéndolo en un municipio atractivo para las inversiones. Por lo que se puede apreciar la tendencia hacia la terciarización de la economía y la concentración de mano de obra para las actividades del comercio y servicios (Información Pública Mexiquense, 2015)

3.5.3 Vías de comunicación

A continuación, se mostrará una imagen satelital de la zona de estudio en el municipio de Metepec con las principales vías de comunicación

Mapa 3.4 Vías de comunicación municipio de Metepec



Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth, 2021.

3.5.4 Usos de suelo

De acuerdo con el H. Ayuntamiento del municipio de Metepec (2019), el municipio cuenta con una superficie total de 6,751.89 hectáreas, de los cuales tienen los siguientes usos de suelo: el 61.59% de la superficie pertenece al uso de suelo urbano, el 31.95% al uso agrícola y el 0.46% a pastizal.

3.6 Calimaya

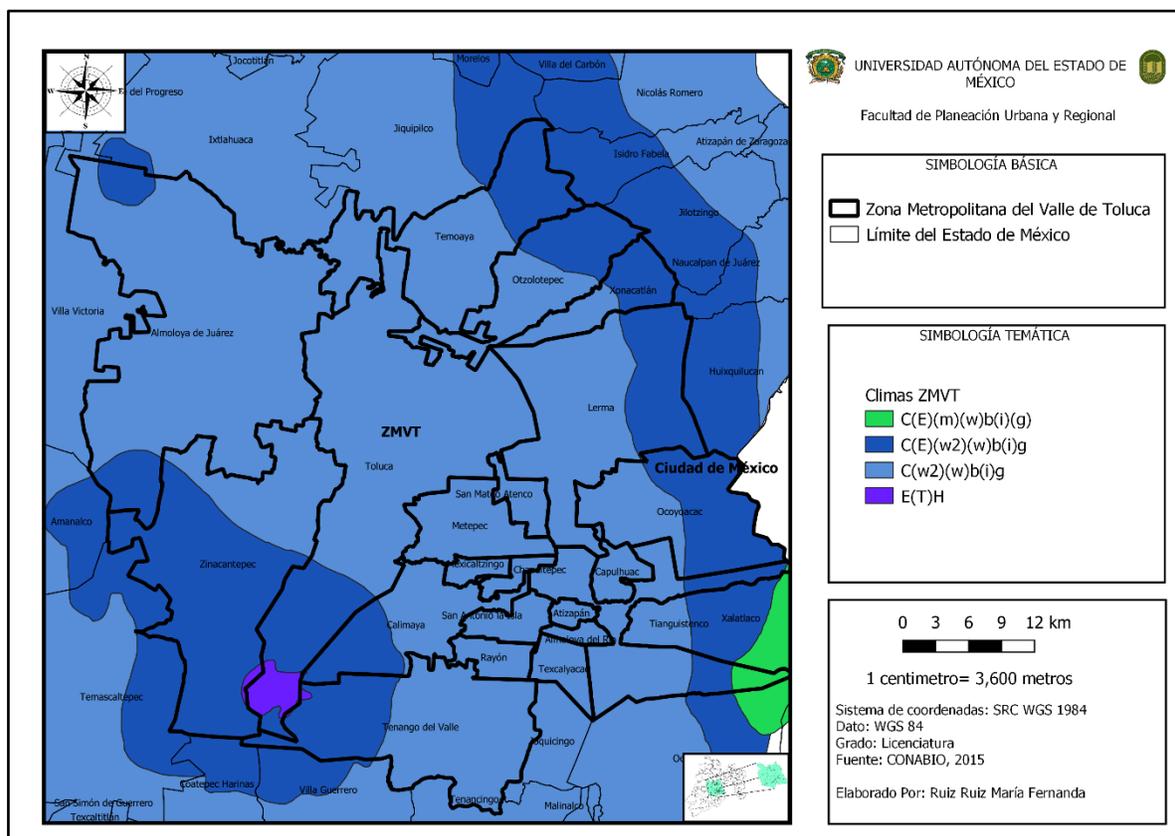
3.6.1 Contexto natural

El municipio de Calimaya se presenta un sistema montañoso debido al Nevado de Toluca, y se encuentra constituido por material andesítico, arrojado en el segundo periodo de actividad volcánica de los tres existentes en la entidad. El municipio presenta una amplia heterogeneidad topográfica característica por la presencia de montañas, depresiones y planicies; la zona con mayor altitud se localiza al Oeste y

comprende estribaciones del Volcán Xinantecátl, en donde también se encuentran algunos asentamientos humanos rurales; los componentes topográficos más representativos dentro del territorio municipal son 'El Cerro Calavera' y 'El Cerro Tepemajalco' (H. Ayuntamiento del municipio de Calimaya, 2019).

En el municipio de Calimaya el tipo de clima que predomina es el templado subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura media se encuentra entre 14°C, mientras que la máxima es de 28°C. La temporada de lluvias se registra de mayo a octubre, siendo la precipitación media anual de 805 mm, donde los eventos máximos se dan entre agosto y septiembre con hasta 104 mm (ver mapa 3.5) (H. Ayuntamiento del municipio de Calimaya, 2019).

Mapa 3.5 Tipos de Climas en la ZMVT



Fuente: Elaboración propia con base en CONABIO, 2015.

Con información del Plan de Desarrollo Municipal de Calimaya, los vientos que inciden en el Valle de Toluca son los aislados, los cuales son intensos en primavera y verano. Estos flujos de aire tienen dirección predominante del Oriente y Nororiente; sin embargo, en otoño e invierno se debilitan lo que hace que provengan

del Sureste o del Sur. Al aproximarse el invierno comienza a dominar la fuerza de los vientos del Poniente y los polares, que suelen llegar del Norte o Poniente (H. Ayuntamiento del Municipio de Calimaya, 2019).

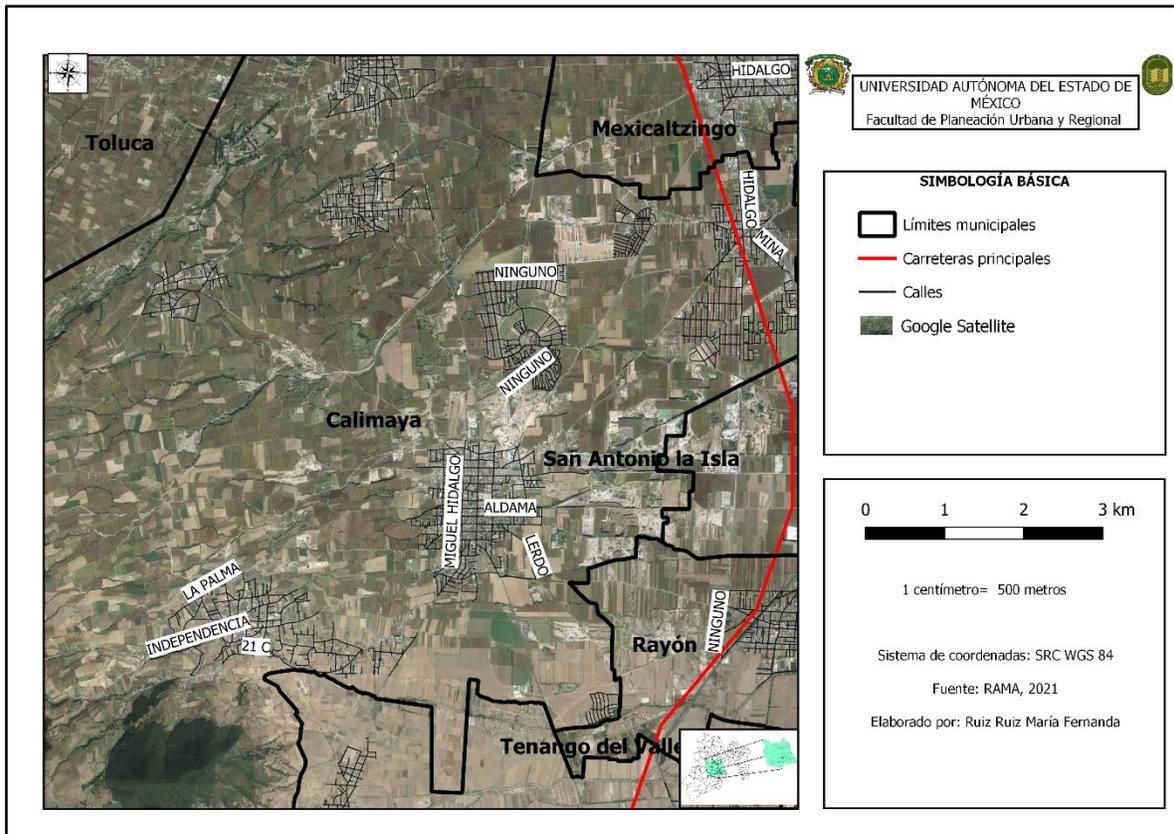
3.6.2 Contexto socioeconómico

Dentro del municipio de Calimaya de acuerdo con el H. Ayuntamiento del municipio de Calimaya (2019), las actividades económicas locales se han ido transformando radicalmente dejando la certidumbre de que se garantice que el proceso de urbanización será armónico y que responda a las expectativas de la población, en cuanto al mejoramiento de su calidad de vida. Las actividades económicas que aún subsisten en el municipio son las agropecuarias tradicionales, artesanales y de producción doméstica, estableciendo colindancias traslapadas con los usos de actividad en el sector servicios.

3.6.3 Vías de comunicación

A continuación, se mostrará una imagen satelital de la zona de estudio en el municipio de Calimaya con las principales vías de comunicación

Mapa 3.6 Vías de comunicación municipio de Calimaya



Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth, 2021.

3.6.4 Usos del suelo

El municipio de Calimaya cuenta con los siguientes usos de suelos: el 54.7% del territorio se usa para la agricultura, el 12.2% está distribuido para la zona urbana, el 29% del territorio tiene un uso de suelo de bosque y el 4% del territorio está destinado para las minas (H. Ayuntamiento del municipio de Calimaya, 2019).

Epílogo

Dentro de este capítulo se elaboró la localización y caracterización de la zona de estudio, utilizando el método deductivo abarcando desde una perspectiva general con la República Mexicana, pasando así a la Zona Metropolitana del Valle de Toluca la cual comprende 22 municipios del estado de México y sus características naturales y socioeconómicas que los definen.

Por consiguiente se realiza una descripción puntual de 3 municipios principalmente que son Toluca, Metepec y Calimaya, debido a que son aquellos que entran dentro del radio de influencia de 5 km alrededor de la estación de monitoreo atmosférico Ceboruco por lo que era importante conocer más a detalle sus características de la zona. Destacando en este punto que el municipio de Toluca es aquel que cuenta con la mayor cantidad de población aproximada de 910,608 habitantes de acuerdo con su plan municipal de desarrollo 2019-2021, siendo así la capital de estado donde se concentran gran parte de la actividad económica del estado, así como de una gran diversidad económica que ayuda a fortalecer el crecimiento de la población.

Debido a la falta de empleo en zonas más alejadas a la capital ha conllevado al aumento en la migración dentro del municipio de Toluca y aledaños a él, lo que implica una mayor concentración de población en la zona metropolitana, que a su vez a repercutido en calidad del aire de la zona de estudio; ahora bien, aunado a esto, se agrega otro factor más que fue la pandemia por Covid-19 que atravesamos la que trajo consigo una mayor cantidad de defunciones dentro del municipio que, a su vez, se traduce en una mayor cantidad de emisiones generadas por las cremaciones emitidas a la atmósfera.

Capítulo 4. Marco normativo



4.1 Normatividad internacional en tema de cremación

En esta sección se abordará la disciplina jurídica internacional y nacional en torno a la legislación ambiental en tema de cremaciones y hornos crematorios como referencia para la presente investigación.

4.1.1 Colombia y cremaciones

4.1.1.1 Resolución 909 del 5 de junio de 2008

La Resolución 909 del 5 de junio de 2008 establece las normas y estándares de emisión permisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia, 2008). A continuación, se muestra una tabla con aquellos artículos que hacen referencia a las fuentes fijas, así como en materia de la regulación de hornos crematorios:

Tabla 4.1.1.1. Artículos Resolución 909 sobre fuentes fijas

Capítulo	Artículo	Denominación	Resumen
Capítulo I “Disposiciones Generales”	Art. 2	Objeto	Establece estándares para las emisiones admisibles de fuentes fijas.
	Art. 3	Ámbito de aplicación	Las disposiciones se aplicarán incluso en el uso de hornos crematorios.
Capítulo XIV “Estándares de emisiones admisibles de contaminantes al aire para hornos crematorios”	Art. 61	.	Aplica para la incineración de cuerpos humanos, exhumados y animales.
	Art. 62	Temperatura de operación	La temperatura deberá de ser mayor o igual a 750°C en la cámara primaria, mientras que en la secundaria deberá de ser de 900°C.
	Art. 63	Tiempo de retención	Deberá de ser superior a 2 segundos en la cámara secundaria.
	Art. 64	Estándares de emisión admisible de contaminantes al aire en hornos crematorios	
	Art. 65	Estándares de emisión admisible de Benzopireno y Dibenzo antraceno para hornos crematorios	Límite de emisión admisible de 100µg/m3 para el Benzopireno y el Dibenzo antraceno a condiciones de 25°C, 700 mm Hg.
	Art. 66	Temperatura de salida de los gases	La temperatura debe ser inferior a 250°C, si rebasa esa temperatura será necesario instalar un sistema de enfriamiento.
Capítulo XVII “Determinación del punto de descarga de emisiones por fuentes fijas”	Art. 71	Localización del sitio de muestreo	Deben contar con un sistema de extracción localizada, chimenea, plataforma y puertos de muestreo que permita realizar la medición directa.
Capítulo XVIII “Medición de emisiones para fuentes fijas”	Art. 76/ párrafo segundo	Cumplimiento de estándares	Los responsables de los hornos crematorios deberán informar a la autoridad ambiental la duración de los periodos de arranque y parada de las instalaciones.
Capítulo XXI “Disposiciones finales”	Art. 91	Frecuencia de los estudios de evaluación de emisiones atmosféricas.	

Fuente: elaboración propia con base en (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia, 2008).

4.2 Normatividad nacional en tema de cremación

En este apartado se abordará la disciplina jurídica nacional en torno a la legislación ambiental para las cremaciones y la regulación de hornos crematorios, tomando en cuenta los objetivos principales de cada normatividad, el capítulo, punto y artículo que engloba las cremaciones, sus límites máximos permisibles, entre otras cosas.

4.2.1 Normas Ambientales para el distrito federal para equipos de cremación

De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente (2018), La NADF-017-AIRE-2017 es un instrumento cuyo objetivo principal es establecer los límites máximos permisibles de emisión de partículas suspendidas, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno generados por la cremación de cadáveres humanos, restos humanos y restos áridos, así como por la incineración de cadáveres de animales y sus restos, que se lleva a cabo dentro de la Ciudad de México.

Tabla 4.2.1 NADF-017-AIRE-2017 Equipos de cremación e incineración

Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-017-AIRE-2017				
Tema que aborda	Objetivo	Capítulo	Punto	Resumen
Equipos de cremación e incineración, límites máximos permisibles de emisiones a la atmósfera y condiciones de operación	Establecer los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes atmosféricos, métodos de análisis, frecuencia de medición y condiciones de operación para las fuentes emisoras.	Capítulo Séptimo "Límites máximos permisibles"	7.1	Las fuentes emisoras que operen equipos de cremación de cadáveres humanos, restos humanos, restos humanos áridos, así como los equipos de incineración de cadáveres animales y sus restos deberán cumplir con los siguientes límites: <ul style="list-style-type: none"> • Para las partículas suspendidas tendrán un límite máximo de emisión promedio horario de 40 mg/m³. • Para el monóxido de carbono (CO) será de 120 mg/m³. • Para los óxidos de nitrógeno (NOx) será de 180 mg/m³.
		Capítulo Octavo "Procedimiento de medición de las emisiones"	8.2	La medición de las emisiones deberá realizarse en condición de operación normal durante el servicio de cremación de cadáveres humanos, de

			restos humanos, así como de cadáveres animales.
	Capítulo Noveno “Condiciones de operación”	9.7	Antes de realizar el proceso de cremación e incineración, se deberá precalentar la cámara de combustión secundaria a una temperatura mínima de 450°C, para evitar al máximo la generación de emisiones de humos, olores y partículas.
		9.11.1	En el caso de que el cuerpo sea cremado junto con el ataúd, éste deberá estar fabricado exprofeso, conforme a las disposiciones emitidas por las autoridades competentes, con material de fácil combustión.
		9.11.2	El cadáver o sus restos no deberán introducirse al equipo de cremación, con materiales que contengan cloro, metales o materiales plásticos.

Fuente: Elaboración propia con base en (Secretaría de Medio Ambiente, 2018).

4.2.2 Ley General de salud en materia de cremación e inhumación de restos humanos y animales.

La Ley General de Salud de acuerdo con la Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2021b), establece las bases y modalidades para el acceso a los servicios de salud y la concurrencia de la Federación y las entidades federativas en materia de salubridad general. En la tabla mostrada a continuación se pueden apreciar aquellos artículos en materia de cremación de restos humanos:

Tabla 4.2.2 Ley General de salud en materia de cremación e inhumación de restos humanos y animales

Capítulo	Artículo	Resumen
Capítulo I “Disposiciones Comunes”	Art. 314; Fracción V	Se entiende por destino final, a la conservación permanente, inhumación, incineración, cremación, desintegración de órganos y cadáveres humanos, mediante prácticas reconocidas y en las condiciones sanitarias reguladas.
Capítulo V “Cadáveres”	Art. 348	La inhumación, cremación o desintegración de cadáveres sólo podrá realizarse con la autorización del Oficial de Registro Civil que corresponda.
	Art. 348 Bis 1	Toda reutilización o donación de ataúdes provenientes de servicios de cremación, se hará previo procedimiento de desinfección y aviso a la autoridad sanitaria competente.

Fuente: Elaboración propia con base en la Ley General de Salud. 14 de octubre 2021 (México).

4.2.3 Reglamento de Ley General de Salud en materia de control sanitario de la disposición de órganos, tejidos y cadáveres de seres humanos.

A continuación, en este reglamento tiene en como objetivo principal en la parte administrativa, como cumplimiento a la Ley General de Salud, refiriéndose al control sanitario de disposición de órganos, tejidos y sus componentes y derivados, productos y cadáveres humanos con fines terapéuticos, de investigación y docencia. En la tabla 4.2.3 se muestra una tabla con aquellos artículos relacionados con la cremación de cuerpos humanos, así como el objetivo del presente reglamento (Cámara de Diputados, 2014).

Tabla 4.2.3 Reglamento de la Ley General de Salud en materia de control sanitario de la disposición de órganos, tejidos y cadáveres de seres humanos.

Capítulo	Artículo	Resumen
Capítulo VI “De las Autorizaciones”	Art. 100; Fracción VI	Requiere permiso sanitario la inhumación o cremación de cadáveres durante las primeras doce horas posteriores al fallecimiento y después de las cuarenta y ocho horas de ocurrido éste.
	Art. 109	Sólo se permitirá la inhumación o cremación posteriores a las cuarenta y ocho horas del fallecimiento, cuando se haya autorizado y realizado el embalsamiento o la conservación del cadáver.

Fuente: Elaboración propia con base en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de la Disposición de Órganos, Tejidos y Cadáveres Humanos. 26 de marzo 2014 (México).

4.3 Normatividad nacional en tema de servicios funerarios

Dentro de este apartado se abordará la normatividad relacionada con las prácticas en los servicios funerarios, abarcando sobre todo la parte administrativa de las cremaciones dando a conocer la regulación general que se debe de tomar en cuenta para realizar esta práctica.

4.3.1 Normas Oficiales Mexicanas para servicios funerarios

En la tabla siguiente se describirán los aspectos generales de la NOM-36-SFCI-2016 abarcando su objetivo principal y los capítulos más representativos que comprenden los requisitos administrativos para el servicio de cremación de cuerpos humanos.

Tabla 4.3.1 NOM-036-SCFI-2016 Prácticas de servicios funerarios

Norma Oficial Mexicana NOM-036-SCFI-2016			
Tema por abordar	Objetivo	Capítulo	Resumen
Prácticas comerciales, requisitos de información y disposiciones generales en la prestación de servicios funerarios	Establecer las reglas generales a que se sujetarán las prácticas comerciales, requisitos de información y de operación, verificación y vigilancia de los servicios funerarios.	Capítulo Quinto "Elementos informativos y de la publicidad"; Punto 5.2.7	Los servicios de inhumación, exhumación, Re-inhumación o cremación de cadáveres, restos humanos y restos humanos áridos, que presten por sí o por terceros y siempre que cuenten con las autorizaciones correspondientes.
		Punto 5.4.3	En caso de que se provea el servicio de cremación del cadáver o restos humanos se deberá señalar: <ul style="list-style-type: none"> • La disponibilidad de ataúdes especiales para ser cremados junto con el cadáver. • Las implicaciones sanitarias por el uso de ataúdes distintos a los señalados anterior y en las disposiciones de la Ley General de Salud.

Fuente: Elaboración propia con base en (Secretaría de Economía, 2016).

4.4 Normatividad local en tema de servicios de panteones

Dentro de este apartado se abordará la normatividad local relacionada con las prácticas en los servicios de panteones, abarcando sobre todo la parte administrativa de las cremaciones dando a conocer la regulación general que se debe de tomar en cuenta para realizar esta práctica.

4.4.1 Código reglamentario municipal de Toluca

El municipio de Toluca consta de un Código Reglamentario Municipal (2021a), que se compone de 12 títulos que reglamentan las actividades de la administración pública municipal. En consecuencia, se mostrará una tabla 4.4.1 con aquellos capítulos y artículos relacionados con el tema de la cremación de restos humanos:

Tabla 4.4.1 Código reglamentario municipal de Toluca

Capítulo	Artículo	Resumen
Capítulo IV “Del Servicio de Panteones” Sección Primera “De las Disposiciones Generales”	Art. 6.68	El establecimiento, funcionamiento y operación que comprenda la cremación de cadáveres se regirán por la Constitución Federal, Ley General de Salud, el Bando Municipal, por mencionar algunos.
	Art. 6.76	El horario para la cremación o incineración de cadáveres será de 10:00 a 15:00 horas.
Sección Quinta “De las inhumaciones, exhumaciones e incineraciones”	Art. 6.112	Para el establecimiento y operación de hornos crematorios en cualquier tipo de panteón o lugar, se sujetarán a las disposiciones contenidas en lo que a la materia compete; así mismo se deberá de contar con la autorización del Ayuntamiento, antes de que entren en funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia con base en el Código Reglamentario Municipal de Toluca. 2021a (México).

4.5 Normatividad internacional en tema de calidad del aire

Este apartado abordará la normatividad internacional en temas de la calidad del aire, resaltando aquellos artículos que mencionen las emisiones contaminantes de las fuentes fijas, así como sus límites máximos permisibles para las emisiones atmosféricas de contaminantes criterio.

4.5.1 Guías de calidad del aire de la OMS

La Organización Mundial de la Salud (2005), genera las guías de calidad de aire de las cuales tienen como objetivo ofrecer orientación sobre la manera de reducir los efectos de la contaminación atmosférica en la salud. Tomando como referente a cuatro contaminantes comunes del aire: Dióxido de nitrógeno (NO₂), Dióxido de azufre (SO₂), Ozono (O₃) y Material particulado (MP). Estas guías de calidad del aire de la OMS son elaboradas para respaldar las medidas orientadas a conseguir una calidad del aire que proteja la salud pública en distintas situaciones. Además, dentro de las mismas se dan objetivos intermedios para cada contaminante, como una medida de reducción progresiva de la contaminación del aire, pasando de concentraciones elevadas a otras más bajas beneficiando la salud y calidad de vida de la población.

4.5.2 Norma ambiental de calidad del aire NA-AI-001-03 de República dominicana

Esta norma tiene el objetivo de establecer los valores máximos permisibles de concentración de contaminantes (ver tabla 4.5.2) , incluyendo márgenes de seguridad que beneficiarán a la población; tomando en cuenta las condiciones meteorológicas y topográficas de cada región del territorio nacional (Subsecretaría de Gestión Ambiental, 2003).

Tabla 4.5.2 Estándares de los límites máximos permisibles para contaminantes

Contaminantes	Tiempo promedio	Límite permisible expresado en $\mu\text{g}/\text{Nm}^2$
Partículas suspendidas totales (PST)	Anual	80
	24 horas	230
Partícula menor a 10 micras (PM_{10})	Anual	50
	24 horas	150
Partícula menor a 2.5 micras ($\text{PM}_{2.5}$)	Anual	15
	24 horas	65
Dióxido de azufre (SO_2)	Anual	100
	24 horas	150
	1 hora	450
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	Anual	100
	24 horas	300
	1 hora	400
Ozono (O_3)	8 horas	160
	1 hora	250
Monóxido de carbono (CO)	8 horas	10,000
	1 hora	40,000
Hidrocarburos (no-metano) (CH)	3 horas	160
Plomo (Pb)	Trimestral	1.5
	Anual	2.0

Fuente: elaboración propia con información de la (Subsecretaría de Gestión Ambiental, 2003).

4.5.3 Norma ambiental para el control de las emisiones contaminantes provenientes de fuentes fijas NA-AI-002-03 de República Dominicana

De acuerdo con la Subsecretaría de Gestión Ambiental (2003), la norma NA-AI-002-03 establece los límites máximos permisibles de emisiones atmosféricas producidas por fuentes fijas, sirviendo como herramienta de control para contribuir al logro de los estándares establecidos la Norma de Calidad de Aire establecida anteriormente. Dentro de sus disposiciones generales y finales el punto 4.3 hace referencia a que las chimeneas y ductos de fuentes fijas deberán diseñarse de manera que se optimice la dispersión de contaminantes acorde a las normas; así mismo, la altura mínima de la chimenea deberá ser no menor a 15 metros.

4.6 Normatividad nacional en tema de calidad del aire

En esta sección se abordará la disciplina jurídica nacional en torno a la legislación ambiental para los contaminantes criterio y calidad del aire; así como para para el control de emisiones contaminantes a la atmósfera.

4.6.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

García (2007), observa que, aunque en México existen desde hace tiempo bases constitucionales en torno a la protección del medio natural, sólo recientemente se incluye el derecho a disfrutar un medio ambiente adecuado, que menciona: “Toda persona tiene derecho a disfrutar de un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar”. Es hasta el año de 1999 donde se añade el párrafo quinto del artículo 4to constitucional, abordando la protección del medio ambiente en relación con el derecho a la salud, lo cual fue un punto de partida para que los estados emprendieran acciones de protección del medio ambiente.

De acuerdo con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM). Art. 27. 28 de mayo 2021(México), el artículo 27 constitucional establece los lineamientos para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Artículo 73.- Determina las facultades del Estado para expedir leyes y reglamentos en materia de protección, conservación y restauración ambiental (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM). Art. 73. 28 de mayo 2021 (México)).

4.6.2 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2018), señala que el 28 de enero de 1988 fue promulgada la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, la cual se refiere a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección del medio ambiente. De acuerdo con esto, dentro de la tabla se pueden observar los siguientes apartados referente al tema:

Tabla 4.4.2 Capítulo II de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

Capítulo	Artículo	Resumen
Capítulo II “Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera”	Art. 110; Fracción II	Para la protección a la atmósfera se considerarán las emisiones de contaminantes de la atmósfera, serán de fuentes naturales o artificiales, fijas o móviles, estas deben ser controladas para asegurar una calidad del aire satisfactoria.
	Art 111; Fracción IV	Para controlar, reducir o evitar la contaminación atmosférica se formularán y aplicarán programas para reducir las emisiones contaminantes a la atmósfera, con base en la calidad del aire que se determine en cada zona.
	Art. 111; Fracción X	Definir niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes a la atmósfera por fuentes, áreas, zonas o regiones.

Fuente: Elaboración propia con base en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). 9 de enero 2015 (México).

4.4.3 Normas Oficiales Mexicanas

Para la Secretaría de Salud (2015), Las Normas Oficiales Mexicanas son regulaciones técnicas de cumplimiento obligatorio expedidas por las dependencias competentes, que tienen la finalidad de establecer las características que deben reunir los procesos o servicios cuando estos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana.

4.4.3.1 Normas Oficiales Mexicanas para la calidad del aire

En la siguiente tabla se mostrará la norma oficial mexicana NOM-172-SEMARNAT-2019 referida a los lineamientos para la obtención y comunicación de la calidad del aire.

Tabla 4.4.3.1 NOM-172-SEMARNAT-2019 Lineamientos para la obtención y comunicación del índice de calidad del aire y riesgos a la salud

Norma	Tema por abordar	Objetivo
NOM-172-SEMARNAT-2019 “Lineamientos para la obtención y comunicación del índice de calidad del aire y riesgos a la salud”	Lineamientos para la Obtención y Comunicación del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud.	Establecer los lineamientos para la obtención y comunicación del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud, con el fin de informar de manera clara, oportuna y continua el estado de la calidad del aire, los daños probables que ocasiona y las medidas que se pueden tomar para reducir la exposición.

Fuente: Elaboración propia con base en (Secretaría de Gobernación de México, 2019b).

4.4.3.2 Normas Oficiales Mexicanas para contaminantes criterio

Dentro de este apartado se presentan aquellas Normas Oficiales Mexicanas que abordan los seis contaminantes criterio, tomando como referencia las reformas realizadas en octubre del año 2021.

Tabla 4.4.3.2 Normas Oficiales Mexicanas para contaminantes criterio

Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2021		
Tema por abordar	Objetivo	Valor límite máximo de concentración
Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono (O₃)	Establecer los valores límites permisibles de concentración de ozono en el aire ambiente como medida para la protección a la salud humana; así como los criterios para su evaluación.	Valor máximo de concentración de 8 horas de 137 µg/m ³ , el cual es mayor al valor guía de calidad del aire de 100 µg/m ³ recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS).
Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-2021		
Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al monóxido de carbono (CO)	Establecer los valores límites permisibles de concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente como medida para la protección a la salud humana; así como los criterios para su evaluación.	Valor máximo no debe rebasar de 9 ppm o lo que es equivalente a 10,000 µg/m ³ en promedio móvil de 8 horas una vez al año.
Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-2021		
Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de nitrógeno (NO₂)	Establecer los valores límites permisibles de concentración de dióxido de nitrógeno en el aire ambiente como medida para la protección a la salud humana; así como los criterios para su evaluación.	Valor máximo de concentración de 1 hora de 200 µg/m ³ o lo que es equivalente a 0.106 ppm de dióxido de nitrógeno. Por su parte, el valor máximo de concentración anual será de 40 µg/m ³ o lo que es equivalente a 0.021 ppm de dióxido de nitrógeno.
Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021		
Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM₁₀ y PM_{2.5}	Establecer los valores límites permisibles de concentración de partículas suspendidas PM ₁₀ y PM _{2.5} en el aire ambiente como medida de protección a la salud humana; así como los criterios para su evaluación.	Valores de concentración promedio de 24 horas con una exposición aguda serán de 75 y 45 g/m ³ para PM ₁₀ y PM _{2.5} respectivamente. Por su parte, para una exposición crónica el promedio anual será de 40 g/m ³ para PM ₁₀ y 12 g/m ³ para PM _{2.5} ; lo cual, dichos valores rebasan los límites de las guías de calidad del aire de la OMS que son para PM ₁₀ de 50 g/m ³ y para PM _{2.5} de 25 g/m ³ .
Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2019		
Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO₂)	Establecer los valores límites permisibles de concentración de dióxido de azufre en el aire ambiente como medida para la protección de la salud humana; así como los criterios para su evaluación.	Valor límite máximo de concentración promedio de 24 horas será de 288 µg/m ³ o lo que es equivalente a 0.110 ppm, siendo así 14 veces más que el valor recomendado por la OMS.

Fuente: Elaboración propia con base en (Secretaría de Gobernación, 2021a; Secretaría de Gobernación, 2021b; Secretaría de Gobernación, 2021c; (Secretaría de Gobernación, 2021d; Secretaría de Gobernación, 2019a).

Epílogo

El marco normativo se centró en el tema de la calidad del aire, dividiéndolo en tres niveles principales que son, internacional, nacional y local. Dentro del ámbito internacional se destacan tres rubros como lo son las guías de calidad del aire las cuales ayudan como orientación para la reducción de los efectos que puede llegar a tener la contaminación atmosférica sobre el ambiente, exponiendo así los límites máximos permisibles de los contaminantes criterio.

Dentro de la normatividad nacional se señalan las Normas Oficiales Mexicanas y leyes mexicanas que hicieran referencia a la calidad del aire, a los límites máximos permisibles para los contaminantes criterio. También se abordó la Norma Ambiental 001 y 002 de República Dominicana, en la cual se exponen los límites máximos permisibles de los contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes fijas tomando en cuenta las características naturales de cada región.

En el ámbito nacional se encuentra la norma NADF-017 del Distrito Federal ahora Ciudad de México en la que se abordan los temas sobre los equipos de cremación e incineración, así como los límites máximos permisibles de los equipos que operan en los centros de incineración. La normatividad local únicamente expone la reglamentación de las cremaciones en sus actividades administrativas como lo son los permisos dentro de los centros de incineración y panteones, así como con los familiares de las personas fallecidas. Por lo que se hace la recomendación de implementar más normatividad de este tipo en las diferentes entidades del país, para tener más reguladas las pequeñas fuentes de contaminación atmosférica así como para alertar a la población acerca de los efectos que pueden tener la exposición de los contaminantes arrojados por los centros de cremación aledaños a las zonas habitacionales.

Para el tema de cremaciones, dentro del nivel internacional se encontró la Resolución 909 en su versión 2008 de Colombia, en la cual dentro del capítulo catorce habla específicamente de los estándares de emisión para los hornos crematorios, siendo así, uno de los únicos documentos normativos que hacen referencia a regular las emisiones que éstos puedan producir.

Capítulo 5. Resultados y observaciones



Dentro del capítulo 5 de la presente investigación se expone en primera instancia la delimitación de la zona de estudio, la cual comprende una localización geoespacial de las estaciones de monitoreo con su radio de influencia de 5 kilómetros a la redonda, así como de los crematorios ubicados dentro de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. En el segundo apartado se caracteriza el tema de las cremaciones con las especificaciones del Centro de Incineración ISSSTE No. 7, seguido del análisis estadístico y gráfico de las cremaciones en el periodo 2018-2021 en cada uno de los tres rubros: niños, adultos y restos áridos. En el tercer apartado se abordan los seis contaminantes criterio que mide la estación de monitoreo Ceboruco de la RAMA-ZMTV en el periodo 2018-2021, mostrando sus tendencias a través del tiempo de forma gráfica.

Dentro del cuarto apartado se muestra la relación entre los contaminantes y las cremaciones, representando gráficamente sus tendencias de ambas variables con lo cual se podrá determinar si existe relación entre los dos factores. En el quinto apartado y último, se expone el caso de la relación entre la dinámica de los vientos con el arrastre de contaminantes y como estos son factores fundamentales para la captación de los contaminantes en las estaciones de monitoreo atmosférico.

5.1 Delimitación de la zona de estudio

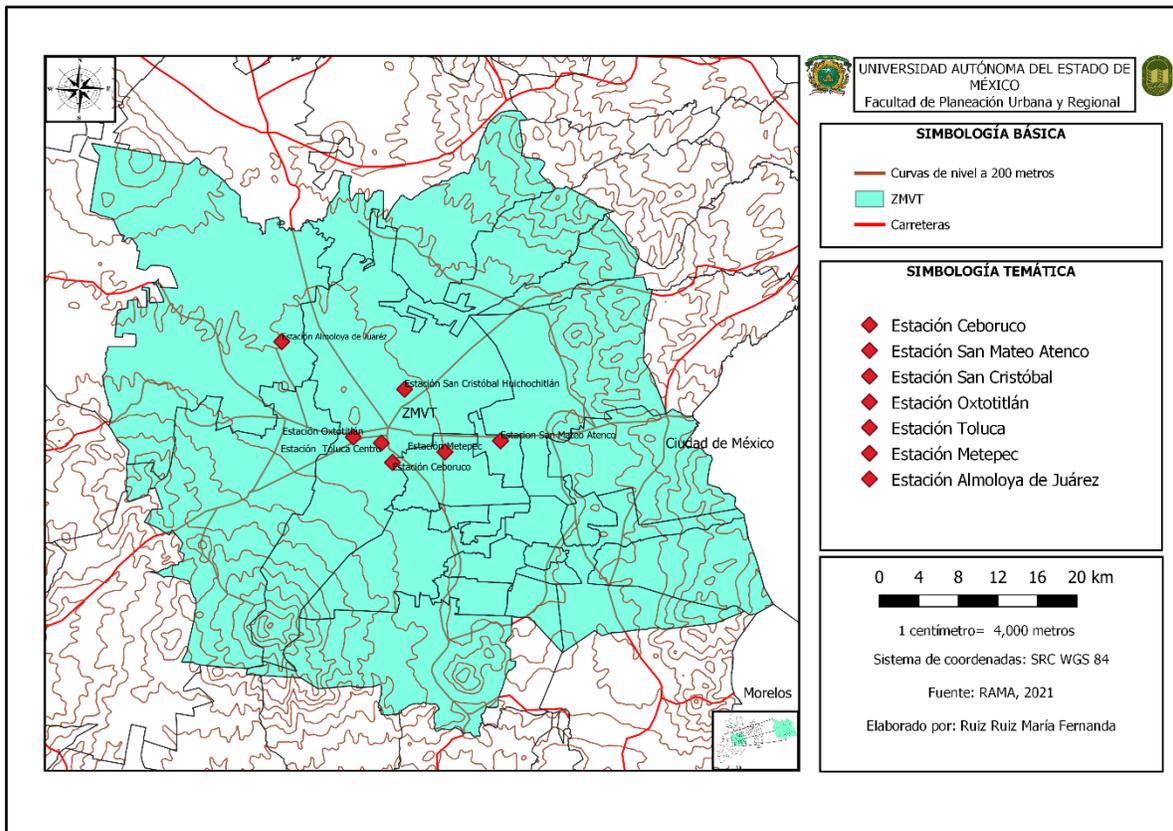
Dentro de la ZMVT se encuentran ubicadas 8 estaciones de monitoreo de acuerdo con información de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT y Secretaría de Medio Ambiente (2014) (ver tabla 5.1) para la localización de las estaciones de monitoreo para la calidad del aire, ubicados dentro de las regiones norte, centro y sur de la zona.

Tabla 5.1. Estaciones de monitoreo de la ZMVT

Estación	Zona
Oxtotitlán	Centro
Toluca Centro	Centro
Ceboruco	Sur
Metepec	Sur
San Mateo Atenco	Sur
Xonacatlán	Norte
San Cristóbal Huichochitlán	Norte
Almoloya de Juárez	Norte

Fuente: Elaboración propia con base en (Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT y Secretaría de Medio Ambiente, 2014).

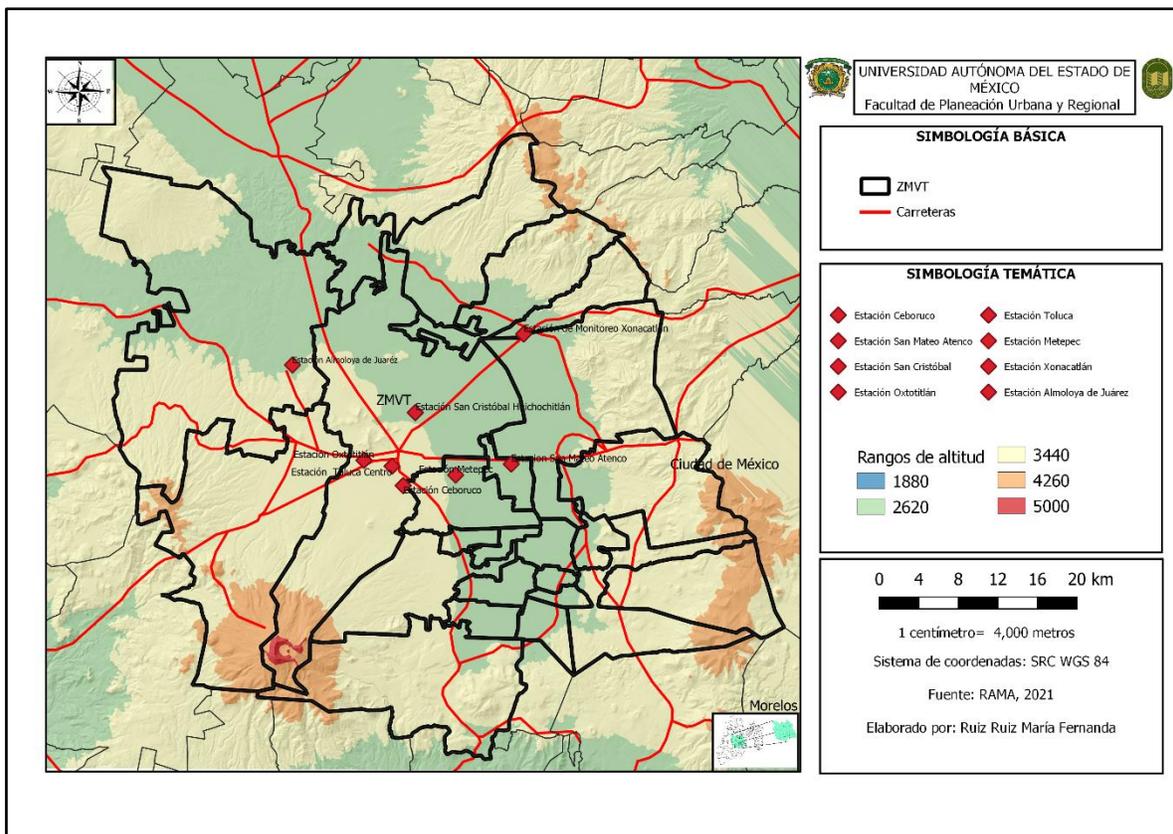
Mapa 5.1. Geolocalización de las Estaciones de Monitoreo Atmosférico RAMA-ZMVT 2017



Fuente: Elaboración propia con base en (CONABIO,2015; RAMA, 2017).

Para el año 2019 se agregó la estación de monitoreo “Aeropuerto” ahora la estación de “Xonacatlán” en la zona norte, lo cual se puede mostrar en el siguiente mapa:

Mapa 5.2 Geolocalización de las nuevas estaciones de monitoreo atmosférico en la ZMVT



Fuente: Elaboración propia con base en (INEGI,2019).

Dentro de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca de acuerdo con datos obtenidos de la Dirección General de Medio Ambiente del municipio de Toluca (2021), y de la Coordinación de Regulación Sanitaria del Estado de México (2021), se registraron 12 crematorios, como se muestra en la tabla 5.1.1 la comparativa de ambas dependencias con respecto a la lista de crematorios expedida por cada una de estas, con sus respectivas direcciones:

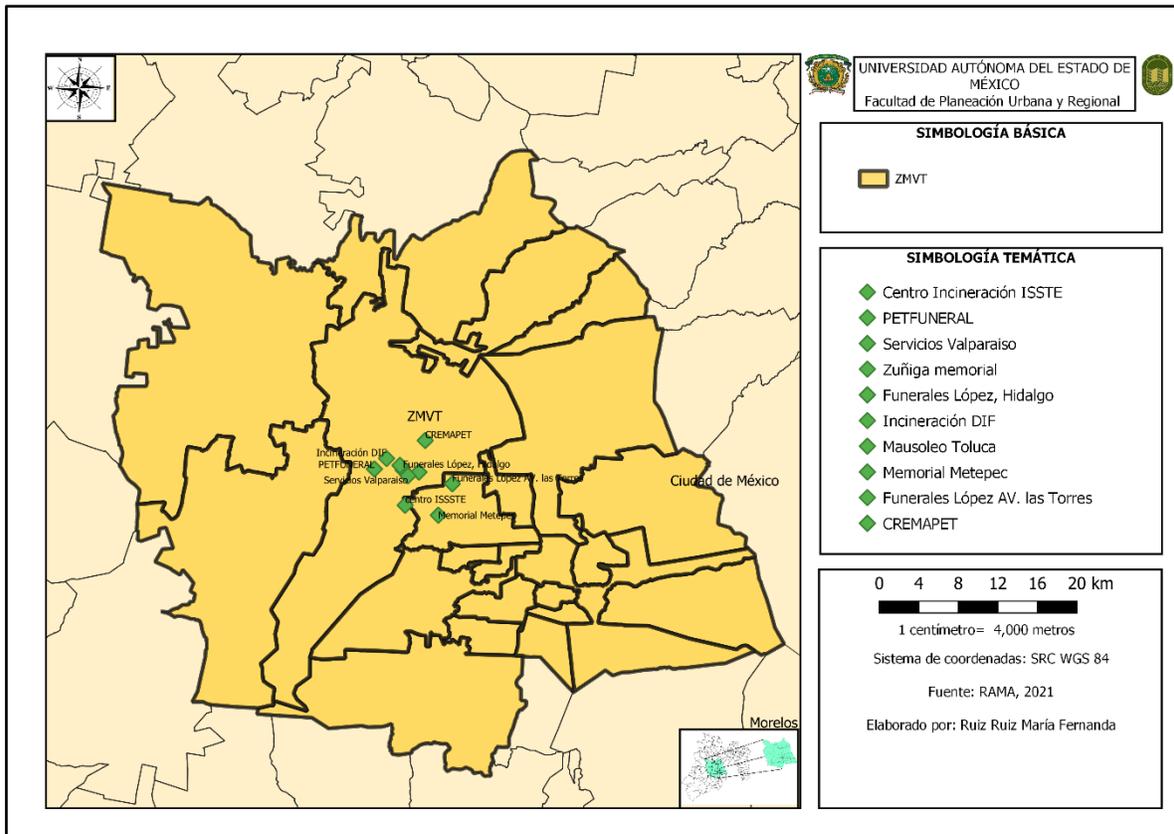
Tabla 5.1.1 Comparativa de crematorios por la Dirección de Medio Ambiente y la Subdirección de Normatividad Sanitaria

Dirección General de Medio Ambiente de Toluca	Subdirección de Normatividad Sanitaria Gobierno de Estado de México
Servicios Funerarios Valparaíso, ubicado en calle Nezahualcóyotl 503, Colonia Vértice, Municipio de Toluca.	Zúñiga Memorial Crematorio; calle Federico López, Santos Degollado 416 Col. Santa Clara, Toluca, México.
Mausoleo Toluca, ubicado en Avenida Miguel Hidalgo Ote. 1410, Colonia Vértice, municipio de Toluca.	Funerales López, Av. Las Torres S/N entre Comonfort y Pilares.
CENTRO DE INCINERACIÓN ISSSTE, Avenida Heriberto Enríquez S/N, Colonia Azteca, municipio de Toluca.	Funerales López, Hidalgo Ote. 610, Col. San Sebastián, municipio de Toluca, México.
Centro de Incineración DIF Toluca, ubicado en calle Aztlán 238, Colonia Unión, 50040 Toluca de Lerdo.	Crematorio DIFEM Toluca, Aztlán 238 col. Unión, municipio de Toluca, México.
Servicios funerarios para mascotas (CREMAPET) Hombres Ilustres 19, Delegación San Lorenzo Tepatlán I, municipio de Toluca.	Latinoamericano Recinto Funeral, Calle 1ero de mayo no. 41 Col. San Francisco de Asís.
Servicios funerarios para mascotas (PETFUNERAL HOME), ubicado en calle Otumba 711, Colonia Sánchez, municipio de Toluca.	Crematorio Memorial Metepec, Boulevard Toluca - Metepec, San Jorge Pueblo Nuevo, municipio de Metepec.

Fuente: elaboración propia con información recabada de la (Dirección General de Medio Ambiente, 2021; Coordinación de Regulación Sanitaria del Estado de México, 2021).

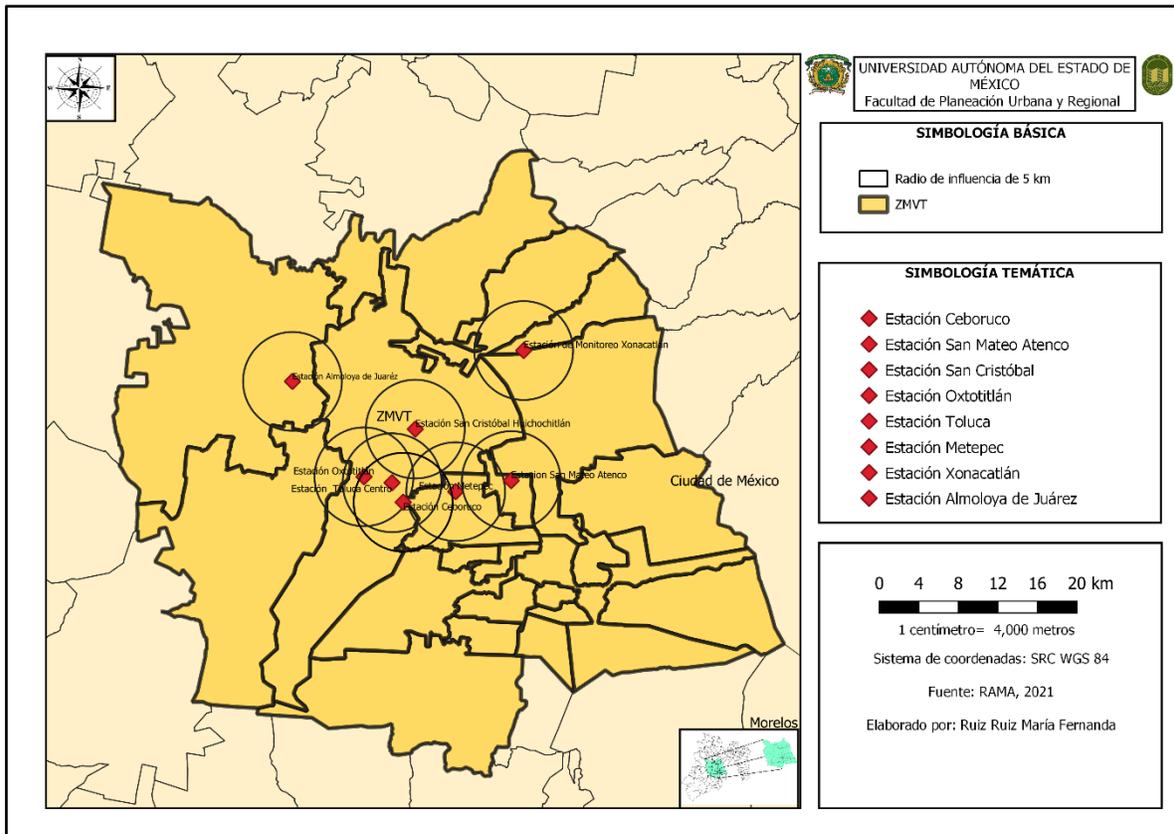
Cabe resaltar que uno de los crematorios escritos por la Coordinación de Regulación Sanitaria tiene una dirección errónea la cual no se tomó en cuenta dentro del mapa de ubicación de los crematorios, ver mapa 5.3:

Mapa 5.3 Ubicación de los crematorios en la ZMVT



Fuente: elaboración propia con datos de la (Dirección General de Medio Ambiente, 2021; Coordinación de Regulación Sanitaria del Estado de México, 2021).

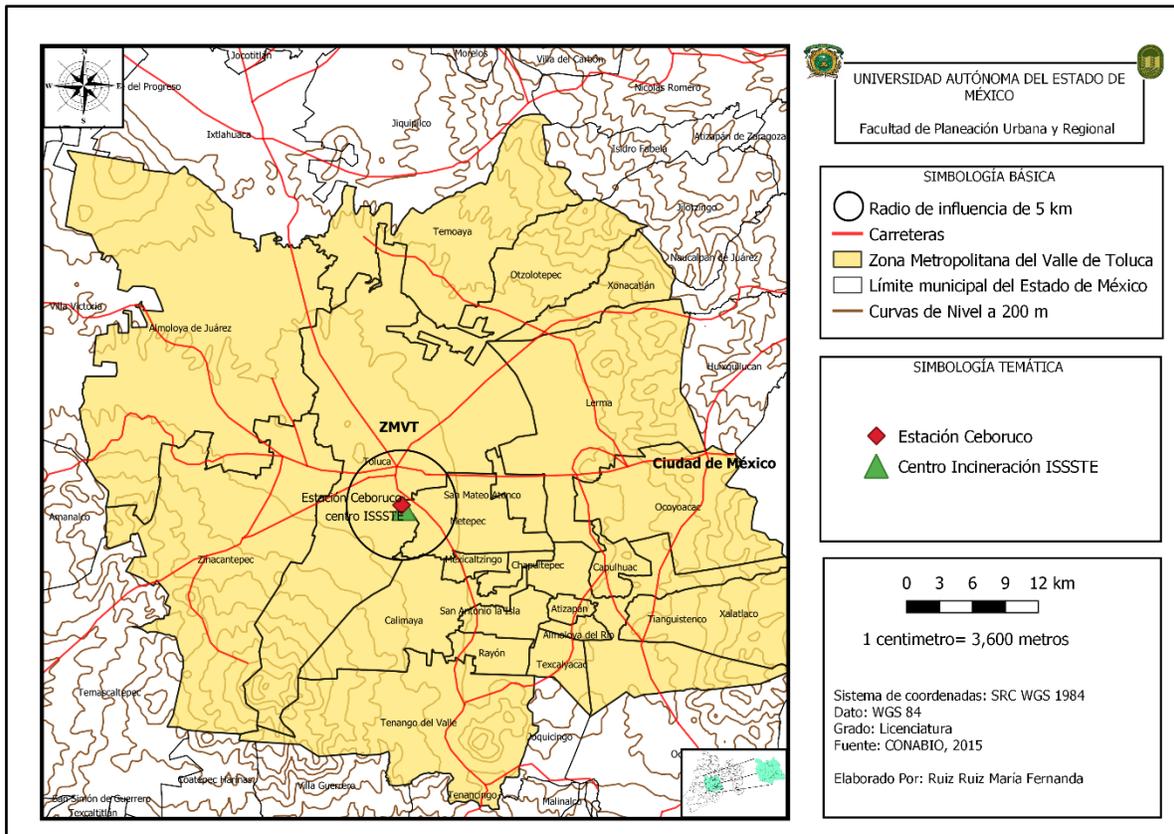
Mapa 5.4 Radios de influencia de las estaciones de monitoreo de la ZMVT



Fuente: elaboración propia con base en la RAMA, 2021.

Para efectos de este trabajo, se analizarán exclusivamente la estación de monitoreo Ceboruco, teniendo en cuenta su radio de influencia de 5 km alrededor se trabajará con el Centro de Incineración ISSSTE debido a su cercanía con la estación de monitoreo de 365.098 metros de distancia; así mismo, se retomará información relevante de los municipios de Toluca, Metepec y Calimaya debido a que son aquellos que abarcan la zona de estudio de 5 km alrededor de la estación de monitoreo Ceboruco (ver Mapa 5.4).

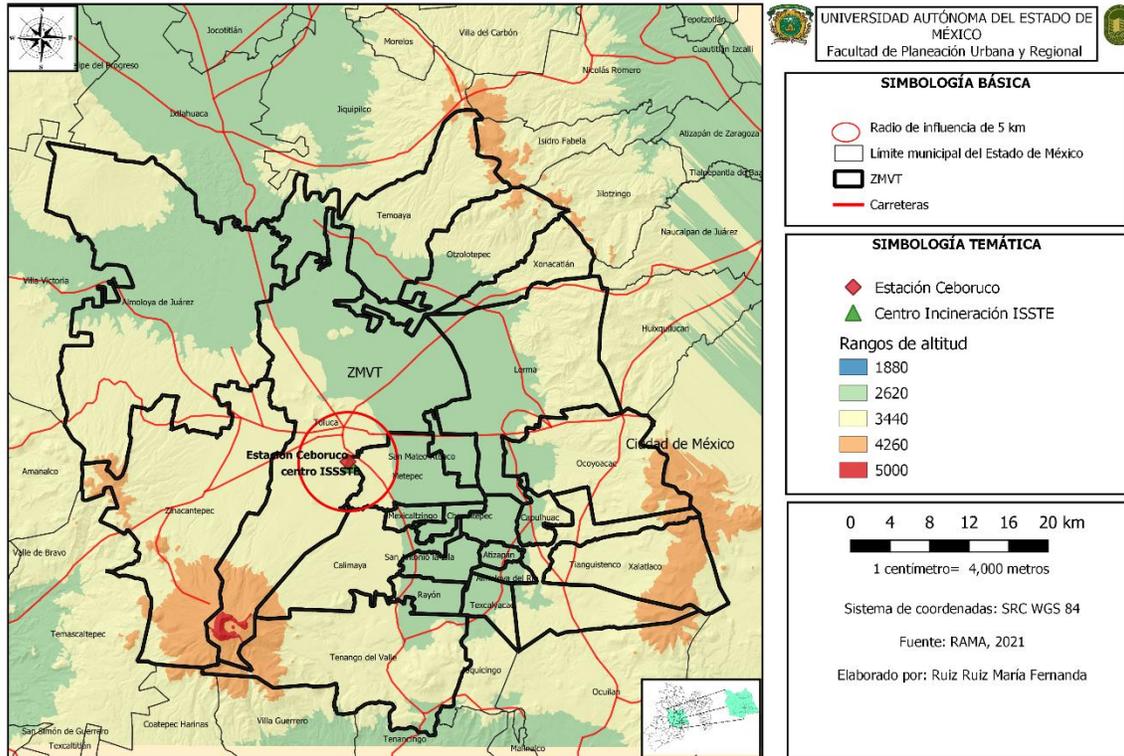
Mapa 5.5 Localización de la Estación Ceboruco



Fuente: Elaboración propia con base en (CONABIO, 2021).

A continuación, se muestra la orografía de la zona de estudio en relación con los 5 km alrededor de la estación de monitoreo Ceboruco la cual cubre los municipios de Toluca en mayor medida, seguido de Metepec y, por último, una pequeña parte del municipio de Calimaya, ver mapa 5.5.

Mapa 5.6 Elevaciones en los municipios de la ZMVT



Fuente: elaboración propia con base en (INEGI, 2019).

5.2 Cremaciones

En este apartado se hablará de todo el proceso de cremación realizado en el Centro de Incineración no. 7 ISSSTE, el cual utiliza la división en tres rubros: adultos, niños y restos áridos. Siendo considerado como adulto a una persona de 12 años en adelante, niños recién nacidos hasta los 12 años y en caso de los restos humanos áridos de acuerdo con el Gobierno del Estado de México (2017b), sólo se podrá exhumar un cuerpo cuando se cumpla la temporalidad mínima de 7 años para restos humanos que al momento de su fallecimiento tenían 15 años o más de edad y de 5 años para restos humanos de menores de 15 años de edad al momento de su fallecimiento, para su cremación.

Cabe mencionar que dentro del Centro de Incineración ISSSTE al realizar este procedimiento, meten el cuerpo en el horno crematorio únicamente con la ropa que lleva el cadáver; sin embargo, desde que comenzó la pandemia por COVID-19 se cremaron los cuerpos con una bolsa de plástico sellada para mayor protección del personal encargado.

5.2.1 Cremación de adultos

En este apartado se pretende presentar a manera de tablas y gráficos el número de cremaciones en valores y en porcentaje de las cremaciones realizadas dentro del Centro de Incineración ISSSTE para adultos en el periodo 2018-2021, con lo cual se pueda generar información con mejor detalle.

5.2.1.1 Cremación de adultos en el año 2018

El número de cremaciones registradas por mes en el año 2018 son la representación más detallada de la información obtenida del Centro de Incineración ISSSTE, en las que se registra el número de personas adultas que fueron cremadas en este centro durante todos los meses. Los datos obtenidos del año 2018 fueron concentrados en una tabla Excel®, donde se hizo la suma de las personas adultas cremadas por mes y en total, para posteriormente generar las gráficas correspondientes.

Tabla 5.2.1.1 Cremaciones de adultos en el año 2018 por mes

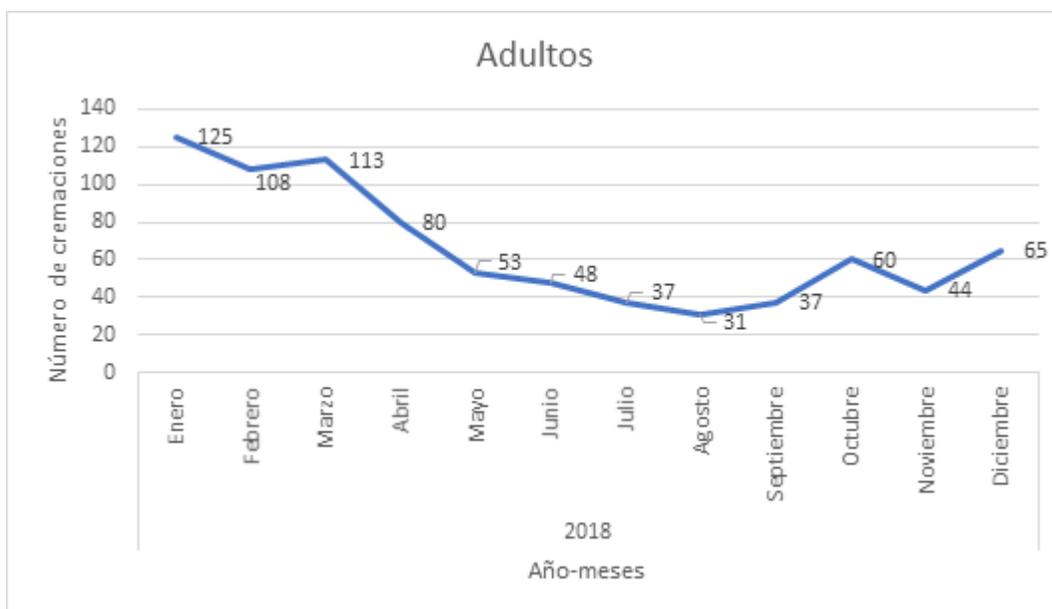
En la tabla 5.2.1.1 se presenta la tabulación de los 12 meses del año 2018, en donde se puede observar que el mes con mayor número de cremaciones en el año fue

enero con 125 cremaciones de adultos, seguido del mes de marzo con 113 y la mínima en el mes de agosto con 31 cremaciones.

Año 2018	
Mes	Adultos
Enero	125
Febrero	108
Marzo	113
Abril	80
Mayo	53
Junio	48
Julio	37
Agosto	31
Septiembre	37
Octubre	60
Noviembre	44
Diciembre	65

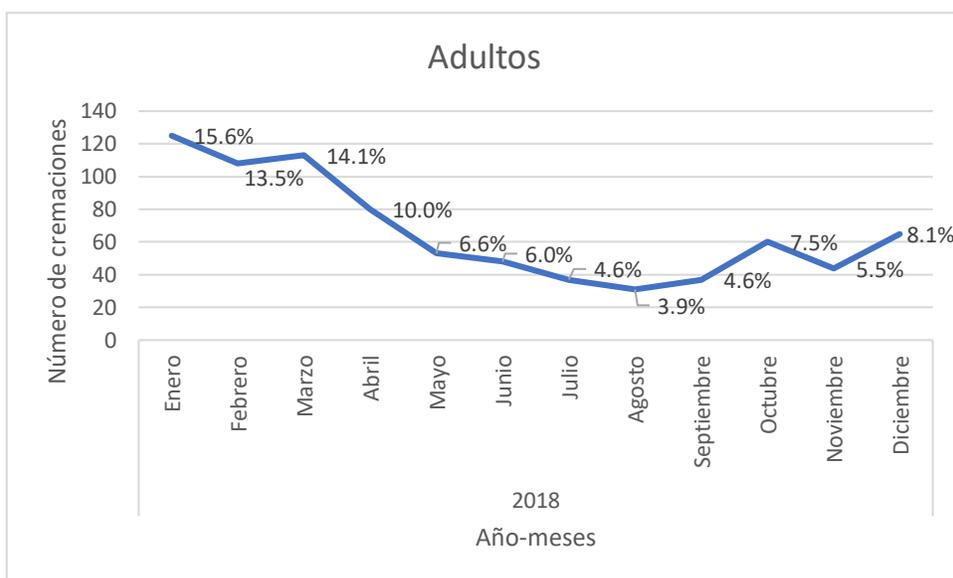
Fuente: Elaboración propia con datos del Centro de Incineración ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.1.1 Cremaciones de adultos en el año 2018 por mes en valores



Fuente: Elaboración propia con datos del Centro de Incineración ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.1.1 Cremaciones de adultos en el año 2018 por mes en porcentaje



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

En la gráfica 5.2.1.1 se observa que el mayor número de cremaciones en valores registradas en adultos para el año 2018 fue en el mes de enero con 125 incineraciones lo que representa el 15.6% siendo el porcentaje más alto, seguido de marzo con 113 incineraciones que representa el 14.1%; sin embargo, desde los meses de abril a agosto hubo una disminución de cremaciones siendo la más baja con 31 cremaciones en el mes de agosto representando únicamente el 3.9%.

5.2.1.2 Cremación de adultos en el año 2019

En este apartado se presentan las gráficas que muestran la tendencia de las cremaciones en el año 2019 dentro del Centro de Incineración ISSSTE.

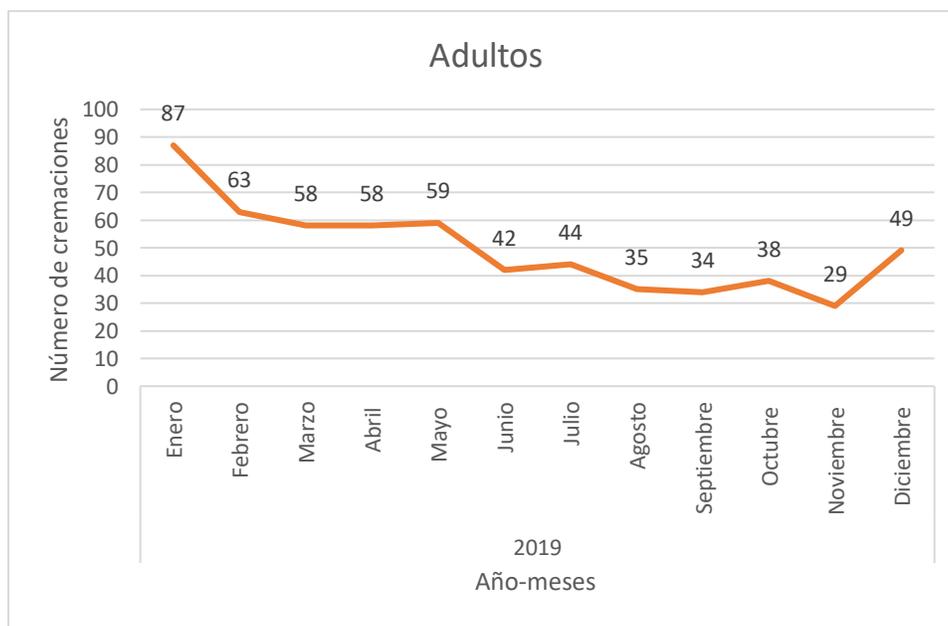
Tabla 5.2.1.2 Cremaciones de adultos en el año 2019 por mes

En la tabla 5.2.1.2 se pudo encontrar en el año 2019, el mes que tuvo un mayor número de cremaciones en el centro de incineración fue enero con 87 cremaciones y la menor en noviembre con 29, siendo el año con la menor incidencia de cremaciones registradas en el periodo 2018-2021.

Año 2019	
Mes	Adultos
Enero	87
Febrero	63
Marzo	58
Abril	58
Mayo	59
Junio	42
Julio	44
Agosto	35
Septiembre	34
Octubre	38
Noviembre	29
Diciembre	49

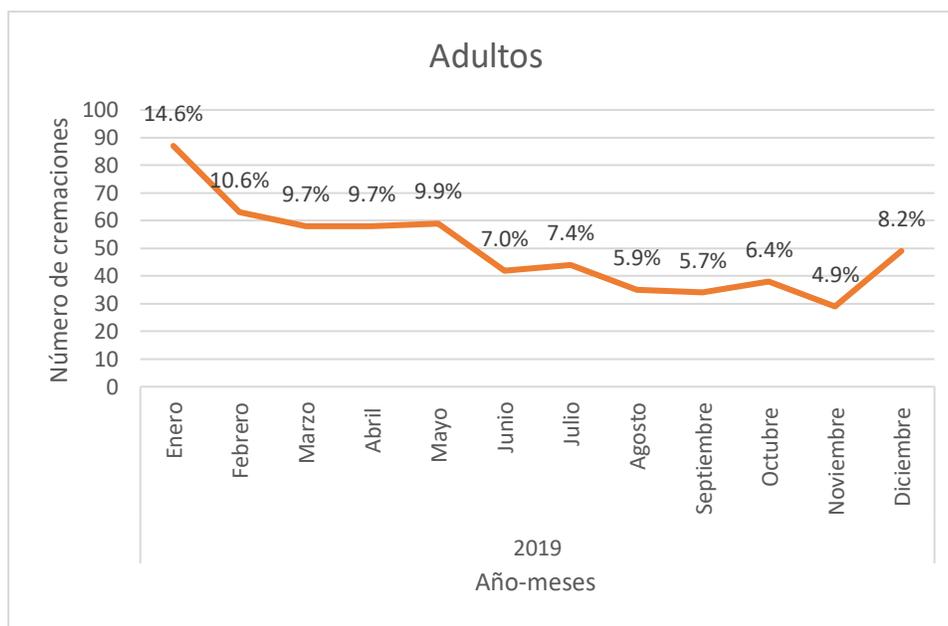
Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.1.2 Cremaciones de adultos en el año 2019 por mes en valores



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.1.2 Cremaciones de adultos en el año 2019 por mes en porcentaje



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Se muestra en las gráficas 5.2.1.2 representadas en valores y en porcentaje el número de cremaciones registradas en el Centro de Incineración ISSSTE del año 2019 por mes, en la cual se observa como la curva de tendencia comienza en el mes de enero con 87 cremaciones siendo el pico más alto de la gráfica con el 14.6%, de ahí se muestra un declive siendo el mes de noviembre con 29 cremaciones representando solo el 4.9% del total de incineraciones.

5.2.1.3 Cremación de adultos en el año 2020

En este apartado se presentan las gráficas que muestran la tendencia de las cremaciones en el año 2020 dentro del Centro de Incineración ISSSTE.

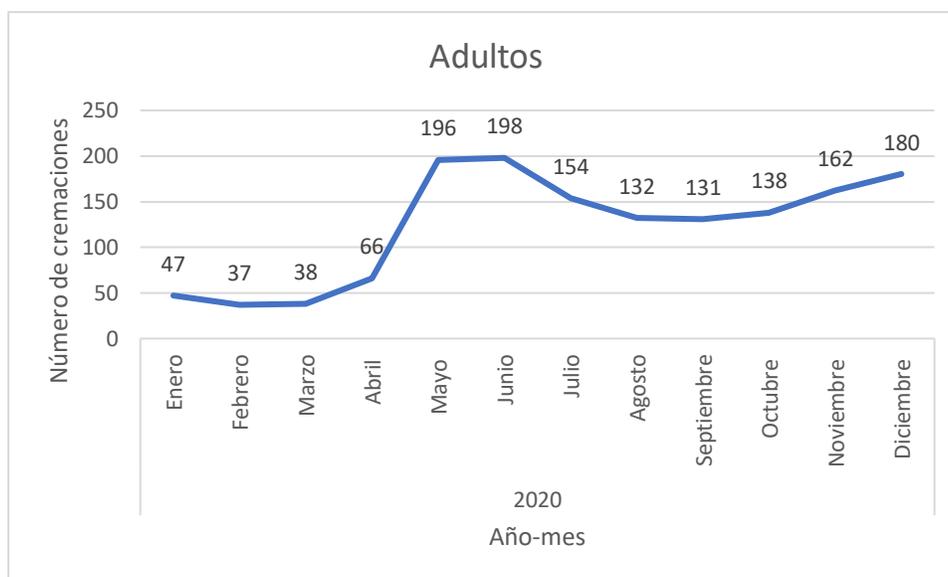
Tabla 5.2.1.3 Cremaciones de adultos en el año 2020 por mes

La tabla 5.2.1.3 muestra el tabulado de los meses del año 2020 en la que se resalta de color rojo el mes con el mayor número de cremaciones en el año, siendo este el mes de junio con 198 incineraciones, en segundo lugar, se presenta el mes de mayo con 196 y el mes con menos incidencia fue febrero con 37.

Año 2020	
Mes	Adultos
Enero	47
Febrero	37
Marzo	38
Abril	66
Mayo	196
Junio	198
Julio	154
Agosto	132
Septiembre	131
Octubre	138
Noviembre	162
Diciembre	180

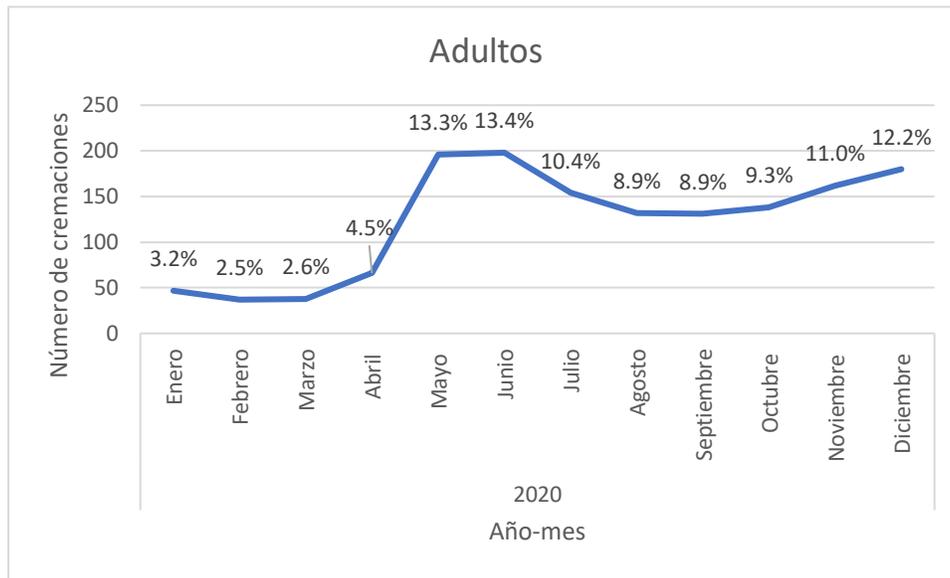
Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.1.3 Cremaciones de adultos en el año 2020 por mes en valores



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.1.3 Cremaciones de adultos en el año 2020 por mes en porcentaje



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Las gráficas 5.2.1.3 representadas en valores y porcentajes muestran la tendencia que tuvieron las cremaciones alrededor del año 2020, donde en el mes de enero se presentó la menor incidencia con 47 cremaciones representando tan solo el 3.2%, seguido de esto, en el mes de abril comenzó el incremento de forma ligera pasando a 66 cremaciones, para después tener un incremento del 8.8% para el mes de mayo con 196 incineraciones, seguido de junio con 198 cremaciones siendo este el pico más alto representando el 13.4%. En los meses siguientes comienza una ligera disminución mostrándose en una curva; sin embargo, para el mes de noviembre y diciembre los valores aumentan a un 12.2%, terminando el año con 180 incineraciones.

5.121.4 Cremación de adultos en el año 2021

En este apartado se presentan las gráficas que muestran la tendencia de las cremaciones en el año 2021 dentro del Centro de Incineración ISSSTE.

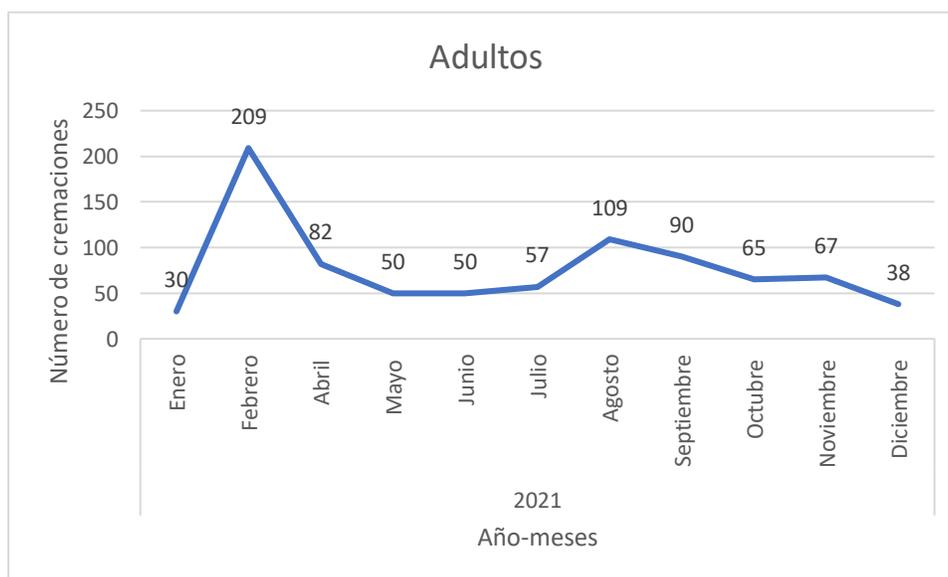
Tabla 5.2.1.4 Cremaciones de adultos en el año 2021 por mes

En la tabla 5.2.1.4 se muestran el número de cremaciones totales por mes registradas en el año 2021, siendo febrero el mes con 209 cremaciones, lo que muestra el valor más alto en todo el periodo 2021-2021 para la cremación de adultos; seguido de eso se encuentra marzo con 138 incineraciones.

Año 2021	
Mes	Adultos
Enero	30
Febrero	209
Marzo	138
Abril	82
Mayo	50
Junio	50
Julio	57
Agosto	109
Septiembre	90
Octubre	65
Noviembre	67
Diciembre	38

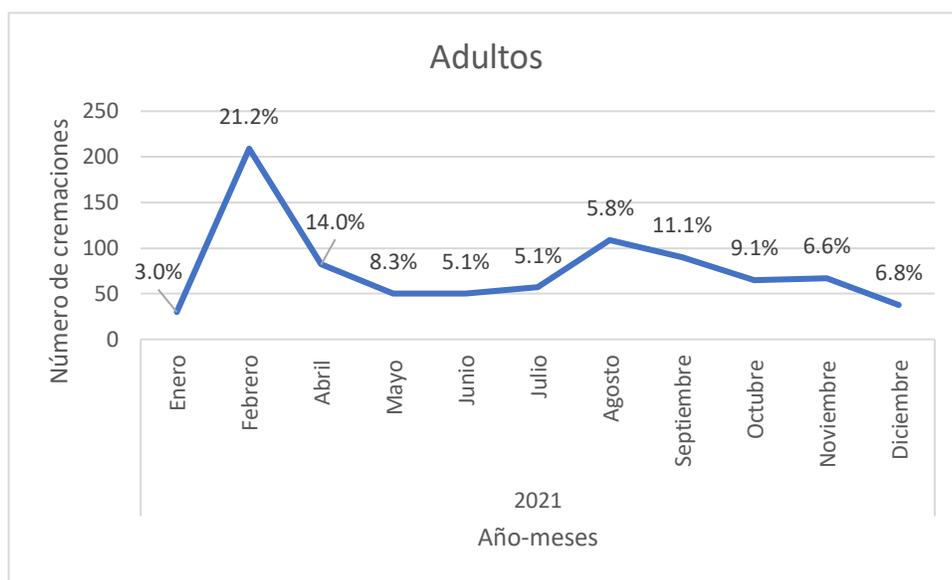
Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.1.4 Cremaciones de adultos en el año 2021 por mes en valores



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.1.4 Cremaciones de adultos en el año 2020 por mes en porcentaje



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

En las gráficas mostradas anteriormente, se puede ver la tendencia que tuvo la práctica de la cremación en el año 2021, mostrando en primera instancia que en el mes de enero hubo 30 cremaciones siendo el porcentaje más bajo con solo el 3%, dato curioso tomando en cuenta que en 2021 aún estaba la pandemia por COVID-19; sin embargo, para el mes de febrero se incrementó un 18.2% las cremaciones tomando el primer lugar con el valor más alto de 209 cremaciones. De ahí, disminuyó considerablemente en una curva siendo los meses de junio y julio los de menor incidencia con el 5.1%.

5.2.1.5 Cremaciones totales de adultos

En este apartado se presentan las gráficas que muestran la tendencia de las cremaciones en el periodo 2018-2021 dentro del Centro de Incineración ISSSTE.

Tabla 5.2.1.5 Total de cremaciones de adultos en el periodo 2018-2021

La tabla 5.2.1.5 es la recopilación de todos los datos registrados de cremaciones de adultos en el periodo 2018-2021 mostrado por meses. Teniendo en color rojo

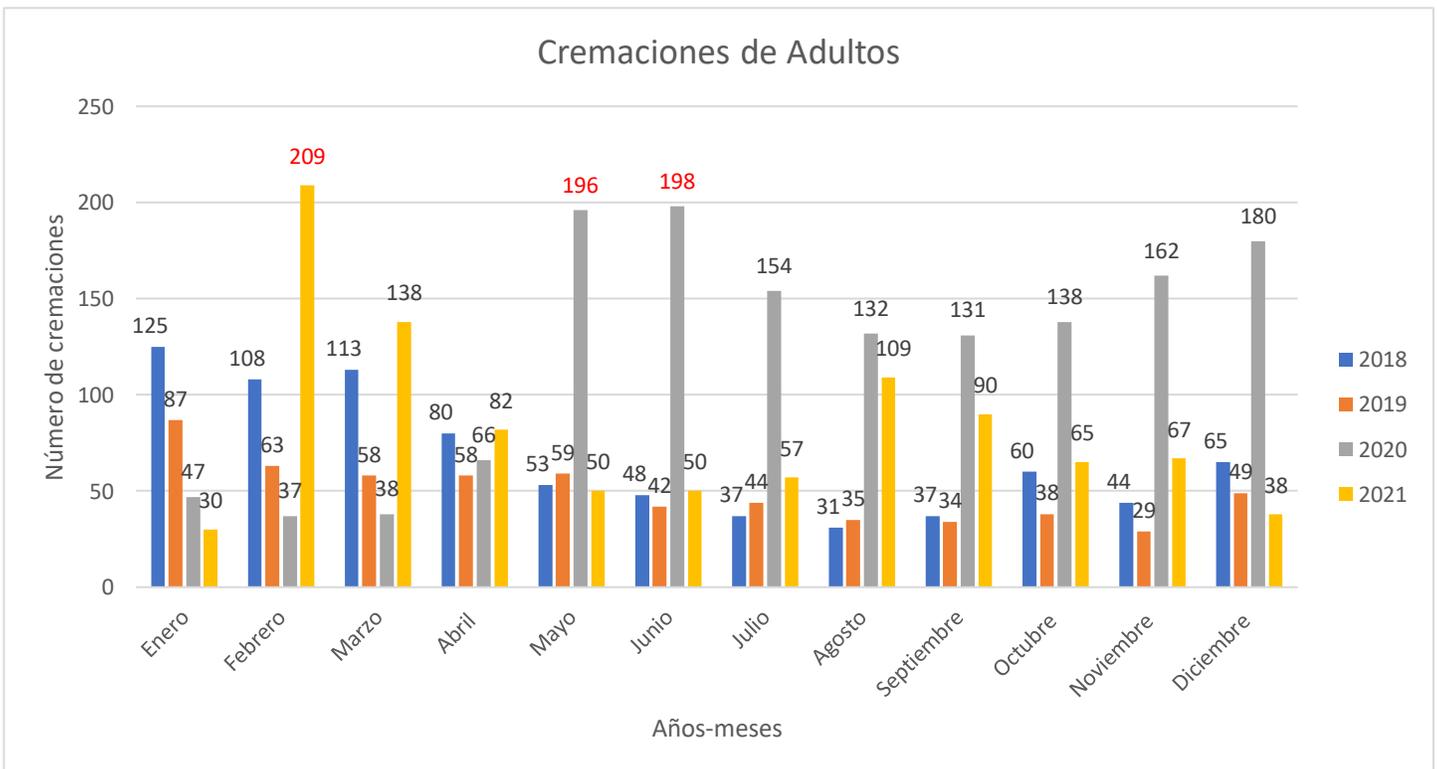
aquellos valores que fueron más representativos mostrando los picos más altos de

Cremación de Adultos												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dicbre.
2018	125	108	113	80	53	48	37	31	37	60	44	65
2019	87	63	58	58	59	42	44	35	34	38	29	49
2020	47	37	38	66	196	198	154	132	131	138	162	180
2021	30	209	138	82	50	50	57	109	90	65	67	38

cremaciones en los diferentes meses y años.

Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.1.5 Total de cremaciones de adultos en el periodo 2018-2021 en valores



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

En la gráfica 5.2.1.5 se muestra el concentrado de las cremaciones de adultos del año 2018 al 2021, de color rojo se pueden notar los picos más altos de cremaciones siendo los más representativos febrero 2021, seguido de junio 2020 y mayo 2020. Esto puede deberse a que en el año 2020 comenzó la pandemia por COVID-19, incrementando el número de personas fallecidas por la enfermedad, ocasionando que los centros de incineración tuvieran una mayor demanda. Por su parte, la menor cantidad fue registrada en noviembre del 2019 con 29 incineraciones.

De acuerdo con INEGI (2021), durante el año 2020 el 92.4% de las defunciones registradas se debieron a enfermedades y problemas relacionados con la salud; actualmente, las tres principales causas de muerte a nivel nacional por enfermedades van en primer lugar: enfermedades del corazón con un 20.2%, COVID-19 con el 18.5% y en tercer lugar la diabetes mellitus con el 13.9%.

5.2.2 Cremación de niños

En este apartado se pretende presentar a manera de tablas y gráficos el número de cremaciones de niños menores a 12 años en valores y en porcentaje realizadas dentro del Centro de Incineración ISSSTE en el periodo 2018-2021.

5.2.2.1 Cremación de niños en el año 2018

El número de cremaciones registradas por mes en el año 2018 para niños menores a 12 años son la representación más detallada de la información obtenida del Centro de Incineración ISSSTE. Los datos obtenidos del año 2018 fueron concentrados en una tabla Excel®, donde se hizo la suma de las personas adultas cremadas por mes y en total, para posteriormente generar las gráficas correspondientes.

Tabla 5.2.2.1 Cremaciones de niños en el año 2018 por mes

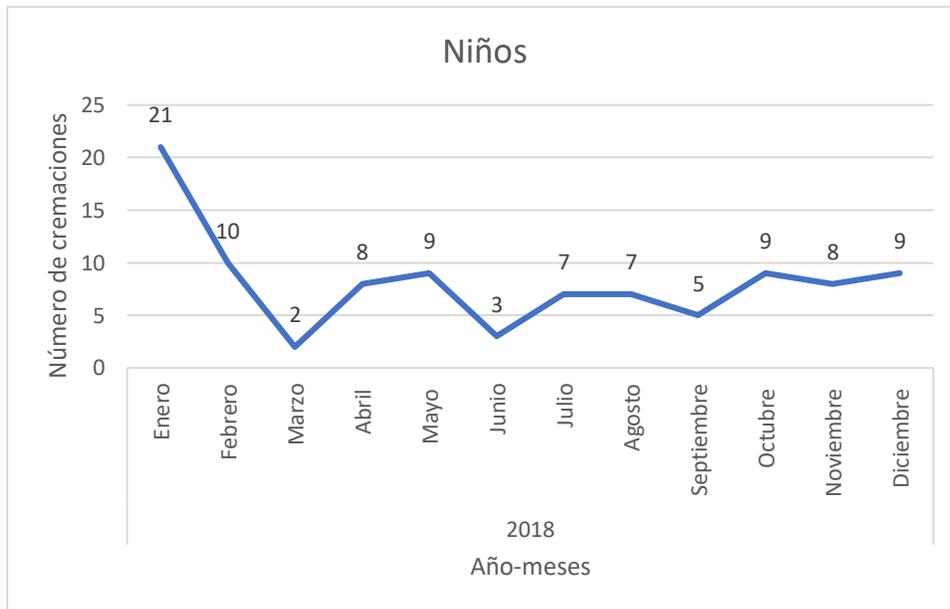
En la tabla 5.2.2.1 se muestran el número de cremaciones totales por mes registradas en el año 2018 siendo enero el mes con mayor incidencia con 21 cremaciones para la cremación de niños; seguido de eso se encuentra febrero con 10 incineraciones y marzo con el menor número con solo 2 incineraciones.

Año 2018	
Mes	Niños
Enero	21
Febrero	10
Marzo	2
Abril	8
Mayo	9
Junio	3
Julio	7
Agosto	7

Septiembre	5
Octubre	9
Noviembre	8
Diciembre	9

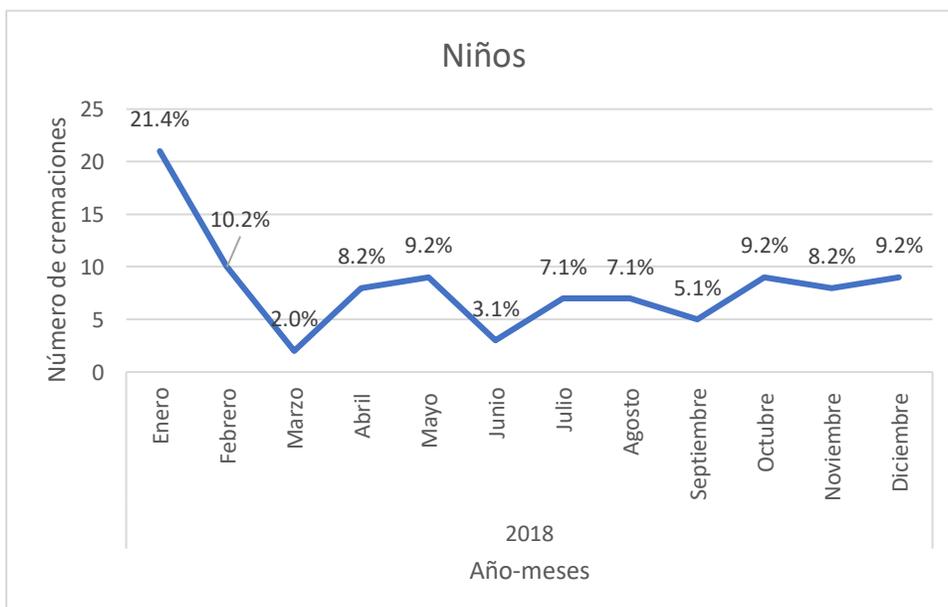
Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.2.1 Cremaciones de niños en el año 2018 por mes en valores



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.2.1 Cremaciones de niños en el año 2018 por mes en porcentaje



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Se muestra en las gráficas 5.2.2.1 representadas en valores y en porcentaje el número de cremaciones registradas en el Centro de Incineración ISSSTE del año 2018 por mes, en la cual se observa como la curva de tendencia comienza en el mes de enero con 21 cremaciones representando el 21.4% del total, de ahí la tendencia comienza a disminuir considerablemente siendo el pico más bajo el mes de marzo con 2 cremaciones representando el 2% del total, después la curva de tendencia se estabiliza siendo el promedio de cremaciones del 8-9% el resto del año.

5.2.2.2 Cremación de niños en el año 2019

La representación en tabla y gráficas ayudan a tener mayor representatividad en la investigación, por lo cual, en este apartado se pretende mostrar las gráficas por meses de las cremaciones de niños menores a 12 años en todo el año 2019.

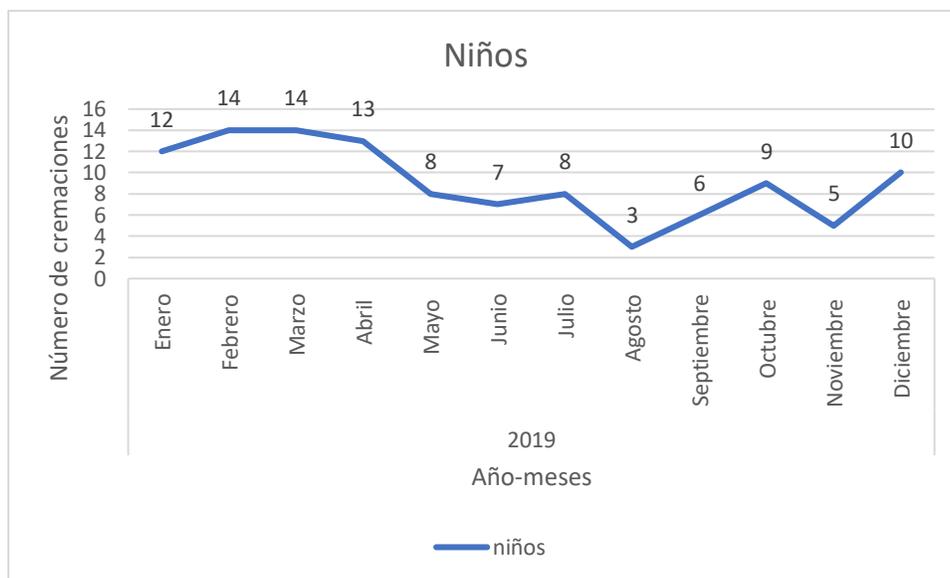
Tabla 5.2.2.2 Cremaciones de niños en el año 2019 por mes

La tabla 5.2.2.2 muestra el registro tabulado del total de cremaciones de niños menores a 12 años por mes que hubo en el año 2019, los registros marcados en rojo son aquellos meses con la mayor incidencia de cremaciones en todo el año, siendo febrero y marzo los meses con el reporte más alto con 14 incineraciones, por su parte, agosto fue el mes con menor incidencia registrando únicamente 3 cremaciones.

Año 2019	
Mes	Niños
Enero	12
Febrero	14
Marzo	14
Abril	13
Mayo	8
Junio	7
Julio	8
Agosto	3
Septiembre	6
Octubre	9
Noviembre	5
Diciembre	10

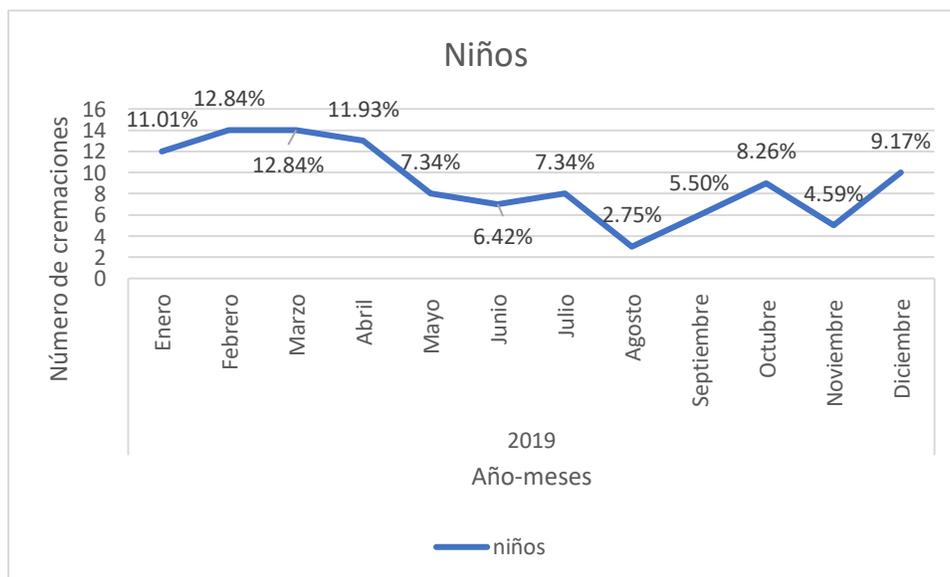
Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.2.2 Cremaciones de niños en el año 2019 por mes en valores



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.2.2 Cremaciones de niños en el año 2019 por mes en porcentaje



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

En las gráficas 5.2.2.2 representadas en valor y en porcentaje se puede mostrar el número de cremaciones de niños registradas en el Centro de Incineración ISSSTE del año 2019 por mes, donde se pudo resaltar que en los meses de febrero y marzo se registraron la mayor cantidad de cremaciones con 14 representando el 12.84% del total, siendo agosto el mes con el menor registro con tan solo 3 cremaciones representando el 2.75% del total de las incineraciones.

5.2.2.3 Cremación de niños en el año 2020

En este apartado se presentan las gráficas que muestran la tendencia de las cremaciones de niños en el año 2020 dentro del Centro de Incineración ISSSTE.

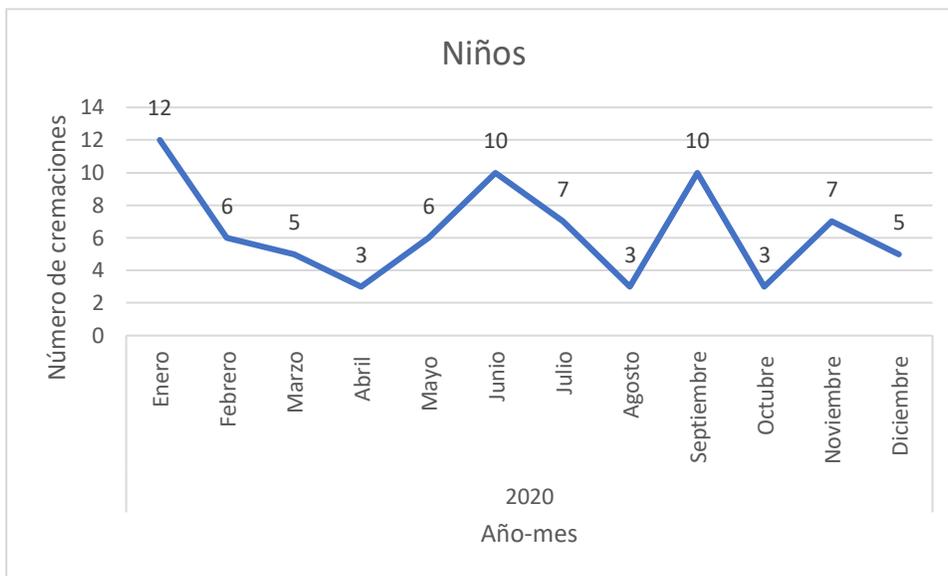
Tabla 5.2.2.3 Cremaciones de niños en el año 2020 por mes

En la tabla 5.2.2.3 se muestran el número de cremaciones totales de niños menores a 12 años por mes registradas en el año 2020 siendo enero el mes con mayor incidencia con 12 cremaciones para la cremación de niños; seguido de eso se encuentran los meses de junio y septiembre con 10 incineraciones y los meses de abril, agosto y octubre con el menor número con solo 3 incineraciones.

Año 2020	
Mes	Niños
Enero	12
Febrero	6
Marzo	5
Abril	3
Mayo	6
Junio	10
Julio	7
Agosto	3
Septiembre	10
Octubre	3
Noviembre	7
Diciembre	5

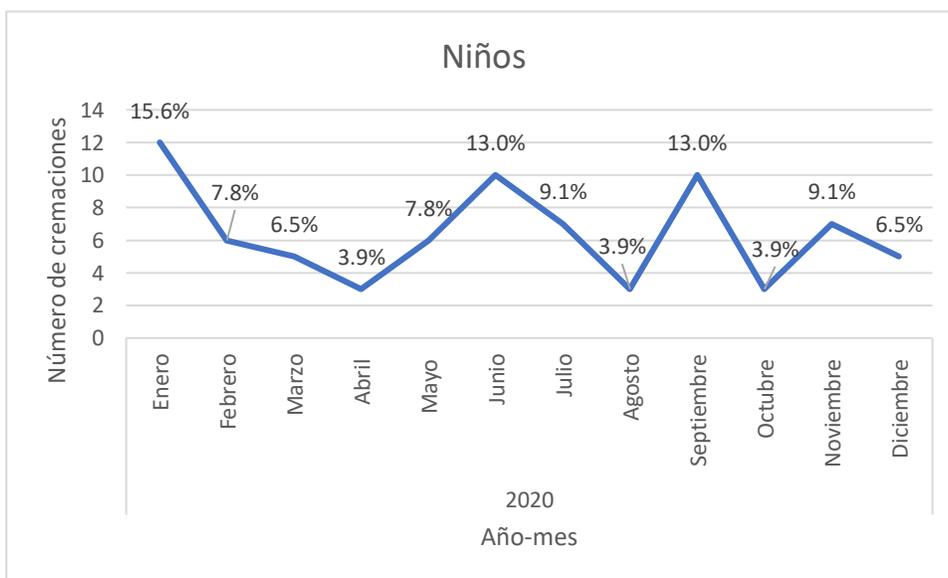
Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.2.3 Cremaciones de niños en el año 2020 por mes en valores



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.2.3 Cremaciones de niños en el año 2020 por mes en porcentaje



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Las gráficas 5.2.2.3 representadas en valores y en porcentajes muestran la tendencia que tuvieron las cremaciones de niños en el año 2020, siendo el mayor registro presentado en el mes de enero con 13 cremaciones lo cual representa el 15.6% del total, seguido de esto se encuentran los meses de junio y septiembre con 10 cremaciones cada uno representando el 13% y por último, la menor incidencia se concentró en tres meses durante todo el año, en abril, agosto y octubre registrando 3 cremaciones cada uno que representan tan solo el 3.9%. Se puede resaltar, que la misma incidencia que tuvieron los adultos en el año 2020 se presentó para los niños, teniendo uno de los picos más altos en el mes de junio.

5.2.2.4 Cremación de niños en el año 2021

En este apartado se presentan las gráficas que muestran la tendencia de las cremaciones de niños en el año 2021 dentro del Centro de Incineración ISSSTE.

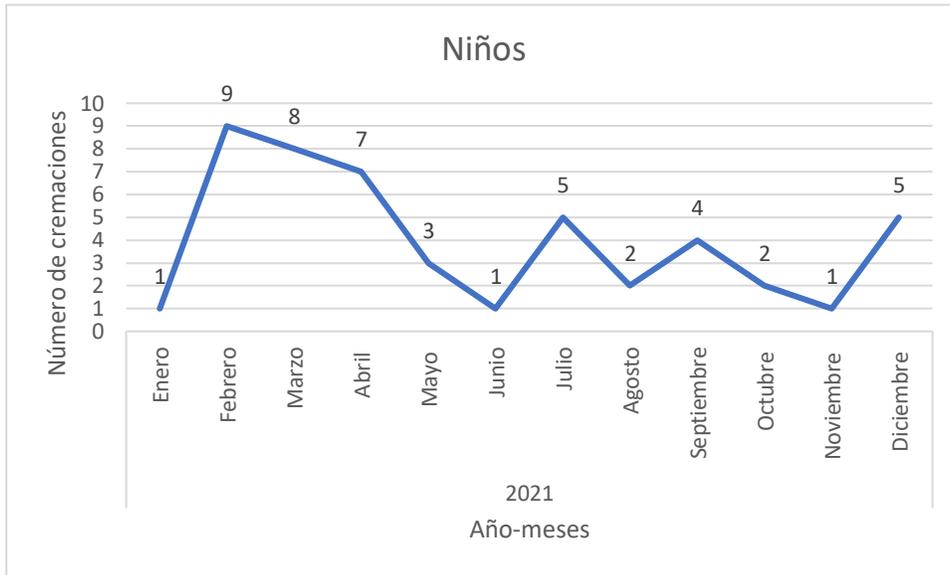
Tabla 5.2.2.4 Cremaciones de niños en el año 2021 por mes

En la tabla 5.2.2.4 se presenta la tabulación de los 12 meses del año 2021, en donde se puede observar que el mes con mayor número de cremaciones en el año fue febrero con 9 cremaciones de niños, seguido del mes de marzo con 8 y la mínima en los meses de enero, junio y noviembre con 1 cremación cada uno.

Año 2021	
Mes	Niños
Enero	1
Febrero	9
Marzo	8
Abril	7
Mayo	3
Junio	1
Julio	5
Agosto	2
Septiembre	4
Octubre	2
Noviembre	1
Diciembre	5

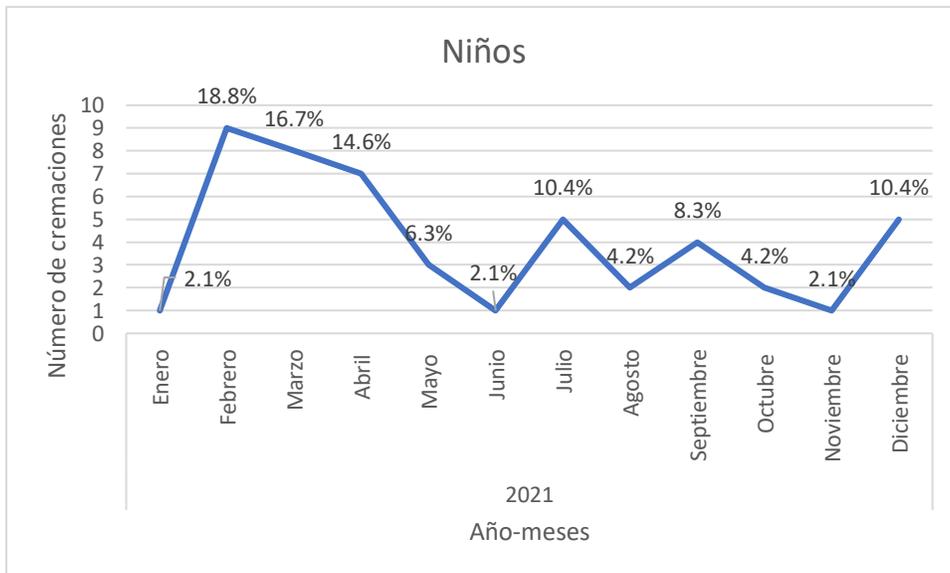
Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.2.4 Cremaciones de niños en el año 2021 por mes en valores



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.2.4 Cremaciones de niños en el año 2021 por mes en porcentaje



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

En las gráficas 5.2.2.4 se puede mostrar la representación en valores y porcentajes de las cremaciones de niños durante el año 2021, al comienzo del año se registra una sola cremación; sin embargo, para el mes de febrero se dispara completamente la tendencia al subir a 9 cremaciones representando el 18.8%, teniendo un pequeño descenso en marzo con 8 incineraciones que representan el 16.7% y abril con 7 incineraciones siendo el 14.6%, así mismo, los meses con la menor incidencia fueron enero, junio y noviembre con una sola cremación cada una que representan tan solo el 2.1% del total.

5.2.2.5 Cremaciones totales de niños

En este apartado se presentan las gráficas que muestran la tendencia de las cremaciones de niños menos a 12 años en el periodo 2018-2021 dentro del Centro de Incineración ISSSTE.

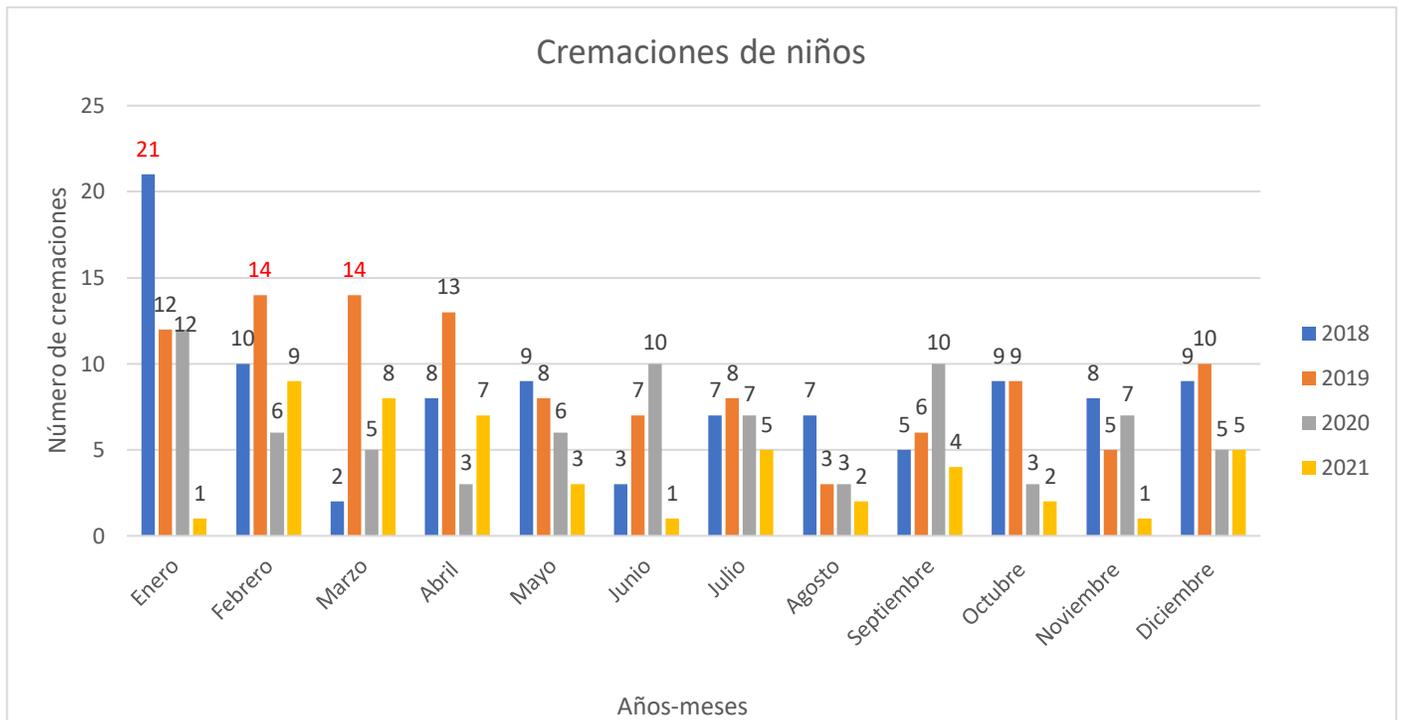
Tabla 5.2.2.5 Total de cremaciones de niños en el periodo 2018-2021

La tabla 5.2.2.5 es la recopilación de todos los datos registrados de cremaciones de niños en el periodo 2018-2021 mostrado por meses. Teniendo en color rojo aquellos valores que fueron más representativos mostrando los picos más altos de cremaciones en los diferentes meses y años.

Cremación de Niños												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dicbre.
2018	21	10	2	8	9	3	7	7	5	9	8	9
2019	12	14	14	13	8	7	8	3	6	9	5	10
2020	12	6	5	3	6	10	7	3	10	3	7	5
2021	1	9	8	7	3	1	5	2	4	2	1	5

Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.2.5 Total de cremaciones de niños en el periodo 2018-2021 en valores



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

En la gráfica 5.2.2.5 se muestra el concentrado de las cremaciones de niños menores a 12 años del año 2018 al 2021, de color rojo se pueden notar los picos más altos de cremaciones siendo los más representativos enero 2018, seguido de febrero y marzo 2019. En el año 2020 la máxima registrada fue en el mes de enero con tan solo 12 cremaciones y en el año 2021 en el mes de febrero con 9 incineraciones, resultando curioso ya que las cifras más altas no fueron presentadas durante la pandemia por COVID-19 sino dos años antes de la misma.

5.2.3 Cremación de restos áridos humanos

Dentro de este apartado se pretende presentar a manera de tablas y gráficos el número de cremaciones de restos áridos en valores y en porcentaje realizadas dentro del Centro de Incineración ISSSTE en el periodo 2018-2021.

5.2.3.1 Cremación de restos áridos en el año 2018

La representación en tabla y gráficas ayudan a tener mayor representatividad en la investigación, por lo cual, en este apartado se pretende mostrar las gráficas por meses de las cremaciones de restos áridos en todo el año 2018.

Tabla 5.2.3.1 Cremaciones de restos áridos en el año 2018 por mes

Para la tabla 5.2.3.1 se muestra el concentrado del total de cremaciones para el año 2018 de los restos áridos dividido por mes, donde en color rojo se destaca el valor máximo de cremaciones en el año.

Año 2018	
Mes	Restos áridos
Enero	5
Febrero	2
Marzo	12
Abril	5
Mayo	11
Junio	2
Julio	1
Agosto	2
Septiembre	4
Octubre	4
Noviembre	3
Diciembre	8

Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.3.1 Cremaciones de restos áridos en el año 2018 por mes en valores



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.3.1 Cremaciones de restos áridos en el año 2018 por mes en porcentaje



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Para las gráficas 5.2.3.1 están representados los números en valores y porcentajes de las cremaciones de restos áridos para el año 2018, en las cuales se puede mostrar que el pico más alto se encuentra en el mes de marzo con 12 cremaciones las cuales representan el 20.3% del total, seguido de esto la tendencia desciende un 11.8% para el mes de abril el cual registro un total de 5 incineraciones (el 8.5%). El mes con la menor incidencia se registra en julio con únicamente una cremación.

5.2.3.2 Cremación de restos áridos en el año 2019

En este apartado se presentan las gráficas que muestran la tendencia de las cremaciones en el año 2019 de restos áridos dentro del Centro de Incineración ISSSTE.

Tabla 5.2.3.2 Cremaciones de restos áridos en el año 2019 por mes

En la tabla 5.2.3.2 se muestran el número de cremaciones totales por mes registradas en el año 2019 siendo diciembre el mes con mayor incidencia con 9 incineraciones de restos áridos; seguido de eso se encuentra septiembre con 6 cremaciones y los meses de mayo y agosto registraron la menor incidencia con 2 cremaciones cada uno.

Año 2019	
Mes	Restos áridos
Enero	4
Febrero	5
Marzo	4
Abril	3
Mayo	2
Junio	4
Julio	5
Agosto	2
Septiembre	6
Octubre	4
Noviembre	3
Diciembre	9

Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.3.2 Cremaciones de restos áridos en el año 2019 por mes en valores



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.3.2 Cremaciones de restos áridos en el año 2019 por mes en porcentaje



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Se muestra en las gráficas 5.2.3.2 representadas en valores y en porcentaje el número de cremaciones registradas en el Centro de Incineración ISSSTE del año 2019 por mes para los restos áridos, en la cual se observa como la curva de tendencia comienza en el mes de enero con 4 cremaciones representando el 7.8% del total, de ahí la tendencia comienza a incrementar de forma ligera para el mes de febrero con 5 cremaciones representando el 9.8%; sin embargo, la tendencia disminuye hasta llegar al mes de mayo donde se registra uno de los valores más bajos de todo el año con 2 cremaciones representando el 3.9%. La tendencia se dispara notoriamente para el mes de diciembre con 9 cremaciones al término del año.

5.2.3.3 Cremación de restos áridos en el año 2020

En este apartado se presentan las gráficas que muestran la tendencia de las cremaciones de restos áridos en el año 2020 dentro del Centro de Incineración ISSSTE.

Tabla 5.2.3.3 Cremaciones de restos áridos en el año 2020 por mes

Se muestran dentro de la tabla 5.2.3.3 el número de cremaciones totales de restos áridos por mes registradas en el año 2020 siendo febrero el mes con mayor incidencia con 6 cremaciones; seguido de eso se encuentran los meses de abril y junio con 0 cremaciones, siendo estos los meses con el menor registro.

Año 2020	
Mes	Restos áridos
Enero	3
Febrero	6
Marzo	1
Abril	0
Mayo	2
Junio	0
Julio	1
Agosto	1
Septiembre	3
Octubre	1
Noviembre	1
Diciembre	3

Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.3.3 Cremaciones de restos áridos en el año 2020 por mes en valores



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.3.3.3 Cremaciones de restos áridos en el año 2020 por mes en porcentaje



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Se muestra en las gráficas 5.2.3.3 representadas en valores y en porcentaje el número de cremaciones de restos áridos registradas en el Centro de Incineración ISSSTE del año 2020 por mes, en la cual se observa como la curva de tendencia comienza en el mes de enero con 3 cremaciones representando el 13.6% del total, de ahí la tendencia comienza a aumentar el doble siendo el pico más alto el mes de febrero con 6 cremaciones representando el 27.3% del total, después la curva de tendencia comienza a decaer hasta llegar al mes de abril con cero cremaciones, pero, para el mes de mayo se registran 2 cremaciones y para el mes de junio vuelve a decaer hasta las cero cremaciones, siendo el promedio para el resto del año de 1 cremación por mes.

5.2.3.4 Cremación de restos áridos en el año 2021

La representación en tabla y gráficas ayudan a tener mayor representatividad en la investigación, por lo cual, en este apartado se pretende mostrar las gráficas por meses de las cremaciones de restos áridos presentados para el año 2021.

Tabla 5.2.3.4 Cremaciones de restos áridos en el año 2021 por mes

En la tabla 5.2.3.4 se muestran el número de cremaciones totales de restos áridos por mes registradas en el año 2021 siendo que los meses que presentaron una mayor incidencia de cremaciones fueron junio, octubre y noviembre con 8 cada uno, y los meses de enero y marzo presentando la menor incidencia con 0 cremaciones.

Año 2021	
Mes	Restos áridos
Enero	0
Febrero	1
Marzo	0
Abril	3
Mayo	2
Junio	8
Julio	3
Agosto	3
Septiembre	2
Octubre	8
Noviembre	8
Diciembre	1

Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.3.4 Cremaciones de restos áridos en el año 2021 por mes en valores



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.3.4 Cremaciones de restos áridos en el año 2018 por mes en porcentaje



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Para el año 2021 las gráficas 5.2.3.4 representadas en valores y en porcentaje el número de cremaciones de restos áridos registradas en el Centro de Incineración ISSSTE por mes, en la cual se observa como la curva de tendencia comienza en el mes de enero con cero cremaciones, de ahí la tendencia comienza a subir un 2% para el mes de febrero, pero vuelve a decaer a cero para el mes de marzo ; sin embargo, la tendencia aumenta considerablemente hasta llegar a su punto más alto en el mes de junio con 8 cremaciones representando el 20.5%, de ahí tiene una caída del 15.4% hasta llegar al segundo punto más bajo en septiembre con 2 cremaciones, seguido de esto la tendencia vuelve a subir para el mes de octubre y noviembre con 8 cremaciones cada uno representando de igual forma el 20.5%.

5.2.3.5 Cremaciones totales de restos áridos

En este apartado se presentan las gráficas que muestran la tendencia de las cremaciones de restos áridos en el periodo 2018-2021 dentro del Centro de Incineración ISSSTE.

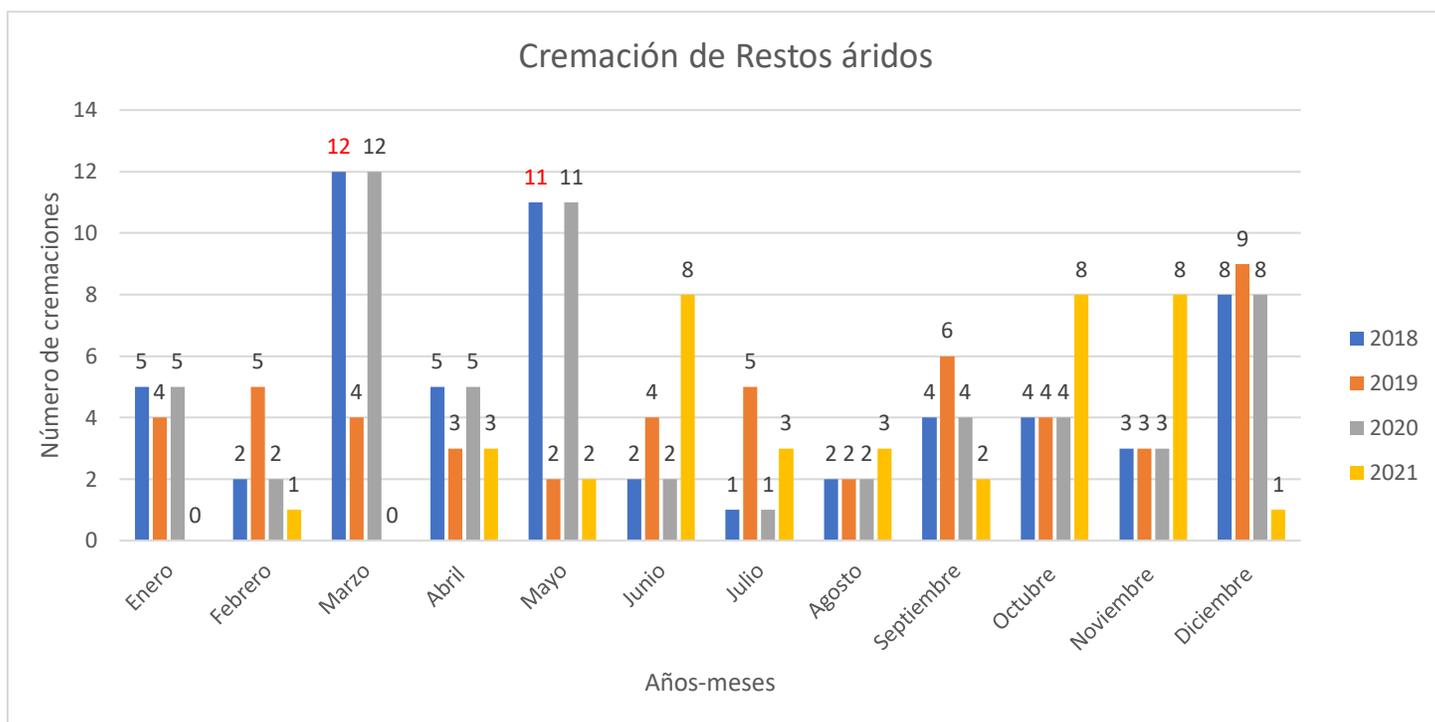
Tabla 5.2.3.5 Total de cremaciones de restos áridos en el periodo 2018-2021

La tabla 5.2.3.5 es la recopilación de todos los datos registrados de cremaciones de restos áridos en el periodo 2018-2021 mostrado por meses. Teniendo en color rojo aquellos valores que fueron más representativos mostrando los picos más altos de cremaciones en los diferentes meses y años.

Cremación de Restos áridos												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dicbre.
2018	5	2	12	5	11	2	1	2	4	4	3	8
2019	4	5	4	3	2	4	5	2	6	4	3	9
2020	5	2	12	5	11	2	1	2	4	4	3	8
2021	0	1	0	3	2	8	3	3	2	8	8	1

Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

Gráfico 5.2.3.5 Total de cremaciones de restos áridos en el periodo 2018-2021 en valores



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Incineración no. 7 ISSSTE (2021).

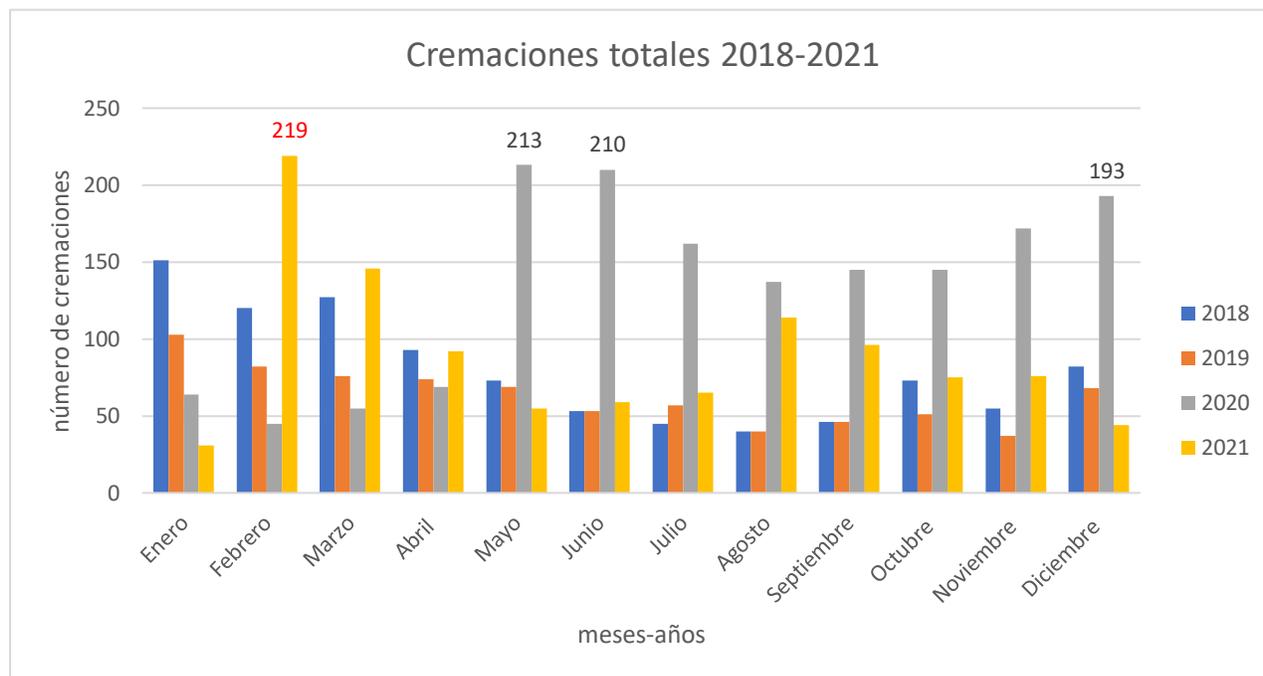
En la gráfica 5.2.3.5 se muestra el concentrado de las cremaciones de restos áridos del año 2018 al 2021, de color rojo se pueden notar los picos más altos de cremaciones siendo los más representativos marzo 2018 y 2020, seguido de mayo 2018 y 2020.

Esto se puede interpretar de diferentes manera, no obstante, para este caso se puede hacer la hipótesis que en los años 2020-2021 que fueron los años de la pandemia por COVID-19, al haber un mayor número de personas fallecidas, la demanda de tumbas para el entierro aumento a un ritmo acelerado, por lo que, aquellas personas que contaban con el espacio de las tumbas decidieron exhumar los restos de sus familiares y cremarlos para posteriormente utilizar ese espacio.

5.2.4 Cremaciones totales 2018-2021

En la siguiente gráfica se mostrará el concentrado de cremaciones totales de adultos, niños y restos áridos en los años 2018-2021.

Gráfico 5.2.4 Cremaciones totales 2018-2021



Fuente: elaboración propia con información del Centro de Incineración no.7 ISSSTE, (2021).

Como se observa en el gráfico 5.2.4 las mayores concentraciones de cremaciones se registraron en el mes de febrero del año 2021 con un total de 219 cremaciones juntando los tres rubros (adultos, niños y restos áridos), seguido tenemos al mes de mayo del año 2020 con un total de 213 cremaciones y para el mes de junio del mismo año se registraron 210 cremaciones; se puede concluir que el año que registró más cremaciones fue el 2020.

5.3 Contaminantes

En este apartado se abordarán las gráficas de los seis contaminantes criterio que mide la estación de monitoreo Ceboruco de la RAMA-ZMTV en el periodo 2018-2021. Dentro de las gráficas se identifica y señala las concentraciones del límite máximo permisible para los seis contaminantes con una línea de color rojo, establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas pertinentes.

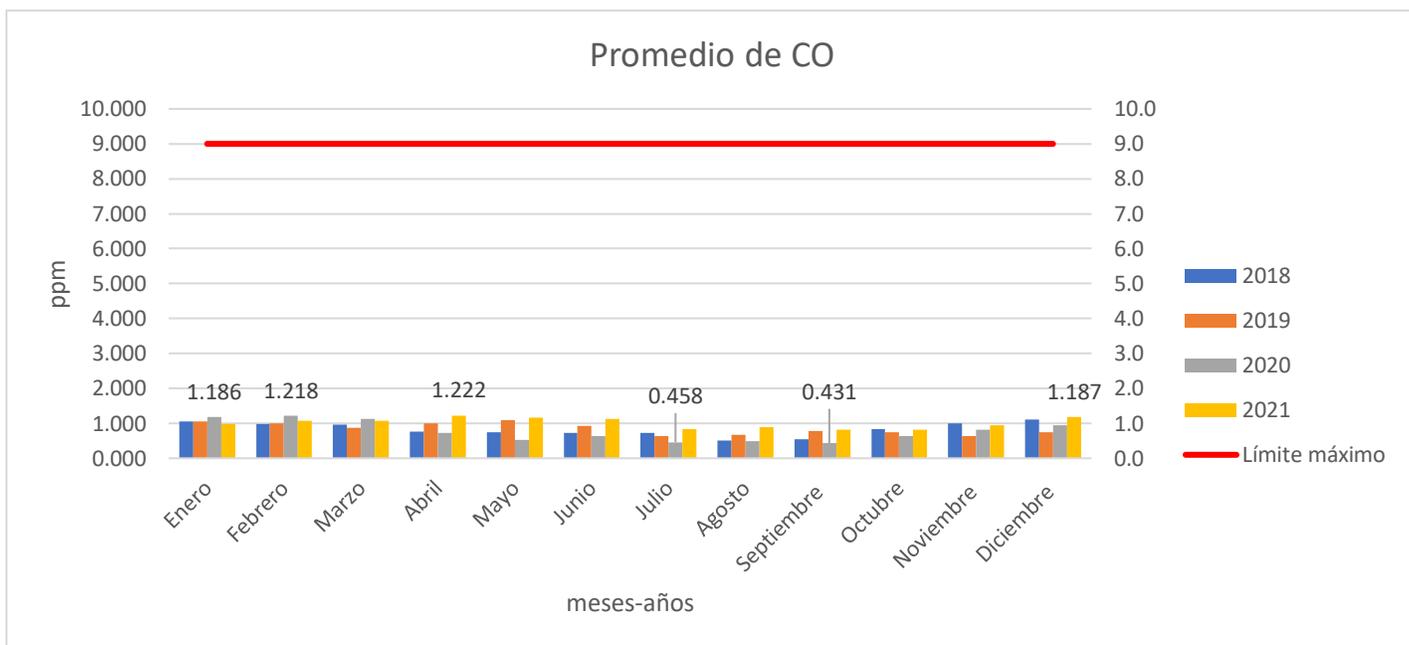
Límites máximos permisibles para los contaminantes criterio:

- 9 ppm o 10,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en una concentración de 8 horas para el monóxido de carbono (CO) de acuerdo con la NOM-021-SSA1-2021.
- 0.106 ppm o 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en una concentración de 1 hora para el dióxido de nitrógeno (NO_2) de acuerdo con la NOM-023-SSA1-2021.
- 0.04 ppm en una concentración de 24 horas para el dióxido de azufre (SO_2) de acuerdo con la NOM-022-SSA1-2019.
- 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en una concentración de 24 horas para las partículas suspendidas PM_{10} de acuerdo con la NOM-025-SSA1-2021.
- 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en una concentración de 24 horas para las partículas suspendidas $\text{PM}_{2.5}$ de acuerdo con la NOM-025-SSA1-2021.
- 0.090 ppm o 176 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en una concentración de 1 hora para el ozono (O_3) de acuerdo con la NOM-020-SSA1-2021.

5.3.1 Concentraciones de CO

Dentro de las concentraciones de monóxido de carbono, se presenta una gráfica obtenida con la recopilación de los promedios de los años en el periodo 2018-2021 de la estación de monitoreo Ceboruco de la RAMA-ZMVT. Los registros se presentan en la gráfica en 12 meses y años representando cada uno de los colores de las barras un año en específico: año 2018-gráfico azul, año 2019-gráfico naranja, año 2020-gráfico gris y año 2021-gráfico amarillo (ver gráfico 5.3.1).

Gráfico 5.3.1 Promedio de concentraciones de CO



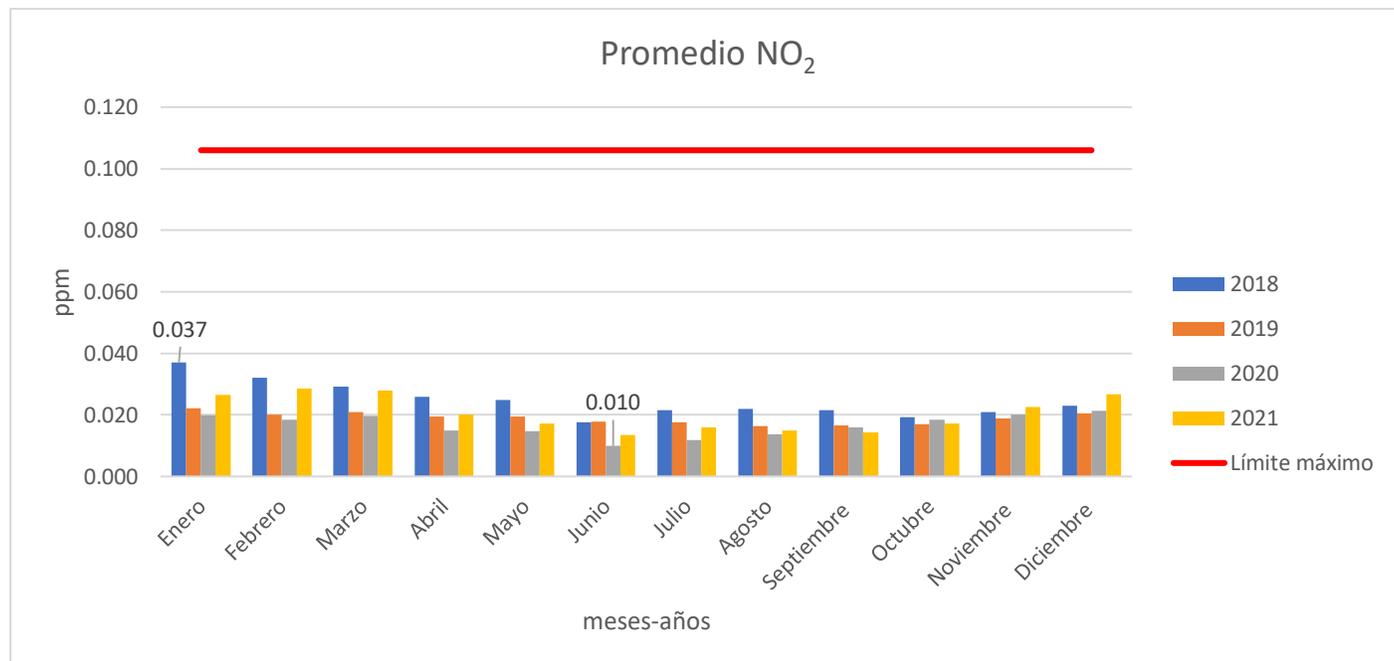
Fuente: elaboración propia con datos de la RAMA, 2021.

En la gráfica 5.3.1 se pueden observar los promedios de concentración de monóxido de carbono en los cuatro años del periodo 2018-2021, siendo que el año 2020 tuvo la mayor concentración en el mes de febrero con 1.218 partes por millón, seguido del año 2021 en el mes de abril con 1.222 partes por millón; Así mismo, se puede destacar que ninguno de los años rebasó el límite máximo permisible que establece la NOM-021-SSA1-2021 de 9 ppm, debido a que las concentraciones fueron considerablemente bajas, siendo el mes de junio del año 2020 el promedio más bajo registrado con 0.458 ppm.

5.3.2 Concentraciones de NO₂

La gráfica 5.3.2 presenta los promedios totales de concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂) del periodo 2018 al 2021 (ver gráfico 5.3.2); tomando en cuenta así el límite máximo permisible del contaminante (representado por la línea roja) de 0.106 ppm en concentración de 1 hora de acuerdo con la NOM-023-SSA1-2021.

Gráfico 5.3.2 Promedio de concentraciones de NO₂



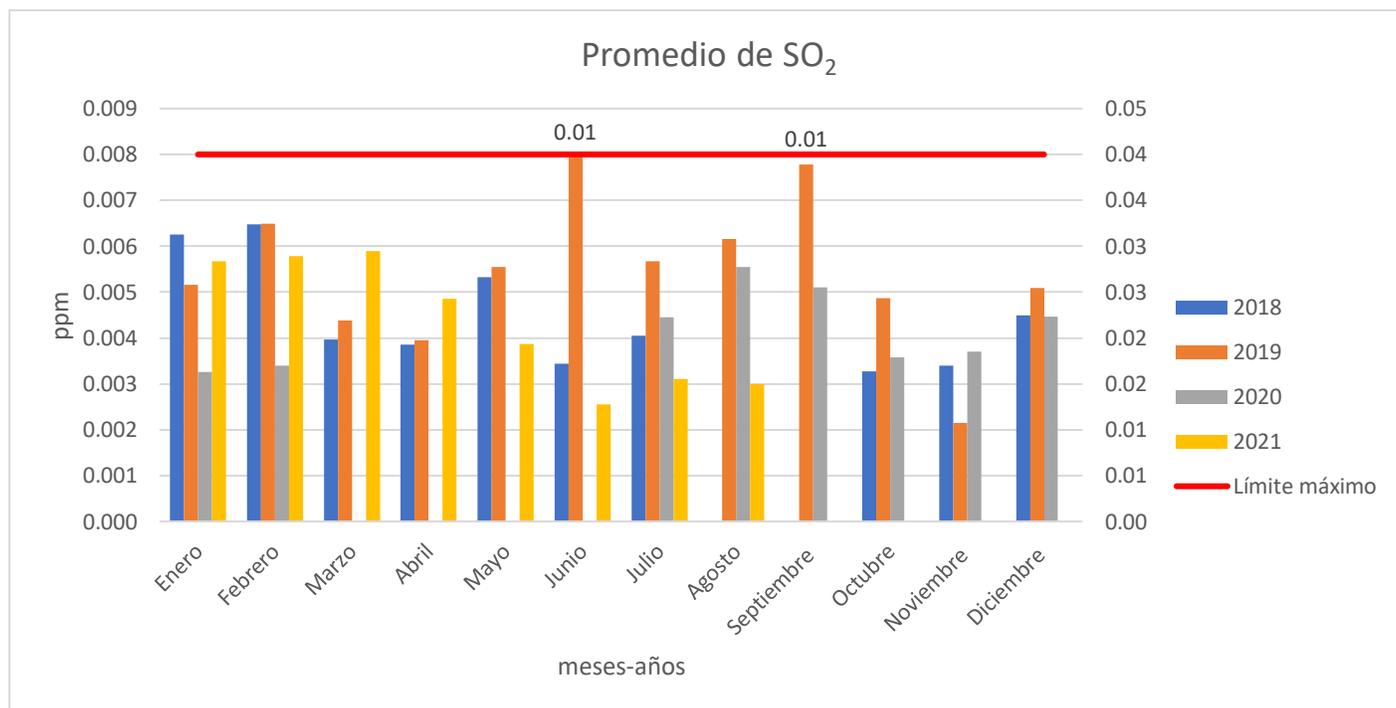
Fuente: elaboración propia datos de la RAMA-ZMVT, 2021.

En la gráfica 5.3.2 se puede observar que los promedios de las concentraciones de dióxido de nitrógeno son relativamente bajas, siendo que ninguno de los años dentro del periodo 2018-2021 rebasó el límite máximo permisible de 0.106 ppm; sin embargo, se puede destacar que el promedio más alto de concentración de dióxido de nitrógeno se registró en el mes de enero de 2018 con un promedio de 0.037 ppm; por otro lado, el registro más bajo fue en el mes de junio de 2020 con un promedio de 0.010 ppm.

5.3.3 Concentraciones de SO₂

Para las concentraciones de dióxido de azufre se presenta una gráfica obtenida con la recopilación de los promedios de los años en el periodo 2018-2021 de la estación de monitoreo Ceboruco de la RAMA-ZMVT. Los registros se presentan en la gráfica en 12 meses y años representando cada uno de los colores de las barras un año en específico: año 2018-gráfico azul, año 2019-gráfico naranja, año 2020-gráfico gris y año 2021-gráfico amarillo (ver gráfico 5.3.3).

Gráfico 5.3.3 Promedio de concentraciones de SO₂



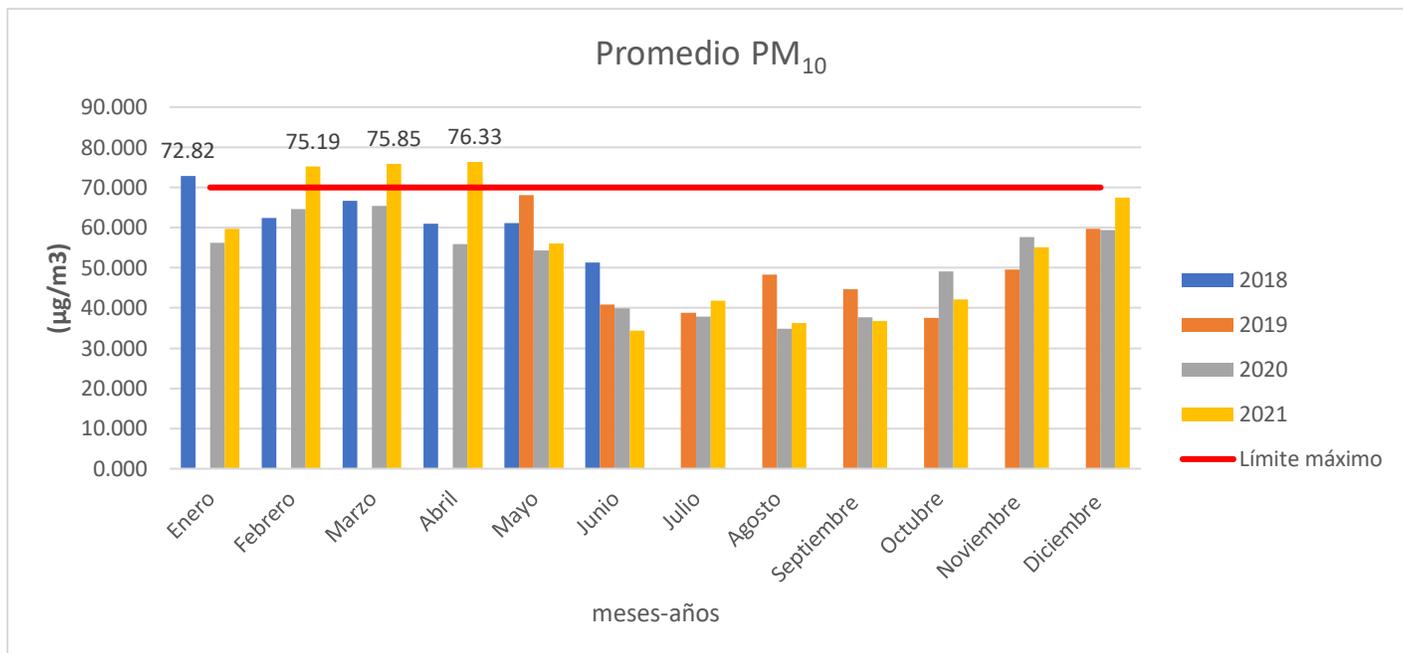
Fuente: elaboración propia con datos de la RAMA-ZMVT 2021.

Como se puede observar en el gráfico 5.3.3 los meses de junio y septiembre del año 2019 tuvieron los promedios más altos de concentración de SO₂ con 0.01 ppm cada uno, estando a solo tres centésimos de rebasar el límite máximo permisible de 0.04 ppm establecido por la NOM-022-SSA1-2019. No obstante, se puede destacar que para el año 2018 en los meses de agosto y septiembre no hubo registro de datos dentro de la estación Ceboruco de la RAMA-ZMVT; para el año 2020 en los meses de marzo, abril, mayo y junio no se generaron registros de las concentraciones de este contaminante y para el año 2021, del mes de septiembre al mes de diciembre no hubo concentraciones registradas por la estación.

5.3.4 Concentraciones de partículas PM₁₀

El gráfico 5.3.4 presenta los promedios totales de concentración de partículas suspendidas PM₁₀ dentro del periodo 2018 al 2021; tomando en cuenta así el límite máximo permisible del contaminante (representado por la línea roja) de 70 µg/m³ en concentración de 24 horas de acuerdo con la NOM-025-SSA1-2021.

Gráfico 5.3.4 Promedio de concentraciones de PM₁₀



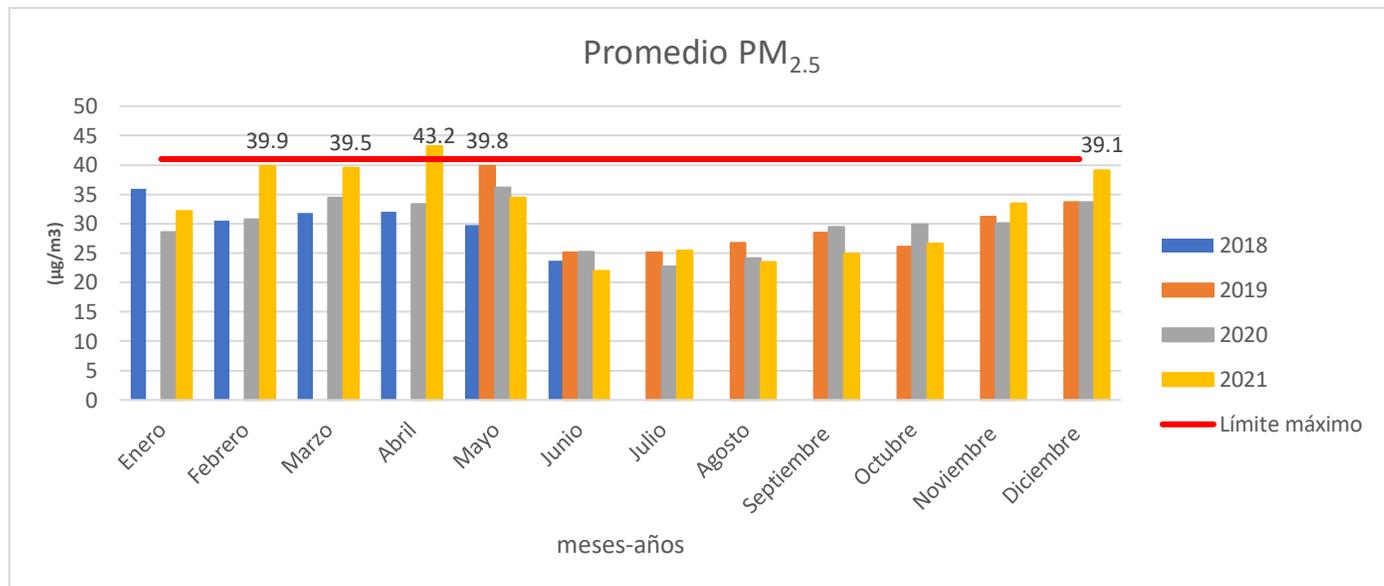
Fuente: elaboración propia con datos de la RAMA-ZMVT, 2021.

En el gráfico 5.3.4 se observa que en el año 2021 se presentaron las mayores concentraciones de partículas PM₁₀, siendo el mes de abril el registro más alto con 76.33 µg/m³, siguiendo con el mes de marzo del mismo año con 75.85 µg/m³, en tercer lugar, el mes de febrero del mismo año con 75.19 µg/m³, y, por último, el mes de enero del 2018 con 72.82 µg/m³, rebasando así el límite máximo permisible de 70 µg/m³ establecido por la norma. Cabe resaltar que en el año 2018 del mes de julio a diciembre no existen registros en la estación Ceboruco de las concentraciones de este contaminante; en el año 2019 del mes de enero a abril no se presentan datos, en el año 2020 los registros están completos en los 12 meses y para el año 2021 de igual forma, los registros se encuentran completos.

5.3.5 Concentraciones de partículas PM_{2.5}

Dentro del gráfico 5.3.5 se presentan los promedios totales de concentración de partículas suspendidas PM_{2.5} dentro del periodo 2018 al 2021; tomando en cuenta así el límite máximo permisible del contaminante (representado por la línea roja) de 41 µg/m³ en concentración de 24 horas de acuerdo con la NOM-025-SSA1-2021.

Gráfico 5.3.5 Promedio de concentraciones de PM_{2.5}



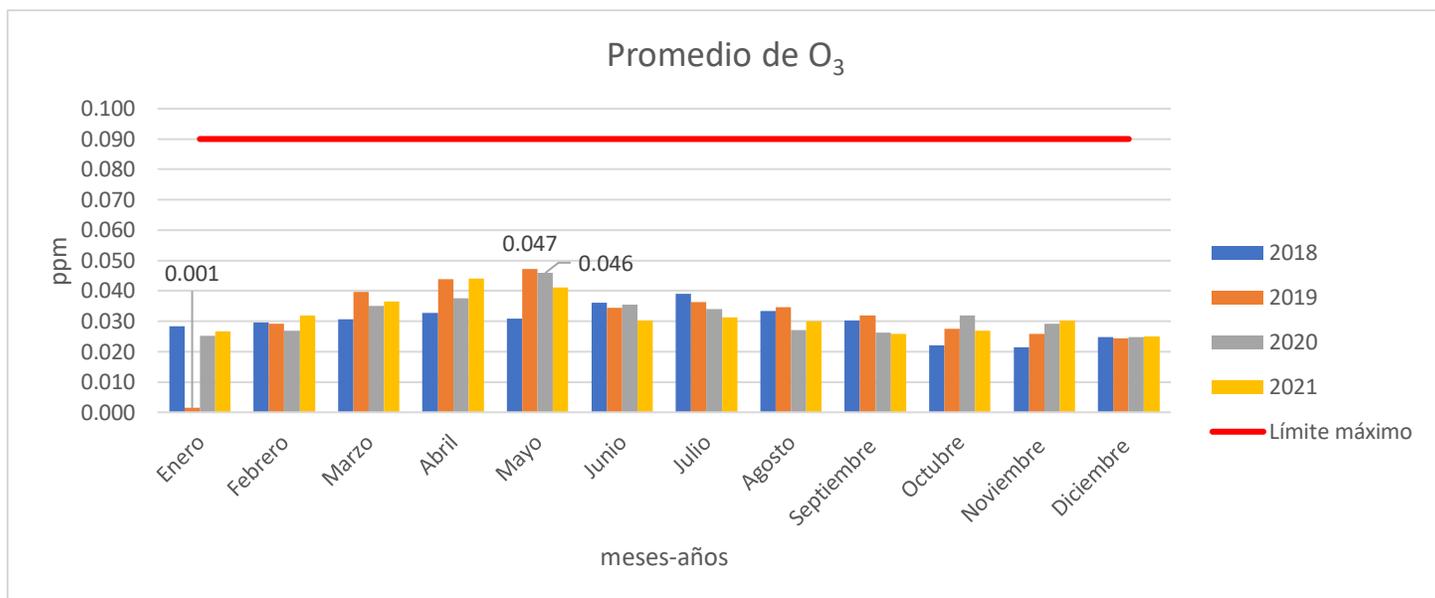
Fuente: elaboración propia con datos de la RAMA-ZMVT, 2021.

En el gráfico 5.3.5 se puede observar como en el mes de abril del año 2021 se concentra el promedio más alto de concentración de partículas suspendidas PM_{2.5} con 43.2 µg/m³ siendo este el promedio que rebasó el límite máximo permisible de 41 µg/m³ establecido en la norma; en segundo lugar tenemos al mes de febrero de 2021 con un promedio de 39.9 µg/m³, seguido tenemos al mes de mayo del 2019 con 39.8 µg/m³, en cuarto lugar tenemos al mes de marzo de 2021 con un promedio de 39.5 µg/m³ y por último, el mes de diciembre del mismo año con 39.1 µg/m³, a pesar de que no se rebasó el límite las concentraciones fueron de las más altas estando a muy pocos µg/m³ de rebasarlo. De igual forma, se hace mención que la segunda mitad del año 2018 que cubre de los meses de julio a diciembre no cuenta con registros del contaminante PM_{2.5} en la estación Ceboruco; así mismo, en el año 2019 de los meses de enero a abril tampoco hubo registros en la estación.

5.3.6 Concentraciones de O₃

Para las concentraciones de ozono se presenta una gráfica con la recopilación de los promedios de los años en el periodo 2018-2021 de la estación de monitoreo Ceboruco de la RAMA-ZMVT. Los registros se presentan en los 12 meses y años representando cada uno de los colores de las barras un año en específico: año 2018-gráfico azul, año 2019-gráfico naranja, año 2020-gráfico gris y año 2021-gráfico amarillo (ver gráfico 5.3.6).

Gráfico 5.3.6 Promedio de concentraciones de O₃



Fuente: elaboración propia con datos de la RAMA-ZMVT, 2021.

Como se muestra en el gráfico 5.3.6 las concentraciones de ozono fueron bajas, ninguno de los cuatro años del periodo 2018-2021 rebasó el límite máximo permisible de 0.090 ppm en una concentración de 1 hora de acuerdo con la NOM-020-SSA1-2021; sin embargo, el promedio de concentración más alto se registró en la estación Ceboruco fue en el mes de mayo del año 2019 con 0.047 ppm, seguido del mes de mayo del año 2020 con 0.046 ppm. Por otro lado, el registro más bajo es en el mes de enero del año 2019 con tan solo 0.001 ppm de ozono.

5.4 Estación de monitoreo Ceboruco vs Cremaciones

En este apartado se mostrará la relación que tienen las cremaciones registradas en la estación de monitoreo Ceboruco y las cremaciones registradas en el Centro de Incineración no. 7 ISSSTE. Como punto de partida se realizarán dos tablas las cuales mostrarán la relación de los contaminantes emitidos por cuerpo humano (ver tabla 5.4.1) y por horno crematorio (ver tabla 5.4.2), de acuerdo con los autores citados dentro del apartado de antecedentes.

Tabla 5.4.1 Emisiones por cuerpo humano

Referencia	Cantidad de emisiones por cuerpo incinerado	Unidades	Componente
Takeda et al. (2014)	3,970 ng de EQT-1	ng = nanogramos	<ul style="list-style-type: none"> • Policlorodibenzofuranos (PCDD/fs)
	Y 1,830 ng de EQT-1/ cuerpo	EQT= Concentración de equivalentes tóxicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Policlorodibenzo-p-dioxinas
Green et al. (2014)	0.735 µg	µg= microgramos	<ul style="list-style-type: none"> • Tetraclorodibenzo-p-dioxinas (TCDD)
Wang et al. (2003)	74.6 µg	µg= microgramo	<ul style="list-style-type: none"> • PCDD/f • PCDF
	0.838 g de EQT-1	EQT= Concentración de equivalentes tóxicos.	
Mari y Domingo (2010)	200 µg/m ³ de mercurio	µg/ m ³ =microgramos sobre metro cúbico	<ul style="list-style-type: none"> • Mercurio

Fuente: elaboración propia con base en (Mari y Domingo, 2010; Takeda et al. 2014; Green et al, 2014; Wang et al. 2003).

La tabla anterior muestra el concentrado de aquellos autores los cuales tomaban como referencia las concentraciones de contaminantes que se emiten por cuerpo humano como es el caso de Takeda et al. y Wang et al. quienes concluyeron que el cuerpo humano durante el proceso de cremación emite concentraciones de equivalentes tóxicos de PCDD/S y policlorodibenzo-p-dioxinas; por su parte Green et al. (2014) resaltaron la presencia de tetraclorodibenzo-p-dioxinas (TCDD); así como Mari y Domingo quienes analizaron la emisión de mercurio debido a la combustión de las amalgamas incrustadas en algunas de las personas cremadas.

Tabla 5.4.2 Emisiones por crematorio

Referencia	Componentes que emite un horno crematorio
Montenegro (2005)	<ul style="list-style-type: none"> • Mercurio • Plomo • Óxidos de azufre • Óxidos de nitrógeno • Monóxido de carbono • Material particulado PM₁₀ • Material particulado 2.5
Santarsiero et al. (2005)	<ul style="list-style-type: none"> • PCDD/f • Mercurio
Gil (2010)	<ul style="list-style-type: none"> • Material particulado PM 2.5 • Óxidos de nitrógeno • Dióxido de azufre
Smith et al. (2012)	<ul style="list-style-type: none"> • PCDD/s • PCDF/s • Mercurio
Xue et al. (2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Dióxido de azufre • Óxidos de nitrógeno • Monóxido de carbono • Ácido clorhídrico • Fluoruro de hidrógeno • Amoníaco • Compuestos orgánico volátiles distintos del metano (NMVOC) • Mercurio • Plomo • Arsénico • Cadmio • PCDD/s • PCDF/s

Joseph et al. (2017)	<ul style="list-style-type: none"> • PCDD/s • Dióxido de nitrógeno • Monóxido de carbono • Dióxido de azufre • Mercurio • HAP
Kato et al. (2017)	<ul style="list-style-type: none"> • PCDD/s • PCDF/s • Mercurio • Óxidos de nitrógeno • Óxidos de azufre • Monóxido de carbono • Ácido clorhídrico • Partículas suspendidas PM_{2.5}
Montenegro (2005)	<ul style="list-style-type: none"> • Mercurio • Plomo • Óxidos de azufre • Óxidos de nitrógeno • Monóxido de carbono • Material particulado PM₁₀ • Material particulado_{2.5}
Santarsiero et al. (2005)	<ul style="list-style-type: none"> • PCDD/f • Mercurio
Gil (2010)	<ul style="list-style-type: none"> • Material particulado PM_{2.5} • Óxidos de nitrógeno • Dióxido de azufre
Smith et al. (2012)	<ul style="list-style-type: none"> • PCDD/s • PCDF/s • Mercurio

Xue et al. (2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Dióxido de azufre • Óxidos de nitrógeno • Monóxido de carbono • Ácido clorhídrico • Fluoruro de hidrógeno • Amoníaco • Compuestos orgánico volátiles distintos del metano (NMVOC) • Mercurio • Plomo • Arsénico • Cadmio • PCDD/s • PCDF/s
Joseph et al. (2017)	<ul style="list-style-type: none"> • PCDD/s • Dióxido de nitrógeno • Monóxido de carbono • Dióxido de azufre • Mercurio • HAP
Kato et al. (2017)	<ul style="list-style-type: none"> • PCDD/s • PCDF/s • Mercurio • Óxidos de nitrógeno • Óxidos de azufre • Monóxido de carbono • Ácido clorhídrico • Partículas suspendidas PM_{2.5}

Fuente: elaboración propia con base en (Montenegro, 2005; Santarsiero et al., 2005; Gil, 2010; Smith et al., 2012; Xue et al., 2016; Joseph et al., 2017; Kato et al., 2017).

En la tabla 5.4.2 se muestra el concentrado de los autores citados en el apartado de antecedentes los cuales hacen referencia a las concentraciones de contaminantes emitidos por un horno crematorio de manera más general, siendo un total de 14 autores quienes registraron la presencia de óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas, mercurio, plomo, óxidos de azufre, monóxido de carbono, entre otros compuestos. Cabe resaltar que algunos de estos autores no mencionan una cantidad en específico, únicamente mencionan estos compuestos dentro de los hallazgos de sus investigaciones.

A continuación, se integra la información recabada a lo largo de la presente investigación para poder así, generar la comparativa de aquellos contaminantes generados por las cremaciones humanas que pueden ser captados por RAMA-ZMVT en específico en la estación de monitoreo Ceboruco (ver tabla 5.4.3).

Tabla 5.4.3 Comparativa RAMA-ZMVT vs Cremaciones

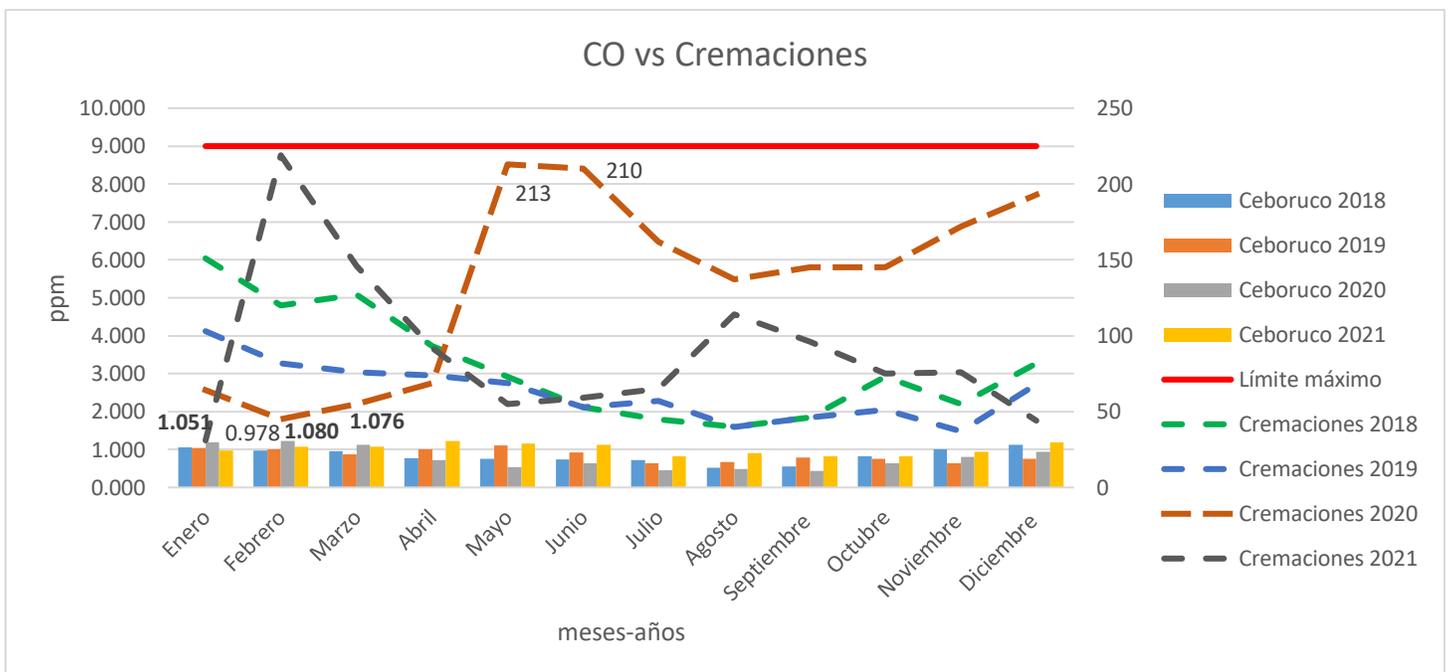
RAMA	Cremaciones
Monóxido de carbono (CO)	Monóxido de carbono
Dióxido de azufre (SO₂)	Dióxido de azufre
Dióxido de nitrógeno (NO₂)	Dióxido de nitrógeno
Material particulado PM₁₀	Material particulado PM ₁₀
Material particulado PM_{2.5}	Material particulado PM _{2.5}
Ozono (O₃)	

Fuente: elaboración propia con base en datos de la (RAMA-ZMVT, 2021; Montenegro, 2005; Mari y Domingo, 2010; Takeda et al. 2014; Green et al, 2014; Wang et al. 2003; Santarsiero et al., 2005; Gil, 2010; Smith et al., 2012; Xue et al.; 2016; Joseph et al., 2017; Kato et al., 2017).

Como puede observarse en la tabla 5.4.3 se realiza una comparativa mostrando en el lado izquierdo los contaminantes que registra y mide la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, estación Ceboruco; y en el lado derecho, aquellos contaminantes citados por algunos autores que coincidían con los registrados por la RAMA. Destacando que el único contaminante que no es emitido durante la cremación es el ozono, siendo que los demás contaminantes (CO, SO₂, NO₂, PM₁₀ y PM_{2.5}) sí son emitidos durante el proceso de cremación de un cuerpo humano.

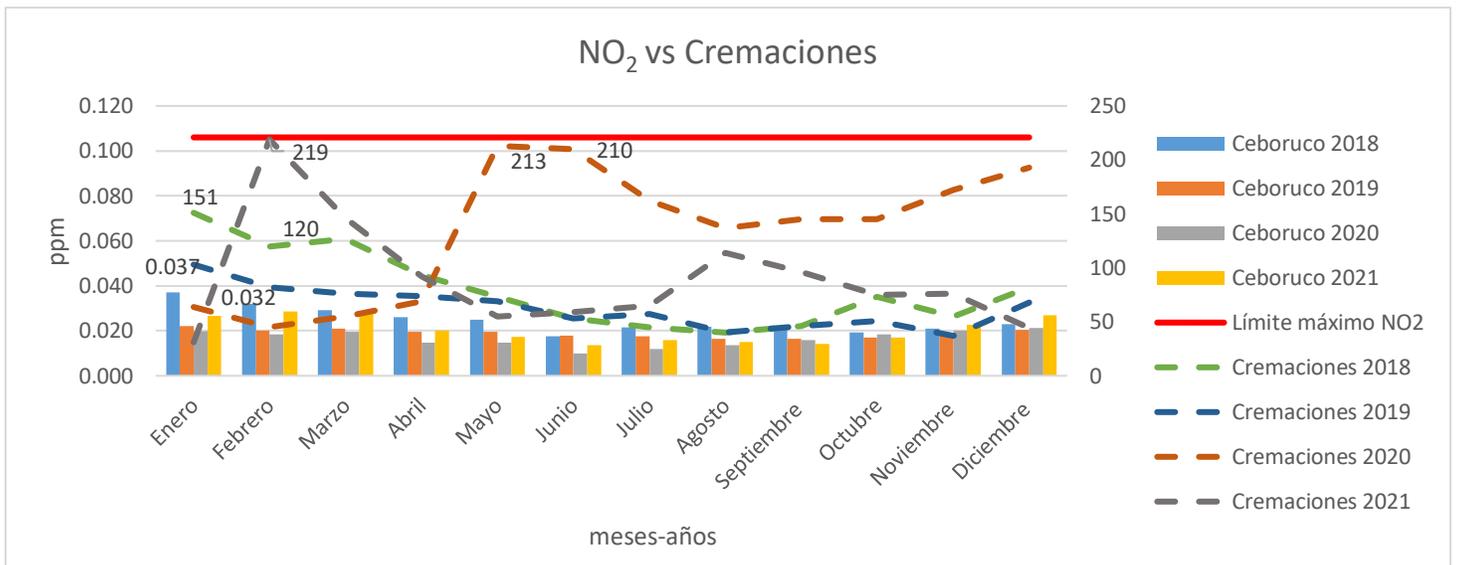
De acuerdo con la gráfica 5.4 se puede apreciar que para el caso de monóxido de carbono las concentraciones registradas por la estación Ceboruco fueron considerablemente bajas por lo cual ninguno de los años dentro del periodo 2018-2021 rebasó el límite máximo de 9 ppm; sin embargo, se detectó cierta irregularidad dentro de las tendencias de los contaminantes respecto a la línea de tendencia de las cremaciones como se puede notar en el mes de febrero del 2020 el cual contó con el mayor registro de CO con 1.080 ppm, por el contrario fue el mes que menor registro de cremaciones presentó. Así mismo, se pudo notar que para los meses de mayo y junio se presentó una alza considerable de cremaciones, pero registros bajos de concentraciones de CO.

Gráfico 5.4 CO vs cremaciones



Fuente: elaboración propia con datos de la (RAMA, 2021; Centro de Incineración ISSSTE no. 7, 2021).

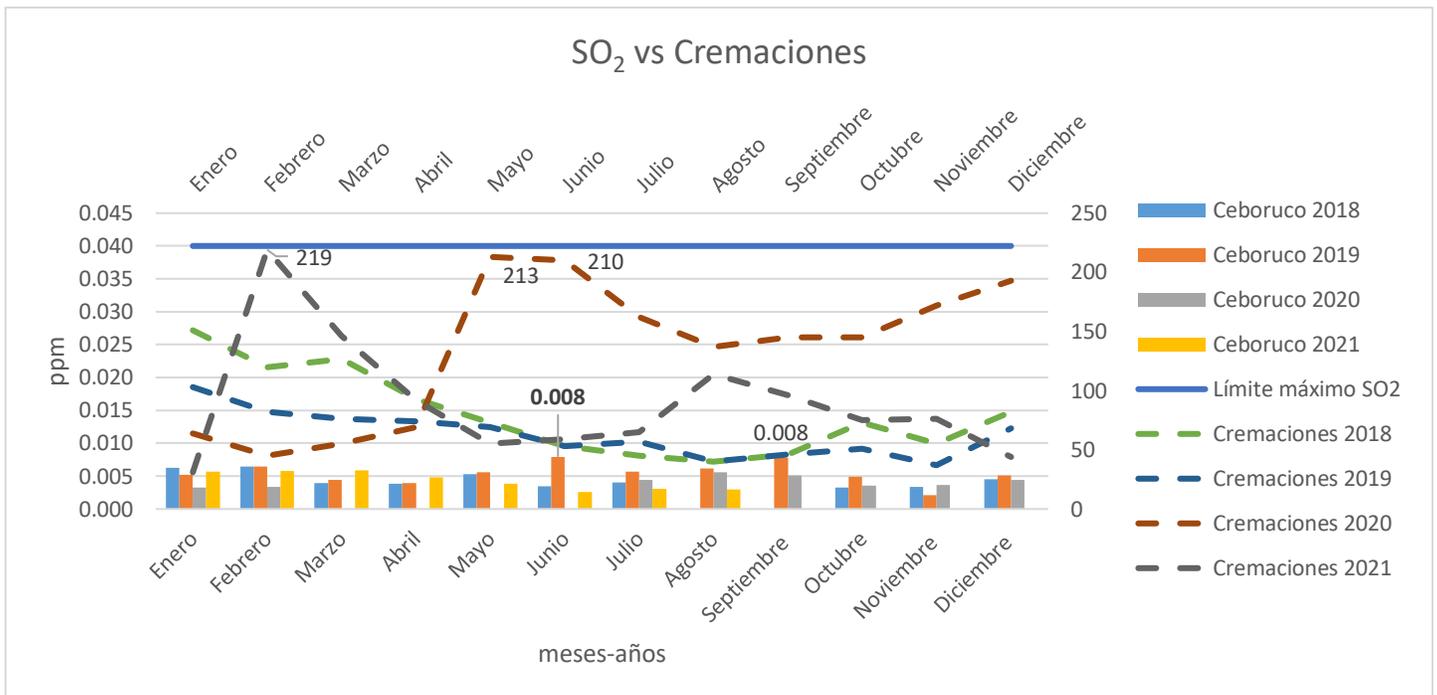
Gráfico 5.4.1 NO₂ vs cremaciones



Fuente: elaboración propia con datos de la (RAMA, 2021; Centro de Incineración ISSSTE no. 7, 2021).

El gráfico 5.4.1 muestra la relación tanto de las emisiones de NO₂ registradas en la estación Ceboruco como las cremaciones registradas en el Centro de Incineración ISSSTE, por lo que se puede identificar que las concentraciones más altas de este contaminante están registradas dentro de los meses de enero y febrero del año 2018, con valores de 0.037 y 0.032 de ppm; así mismo, esto se puede ver reflejado en el mes de enero que concuerda con el alza de las cremaciones registradas para el año 2018 con un total de 151 incineraciones siendo el pico más alto dentro de este año, continuamos con febrero cuyo mes disminuyó a 120 cremaciones, sin embargo, sigue siendo el segundo registro más alto siendo proporcional al alza de ppm registradas en ese mes. Por el contrario, para el año 2021 se registró la mayor cantidad de cremaciones con 219; no obstante, las concentraciones de contaminantes fueron menos a las del 2018 con tan solo 0.029 ppm, de igual forma ocurrió para los meses de mayo y julio de 2020 cuyos registros de NO₂ fueron los más bajos con tan solo 0.010 ppm siendo estos el segundo y tercer mes con mayor incidencia de cremaciones, lo cual se puede suponer que las concentraciones arrojadas por las cremaciones no fueron significativas para que la estación de monitoreo las detectara y registrara.

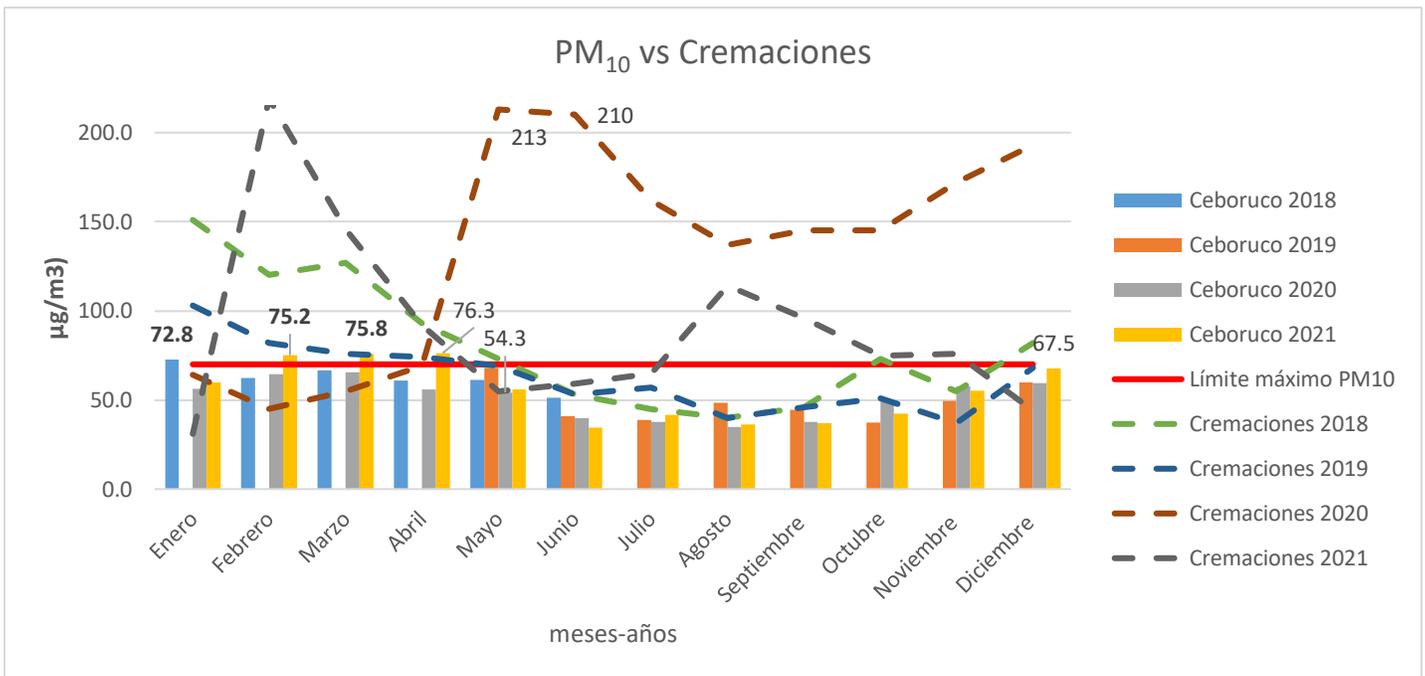
Gráfico 5.4.2 SO₂ vs cremaciones



Fuente: elaboración propia con datos de la (RAMA, 2021; Centro de Incineración ISSSTE no. 7, 2021).

Como se puede observar en el gráfico 5.4.2 el mes de febrero del año 2021 registro la mayor cantidad de cremaciones con un total de 219, seguido del mes de mayo del año 2020 con 213 cremaciones y, en tercer lugar, el mes de junio del mismo año con 210 cremaciones. Sin embargo, la mayor concentración de dióxido de azufre se presenta en los meses de junio y septiembre del año 2019. Debido a esto se puede ver que no hubo una relación entre el alza de contaminantes para los meses de junio y septiembre del 2019 con el número de cremaciones; así mismo, se puede observar que, a pesar del alza en cremaciones en el año 2021 en el mes de febrero, no se presentó un incremento significativo en las concentraciones de SO₂ registradas en la estación de monitoreo Ceboruco.

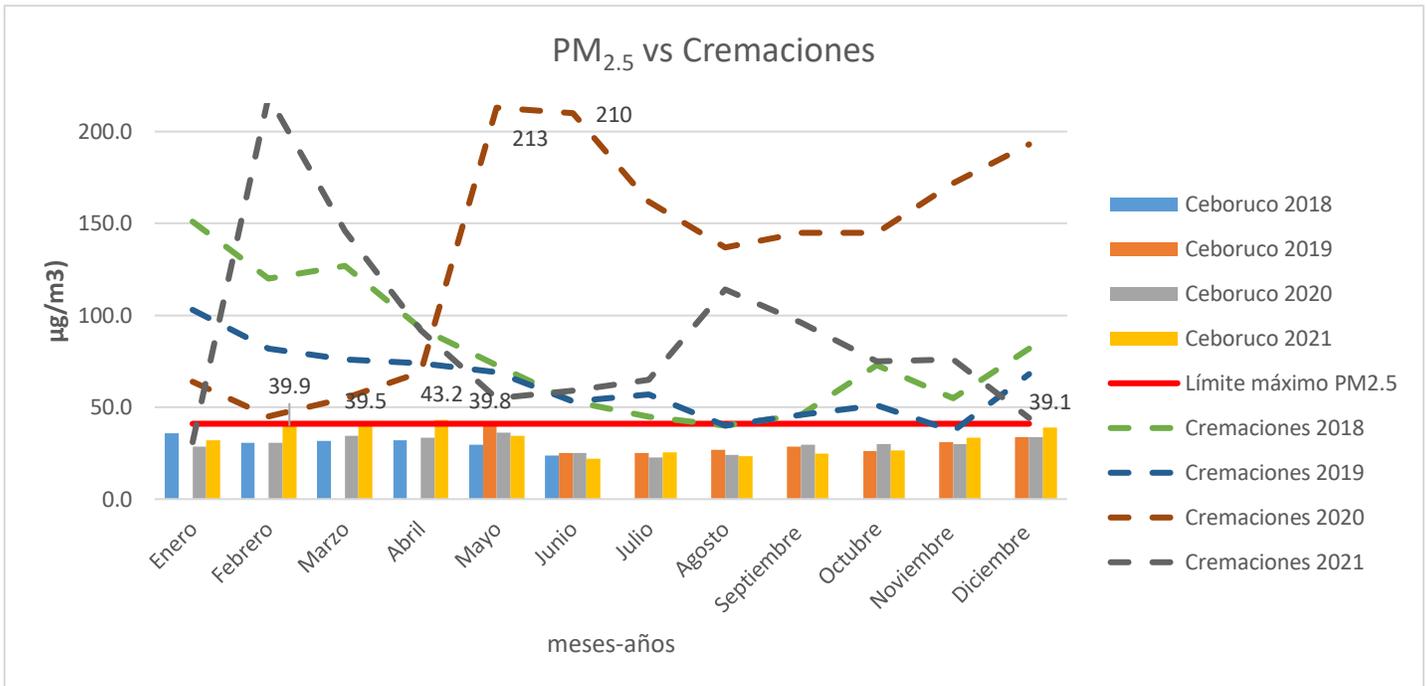
Gráfico 5.4.3 PM₁₀ vs cremaciones



Fuente: elaboración propia con datos de la (RAMA, 2021; Centro de Incineración ISSSTE no. 7, 2021).

Como se representa en el gráfico 5.4.3 en el mes de febrero del año 2021 se presentaron el mayor número de cremaciones con un total de 219 incineraciones, del mismo modo se puede observar que en ese mismo año se presentó el tercer registro más alto de contaminantes PM₁₀ con 75.2 µg/m³ rebasando el límite máximo permisible para este contaminante; No obstante, para el mes de abril donde se presentó la mayor concentración de PM₁₀ con 76.3 µg/m³ las cremaciones comenzaban a tener un descenso considerable. Para el año 2020 en los meses de mayo y junio las cremaciones tuvieron un alza significativa con 213 y 210 respectivamente; sin embargo, las concentraciones registradas en la estación de monitoreo Ceboruco se quedaron por debajo del límite máximo permisible, mostrando así, que las concentraciones de partículas PM₁₀ generadas por las incineraciones provenientes del Centro de Incineración ISSSTE no fueron considerables para ser detectadas por la estación.

Gráfico 5.4.4 PM_{2.5} vs cremaciones



Fuente: elaboración propia con datos de la (RAMA, 2021; Centro de Incineración ISSSTE no. 7, 2021).

La gráfica 5.4.4 muestra como en el mes de febrero del año 2021 se concentra una de las mayores concentraciones de partículas contaminantes PM_{2.5} con 39.9 µg/m³, resaltando que en el mismo mes se presentó la mayor cantidad de cremaciones realizadas en el Centro de Incineración ISSSTE con un total del 219, concluyendo de esta manera que para la alza de concentraciones de partículas PM_{2.5}, el incremento en el número de cremaciones fue un factor considerable para su incremento. Por otro lado, la concentración más alta de partículas se presentó en el mes de abril de 2021 con 43.2 µg/m³, no obstante, en esos meses las cremaciones comenzaban a tener un declive, concluyendo que no en todos los meses las cremaciones fueron un factor determinante para el alza de concentraciones de las partículas PM_{2.5}.

5.5 Dirección de los vientos y arrastre de contaminantes

Al realizar la relación entre las emisiones de contaminantes registrados y las cremaciones humanas registradas, resaltaron algunas inconsistencias dentro de las gráficas; como es el caso del dióxido de azufre (véase en el gráfico 5.3.3) donde su mayor concentración se registró en junio y septiembre del 2019; sin embargo, al compararla con la gráfica de las cremaciones totales (véase en el gráfico 5.2.4) podemos resaltar que el mes con mayor demanda de este servicio fue en febrero del 2021 principalmente. Por lo que surgió la incógnita de saber el por qué si había un notable incremento en las cremaciones no se estaban registrando en la base de datos de la RAMA-ZMVT estación Ceboruco, en consecuencia, se decidió realizar un mapa de dirección de vientos (ver mapa 5.7) para determinar si esta variable influyó para que los registros cambiaran considerablemente.

Para poder realizar el mapa de dirección de vientos como primer paso se elaboró una base de datos en Excel® colocando la estación de monitoreo que en este caso es la estación Ceboruco, seguido del año de estudio, las coordenadas UTM, así como el promedio tanto de la dirección como de la velocidad de los vientos del respectivo año como se muestra en la imagen de referencia 1:

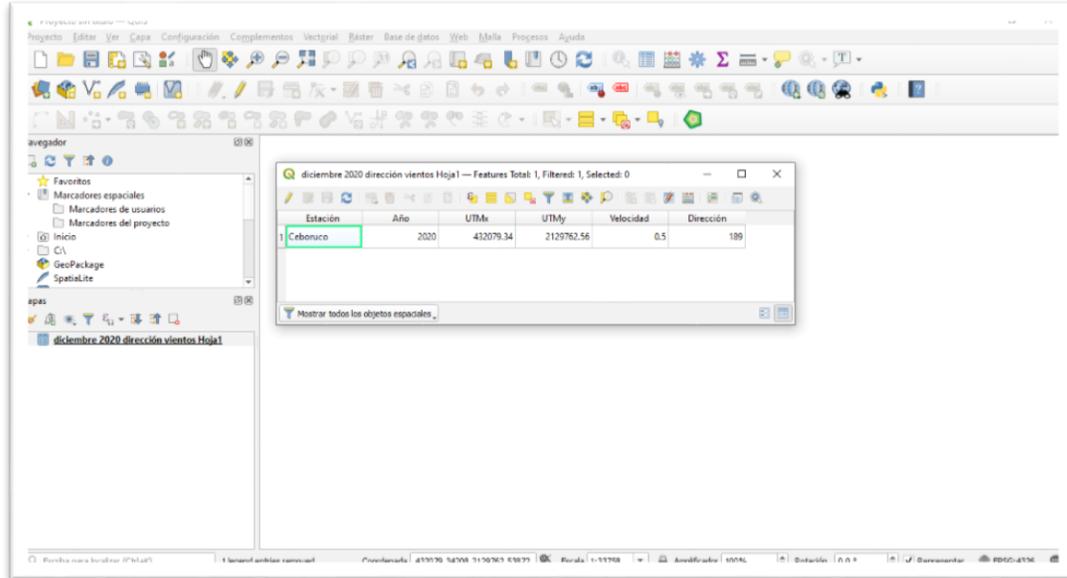
Imagen 6. Base de datos velocidad de vientos

Estación	Año	UTMx	UTMy	Dirección	Velocidad
Ceboruco	2018	432,079.34	2129762.6	118°	1.1

Fuente: Elaboración propia con base en QGis, 2022.

Después de haber realizado la tabla con los datos correspondientes a los meses en donde se detectó la anomalía, se agrega la hoja de cálculo al software QGis.

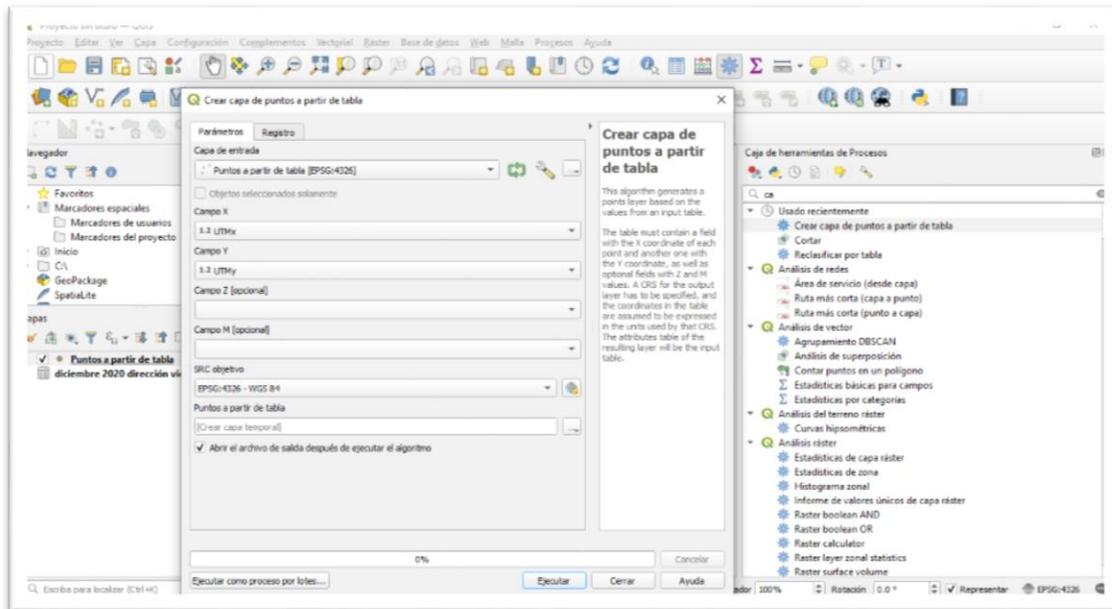
Imágen 7. Exportación de la base de datos a QGis



Fuente: Elaboración propia con base en QGis, 2022.

Como siguiente punto, se crea la capa de puntos, seleccionando dentro de la caja de herramientas la función de “Crear capa de puntos a partir de tabla”, donde se desplegará una nueva ventana en la cual se pondrá la capa con la tabla previamente mencionada, se seleccionarán los campos “X” y “Y”, así como el sistema de referencia de coordenadas WGS 84 que corresponde a la zona de México, para posteriormente ejecutar el proceso. Ver imágen 8.

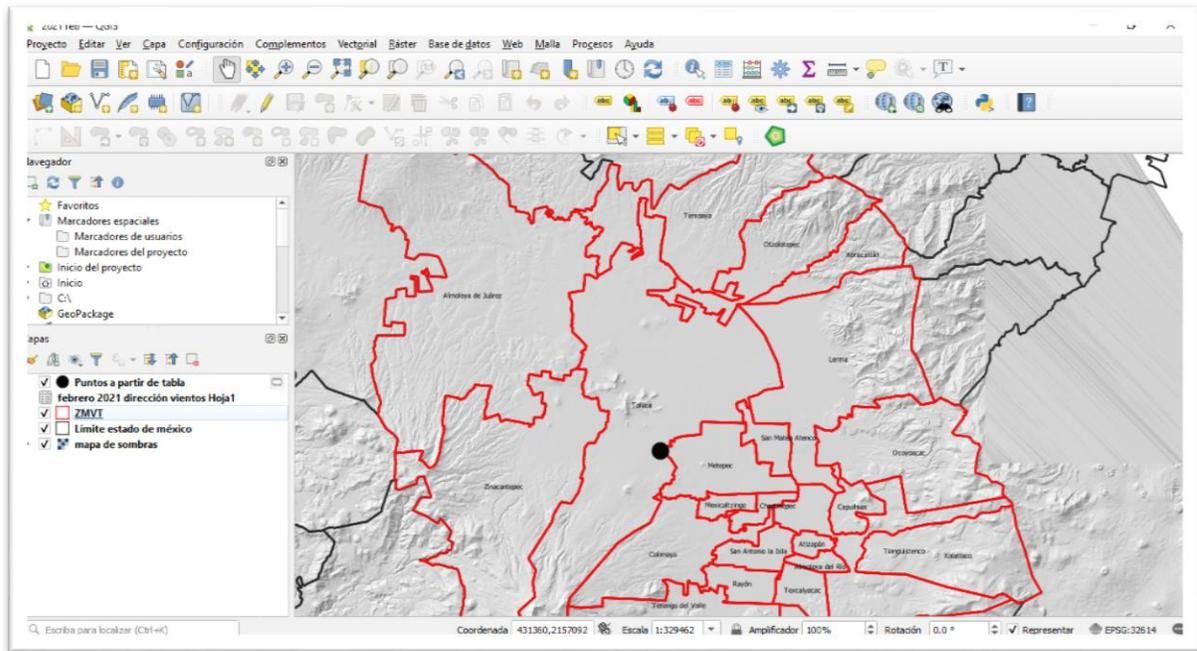
Imágen 8. Capa de puntos



Fuente: Elaboración propia con base en QGis, 2022.

Al finalizar se creará la capa de puntos a partir de la tabla dentro del mapa. Ver imagen 9.

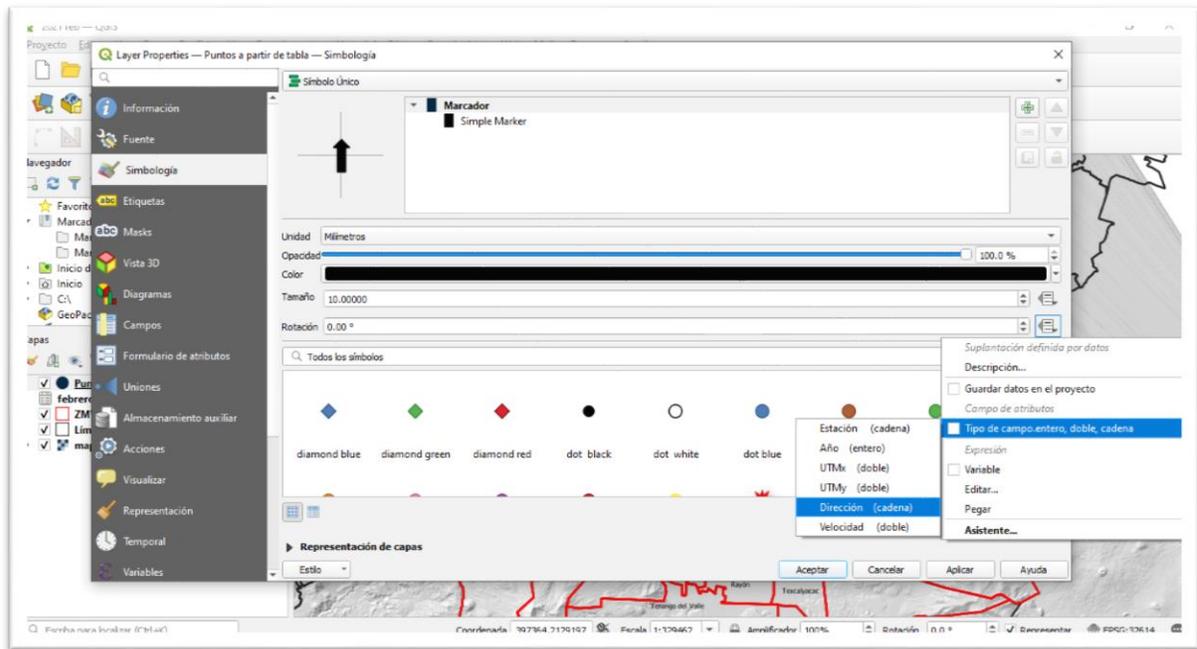
Imágen 9. Resultado capa de puntos



Fuente: Elaboración propia con base en QGis, 2022.

Una vez obtenido el punto de referencia, se cambia el marcador por una flecha dentro de la simbología (ver imagen 10) siendo esta la que marcará la dirección del viento, ajustando el tamaño y dándole la rotación de acuerdo al campo de la dirección de los vientos ubicado en la tabla de atributos, se acepta y aplica el proceso.

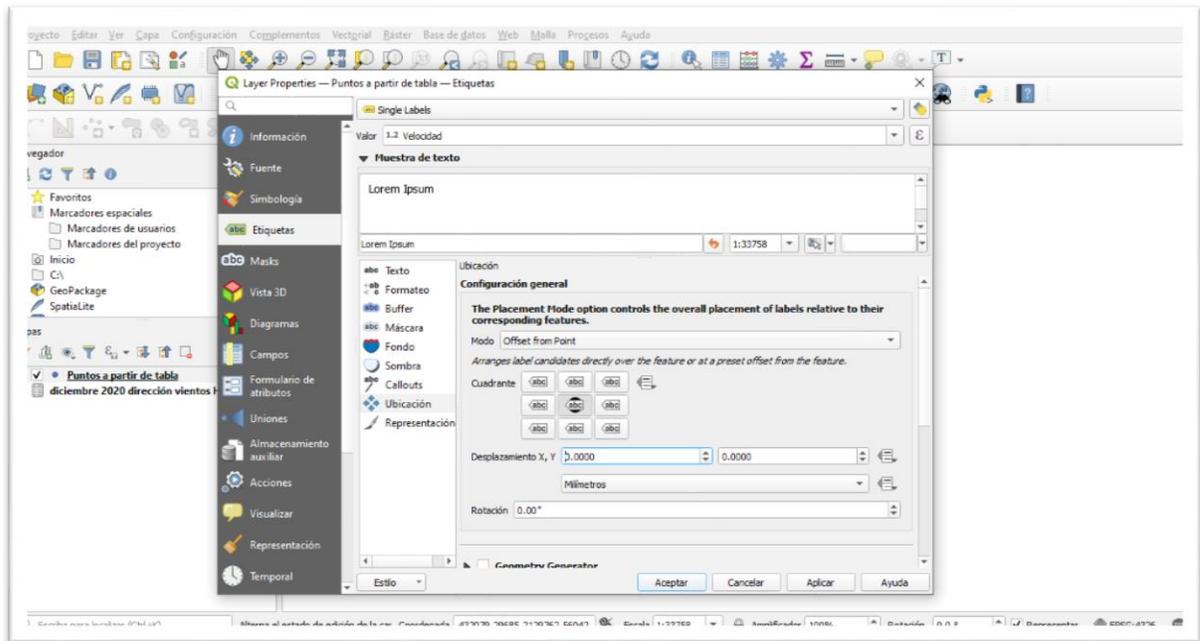
Imagen 10. Cambio de simbología en capa de puntos



Fuente: Elaboración propia con base en QGis, 2022.

Para colocar la velocidad, se anexa una etiqueta con el campo velocidad, se verifica que el encuadre se encuentre centrado dentro de la opción "Offset from Point" para para que aparezca en medio del triángulo, se acepta y aplica el proceso. Ver imagen 11.

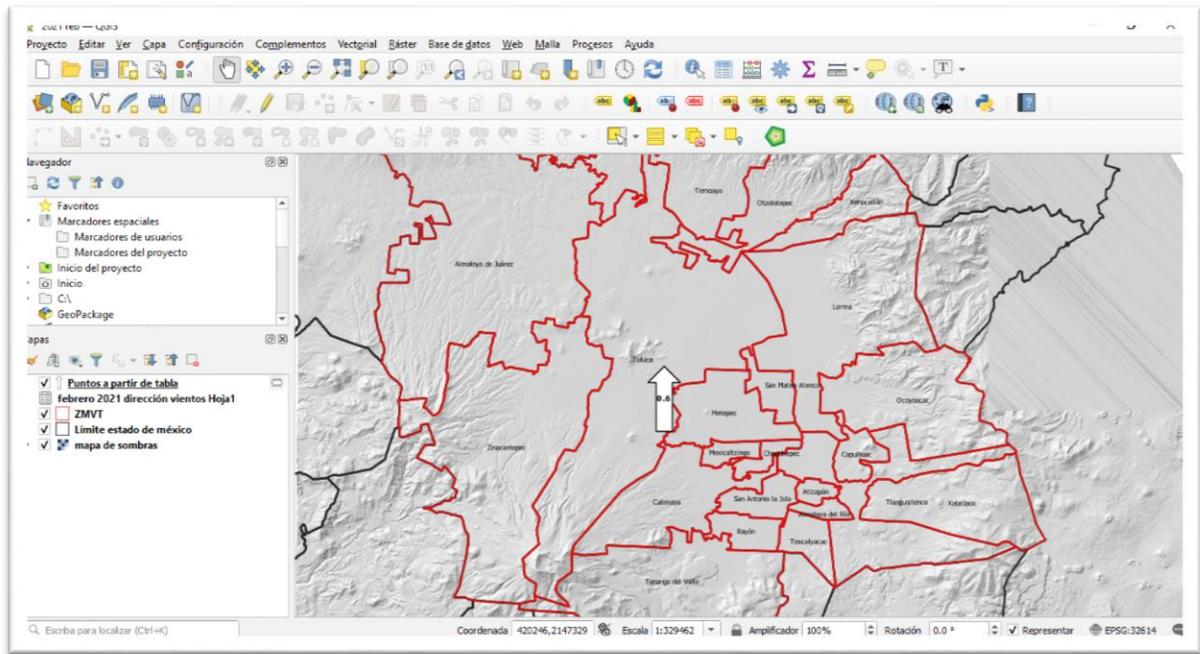
Imagen 11. Velocidad dentro del marcador



Fuente: Elaboración propia con base en QGis, 2022.

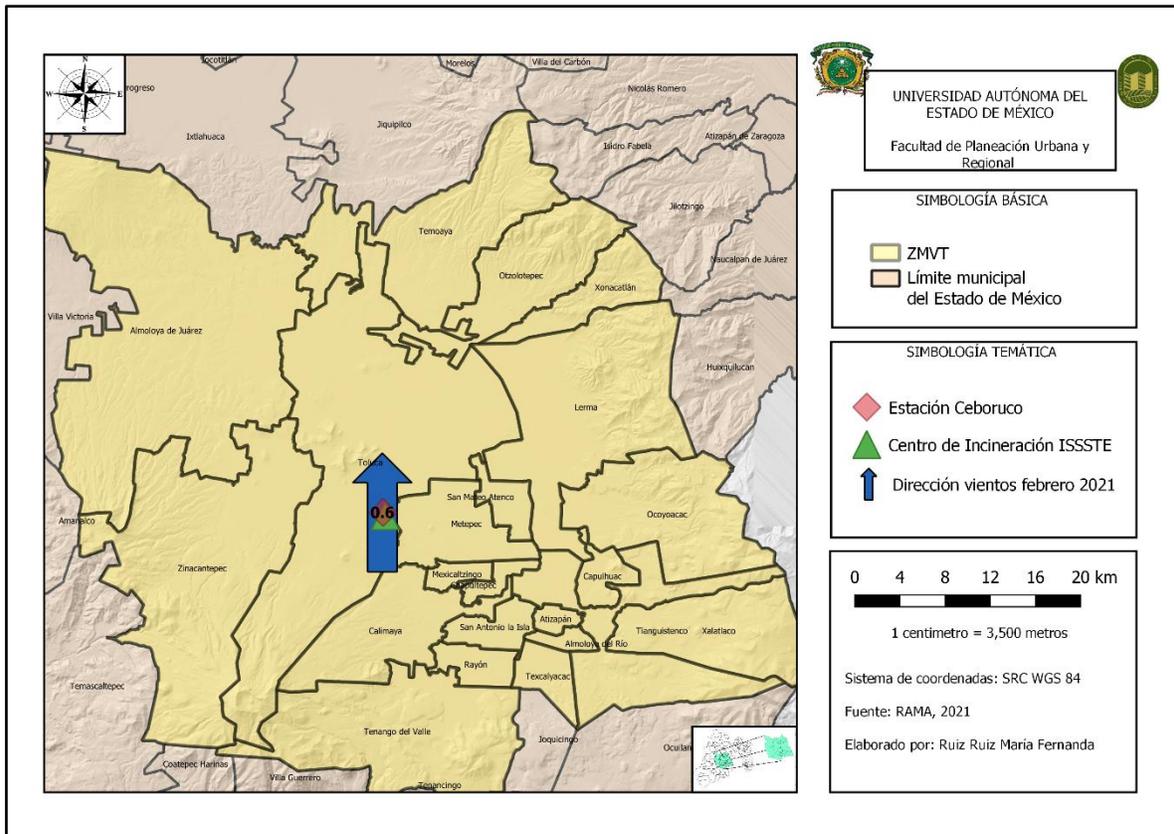
Dando como finalizado el proceso, se da como resultado la flecha mostrando la dirección, de igual forma se puede apreciar dentro de la flecha la velocidad de los vientos, en este caso para diciembre de 2020 se obtuvo una velocidad de 0.6 km/h, como se visualiza en la imagen 12.

Imagen 12. Resultado final del mapa de dirección de vientos



Fuente: Elaboración propia con base en QGis, 2022.

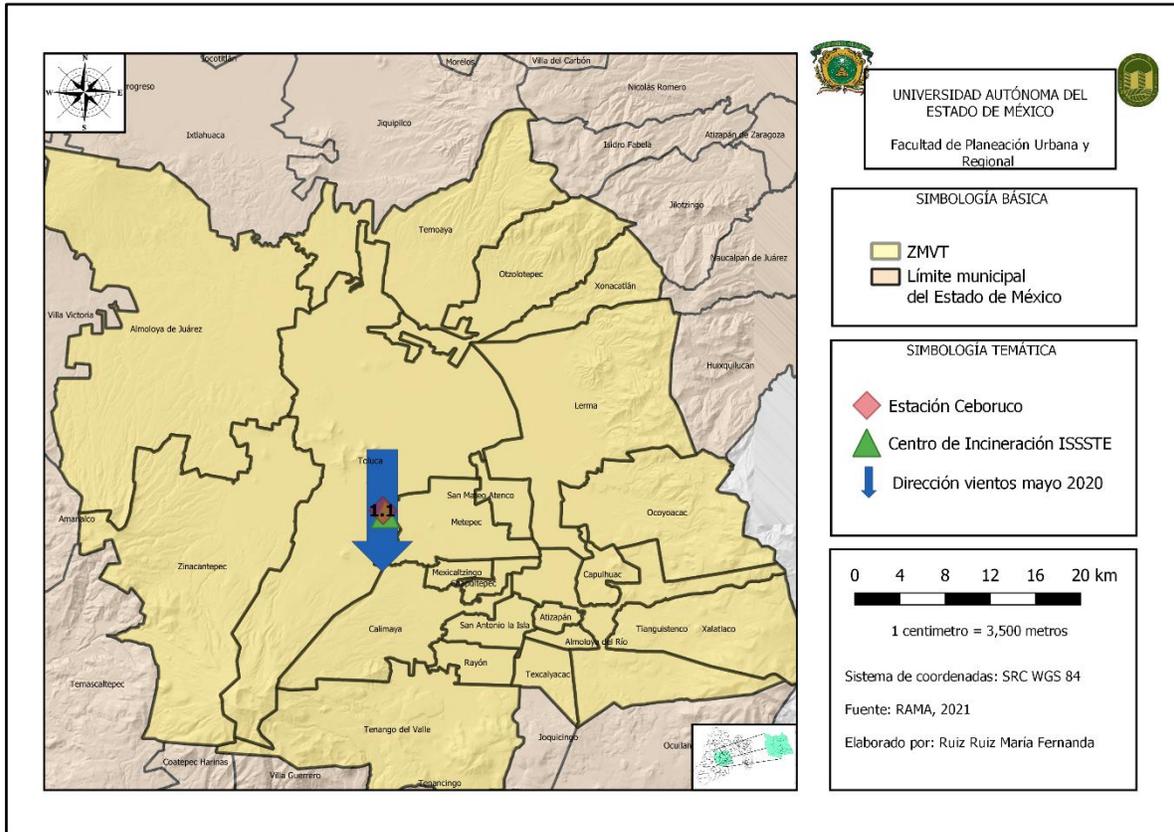
Mapa 5.7 Dirección de los vientos periodo febrero 2021



Fuente: elaboración propia con datos de la RAMA, 2021.

Como se puede observar en el mapa 5.7 los vientos en el periodo del mes de febrero del año 2021 van en una dirección de sur a norte; esto supone que durante ese periodo las cremaciones presentadas en el Centro de Incineración ISSSTE se incrementaron considerablemente registrando un total de 219, logrando ser capturadas por la estación de monitoreo, siendo favorable dentro del registro de la concentración de dichas emisiones, sobre todo para el material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$. Sin embargo, dentro de los resultados obtenidos se encontró que en algunos meses existía una inconsistencia entre las variables como se puede observar en el mapa 5.8.

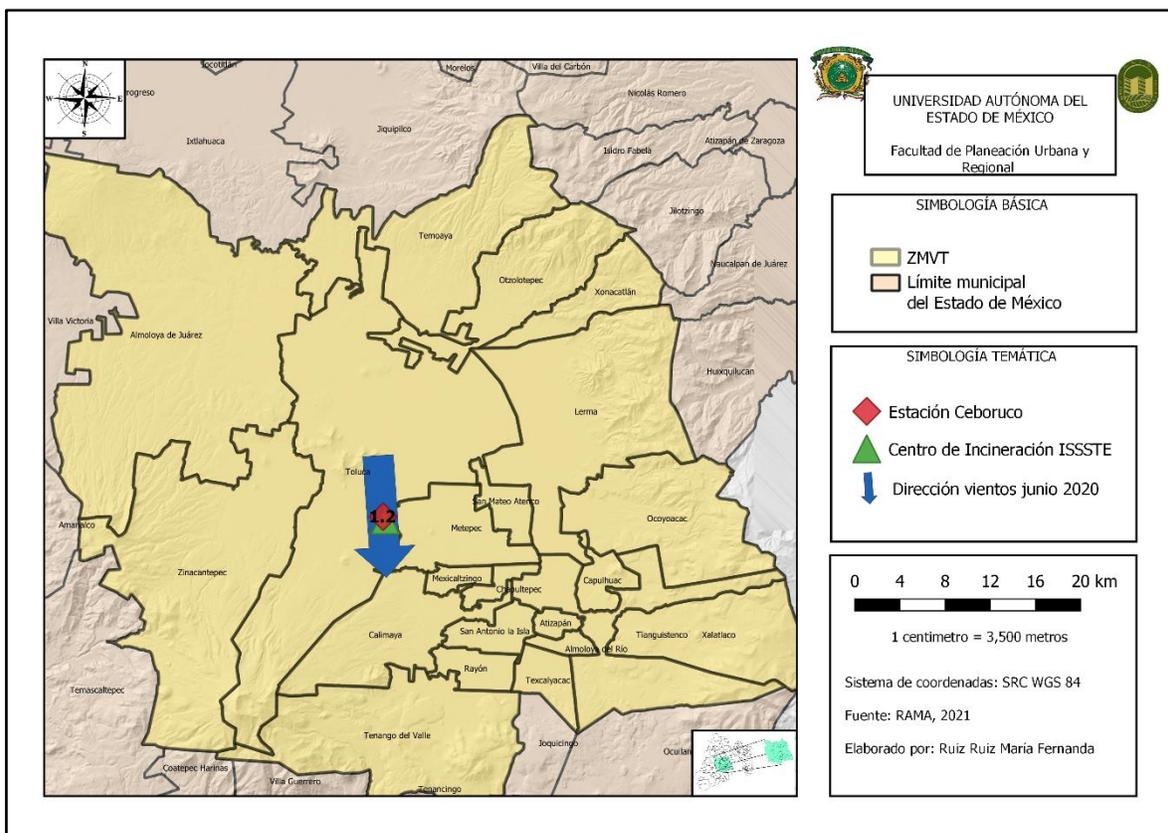
Mapa 5.8 Dirección de los vientos periodo mayo 2020



Fuente: elaboración propia con datos de la RAMA, 2021.

En el mapa 5.8 se puede mostrar los vientos en el periodo del mes de mayo del año 2020, los cuales van en una dirección de norte a sur; esto supone que durante ese periodo no representan un registro significativo para la estación Ceboruco debido a que la dispersión de contaminantes se dio en dirección contraria a la estación, evitando así el registro completo de la concentración de dichas emisiones.

Mapa 5.9 Dirección de los vientos periodo junio 2020



Fuente: elaboración propia con datos de la RAMA, 2021.

El mapa 5.9 demuestra como los vientos en el periodo del mes de junio 2020 van en una dirección de norte a sur; lo que pone en evidencia como los registros de las cremaciones no representan un registro significativo para la estación Ceboruco debido a que la dispersión de contaminantes se dio en dirección contraria a la estación, evitando así el registro completo de la concentración de dichas emisiones.

Epílogo

De acuerdo con el análisis realizado, se pudo obtener la delimitación de la zona de estudio, tomando en cuenta la distancia que existe entre la estación de monitoreo Ceboruco con el Centro de Incineración ISSSTE de aproximadamente de 365 metros se determinó que era la opción más viable para realizar el trabajo de investigación debido a la cercanía de las instalaciones y determinar si existía relación de las variables. Una vez ubicada la estación de monitoreo a trabajar, se

prosiguió a contactar al Centro de Incineración ISSSTE No. 7 en el panteón municipal de Toluca para poder obtener los registros de las incineraciones en el periodo 2018-2021; dentro de éste centro se dividen los registros en tres apartados (niños, adultos y restos áridos) por lo que, al tener los datos se continuo con la tabulación y representación gráfica de los mismos para poder observar la tendencia que mostraban las cremaciones a lo largo del periodo de tiempo estudiado. Se continuo con el apartado de los contaminantes criterio, identificando las concentraciones de estos a través de los años 2018-2021; para poder así, mostrar la relación que tienen las cremaciones con los registros de la estación Ceboruco realizando la comparación de los contaminantes emitidos cuando se crema un cuerpo humano con los contaminantes registrados por la RAMA.

Al realizar las gráficas se pudo notar que dentro de algunos meses no había una relación entre los altos números de cremaciones con las bajas concentraciones de contaminantes por lo cual se elaboraron mapas de dirección y velocidad para determinar si estas variables influyen para que los registros de contaminantes dentro de la estación cambien considerablemente, a lo que se pudo concluir que en aquellos meses donde no había relación, los vientos se movían a dirección contraria, yendo de norte a sur, por lo que no iba a ser posible que las emisiones del crematorio se detectaran por la estación.

Capítulo 6.

Conclusiones y recomendaciones



En la presente investigación se llevó a cabo el análisis de los contaminantes emitidos por las cremaciones provenientes del Centro de Incineración ISSSTE N°7, detectados por la Estación de Monitoreo Ceboruco, ubicada en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. Permitiendo cumplir el objetivo principal de la investigación, identificando la relación entre los contaminantes emitidos y su detección dentro de los parámetros medidos por la EMA, favorecida por su geolocalización.

Con base en la investigación, se pudieron realizar satisfactoriamente la recopilación de los antecedentes sobre los temas relacionados con las emisiones provenientes de las cremaciones, resaltando que algunos autores mencionan que las emisiones provienen del horno crematorio, mientras que otros hacen la especificación de los componentes emitidos por el cuerpo humano una vez realizada la incineración de este. Así mismo, se pudo concluir que los contaminantes emitidos por este proceso pueden llegar a variar dependiendo del protocolo a seguir, debido a que en algunos países como lo son Francia, Inglaterra y Japón llegan a cremar a las personas con ataúd, lo que provoca la emisión de otros compuestos como las dioxinas y furanos derivados de la incineración de los metales, barnices y acolchados del ataúd.

En el capítulo del marco conceptual se abordaron los temas principales de la cremación y contaminantes atmosféricos, definiendo así cada uno de los términos, los diferentes tipos de cremación existentes, los contaminantes atmosféricos en especial los contaminantes criterio, sus efectos en la salud, entre otras cosas.

Dentro del marco normativo el tema de la calidad del aire se dividió en tres niveles principales que son el internacional, nacional y local, señalando aquellas Normas Oficiales Mexicanas y leyes mexicanas que hicieran referencia a la calidad del aire, a los límites máximos permisibles para los contaminantes criterio y a el funcionamiento de los hornos crematorios. Es importante mencionar que México es uno de los países con leyes en materia ambiental bastante completas; sin embargo, una de sus grandes limitaciones es la falta de cumplimiento y aplicación a las mismas lo que provoca que haya vacíos legales y que se muestren con una calidad inferior. Para el tema de cremaciones se carece de un marco normativo a nivel internacional, nacional y local; resulta necesario que en él se normen las características físicas que debería presentar un horno crematorio, las distancias mínimas a las que debería construirse un centro de incineración de la población para no ser considerado un factor de riesgo debido a la exposición prolongada de emisiones provenientes de los crematorios, así como los límites máximos permisibles de los contaminantes que emite un horno crematorio cada que se realiza este proceso.

Con la geolocalización de las ocho estaciones de monitoreo con las que contaba (2021), la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, se pudo observar que con base en su radio de influencia para poder medir contaminantes (5 km), se determinó que la EMA que podía registrar las emisiones del Centro de Incineración ISSSTE N°7, sería la estación de monitoreo Ceboruco, debido a que se encuentra a una distancia de 365.098 metros de distancia del crematorio, haciéndolo el lugar ideal para observar la relación de las variables.

Los datos obtenidos del Centro de Incineración No. 7 ISSSTE, se trabajaron y analizaron a través de hojas de cálculo de Excel®, obteniendo los datos diarios y mensual, con base en el tipo de servicio (público o derechohabiente), así como el tipo de incineración y/o cremación (infantil, adulto o restos áridos). Una vez obtenidos los datos, se realizó la depuración de las cremaciones totales por mes de cada uno de los tipos de incineración presentes en el crematorio. Con la información obtenida fue posible analizar los datos de cada uno de los tres tipos de cremaciones presentes en el Crematorio del ISSSTE por medio de gráficos que representan la tendencia de las cremaciones a través de diferentes periodos, los cuales ayudaron a identificar aquellos meses y años en los que se presentaron los registros más altos de cremaciones. Teniendo como resultado que las mayores concentraciones de cremaciones se registraron en el mes de febrero del año 2021, con un total de 219 cremaciones; al analizar los tres rubros (adultos, niños y restos áridos), se confirmó que el periodo donde hubo mayor registros de incineraciones fue durante la pandemia por Covid-19.

Se analizaron gráficamente cada uno de los seis contaminantes criterio detectados por la estación de monitoreo Ceboruco, mostrando sus concentraciones promedio durante los doce meses dentro del periodo 2018-2021, marcando en color rojo su límite máximo permisible, lo cual ayudó a visualizar si algún contaminante rebasaba su concentración límite. Teniendo como resultado que los contaminantes que rebasaron su límite establecido fueron las partículas $PM_{2.5}$ en el mes de abril de 2021 con $43.2 \mu g/m^3$, y el material particulado PM_{10} en los meses febrero, marzo y abril de 2021 superando el límite de $70 \mu g/m^3$, deduciendo así que las mayores concentraciones se vieron reflejadas en el periodo donde la pandemia por Covid-19 tuvo mayor auge.

La representación numérica y gráfica de los datos de las cremaciones y de los contaminantes, permitió elaborar un concentrado en conjunto de ambas variables para poder así, la asociación de las cremaciones con las emisiones captadas por la estación de monitoreo Ceboruco. Dando como resultado una conjunto de gráficas representativas de las tendencias de las variables durante los doce meses de cada

uno de los años en el periodo 2018-2021, las cuales permitieron determinar la relación entre las cremaciones y las emisiones, mostrando así que existe relación de las variables sobre todo en los meses de febrero, mayo y junio de los años 2020 y 2021; sin embargo, surgieron nuevas incógnitas debido a que en ciertos meses las concentraciones no fueron significativas, como en el caso del CO, en el mes de febrero del año 2020 fue su pico más alto, pero fue el mes con menos registros de cremaciones. Para el contaminante NO₂ se concluyó que las concentraciones arrojadas por las cremaciones no fueron significativas para que la estación de monitoreo las detectara y registrara, por lo que el análisis de la dirección y velocidad de los vientos de la zona de estudio resultaron determinantes para explicar el fenómeno observado.

Debido a las inconsistencias encontradas dentro de la relación entre las emisiones provenientes de las cremaciones y los contaminantes registrados por la EMA Ceboruco, se decidió llevar a cabo el análisis de la dirección y velocidad de los vientos y se realizaron representaciones cartográficas con los promedios correspondientes la velocidad y dirección de los vientos de la estación de monitoreo Ceboruco, lo que no permitió ubicar cuál era la dinámica de los vientos, y se pudo determinar que, en aquellos meses donde se observaron una mayor cantidad de emisión por cremaciones no necesariamente se registraron los contaminantes en la EMA Ceboruco, debido a que las masas de aire se dispersaban en dirección hacia el sur.

Con base en la hipótesis planteada en la presente investigación, se esperaba que, a mayor número de cremaciones, las emisiones de los contaminantes aumentaran y fueran detectadas por la estación de monitoreo Ceboruco. De lo cual se pudo concluir que la hipótesis se cumplió debido a las inconsistencias encontradas en las gráficas de la relación contaminantes-cremaciones, derivado de ello surgió la interrogante de conocer, el por qué si hubo incremento de las cremaciones en algunos meses como febrero-mayo de los años 2020 y 2021, si no se estaban registrando los datos de las emisiones en la estación de monitoreo Ceboruco; consecuencia, la realización del análisis y los mapas mostrando la dirección y velocidad de los vientos de los meses donde se encontraban las discrepancias para determinar si esta variable tenía influencia para que los registros cambiaran considerablemente, permitió ampliar y mostrar el porqué de la variación. Dentro del periodo del mes de febrero del año 2021 la dirección de los vientos va de norte a sur, arrojando como resultado que la dispersión de los contaminantes se dio en dirección contraria a la estación, por lo que no se pudieron registrar en la base de datos de la estación Ceboruco.

Lo planteado al inicio de la presente investigación se cubrió de forma satisfactoria llegando a demostrar el efecto de las emisiones por cremación en los niveles de concentración de los contaminantes criterio.

6.1 Recomendaciones

De acuerdo con los resultados y conclusiones de dicha investigación se sugiere el aumento en el número de estaciones de monitoreo atmosférico en la zona metropolitana del valle de Toluca.

Así como la implementación de una estación al sur del centro de incineración ISSSTE para que en aquellas temporadas del año en la que los vientos vayan en la dirección contraria a la estación Ceboruco, se puedan captar las emisiones correspondientes.

Por otro lado, de acuerdo con Joseph et al. (2017) se plantea usar nuevos métodos de disposición final para cuerpos humanos que sean amigables con el medio ambiente como lo es la liofilización (colocando a los restos humanos en una cámara con nitrógeno líquido a -18°C , pasando por un proceso de sublimación para poder así, tener como resultado la descomposición del cuerpo); y la hidrólisis alcalina, la cual consiste en introducir a los restos humanos en una cámara con 95% de agua y 5% de hidróxido de potasio, todo esto se calienta a una temperatura de 180°C , realizando un efecto de centrifugado dentro de la cámara, dando como resultado la descomposición del cuerpo. Es importante que este tipo de métodos sean estudiados de manera más profunda, para determinar si su ejecución es factible para poder implementarlo en el Valle de Toluca, así mismo, se tendría que estudiar la disposición y la aceptación por parte de la sociedad, sobre todo, por parte de las familias de las personas fallecidas para la ejecución de dichos métodos.

Es importante que las personas se concienticen y conozcan la importancia de retirar cualquier aparato como el marcapasos, implante, prótesis antes de empezar el proceso de cremación. Como menciona Herrie (2021), los marcapasos pueden llegar a contener mercurio que alcanza a liberarse a la atmósfera siendo un agente nocivo para la salud y el ambiente; así mismo, puede llegar a explotar si son sometidos a altas temperaturas siendo un riesgo para el personal operador de los hornos crematorios y personas en general.

Bibliografía

- Agency for toxic substances and disease registry. (2002). *óxidos de nitrógeno*. 0–1. https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts175.pdf
- Albert, L. A. (2016). *Contaminación ambiental origen, clases, fuentes y efectos*. <http://dsp.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2016/01/Contaminacion-ambiental-origen-clases-fuentes-y-efectos.pdf>
- Aldunate, P., Paz, O., & Halvorsen, K. (2006). atmosférica por PM 10 sobre la salud ciudad de La Paz – Bolivia. *Scielo*, 3, 422–442. http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v3n2/v3n2_a18.pdf
- Altamirano Lagarda, S. del C. (2013). Cremación [Asociación Mexicana de Tanatología]. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. http://www.tanatologia-amtac.com/descargas/tesinas/118_Cremacion.pdf
- Archdiocese of Chicago Catholic Cemeteries. (1997). *cremación en la iglesia católica*. <https://www.catholiccemeterieschicago.org/Documents/pdf/ToRiseWithChrist-Spanish.pdf>
- Armentano, N. (2015). *La cremación, una práctica funeraria legendaria*. Diciembre. https://www.researchgate.net/profile/Nuria-Armentano/publication/288499281_La_cremacion_una_practica_funeraria_legendaria/links/568189df08ae1975838f8c76/La-cremacion-una-practica-funeraria-legendaria.pdf
- Cámara de Diputados. (2002). *Situación Económica y Finanzas Públicas del Estado de México*. <https://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/cefp0032002.pdf>
- Cámara de Diputados. (2014). *Reglamento de la ley general de salud en materia de control sanitario de la disposición de órganos, tejidos y cadáveres de seres humanos*. 1–33. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MCSOTCSH.pdf
- Cámara de Diputados. (2015). *LGEEPA*. 1–128. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documents/Ciga/agenda/DOFsr/148.pdf>
- Cámara de Diputados. (2021). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf_mov/Constitucion_Politica.pdf
- Cámara de Diputados. (2022). *Ley General de Salud*. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf_mov/Ley_General_de_Salud.pdf
- Camiloni, I., & Vera, C. (2016). La atmósfera. *Ciencias Naturales*. <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL002316.pdf>
- Carrión Luzuriaga, J. P., & Pesántez León, J. P. (2010). *Cálculo y diseño de un prototipo de horno incinerador automático a ser aplicado en el hospital docente veterinario “Cesar Augusto Guerrero”, del área agropecuaria y de recursos naturales renovables de la Universidad Nacional de Loja*. [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/16995/1/CarriónLuzuriaga%2C José Patricio%2C Pesántez León%2C Juan Pablo.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/16995/1/CarriónLuzuriaga%2C%20José%20Patricio%20Pesántez%20León%20Juan%20Pablo.pdf)

- Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. (2017). *Clasificación de los contaminantes del aire ambiente*. <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/2-clasificacion-de-los-contaminantes-del-aire-ambiente>
- CONABIO. (2021). *Portal de geoinformación 2021*. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Coronel, K., Ibarra, R., & Valdivieso, M. (2017). *Contaminación de aire, agua y suelo, debido al manejo de los cadáveres humanos: entierro y cremación Estados Unidos*. <https://es.scribd.com/document/439070625/Investigacion-impacto-ambiental-de-cadaveres>
- Crematorios.cl. (2016). *Cremación y religión*. <https://www.crematorios.cl/1/index.php/cremacion/cremacion-y-religion>
- Cuevas Hernández, A. L. (2019). *Diversidad del espacio terrestre*. https://www.uaeh.edu.mx/division_academica/educacion-media/repositorio/2019/3- semestre/diversidad-espacio-terrestre/docs/la-atmosfera-capas-propiedades.pdf
- Delgado, J. (2021). *Mapa de México: división política*. Etapa Infantil. <https://www.etapainfantil.com/mapas-mexico>
- Dignity Memorial. (2021). *Tradiciones funerarias budistas*. <https://www.dignitymemorial.com/es-es/support-friends-and-family/buddhist-funeral-traditions>
- Ecofuneral. (2018). *El proceso de incineración*. <https://www.ecofuneral.es/articulos/incineracion-dudas-respuestas>
- Encinas Malagón, M. D. (2011). *Medio ambiente y contaminación: principios básicos*. [https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio Ambiente y Contaminación. Principios básicos.pdf?sequence=6](https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio%20Ambiente%20y%20Contaminacion.Principios%20basicos.pdf?sequence=6)
- Fundación Tierra. (2018). *Cremaciones verdes*. <https://www.ecofuneral.es/articulos/cremaciones-verdes>
- Funeral Natural. (2021). *Funcionamiento de un horno crematorio*. <https://www.funeralnatural.net/articulos/funcionamiento-de-un-horno-crematorio>
- Gabella, J. I., Luorno, M. V., & Campo, A. M. (2013). Análisis integral de un sistema territorial degradado. El caso del partido de Patagones. *Planificación Del Territorio*, Vol. 8, 68–91. https://bdigital.uncuyo.edu.ar/objetos_digitales/12824/05gabella-proyeccion14.pdf
- García Chávez, M. de los A. (2014). *Análisis correlacional entre el incremento de los automóviles particulares y la concentración de partículas menores a diez micrómetros (Pm10) en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca durante el periodo 2006-2011*. 1–220. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/30930/UAEM-FAPUR- TESIS-GARCIA%20MARIA.pdf?sequence=1>
- García, E. (2004). *Características principales de los climas*. 0–1. https://sma.gob.mx/wp-content/uploads/2021/06/Cuadro_6_Descripcion_de_los_Tipos_de_Climas.pdf

- García López, T. (2007). *La constitución mexicana y los principios rectores del derecho ambiental*. 35–53. <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/5/2429/6.pdf>
- Gil Salazar, L. (2010). Resolución 909 de 2008: una normativa para mejorar la calidad del aire en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. *Producción + Limpia*, 5(1), 27–38. <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v5n1/v5n1a03.pdf>
- Gobierno de Canarias. (2015). *Las actividades económicas*. <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/mlhermar/files/2015/10/UNIDAD-1-LAS-ACTIVIDADES-ECONOMICAS.pdf>
- Gobierno de España. (2019). *SOx (óxidos de azufre)*. 10–11. <https://aire.org.mx/wp-content/uploads/2019/10/BIBLIOTECA10A.EFECTOSAZUFRE.pdf>
- Gobierno del Estado de México. (2012). *Programa para mejorar la calidad del aire del valle de toluca (2012-2017)* (Primera ed). <http://proaire.edomex.gob.mx/sites/proaire.edomex.gob.mx/files/files/mis/pdf/ProAire Valle de Toluca 2012-2017.pdf>
- Gobierno del Estado de México. (2017a). *Datos e indicaciones de la zona metropolitana del valle de toluca*. https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files_ipo/2017/8/3/3a5b1d2fb9a55cea32564f562f9848aa.pdf
- Gobierno del Estado de México. (2017b). *Exhumación de Restos Humanos o Restos Humanos Áridos*. <http://sistemas2.edomex.gob.mx/TramitesyServicios/Tramite?tram=5229&cont=0>
- Gobierno del Estado de México, & Secretaría de Medio Ambiente. (2007). *Inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, 2004*. https://sma.edomex.gob.mx/sites/sma.edomex.gob.mx/files/files/sma_pdf_ie_zm_vt.pdf
- González Cardoso, G., Hernández Contreras, J. M., Santiago de la Rosa, N., Gutiérrez, M., & Mugica Álvarez, V. (2018). PM2.5 emissions from urban crematoriums. *Energy Procedia*, 153, 359–363. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.10.047>
- González Cardoso, G., Hernández Contreras, J. M., Valle Hernández, B. L., Hernández Moreno, A., Santiago de la Rosa, N., García Martínez, R., & Mugica Álvarez, V. (2020). Toxic atmospheric pollutants from crematoria ovens: characterization, emission factors, and modeling. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(35), 43800–43812. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10314-0>
- González Cardoso, G., Hernández Contreras, J. M., Valle Hernández, B. L., Hernández Moreno, A., Santiago De la Rosa, N., García Martínez, R., & Mugica Álvarez, V. (2020). Toxic atmospheric pollutants from crematoria ovens: characterization, emission factors, and modeling. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 43800–43812. https://www.researchgate.net/publication/343379312_Toxic_atmospheric_pollutants_from_crematoria_ovens_characterization_emission_factors_and_modeling/citations
- Green, L. C., Crouch, E. A. C., & Zemba, S. G. (2014). Human and ecological risk

- assessment : cremation, air pollution and special use permitting (a case study). *Human and Ecological Risk Assessment*, Vol. 20(No. 2), 37–41. <https://doi.org/10.1080/10807039.2012.719391>
- Gregg, T., Bach, M., O'Brien, E., & Fitzpatrick, H. (2008). *Incineración/cremación de cadáveres*. 10–11. [http://bases.cortesaragon.es/bases%5Cndocumen.nsf/\(Hijos\)/80958944C525C74DC12574090043C2B1/\\$File/contaminacion-cremacion.pdf?OpenElement](http://bases.cortesaragon.es/bases%5Cndocumen.nsf/(Hijos)/80958944C525C74DC12574090043C2B1/$File/contaminacion-cremacion.pdf?OpenElement)
- H. Ayuntamiento del municipio de Calimaya. (2019). *Plan de Desarrollo Municipal para Calimaya 2019-2021*. https://calimaya.gob.mx/contenidos/calimaya/docs/PLAN_CALIMAYA_2019_2021_pdf_2019_8_1_pdf_2019_10_10_103016.pdf
- H. Ayuntamiento del municipio de Metepec. (2019). *Plan de Desarrollo Municipal 2019-2021 Metepec*. https://metepec.gob.mx/pagina/documentos/PlanDesarr/PDM_2019_Finanzas_WEB.pdf
- H. Ayuntamiento del municipio de Toluca. (2021a). *Código Reglamentario Municipal de Toluca*. 1–367. <https://www2.toluca.gob.mx/wp-content/uploads/2021/11/tol-pdf-secayu-Codigo-Reglamentario-Reforma-articulos-5-32-y-5-33.pdf>
- H. Ayuntamiento del municipio de Toluca. (2021b). *Plan de Desarrollo Municipal 2019-2021 Toluca*. <https://www2.toluca.gob.mx/wp-content/uploads/2021/06/Tol-pdf-upl-pdm-2019-2021.pdf>
- Hernández Contreras, J. M. (2019). *Caracterización química y determinación de factores de emisión de contaminantes emitidos por hornos crematorios* [Universidad Autónoma Metropolitana]. <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/6844>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: la ruta cuantitativa* (McGraw-Hill interamerica editores (ed.); Primera ed).
- Herrie, A. (2021). *¿Cómo se realiza una cremación?* https://www.ehowenespanol.com/realiza-cremacion-como_441338/
- INECC. (2019). *Glosario de términos*. http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/approot/compendio_2019/RECUADROS_INT_GLOS/D1_GLOS_SAMBIENTAL.htm
- INEGI. (2010). *Principales resultados por AGEB y manzana urbana 2010*. <https://www.inegi.org.mx/app/scitel/default?ev=7>
- INEGI. (2020). *Principales resultados por AGEB y manzana urbana 2020*. <https://www.inegi.org.mx/app/scitel/Default?ev=10>
- INEGI. (2021). Características De Las Defunciones Registradas en México Durante 2020, Preliminar. *Comunicado de Prensa*, 402(21), 1–5. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/EstSociodem/DefuncionesRegistradas2020_Pre_07.pdf
- Información Pública Mexiquense. (2015). *Actividades económicas del municipio de Metepec*. https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files_ipo/2016/33/10/e48f1eea8845900c953a616606369da2.pdf
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. (2014). *Contaminación*

- atmosférica. <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/contaminacion-atmosferica>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2014). *Zonas metropolitanas de los Estados Unidos Mexicanos*. https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/CE_2014/702825087227.pdf
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. (2017). *Conoce los beneficios de pertenecer a una zona metropolitana*. <https://www.gob.mx/inafed/articulos/conoce-los-beneficios-de-pertenecer-a-una-zona-metropolitana>
- Jirau Colón, H., González Parrilla, L., Martínez Jiménez, J., Adam, W., & Jiménez Velez, B. (2019). *Rethinking the dental amalgam dilemma: an integrated toxicological approach*. <https://doi.org/10.3390/ijerph16061036>
- Joseph, N., Guillermo, Á., & Lezana, R. (2017). *Environmental impacts caused by cemeteries and crematoria, new funeral technologies, and preferences of the Northeastern and Southern Brazilian population as for the funeral process*. 24121–24134. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0005-3>
- Kato, N., Mastui, Y., Takaoka, M., & Yoneda, M. (2017). Measurement of nanoparticle exposure in crematoriums and estimation of respiratory deposition of the nanoparticles by number and size distribution. *Journal of Occupational Health J-STAGE*, 1–27. https://www.researchgate.net/publication/320260434_Measurement_of_nanoparticle_exposure_in_crematoriums_and_estimation_of_respiratory_deposition_of_the_nanoparticles_by_number_and_size_distribution
- Lugones Botell, M. I., Marieta Ramírez Bermúdez, D. I., & José Ríos Rodríguez II, J. (2015). La cremación. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 31(1), 120–128. <http://scielo.sld.cu>
- Mari, M., & Domingo, J. L. (2010). Toxic emissions from crematories: A review. *Environment International*, 36(1), 131–137. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.09.006>
- Mc Graw Hill. (2021). *Contaminación atmosférica*. <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448169816.pdf>
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. (2008). *Resolución número (909) 5 de junio de 2008*. <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v5n1/v5n1a03.pdf>
- Ministerio de Cultura y Deporte España. (2021). *Término: pira*. <http://tesauros.mecd.es/tesauros/bienes culturales/1001756.html>
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2018). *Guía de calidad del aire y educación ambiental*.
- Montenegro, R. (2005). *Informe sobre el impacto ambiental y sanitario de los hornos crematorios*. <http://gailibrary.org/content/informe-sobre-el-impacto-ambiental-y-sanitario-de-los-hornos-crematorios>
- Naciones Unidas. (2020). *Las ciudades y la contaminación contribuyen al cambio climático*. <https://www.un.org/es/climate-change/climate-solutions/cities-pollution#:~:text=La contaminación%2C principalmente identificada como,incrementa las emisiones de CO2>

- Ñaupari Caso, K. B. (2019). *Crematorio eco ambiental de mascotas 4 patitas*. http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/9543/3/2019_Caso-Ñaupari.pdf
- O’Keeffe, J., & National Collaborating Centre for Environmental Health. (2020). *Field inquiry: crematoria emissions and air quality impacts*. https://ncceh.ca/sites/default/files/FINAL_Field_Inquiry-Crematoria_emissions_and_air_quality_impacts_EN_0.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2005). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf;jsessionid=FBA946968D85274A1257CB1725BDD5BE?sequence=1
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Contaminación atmosférica*. https://www.who.int/es/health-topics/air-pollution#tab=tab_1
- Ortiz Granados, F. (2016). *Aplicación de la metodología 8D para marcha de pistones*. 1–51. https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/23316/Aplicación_de_la_metodología_de_las_8_D_para_Mancha_en_pistones_primarios_por_capa_de_aceite_en_la_superficie_de_tina_de_lavado_y_anodizado.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ortiz Libreros, J. M. (2019). *Evaluación del impacto en la calidad del aire de las actividades de un horno de cremación de un camposanto en la zona urbana del municipio de Santiago de Cali*. <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/11126/T08598.pdf?sequence=5>
<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/11126/T08598.pdf?sequence=5>
- Piagno, H., & Afshari, R. (2020). *Mercury from crematoriums: human health risk assessment and estimate of total emissions in British Columbia*. <https://link.springer.com/article/10.17269/s41997-020-00327-0>
- Recondo Pérez, R. F. (2013). La arquitectura del crematorio, función, estética y medio ambiente. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 7(núm. 2), 1–26. <https://www.redalyc.org/pdf/1939/193929227002.pdf>
- Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT. (2014). *Estaciones de monitoreo*. <https://rama.edomex.gob.mx/estaciones>
- Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT. (2021). *Características de los contaminantes*. <http://rama.edomex.gob.mx/caracteristicas>
- Richardson, G. M., Brecher, R. W., Scobie, H., Hamblen, J., Samuelian, J., & Smith, C. (2009). Mercury vapour (Hg⁰): Continuing toxicological uncertainties, and establishing a Canadian reference exposure level. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 53(1), 32–38. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2008.10.004>
- Samayoa Rodríguez, S. W. (2010). *Análisis jurídico-social de la cremación*. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04_8600.pdf
- Santarsiero, A., Trevisan, G., Cappiello, G., Formenton, G., & Andrea, E. D. (2005). *Urban crematoria emissions as they stand with current practice*. 79, 299–306. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2004.10.016>
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Metropolitano. (2018). *Plan Municipal de Desarrollo Urbano del municipio de Metepec*.

- <https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2018/jun183.pdf>
- Secretaría de Economía. (2016). *Norma Oficial Mexicana NOM-036-SCFI-2016, Prácticas comerciales, requisitos de información y disposiciones generales en la prestación de servicios funerarios*.
http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/6315/seeco11_C/seeco11_C.html
- Secretaría de Gobernación de México. (2019a). *Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2019, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO₂)*.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5568395&fecha=20/08/2019
- Secretaría de Gobernación de México. (2019b). *Norma Oficial Mexicana NOM-172-SEMARNAT-2019, Lineamientos para la obtención y comunicación del índice de calidad del aire y riesgos a la salud*.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5579387&fecha=20/11/2019
- Secretaría de Gobernación de México. (2021). *Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono (O₃)*.
http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5633956&fecha=28/10/2021
- Secretaría de Gobernación Municipal Puebla. (2011). *Atlas de Peligros Naturales*.
<http://www.oumpuebla.com.mx/documents/descarga2.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente. (2007). *Inventario de emisiones de la zona metropolitana del valle de toluca, 2004*.
https://sma.edomex.gob.mx/sites/sma.edomex.gob.mx/files/files/sma_pdf_ie_zm_vt.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente. (2010). *Fuentes de Emisión de Carbono Negro en el Estado de México*.
http://sma.edomex.gob.mx/sites/sma.edomex.gob.mx/files/files/sma_pdf_fuen_carbono_ne.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente. (2012). *Inventario de emisiones de la zona metropolitana del valle de México (Primera ed)*.
http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/publicaciones/68/763_2012_Inventario_emisiones_ZMVM_GEI_carbono_negro.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Secretaría de Medio Ambiente. (2017). *Principales clases de contaminantes del aire*. <https://www.sema.gob.mx/SGA-MONITOREO-CLASES.htm>
- Secretaría de Medio Ambiente. (2018). *NADF-017-AIRE-2017 - Equipos de cremación e incineración/límites máximos permisibles de emisiones a la atmósfera y condiciones de operación*. 25–33.
<http://data.sedema.cdmx.gob.mx/sitios/conadf/documentos/NADF-017-AIRE-2017.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente. (2021). *Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT. ¿Qué Es La Red?* http://rama.edomex.gob.mx/enlaces_interes
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). *Calidad del aire: una práctica de vida*.
<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001593.pdf>

- Secretaría de Salud. (2015). *Normas oficiales mexicanas*.
<https://www.gob.mx/salud/en/documentos/normas-oficiales-mexicanas-9705>
- Secretaría de Salud. (2020). *Guía de manejo de cadáveres por COVID-19 (SARS-CoV-2) en México*. 19, 1–12. https://coronavirus.gob.mx/wp-content/uploads/2020/04/Guia_Manejo_Cadaveres_COVID-19.pdf
- Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México. (2021). *Red automática de monitoreo atmosférico de la ZMVT*. Contaminación Atmosférica. https://rama.edomex.gob.mx/contaminacion_atmosferica
- SEMARNAT. (2010). *Atlas geográfico del medio ambiente y recursos naturales*. http://gisviewer.semarnat.gob.mx/geointegrador/enlace/atlas2010/AtlasMA_vim2010.pdf
- SEMARNAT. (2018). *La LGEEPA, eje rector del sistema jurídico ambiental de México*. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/la-lgeepa-eje-rector-del-sistema-juridico-ambiental-de-mexico?idiom=es>
- SEMARNAT, Gobierno del Estado de México, & Facultad de Planeación Urbana y Regional. (2011). *Ordenamiento ecológico territorial de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca*. [https://dgoia.edomex.gob.mx/sites/dgoia.edomex.gob.mx/files/files/POER VALLE DE TOLUCA.pdf](https://dgoia.edomex.gob.mx/sites/dgoia.edomex.gob.mx/files/files/POER_VALLE_DE_TOLUCA.pdf)
- Sistema Estatal de Información Urbana Metropolitana y Vivienda. (2021). *Descriptiva de cada zona metropolitana*. <http://plataforma.seduym.edomex.gob.mx/SIGZonasMetropolitanas/PEIM/descriptiva.do>
- Smith, T. O., Gitsham, P., Donell, S. T., Rose, D., & Hing, C. B. (2012). The potential dangers of medical devices with current cremation practices. *European Geriatric Medicine*, 3(2), 97–102. <https://doi.org/10.1016/j.eurger.2012.01.013>
- Subsecretaría de Gestión Ambiental. (2003). *Normas ambientales de calidad del aire y control de emisiones* (Búho (ed.); Primera). https://ficem.org/normas/Republica_Dominicana/na_01.pdf
- Takeda, N., Takaoka, M., Oshita, K., & Eguchi, S. (2014). PCDD / DF and co-planar PCB emissions from crematories in Japan. *Chemosphere*, 98, 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.09.114>
- Tibau, A. V., & Blanche, D. (2019). *Mercury contamination from dental amalgam*. 9(22).
- Ubilla, C., & Yohannessen, K. (2017). *Contaminación atmosférica efecto en la salud respiratoria en el niño*. 28(1), 111–118.
- Universidad de Buenos Aires. (2021). *Contaminación atmosférica*. 1–10. <https://www.agro.uba.ar/users/semmarti/Atmosfera/contatmosf.pdf>
- Villegas, H. (2019). *Primer informe de actividades. Consejería jurídica y de servicios legales, Mexico City*. <https://consejeria.cdmx.gob.mx/storage/app/uploads/public/5d9/%0Ab43/0c4/5d9b430c4fdd1609449797.pdf>
- Wang, L., Lee, W., & Lee, W. (2003). Characterizing the emissions of polychlorinated dibenzo- p -dioxins and dibenzofurans from crematories and their impacts to the surrounding environment. *Environmental Science and Technology*, 37(1), 62–67. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es0208714>

Xue, Y., Tian, H., Yan, J., Xiong, C., Pan, T., & Nie, L. (2016). Present and future emissions of HAPs from crematories in China. *Atmospheric Environment*, 124, 28–36. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.10.079>