



**Benemérita  
Universidad Autónoma de Puebla**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**MODELACIÓN DE LA TRAYECTORIA Y  
DISPERSIÓN DE EMISIONES PRODUCIDAS POR  
INCENDIOS FORESTALES DE LOS PANTANOS  
DE CENTLA, TABASCO PERIODO 2016-2019**

**TESIS PROFESIONAL**

**Que para obtener el Título de:**

**Licenciatura en Ingeniería Ambiental**

**Presenta:**

**ZAIMIS CANCINO DOMÍNGUEZ**

**Directora de Tesis:**

**M.I.A. Miriam Vega Hernández**

**Co-directora:**

**Dra. Jessica Batalla Mayoral**

**Puebla, Pue. 2022**

# ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4 ESTRUCTURA DE LA TESIS .....	3
1.5 OBJETIVOS.....	4
1.5.1 OBJETIVO GENERAL .....	4
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
1.6 HIPÓTESIS.....	4
CAPÍTULO II: ANTECEDENTES. ....	5
2.1 ATMÓSFERA TERRESTRE .....	8
2.2 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y EFECTOS EN LA SALUD .....	10
2.3 DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES EN LA ATMÓSFERA .....	14
2.4 HYSPLIT: MODELOS DE MESOESCALA .....	14
2.5 MODELOS PARA EL CÁLCULO DE TRAYECTORIAS .....	17
2.6 SISTEMA DE GEOREFERENCIACIÓN.....	19
2.7 INCENDIOS FORESTALES Y CALENTAMIENTO GLOBAL .....	20
2.8 ÁREA DE ESTUDIO .....	22
CAPÍTULO III: PARTE EXPERIMENTAL.....	26
3.1 RECOLECCIÓN DE DATOS .....	26
3.2 GENERACIÓN DE SIMULACIONES .....	39
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	42
4.1 PARA EL AÑO 2016. ....	42
Modelación de la trayectoria. ....	42
Modelación de la dispersión de la concentración y deposición de partículas .....	43
Modelado de la posición de las partículas.....	48
4.2 PARA EL AÑO 2017 .....	49
Modelación de la trayectoria. ....	49
Modelación de la dispersión.....	50
Modelado de la posición de las partículas.....	55
4.3 PARA EL AÑO 2018 .....	57
Modelación de la trayectoria. ....	57

Modelación de la dispersión.....	58
Modelado de la posición de las partículas.....	61
4.4 PARA EL AÑO 2019 .....	62
Modelación de la trayectoria. ....	62
Modelación de la dispersión.....	63
Modelado de la posición de las partículas.....	71
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES .....	74
REFERENCIAS .....	76
ANEXO A.....	82
ANEXO B.....	84

## CONTENIDO DE FIGURAS

<b>Figura 2. 1</b> Capas de la atmósfera Fuente: <a href="https://seaprueba.com/1-eso/biologia-geologia/la-atmosfera-y-sus-capas/">https://seaprueba.com/1-eso/biologia-geologia/la-atmosfera-y-sus-capas/</a> .....	9
<b>Figura 2. 2</b> Capas o estratos de la tropósfera. Fuente: <a href="https://www.tutiempo.net/meteorologia/capa-limite.html">https://www.tutiempo.net/meteorologia/capa-limite.html</a> .....	9
<b>Figura 2. 3</b> La descripción Lagrangiana, sigue la huella de la posición y de la velocidad de cada partícula. Fuente: Cengel, 2006 .....	16
<b>Figura 2. 4</b> La descripción euleriana define las variables de un campo, como el campo de presión y el campo de velocidad en cualquier lugar y cualquier instante. Fuente: Cengel, 2006 .....	17
<b>Figura 2. 5</b> Detección de humo por medio de MODIS Fuente: Proyecto MUDI de la NASA (NASA, 2021) .....	20
<b>Figura 2. 6</b> Ubicación de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México. Fuente: INE, 2000.....	23
<b>Figura 3. 1</b> Delimitación del área de estudio en la zona de los pantanos de Centla. Fuente: Elaboración propia. ....	26
<b>Figura 3. 2</b> Puntos de calor detectados por MODIS en la RBPC en el año 2016. Fuente: Elaboración propia.....	27
<b>Figura 3. 3</b> Puntos de calor detectados por MODIS en los pantanos de Centla en el año 2017. Fuente: Elaboración propia .....	28
<b>Figura 3. 4</b> Puntos de calor detectados por MODIS en la RBPC en el año 2018. Fuente: Elaboración propia.....	29
<b>Figura 3. 5</b> Puntos de calor detectados por MODIS en la RBPC el año 2019. Fuente: Elaboración propia.....	30
<b>Figura 3. 6</b> Área afectada por incendios forestales mayores a 350K en el año 2019, los cuales se encuentran localizados al este de la RBPC. Fuente: Elaboración propia .....	36
<b>Figura 3. 7</b> Área afectada por incendios forestales mayores a 350K en el año 2018, ubicados el noroeste y suroeste de la reserva. Fuente: Elaboración propia.....	37
<b>Figura 3. 8</b> Área afectada por incendios forestales mayores a 350K en el año 2019, los cuales se encuentran localizados al este de la RBPC Fuente: Elaboración propia .....	37
<b>Figura 3. 9</b> Área afectada por incendios forestales mayores a 350K en el año 2017, localizados al noreste y suroeste de la RBPC. Fuente: Elaboración propia .....	38

<b>Figura 4. 1</b> Trayectoria de emisiones del incendio forestal ocurrido el día 11/05/2016 en la RBPC. Fuente: Elaboración propia. ....	43
<b>Figura 4. 2</b> Concentración de PM <sub>2.5</sub> mayor a 526ug/m <sup>3</sup> del 11 de mayo del 2016 (A: 16:00UTC; B: 17:00UTC; C: 18:00) Fuente: Elaboración propia. ....	46
<b>Figura 4. 3</b> Deposición de partículas con respecto al incendio ocurrido el 11 de mayo del 2016. Fuente: Elaboración propia .....	47
<b>Figura 4. 4</b> Localidades afectadas por la deposición y concentración de PM <sub>2.5</sub> mayor a 526ug/m liberadas durante el incendio del 11 de mayo del 2016.....	48
<b>Figura 4. 5</b> Mapas y tablas de distribución de las partículas liberadas durante el incendio del 11 de mayo del 2016 (A: 22:00 UTC, B: 07:00 UTC) Fuente: elaboración propia.....	49
<b>Figura 4. 6</b> Trayectoria de emisiones del incendio forestal ocurrido el día 27/05/2017 en la RPBC. Fuente: Elaboración propia. ....	50
<b>Figura 4. 7</b> Concentración de PM <sub>2.5</sub> mayor a 526ug/m <sup>3</sup> del 27 de mayo del 2017 (A: 17:00 UTC, B: 18:00UTC, C:19:00UTC) Fuente: Elaboración propia.....	53
<b>Figura 4. 8</b> Deposición de partículas con respecto al incendio ocurrido el 27 de mayo del 2017. Fuente: Elaboración propia .....	54
<b>Figura 4. 9</b> Localidades afectadas por la deposición y concentración de PM <sub>2.5</sub> mayores a 526ug/m liberadas durante el incendio del 27 de mayo del 2017 .....	55
<b>Figura 4. 10</b> Mapas y tablas de distribución de las partículas ploteadas en el año 2017 (A: 01:00 UTC, B: 02:00 UTC, C: 03:00 UTC, D: 04:00 UTC, E: 05:00 UTC, F: 16:00 UTC) Fuente: elaboración propia .....	57
<b>Figura 4. 11</b> Trayectoria de emisiones del incendio ocurrido del día 01/06/18 en la RBPC Fuente: Elaboración propia.....	58
<b>Figura 4. 12</b> Concentración de PM <sub>2.5</sub> mayor a 526ug/m <sup>3</sup> del 1 de junio del 2018 Fuente: Elaboración propia.....	59
<b>Figura 4. 13</b> Deposición de partículas con respecto al incendio ocurrido el 01 de junio del 2018 Fuente: Elaboración propia .....	60
<b>Figura 4. 14</b> Localidades afectadas por la deposición y concentración de PM <sub>2.5</sub> mayor a 526ug/m liberadas durante el incendio del 1 de junio del 2018.....	61
<b>Figura 4. 15</b> Mapas y tablas de distribución de las partículas liberadas durante el incendio del 01 de junio del 2018 Fuente: elaboración propia.....	62
<b>Figura 4. 16</b> Trayectoria de emisiones del incendio forestal ocurrido el día 12/05/2019 en la RBPC. Fuente: Elaboración propia. ....	63

<b>Figura 4. 17</b> Concentración de PM <sub>2.5</sub> mayor a 526ug/m <sup>3</sup> del 12 de mayo del 2019 (A: 06:00 UTC; B: 07:00 UTC; C: 08:00 UTC; D:09:00 UTC; E: 10:00 UTC; F: 11:00 UTC; G: 12:00 UTC; H: 13:00 UTC ) Fuente: Elaboración propia. ....	69
<b>Figura 4. 18</b> Deposición de partículas con respecto al incendio ocurrido el 12 de mayo del 2019. Fuente: Elaboración propia .....	70
<b>Figura 4. 19</b> Localidades afectadas por la deposición y concentración de PM <sub>2.5</sub> mayor a 526ug/m liberadas durante el incendio del 12 de mayo del 2019.....	71
<b>Figura 4. 20</b> Mapas y tablas de distribución de las partículas liberadas durante el incendio del 12 de mayo del 2019 (A: 22:00 UTC, B: 07:00 UTC) Fuente: elaboración propia.....	72

## CONTENIDO DE TABLAS

<b>Tabla 2. 1</b> Obtención del Índice AIRE Y SALUD para PM2.5. Fuente: NOM-172-SEMARNAT-2019.....	11
<b>Tabla 2. 2</b> Recomendaciones asociados a las categorías de calidad del aire y riesgos a la salud por exposición de PM2.5 Fuente: NOM-172-SEMARNAT-2019 .....	12
<b>Tabla 2. 3</b> Efectos de la exposición a PM2.5 en la salud asociados al índice aire y salud. Fuente: NOM-172-SEMARNAT-2019 .....	13
<b>Tabla 3. 1</b> Puntos de calor con mayor intensidad del año 2016. *Meses del año en los que se detectaron intensidades mayores a 350 K. Fuente: Elaboración propia.....	31
<b>Tabla 3. 2</b> Puntos de calor con mayor intensidad del año 2017. *Meses del año en los que se detectaron intensidades mayores a 350K.Fuente: Elaboración propia. ....	32
<b>Tabla 3. 3</b> Puntos de calor con mayor intensidad del año 2018. *Meses del año en los que se detectaron intensidades mayores a 350K. Fuente: Elaboración propia. ....	33
<b>Tabla 3. 4</b> Puntos de calor con mayor intensidad del año 2019. *Meses del año en los que se detectaron intensidades mayores a 350K. Fuente: Elaboración propia. ....	35
<b>Tabla 3. 5</b> En sombreado los incendios con mayor extensión de hectáreas afectas por año en el periodo 2016-2019. * Fuente: Elaboración propia .....	39
<b>Tabla 3. 6</b> Localidades amanzanadas afectadas con mayor frecuencia .....	73

# CONTENIDO DE GRÁFICAS

**Gráfica 3. 1** Comportamiento de los incendios en el año 2016. Fuente: Elaboración propia. .... 32

**Gráfica 3. 2** Comportamiento de los incendios en el año 2017. Fuente: Elaboración propia ..... 33

**Gráfica 3. 3** Comportamiento de los incendios en el año 2018. Fuente: Elaboración propia. .... 34

**Gráfica 3. 4** Comportamiento de los incendios en el año 2019. Fuente: Elaboración propia ..... 35

# CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.

## 1.1 INTRODUCCIÓN

Los modelos atmosféricos son herramientas de utilidad en la ingeniería ambiental que permiten analizar y predecir el transporte y dispersión, así como la concentración y deposición de contaminantes atmosféricos.

En esta investigación se analiza el transporte de material particulado menor de 2.5 micrómetros ( $PM_{2.5}$ ) que se liberó en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC) en el periodo 2016-2019 durante los incendios forestales detectados por medio de satélites, denominados puntos de calor, utilizando HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory), un software desarrollado por READY (Real-time Environmental Applications and Display sYstem) que permite modelar y visualizar datos meteorológicos obtenidos de manera satelital.

Con el análisis de la trayectoria del material particulado liberado más allá de identificar el alcance de los contaminantes, se logró relacionar problemas de salud que la población con frecuencia presenta a causa de la contaminación atmosférica y al mismo tiempo identificar otras problemáticas ambientales como son las causas de los incendios.

El interés por el estudio de las trayectorias de los puntos de calor más significativos de acuerdo con la temperatura reportada en grados Kelvin durante los años 2016, 2017, 2018 y 2019 en la reserva de la biosfera pantanos de Centla surge debido a la poca o nula información que se puede encontrar en archivos de carácter público, pudiendo deberse a falta de recursos, así como la falta de administración e interés de las autoridades.

Los cálculos de trayectoria de contaminantes atmosféricos procedentes de incendios forestales en humedales permiten evaluar los daños y perjuicios provocados en el medio ambiente. La modelación de trayectorias y dispersión de contaminantes del aire legitima el desarrollo de herramientas de análisis para generar conocimientos y explorar casos de contaminación en las condiciones propias de México, sobre todo en zonas poco estudiadas. Es necesario tener presente que la contaminación producida en un área determinada no se queda

situada exclusivamente en la zona en la que fue generada, ya que, con los movimientos de las masas de aire y la composición de la atmósfera, la contaminación se desplaza incluso a kilómetros de distancia de su lugar de origen (Wark et al., 1998).

Esta investigación busca resaltar la importancia del estudio de la contaminación atmosférica transfronteriza y la necesidad de estudios que evalúen los impactos en la salud pública y al medio ambiente asociados con tales fuentes y procesos de transporte. Así mismo se pretende que este trabajo sirva como guía para elaborar futuros modelos atmosféricos con el fin de conocer el impacto y alcance de eventos específicos a escala local, regional o global.

## **1.2 DESCRIPCION DEL PROBLEMA**

El modelado de las plumas generadas por la quema ilegal y sin control en los pantanos de Centla, en el estado de Tabasco permite el estudio del alcance y la dispersión de los contaminantes atmosféricos. Los incendios forestales recurrentes en esta zona son iniciados por la quema de pastizales cuyo principal fin es la caza ilegal furtiva de especies endémicas en peligro de extinción, así como incendios con fines agrícolas, que destruyen miles de hectáreas forestales al año, emitiendo contaminantes atmosféricos que se desplazan por el territorio repercutiendo en la calidad de vida de la población, afectando al ecosistema y contribuyendo al cambio climático.

### **1.3.1 JUSTIFICACIÓN**

El cálculo de las trayectorias de los contaminantes a partir de Hybrid Single Particle Langrangjan Integrated Trajectory Model (HYSPLIT®) y datos obtenidos por la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA®) y la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) permitirá desarrollar el estudio de la dispersión y transporte de las emisiones generadas en incendios forestales y por ende conocer el comportamiento, destino y concentración de las emisiones contaminantes de la atmósfera en la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, ubicada en el municipio

de Centla, Tabasco, en el periodo 2016-2019 así como la relación de los contaminantes atmosféricos con el cambio climático, los incendios forestales, cambios de uso de suelo, y las repercusiones en la salud de la población y el medio ambiente.

#### **1.4 ESTRUCTURA DE LA TESIS**

Este trabajo consta de 5 capítulos y se abordan de la siguiente manera: en el capítulo primero, se expone la motivación y descripción del problema y la justificación de este trabajo.

En el segundo capítulo se presentan los antecedentes y el marco teórico donde se presentan las bases teóricas, así como la descripción del área de estudio, características más importantes de HYSPLIT y las normas mexicanas que regulan los niveles límite en las concentraciones de material particulado, específicamente de PM<sub>2.5</sub>.

En el capítulo tercero se incluye la recolección y filtrado de datos obtenidos de FIRMS-NASA y CONAFOR de los incendios durante el periodo 2016-2019 en los pantanos de Centla, Tabasco. Así como las estadísticas por mes de cada año respectivamente.

En el capítulo cuarto se encuentran los procedimientos y metodología que seguir para realizar los modelados de las trayectorias y deposición y concentración de PM<sub>2.5</sub>, así como el análisis de las simulaciones.

Finalmente, las conclusiones se encuentran en el capítulo quinto, donde se mencionan los resultados más importantes y sugerencias de uso del modelo para futuros proyectos en donde la trayectoria y concentración de contaminantes sea de importancia.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL**

Modelar la trayectoria, concentración y dispersión de emisiones producidas por los principales incendios forestales de los pantanos de Centla, Tabasco en el periodo 2016-2019.

#### **1.5.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- I. Identificar la ubicación geoespacial de incendios forestales ocurridos en el periodo 2016-2019 en la zona de estudio.
- II. Estudiar la intensidad, frecuencia y afectación de los incendios forestales de acuerdo con datos de FIRMS-NASA y CONAFOR en el periodo 2016-2019 en la zona de estudio.
- III. Analizar las trayectorias y dispersión de las emisiones generadas por los principales incendios forestales en el área de estudio mediante HYSPLIT Trajectory Model y HYSPLIT Dispersion Model respectivamente.
- IV. Establecer las zonas de vulnerabilidad de acuerdo con la trayectoria y dispersión de las emisiones generadas por incendios en los pantanos de Centla en el periodo 2016-2019.

## **1.6 HIPÓTESIS**

Las emisiones generadas por los incendios ocurridos en la Reserva de la Biosfera los Pantanos de Centla en el periodo de estudio, desarrollan una trayectoria y dispersión regional.

## **CAPÍTULO II: ANTECEDENTES.**

HYSPLIT ha sido empleado en numerosas investigaciones con el fin de conocer el alcance, dispersión y los efectos de los contaminantes atmosféricos provenientes de incendios forestales. En Julio del 2002 se registró un incremento de incendios forestales en la provincia de Quebec, Canadá, por lo que se llevó a cabo una investigación para examinar el material particulado liberado, para el estudio se emplearon espectro radiómetros satelitales, equipos de detección y medición, así como el software HYSPLIT para predecir las trayectorias de dispersión del material particulado y conocer el alcance de este. Como resultado del monitoreo y modelado se obtuvo que se incrementó 30 veces el número de concentración de partículas en el ambiente, excediendo el límite máximo permisible de la norma nacional de calidad del aire ambiental, donde las partículas con menor diámetro alcanzaron zonas con alta densidad de población al este de los Estados Unidos en Baltimore. (Amir et al., 2005)

Cada año, los incendios consumen millones de hectáreas de bosques en Norteamérica, generando enormes emisiones de contaminación del aire que representan un potencial significativo para la exposición humana a gran escala. Las emisiones de biomasa liberadas a partir de incendios forestales a gran escala incluyen material particulado (PM), monóxido de carbono (CO), hidrocarburo aromático policíclico (PAHs), aldehídos y compuestos de carbono semivolátiles y volátiles (VOCs). (World Health Organization [WHO], 1999)

En los ecosistemas, los incendios forestales se han convertido en una fuente emisora de cantidades inaceptables de contaminantes y gases de efecto invernadero que impactan el sistema atmosférico, alterando la hidrología del paisaje, perjudicando la calidad del aire tanto local como regional y planteando un riesgo directo más severo en humanos y seres vivos que habitan en lugares con altas frecuencias de incendios. Algunos estudios indican que, a largo plazo, los incendios antropogénicos aceleran la tendencia de transformaciones de los ecosistemas causada por el cambio climático (Shlisky et al., 2007).

Las actividades humanas, así como eventos meteorológicos contribuyen a la generación de gases contaminantes de efecto invernadero como el dióxido de carbono, metano, y óxido nítrico, y partículas como el carbono negro, los cuales tienen una influencia de calentamiento, y sulfatos, los cuales tienen una influencia de enfriamiento en general (Walsh et al., 2014) que logran dispersarse y transportarse por la atmósfera repercutiendo finalmente a la capa de ozono y provocando el aumento de temperatura en el planeta, lo que permite el desarrollo e incremento de incendios forestales en los ecosistemas dañando hectáreas de flora y la fauna que habita en ese espacio, así como a la salud de los seres humanos.

El calentamiento global, provocado por la contaminación atmosférica, es un fenómeno global que modifica los índices de amenaza y aumenta el riesgo de desastres naturales, generando cambios en la temperatura, precipitaciones, incendios, sequías, entre otros (Walsh et al., 2014). El aumento en la temperatura de la atmósfera y las temporadas de sequía en un sitio son el ambiente perfecto para la propagación de un incendio forestal.

El aumento de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera se debe a la quema de combustibles fósiles, los incendios forestales y la degradación de los humedales debido a los cambios de uso de la tierra. Por tanto, es importante retener o almacenar CO<sub>2</sub> en la atmósfera en lugar de contaminar el medio ambiente. El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) en el 2005 mencionó que “la captura y almacenamiento de dióxido de carbono se puede utilizar como una alternativa de bajo costo para reducir las emisiones de este gas”.

Los humedales son un aliado importante en la lucha contra el cambio climático porque tienen la capacidad de absorber 5 veces más dióxido de carbono atmosférico que los bosques comunes, lo que los convierte en los sumideros más grandes de carbono natural del planeta. (Marín et al., 2013)

Durante los últimos 10 años se ha presentado un incremento en el área forestal afectada por incendios en varias partes del mundo. En México, en el año 2016 se registraron 272,776.34 hectáreas (ha) de superficie afectada por incendios forestales, que en comparación con el año 2019, se tuvo un registro de 633, 678

hectáreas afectadas, lo que equivale a un incremento del 132% anual (Sistema Nacional de Información y Gestión Forestal [SNIGF], S. F).

En Tabasco, la generación y concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) derivados de los efectos meteorológicos y las actividades antropogénicas han provocado un incremento en las temperaturas de la entidad, propiciando un ambiente óptimo para la propagación de incendios forestales. Ubicado en la subregión de pantanos, el municipio de Centla ha sido el más afectado debido a que gran parte de su territorio es representado por humedales: popales, manglares y espadañales albergando una gran biodiversidad.

Durante los incendios forestales ocurridos en los manglares de los pantanos de Centla, se liberan contaminantes como el material particulado que tienen un impacto negativo para el medio ambiente como para la salud de los seres vivos que habitan en las zonas de impacto y deposición, pues debido a sus características las partículas pueden viajar miles de kilómetros llegando a comunidades y zonas urbanas.

En Tabasco existen 12 estaciones de monitoreo de las cuales 11 son manuales y 1 automática, estas estaciones son operadas por la red multistitucional de muestreo de material particulado estatal que está conformada principalmente por institutos tecnológicos dentro del estado. A pesar de su existencia, en el estado no hay registro de la trayectoria de partículas por lo que se desconoce el paradero final de los contaminantes y sus consecuencias.

“Según estimaciones de 2016, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 4,2 millones de muertes prematuras; esta mortalidad se debe a la exposición a materia particulada de 2,5 micrones o menos de diámetro (PM2.5), que puede causar enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como cáncer.” (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021, sección Contaminación del aire ambiente (exterior), párr. 10).

## 2.1 ATMÓSFERA TERRESTRE

La atmósfera es una capa gaseosa que envuelve la tierra, la cual tiene un espesor cercano a los dos mil kilómetros. Está formada por aire y partículas en suspensión que permite que se desarrollen los procesos biológicos y regula la temperatura del planeta. Contiene diferentes compuestos químicos en forma de gases provenientes de los árboles, animales y actividades humanas. Los gases con mayor presencia en el aire son dos: Nitrógeno (N), en un 78.08% y Oxígeno (O<sub>2</sub>) en un 20.95%. El 1% restante está formado por diversos gases entre los que los más abundantes son el Argón (Ar) en un 0.93% y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en aproximadamente un 0.03% y otros gases remanentes como el hidrogeno, neón, helio, metano y criptón (Zaitseva, 2009).

Esta capa permite mantener las temperaturas dentro de los extremos tolerables, nos protege de los rayos ultravioletas y contiene el oxígeno, gas vital para la mayoría de los seres vivos. En otras palabras, nos permite tener condiciones favorables para la vida en la tierra (Pérez & Merino, 2017).

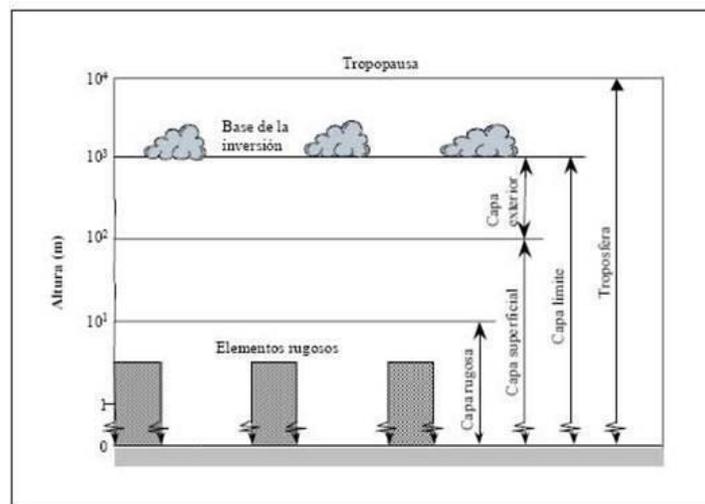
Está dividida en varias capas las cuales se diferencian entre sí por su composición y comportamiento térmico como se observa en la *Figura 2.1*.

- La troposfera: Alcanza una altura que varía entre los 0 y 12 km sobre los polos. Esta capa presenta una velocidad constante de variación térmica en todo lo alto de la misma y en ella se originan los fenómenos meteorológicos..
- La estratosfera: A partir de la troposfera aparece una capa en la que la temperatura aumenta, primero levemente hasta llegar cerca de los 30 km de altura y a partir de aquí rápidamente hasta llegar a los 50 km. Esta capa es la encargada de evitar el paso de los rayos UV.
- La mesosfera: Se extiende desde la capa anterior hasta los 80 km y alcanza cerca de -100°C, destruyendo los meteoritos.
- La termosfera: Nuevamente el ritmo de cambio de temperatura varía y esta asciende rápidamente hasta alcanzar cerca de 500°C a la altura de 500 km.
- La exosfera: alcanza una altura de 2 000 000 km, la cual se considera como el límite de la atmósfera terrestre. Los gases pierden sus propiedades fisicoquímicas.



**Figura 2. 1** Capas de la atmósfera Fuente: <https://seaprueba.com/1-eso/biologia-geologia/la-atmosfera-y-sus-capas/>

Las emisiones de contaminantes, así como los fenómenos de transporte y dispersión de estos se producen en la capa más baja de la troposfera, que se denomina “capa de límite atmosférico”. Esta capa se encuentra en la troposfera y se extiende desde el suelo hasta 1 kilómetro de altura aproximadamente. Esta capa es de suma importancia debido a que es ahí donde se desarrollan casi todos los fenómenos meteorológicos que nos afectan diariamente y donde existen los diferentes tipos de climas. En la *Figura 2.2* se observan las capas en las que se divide la tropósfera.



**Figura 2. 2** Capas o estratos de la tropósfera. Fuente: <https://www.tutiempo.net/meteorologia/capa-limite.html>

## **2.2 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y EFECTOS EN LA SALUD**

La contaminación del aire es la presencia de pequeñas partículas o subproductos gaseosos, líquidos o sólidos en el aire que pueden presentar riesgos, daños o molestias para los seres humanos, las plantas y los animales expuestos a este entorno. El principal medio por el que se produce la contaminación del aire se centra en los procesos en los que se produce la combustión.

Los principales contaminantes que afectan a la salud humana y a los ecosistemas son denominados contaminantes criterio; monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) y partículas con diámetro aerodinámico menor a 10 y 2.5 micrómetros, compuestos orgánicos volátiles (COV) y amonio (NH<sub>3</sub>) y ozono (O<sub>3</sub>). Sin embargo, existen otros compuestos que ocasionan efectos globales como la destrucción de la capa de ozono, el efecto invernadero y el cambio climático. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes [SEMARNAT, DGGCARETC], 2013).

El término “material particulado” se refiere a cualquier partícula sólida o líquida de hollín, polvo, aerosoles, humos y nieblas y se clasifican en partículas totales, primarias y secundarias, partículas suspendidas totales (PST, partículas suspendidas (PS), partículas con diámetro aerodinámico menor que 10 micras (PM<sub>10</sub>), partículas con diámetro aerodinámico menor que 2.5micras; así como partículas filtrables y condensables (INE, SEMARNAT 2005)

La contaminación del aire es un problema antiguo y extendido (Manahan, 2007), ha resultado ser la responsable de una serie creciente de problemas ambientales y sus efectos perniciosos directos e indirectos afectan a cualquier región, pues es claro que ésta no tiene los mismos orígenes en una región que en otra por sus realidades climatológicas que generan condiciones de dispersión, concentración, transformación, inmisión y especies químicas diferentes y sus efectos solo se diferencian en su magnitud e impacto (Alfaro, 1998).

En el 2020, la OMS estimó que la contaminación ambiental del aire, tanto en las ciudades como en las zonas rurales, fue causa de 4.2 millones de muertes prematuras en todo el mundo por año; esta mortalidad se debe a la exposición a

partículas pequeñas de 2.5 micras o menos de diámetro, que son capaces de penetrar profundamente dentro de los pulmones y han sido asociados con el aumento de mortalidades y morbilidades como son las enfermedades cardiovasculares y respiratorias, y cáncer. Al reducir los niveles de contaminación del aire, los países pueden reducir la tasa de accidentes cerebrovasculares, cáncer de pulmón y enfermedades pulmonares crónicas y agudas, incluido el asma. En México, a partir del 2020, la calidad del aire es determinada por el Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud ("Índice AIRE Y SALUD") el cual es una herramienta analítica calculada de acuerdo con la concentración y tiempo promedio de los contaminantes criterio para determinar los niveles de contaminación la cual nos indica el estado de la calidad del aire, posibles daños a la salud y como prevenirlos. En la tabla 2.1 se presentan los valores límite normados por el índice Aire y Salud para las partículas suspendidas PM<sub>2.5</sub> en el territorio mexicano.

<b>Calidad del aire</b>	<b>Nivel de riesgo asociado</b>	<b>Intervalo de PM<sub>2.5</sub> promedio móvil ponderado de 12 horas (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Colores</b>
Buena	Bajo	25	Verde
Aceptable	Moderado	>25 y 45	Amarillo
Mala	Alto	>45 y 79	Naranja
Muy Mala	Muy Alto	>79 y 147	Rojo
Extremadamente Mala	Extremadamente Alto	>147	Morado

**Tabla 2. 1** Obtención del Índice AIRE Y SALUD para PM<sub>2.5</sub>. Fuente: NOM-172-SEMARNAT-2019

Con la actualización de la norma, los contaminantes criterio se consideran perjudiciales para la salud una vez que rebasan el índice "aceptable" representado de color amarillo. La tabla 2.2 muestra la relación entre la calidad del aire, el nivel

del riesgo asociado a la salud y las recomendaciones de las acciones a adoptar por la población para prevenir el mayor riesgo a la salud por exposición a las PM<sub>2.5</sub>.

Calidad del aire	Nivel de riesgo asociado	Recomendaciones	
		Para grupos sensibles	Para toda la población
Buena	Bajo	Disfruta las actividades al aire libre	
Aceptable	Moderado	Considera reducir las actividades físicas vigorosas al aire libre	Disfruta las actividades al aire libre
Mala	Alto	Evita las actividades físicas (tanto moderadas como vigorosas) al aire libre	Reduce las actividades físicas vigorosas al aire libre
Muy Mala	Muy Alto	No realices actividades al aire libre. Acudir al médico si se presentan síntomas respiratorios o cardíacos	Evita las actividades físicas moderadas y vigorosas al aire libre.
Extremadamente Mala	Extremadamente Alto	Permanece en espacios interiores. Acudir al médico si se presentan síntomas respiratorios o cardíacos	

**Tabla 2. 2** Recomendaciones asociados a las categorías de calidad del aire y riesgos a la salud por exposición de PM<sub>2.5</sub> Fuente: NOM-172-SEMARNAT-2019

Se sabe que la exposición prolongada o aguada a cualquier contaminante genera riesgos a la salud. En la tabla 2.3 se encuentran los daños a la salud asociados al nivel de riesgo del índice AIRE Y SALUD en cuanto a las PM<sub>2.5</sub>

Índice AIRE Y SALUD	Nivel de riesgo asociado
<b>Buena</b>	Bajo: Se considera que el riesgo es mínimo.
<b>Aceptable</b>	Moderado: Las personas sensibles pueden experimentar síntomas respiratorios (asmáticos), posible agravamiento de enfermedad pulmonar y cardíaca en personas con enfermedad cardiopulmonar y adultos mayores.
<b>Mala</b>	<p>Alto; Para todos los contaminantes criterio existe probabilidad de disminución en la capacidad pulmonar en personas sanas. Incremento en la probabilidad de aparición de síntomas respiratorios en personas sensibles (niños, ancianos, personas con deficiencias nutricionales, personas que realizan actividades en exteriores, ciclistas, trabajadores).</p> <p>En personas con enfermedades respiratorias (EPOC, asma) y cardíacas (angina de pecho) hay aumento en la probabilidad de agravamiento y disminución en la tolerancia de la actividad física, así como mayor probabilidad de muertes prematuras en personas con enfermedad cardíaca o pulmonar</p>
<b>Muy Mala</b>	<p>Muy alto: Para todos los contaminantes criterio, mayor probabilidad de presencia de síntomas respiratorios en población general. Agravamiento de síntomas respiratorios en poblaciones sensibles (niños, adultos mayores, personas que trabajan en exteriores, ciclistas) y en personas con enfermedad pulmonar (EPOC y asma).</p> <p>Incremento en síntomas cardiovasculares, como dolor precordial, en personas enfermas del corazón, así como mayor probabilidad de muertes prematuras en personas con enfermedad cardíaca o pulmonar.</p>
<b>Extremadamente Mala</b>	<p>Extremadamente alto: Para todos los contaminantes criterio, incremento en la probabilidad de síntomas severos respiratorios en población general.</p> <p>Serios efectos respiratorios y agravamiento de síntomas en personas sensibles (niños, adultos mayores, persona con deficiencias nutricionales) y en personas con enfermedad pulmonar (asma y EPOC). Agravamiento de síntomas cardiovasculares en enfermos del corazón (como angina de pecho) e incremento en la probabilidad de muerte prematura en personas con enfermedad pulmonar y cardíaca.</p>

**Tabla 2. 3** Efectos de la exposición a PM2.5 en la salud asociados al índice aire y salud. Fuente: NOM-172-SEMARNAT-2019

Datos del INEGI (2020) mencionan que la tasa de mortalidad por cada 10 000 habitantes por enfermedades del corazón en el país fue del 17.3; para Veracruz

21.8, mientras que para Tabasco del 18.6 y Chiapas 15.4; por enfermedades cerebrovasculares 2.93 a nivel nacional; por enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (EPOC) 1,74, 21 942 personas en total; las defunciones por influenza y neumonía se ubican en la cuarta posición, entre las principales causas para personas que fallecen con menos de 5 años con una tasa del 4.6, un total de 58038 personas. Las causas donde se observan los mayores excesos de mortalidad en número de casos son: enfermedades del corazón 60 537 muertes (38.8%), e influenza y neumonía 25 411 (81.8 por ciento).

### **2.3 DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES EN LA ATMÓSFERA**

Las plumas de gases calientes que contienen contaminantes aerotransportados ascienden de los incendios forestales a la capa mixta o de mezcla. Estos penachos pueden desprenderse de la capa mixta y ser transportados a largas distancias en la troposfera libre por los vientos predominantes (Crutzen, 1990; Pahlow, 2005)

Los contaminantes son transportados en la troposfera mediante dos fenómenos físicos conocidos como difusión y advección (Santa Cruz, 2000. Por su parte Gillies et al. (1996) reportó que algunos contaminantes como aquellas partículas con diámetros inferiores a 5 micras son capaces de transportarse más allá de 500km.

Si bien la advección se refiere al arrastre del fluido por medio de una fuerza externa como lo son el agua o el viento, mientras que la difusión analiza la forma en la que este arrastre sucede.

La difusión molecular se caracteriza por un movimiento ordenado del contaminante en la troposfera, existiendo unas líneas de corriente y trayectorias bien definidas; mientras que, en la difusión turbulenta, el contaminante presenta un movimiento caótico sin que exista una única trayectoria (Rivas, 2003)

### **2.4 HYSPLIT: MODELOS DE MESOESCALA**

HYSPLIT® es un sistema completo para calcular la trayectoria, transporte, dispersión, transformación química y deposición de partículas simples en el aire que se originan en una variedad de fuentes y puede utilizar una gran variedad de datos de modelos meteorológicos en sus cálculos, pues el software cuenta con una amplia

base de datos meteorológicas que datan de 1900 hasta la actualidad, desde permitiendo modelados desde meso escala hasta escalas globales. El modelado de la trayectoria de dispersión de las emisiones permite conocer el destino final de estos, con lo cual se consigue estudiar los efectos de un contaminante en un sitio, así como predecir futuros acontecimientos en la atmósfera.

Mediante HYSPLIT se puede dar seguimiento y pronóstico de la liberación de material radioactivo, humo de incendios forestales, polvo arrastrado por el viento, contaminantes de diversas fuentes de emisión estacionarias y móviles, alérgenos y cenizas volcánicas. Sin embargo, el software no contempla reacciones químicas, gases densos, subproductos de incendios, explosiones, gases liberados que no tienen flotabilidad neutra, terreno distinto al resuelto por el terreno del modelo meteorológico, Tasa de emisión variable con el tiempo (excepto para la simulación de quema controlada), tasa de emisión variable con la altura (excepto para simulación de ceniza volcánica).

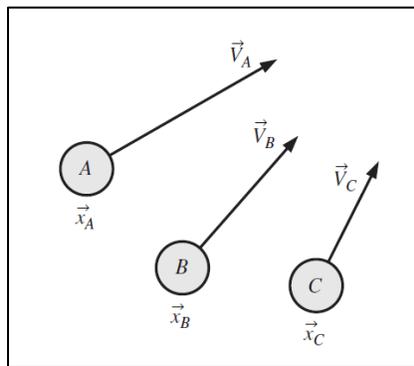
El software HYSPLIT a través de la metodología Euleriana utiliza una cuadrícula tridimensional fija como un marco de referencia para calcular las concentraciones de contaminantes en el aire y el enfoque Lagrangiano que utiliza un marco de referencia móvil para los cálculos de advección y difusión a medida que las trayectorias o parcelas de aire se mueven desde su ubicación inicial, calcula y modela la trayectoria y dispersión contaminantes aéreos para posteriormente interpretar los resultados de manera gráfica. (Stein et al., 2015).

El transporte del humo de los incendios forestales y su efecto sobre el clima ha sido un tema de interés de la (Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica) NOAA al menos desde mediados del siglo pasado (Smith 1950, citado por Stein, 2015) y la modelización del movimiento del humo de los grandes incendios forestales ha sido una actividad de desarrollo constante del Laboratorio de Recursos del Aire (ARL) desde 1998 (Rolph et al. 2009 citado por Stein, 2015). Esta investigación finalmente condujo a los primeros pronósticos operativos de humo sobre los EE. UU. continentales en 2007 por parte de la NOAA en apoyo de la Capacidad Nacional de Pronóstico de la Calidad del Aire (Rolph et al. 2009, citado por Stein 2015). En la actualidad, además de los Estados Unidos continentales, se

producen diariamente pronósticos de humo para Alaska y Hawái para brindar orientación a los pronosticadores de la calidad del aire y al público sobre los niveles de partículas con diámetros inferiores a 2,5  $\mu\text{m}$  (PM 2,5) en el aire.

El enfoque lagrangiano y euleriano permiten describir la cinemática de los fluidos. La diferencia consiste en que el enfoque lagrangiano se centra en el movimiento de las partículas o masa de partículas a través de un fluido, este método identifica una partícula de fluido y la sigue en su movimiento: consiste en fijar la atención sobre una porción del fluido en movimiento, en cambio, el enfoque euleriano se centra en un punto fijo en el espacio con lo que se pueden determinar las características del flujo como la velocidad, densidad de temperatura, entre otras. De las partículas que pasen por el punto como función de tiempo. No identifica una partícula para seguir su movimiento. Define un campo de velocidades (Cengel, 2006).

El enfoque lagrangiano incluye seguir el rastro del vector de posición de cada objeto,  $\vec{x}_A, \vec{x}_B, \dots$ , y del vector de velocidad de cada uno de ellos,  $\vec{V}_A, \vec{V}_B, \dots$ , como funciones del tiempo y con ello seguir una masa fija. (Figura 2.3)



**Figura 2. 3** La descripción Lagrangiana, sigue la huella de la posición y de la velocidad de cada partícula.

Fuente: Cengel, 2006

Las limitantes del modelo lagrangiano es que no se pueden definir e identificar con facilidad las partículas de un fluido conforme se desplazan en todas direcciones, las masas de fluidos se deforman de manera continua a través de una transición progresiva en un espacio de tiempo determinado. (CENGEL, 2006)

El enfoque euleriano por su parte es el método más común de descripción del flujo de fluidos, donde se define un volumen finito (dominio de flujo o volumen de control)

a través del cual un fluido fluye hacia adentro o hacia afuera y no es necesario seguir el rastro de la posición y la velocidad de una masa fija de partículas de fluido. En esta descripción se definen variables de campo, funciones del espacio y el tiempo dentro del volumen de control (*Figura 2.4*), por ejemplo:

El campo de presión es un campo de variable escalar:

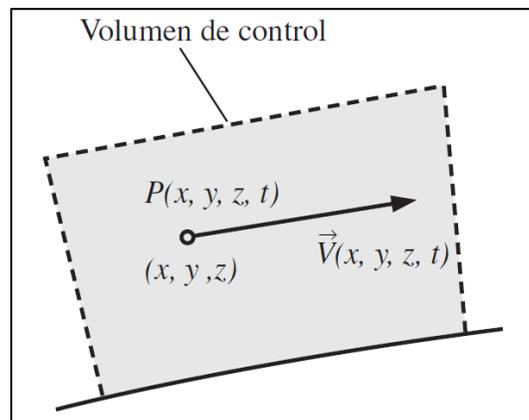
Campo de presión:  $P = P(x, y, z, t)$ ;

De manera semejante se define el campo de velocidad como un campo de variable vectorial:

Campo de velocidad:  $\vec{V} = \vec{V}(x, y, z, t)$

Del mismo modo, el campo de aceleración también es un campo de variable vectorial;

Campo de aceleración:  $\vec{a} = \vec{a}(x, y, z, t)$



**Figura 2. 4** La descripción euleriana define las variables de un campo, como el campo de presión y el campo de velocidad en cualquier lugar y cualquier instante. Fuente: Cengel, 2006

En la descripción euleriana en realidad no importa lo que sucede a las partículas de fluido por separado; en lugar de ello, se centra la atención en la presión, la velocidad, la aceleración, etcétera, de cualquiera que sea la partícula de fluido que llegue a estar en el lugar de interés en el momento de interés.

## 2.5 MODELOS PARA EL CÁLCULO DE TRAYECTORIAS

Un modelo es una representación simplificada de un fenómeno, proceso o sistema más complejo el cual nos permite mejorar el entendimiento del fenómeno, facilitar

la predicción del comportamiento y llevar a cabo simulaciones. Los modelos de dispersión atmosférica son comúnmente diseñados, evaluados y probados utilizando datos de la concentración en aire de varios contaminantes. Para aplicaciones de dispersión de rangos cortos, las concentraciones atmosféricas de los contaminantes pueden ser muy grandes y fácilmente atribuírsele a una fuente específica. Así mismo, a mayor distancia transportada, las concentraciones de varios contaminantes de diferentes fuentes se pueden llegar a mezclar y hacer más difícil atribuir una fuente acertada a un valor específico medido de al contaminante (Draxler, 2004).

#### Modelado del Movimiento de Partículas

El cálculo de la nueva posición de una partícula en un paso de tiempo ( $t + \Delta t$ ) debido a la advección media del viento determina la trayectoria que seguirá una partícula o bocanada. En otras palabras, el cambio en el vector de posición  $\mathbf{P}_{\text{mean}}$  con el tiempo

$$\mathbf{P}_{\text{mean}}(t + \Delta t) = \mathbf{P}_{\text{mean}}(t) + \frac{1}{2} \left[ \mathbf{V}(\mathbf{P}_{\text{mean}}, t) + \mathbf{V} \left( \left\{ \mathbf{P}_{\text{mean}}(t) + \left[ \mathbf{V}(\mathbf{P}_{\text{mean}}, t) \Delta t \right] \right\}, t + \Delta t \right) \right] \Delta t \quad (1)$$

se calcula a partir del promedio de los vectores de velocidad tridimensionales  $\mathbf{V}$  en sus posiciones inicial y de primera estimación ( Draxler y Hess 1998 ). La ecuación (1) es la base para el cálculo de trayectorias en HYSPLIT. Solo se considera el componente de advección cuando se ejecutan trayectorias. El componente de dispersión turbulenta solo se necesita para describir el transporte atmosférico y los procesos de mezcla para partículas 3D y bocanadas.

Para calcular concentraciones en el aire es necesario un seguimiento de todas las partículas necesarias para representar la distribución espacial y temporal de un contaminante. Esto se puede lograr explícitamente siguiendo la trayectoria de cada partícula, a las cuales se les agrega una componente aleatoria a sus velocidades medias (basadas en el modelo meteorológico) para representar la dispersión de la nube de contaminación. Las siguientes ecuaciones representan el cálculo del movimiento horizontal de cada partícula: (Stein et al., 2015).

$$X_{\text{final}}(t + \Delta t) = X_{\text{mean}}(t + \Delta t) + U'(t + \Delta t)\Delta t \quad (2)$$

$$Z_{\text{final}}(t + \Delta t) = Z_{\text{mean}}(t + \Delta t) + W'(t + \Delta t)\Delta t, \quad (3)$$

donde  $U'$  y  $W'$  corresponden a los componentes de la velocidad turbulenta,  $X_{\text{mean}}$  y  $Z_{\text{mean}}$  son los componentes medios de las posiciones de las partículas, y  $X_{\text{final}}$  y  $Z_{\text{final}}$  son las posiciones finales en la horizontal y la vertical, respectivamente. El componente de turbulencia siempre se agrega después del cálculo de la advección.

Aquí,  $U'$  y  $W'$  se calculan con base en la ecuación de Langevin de tiempo discreto modificada, que se expresa en función de la varianza de la velocidad, una cantidad estadística derivada de los datos meteorológicos y la escala de tiempo de Lagrange.

HYSPLIT permite calcular trayectorias múltiples hacia adelante y hacia atrás permite la representación de patrones de flujo de aire para interpretar el transporte de contaminantes en diferentes rangos espaciales y temporales. Con frecuencia, las trayectorias se utilizan para rastrear el historial de la masa de aire o para pronosticar el movimiento de la masa de aire y para tener en cuenta la incertidumbre en los patrones de viento asociados. Agrupar trayectorias que comparten algunos puntos en común en el espacio y el tiempo simplifica su análisis e interpretación y también reduce la incertidumbre en la determinación de las vías de transporte atmosférico.

## 2.6 SISTEMA DE GEOREFERENCIACIÓN

Los sistemas de georreferenciación son herramientas que tienen como objetivo la representación de cualquier tipo de información que se pueda asociar al espacio geográfico. Es una técnica cuya finalidad es asignar unas coordenadas geográficas a unos puntos del espacio geográfico. (Navarro, 2018).

Estos sistemas son de mucha utilidad para la interpretación de información satelital o instrumentos como el Espectrorradiómetro de Imágenes de Media Resolución (MODIS) que mejoran nuestra comprensión de la dinámica global y los procesos que ocurren en la tierra, en los océanos y en la atmósfera inferior. MODIS sensor orbital, capaz de detectar tanto la luz visible como la radiación termal infrarroja (IR),

lo que permite descubrir cualquier fuente de calor, incluso aquellas que nos son visibles para el ojo humano (NASA, 2001).



**Figura 2. 5** Detección de humo por medio de MODIS Fuente: Proyecto MUDI de la NASA (NASA, 2001)

Google Earth® es un servicio web de Google® de tecnología de búsqueda geográfica que permite realizar georreferenciaciones locales con vista satelital y mapas 3D satelitales del mundo. El proceso de georreferenciación en Google Earth® permite asignar coordenadas a una imagen utilizando puntos de control cuya posición se conoce tanto en la imagen con el sistema de coordenadas utilizado en la geo base de datos.

De manera similar, QGIS es una aplicación profesional de Sistemas de Información Geográfica (SIG) que proporciona una creciente gama de capacidades a través de sus funciones básicas y complementos. QGIS permite visualizar, gestionar, editar y analizar datos, y diseñar mapas imprimibles (QGIS, 2022).

## **2.7 INCENDIOS FORESTALES Y CALENTAMIENTO GLOBAL**

Un incendio forestal es el fuego que se extiende sin control sobre un terreno forestal que no estaba destinado a arder. Se localizan en zonas terrestres donde el principal uso de suelo no es ni urbano ni agrícola; son parte de la naturaleza ya que sirven de cambio y renovación en un ecosistema, el fuego si no es controlado puede destruir hogares, hábitats de vida silvestre y contaminar el aire con emisiones perjudiciales en la salud de los seres vivos (Johnson, M., S.F.).

Los incendios forestales pueden ser una fuente importante de gases de efecto invernadero, así como las emisiones de carbono que constituyen un papel fundamental en el sistema climático (IPCC, 2007). La combustión no completa de enormes cantidades de biomasa provoca la emisión de gases químicamente activos que contribuyen al cambio climático y afectan a la salud pública, tales como dióxido de carbono, monóxido de carbono, metano, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, compuestos orgánicos volátiles y material particulado con un diámetro igual a 10 micras, y con diámetro de partícula inferior a 2.5 micras. (Castillo, N., 2019). El inicio y desarrollo de un incendio forestal depende del clima, la topografía, la forma del combustible y el nivel de humedad de la zona. Cabe señalar que entre mayor cantidad de combustible exista en el área mayor será el fuego.

Los incendios forestales son producidos principalmente por quemas de limpia para uso del suelo en la agricultura, quemas de pasto para la obtención de 'pelillo' que sirve como forraje, con el objeto de combatir plagas y otros animales dañinos; fogatas en los bosques; lanzamiento de objetos encendidos sobre la vegetación herbácea; tormentas eléctricas, desprendimiento de las líneas de alta tensión y acciones incendiarias intencionales (UNAM, 2015).

El humo de los incendios forestales y quemas agropecuarias puede ser de color blanco cuando se queman combustibles ligeros como son los pastizales; gris claro al quemarse combustibles medios (matorrales pequeños); gris oscuro al quemarse combustibles más pesados (matorrales grandes y árboles) o amarillento al quemarse plantas o árboles resinosos, está compuesto por una mezcla de cientos o miles de gases producidos por la combustión de la vegetación y pequeñas partículas en suspensión que son arrastradas, muchos son contaminantes que afectan la salud, y otros contribuyen al cambio climático global. Entre los contaminantes que originan problemas de salud están los hidrocarburos aromáticos polinucleares, que se asocian con productos cancerígenos (USDA FS et al., 1989), los Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), el Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) (Dreisbach y Roberson, 1998), el monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) (Programa de las Naciones Unidas, [PNUMA], 1988).

El calentamiento global es un aumento gradual de la temperatura de la tierra, el cual es causado por la emisión de gases de efecto invernadero, el aumento de la deforestación, el empleo de fertilizantes en la agricultura y la descomposición de desechos sólidos (Sapkota, et al., 2018).

El efecto invernadero, es un fenómeno natural en el cual los gases que se encuentran en la atmósfera como el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, entre otros, absorben la radiación infrarroja emitida por los rayos del sol reteniendo la energía dentro de la atmósfera, evitando que esta salga al espacio exterior, lo cual regula la temperatura y origina un ambiente apto para el desarrollo de la vida en el planeta Tierra (Darkwah et al., 2018).

## **2.8 ÁREA DE ESTUDIO**

Reserva de la biosfera pantanos de Centla

La zona de estudio de los pantanos de Centla donde a menudo se reportan incendios forestales los cuales a través de la combustión emiten a la atmósfera material particulado (Comisión Nacional para el Conocimiento y el Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2022). El material particulado es muy inestable pues continua su recorrido de acuerdo con las condiciones meteorológicas que se presenten (Holloway, 2003). En la siguiente sección se presenta información del área de estudio, sus principales características y actividades antropogénicas que se llevan a cabo en la zona.

Los pantanos de Centla es un área natural protegida que se ubica entre las coordenadas 17°57' 53" y 18°39' 03" Latitud Norte(LN) y 92°06' 39" y 92°47' 58" Longitud Oeste(LO) (Carabias, et al., 2000), al noreste del estado de Tabasco abarca 302,706.62 ha y se distribuye en los municipios de Centla, Jonuta, Macuspana y Campeche (*Figura 2.5*), es el área más amplia de humedales en Norteamérica; refugio y zona de reproducción para amplias poblaciones de aves acuáticas migratorias, tiene una alta riqueza biológica que también alberga uno de los sistemas hidrológicos más grandes de México (Ríos Grijalva y Usumacinta). Fue decretada como Reserva de la Biósfera el 6 de agosto de 1992 y, en 1995, fue inscrita en la Lista de Humedales de Importancia Internacional (SEMARNAT, 2016).



**Figura 2. 6** Ubicación de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México. Fuente: INE, 2000.

La reserva de la biosfera pantanos de Centla comprende tres tipos de clima:

- Am(f) 51%: Cálido húmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del 51% mes más frío mayor de 18°C, con precipitación anual mayor de 1,000 mm y precipitación del mes más seco de 0 a 60 mm; lluvias de verano mayores al 10.2% anual.
- Aw2(x') 31%: Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano mayores al 10.2% anual.
- Aw1 18%: Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, precipitación media anual de 500

a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual (Arriaga, et al., 2000)

El clima es en general cálido y húmedo con abundantes lluvias en verano; con una temperatura máxima promedio de 30.8 °C, y la mínima promedio de 20.5 °C, registrándose la más alta en el mes de mayo, y la mínima en los meses de diciembre y enero.

Los pantanos son uno de los ecosistemas de mayor diversidad biológica debido a sus estuarios, dunas, pantanos, manglares, islas fluviales y espejos de agua, donde habitan diversos peces, moluscos, insectos, reptiles, aves, mamíferos marinos, algas y plantas. Entre la flora y fauna de los pantanos de Centla destacan el mangle rojo, negro y blanco, el mono aullador, caimanes e iguanas verdes, y algunas de las especies en riesgo registradas son: jaguar, ocelote, manatí, halcón peregrino, tortuga blanca y la cigüeña jabirú, el ave más grande de México.

Los suelos dominantes son del tipo Gleysol éutrico (Ge) y Gleysol vertido (Gv) (INEGI 2014). El gradiente altitudinal dentro de la RBPC es a nivel de mar, con elevación máxima de 30m, situada en el centro-este de la Reserva. La pendiente es escasa en más del 95% de la RBPC (Manzanilla, et al., 2021).

Las reservas de la biósfera son lugares establecidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), en los cuales se busca encontrar un equilibrio entre el hombre y su entorno, es importante mencionar que son espacios representativos de un ecosistema valioso, pero no son espacios naturales protegidos. Estos territorios son adecuados para la conservación, investigación científica y aplicación de modelos de desarrollo sostenible (Scotece, 2020) .

Los humedales como los pantanos de Centla absorben el dióxido de carbono de la atmósfera en forma de carbono a través del crecimiento de sus hojas, troncos y raíces, y del suelo. Al momento de destruir los humedales todo el carbono que había sido previamente capturado se libera, por lo que los humedales juegan un papel fundamental en el medio ambiente. Estos ecosistemas solo ocupan una pequeña parte de la superficie terrestre, pero son un sistema esencial pues regulan los procesos ecológicos básicos de la vida, como el ciclo hidrológico y el ciclo del

carbono. Son las arterias y venas del paisaje. Tienen una rica biodiversidad y son esenciales para la vida humana. Actúan como fuente y purificador de agua, protegen las costas y sirven como vasos reguladores que previenen inundaciones ante la subida del nivel del mar. Son esenciales para la agricultura y la pesca. Un mundo sin humedales es un mundo sin agua. (Marín, et al., 2013).

Dentro de la Reserva habitan un promedio de 17,000 personas en 72 comunidades, existen alrededor de 3600 viviendas que carecen en gran parte de los servicios básicos. La actividad primaria se basa en la pesca que aporta el 19% de la producción de la entidad, el 1% del territorio es ocupado en agricultura, el 14% en ganadería y no está permitido el aprovechamiento cinegético ni forestal (INEGI 2014).

Las prácticas inadecuadas en la zona han propiciado el deterioro de esta, las principales a corto plazo son quemas periódicas de la vegetación en temporadas de sequía, falta de organización de las dependencias federales en la aplicación de políticas públicas adecuadas para la reserva, contaminación industrial, agrícola y urbana por la presencia de asentamientos humanos en las áreas cercanas a la zona núcleo. A mediano plazo, desarrollo de la explotación petrolera. A largo plazo desecación del sistema por la posible construcción de presas como la hidroeléctrica en Boca del Cerro, en Tenosique, o de represas, construcción de caminos, desarrollo desordenado de la agricultura y sobreexplotación de recursos para la venta ilegal (Arriaga, L., 2017).

## CAPÍTULO III: PARTE EXPERIMENTAL

### 3.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

3.1.1 Se solicitó el registro anual de los puntos de calor detectados en México en el periodo 2016 al 2019 a la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA).

3.1.2 Se seleccionó y delimitó el sitio, se generó un el polígono de los pantanos de Centla y se identificaron sus coordenadas.

Se eligieron los pantanos de Centla debido a la importancia que tiene en el estado de Tabasco al ser una de las zonas con mayor biodiversidad que funcionan como sumidero de carbono y debido a que no se conoce algún estudio o investigación similar donde se analice la trayectoria de contaminantes provenientes de este sitio. En la *Figura 3.1* se muestra la delimitación del área de estudio, para delimitar el perímetro de la reserva se utilizaron las siguientes coordenadas: superior izquierdo: 18°39'3.00"Norte (N) -92°47'58.00"Oeste (O); superior derecho: 18°39'3.00"N -92° 6'39.00"O; inferior izquierdo: 17°57'53.00"N -92°47'58.00"O e inferior derecho: 17°57'53.00"N -92° 6'39.00"O.

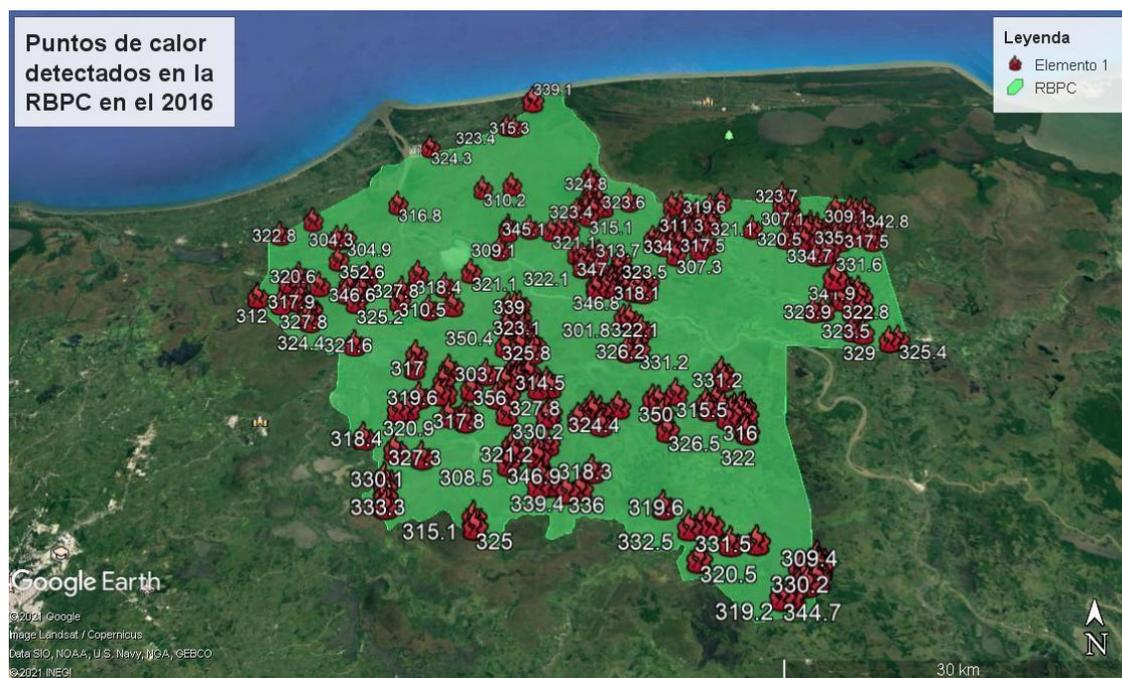


**Figura 3. 1** Delimitación del área de estudio en la zona de los pantanos de Centla. Fuente: Elaboración propia.

3.1.3 Mediante las coordenadas geográficas que se utilizaron para la elaboración del polígono que delimita el perímetro de los pantanos, se realizó el filtrado de los puntos de calor detectados en los pantanos de Centla en Tabasco en el periodo 2016-2019, siendo estos los años con mayor incidencia y número de incendios a la fecha del inicio de la investigación (2020), posteriormente de manera manual se descartaron aquellos puntos de calor que no se encontraban dentro de la zona de interés para proceder con las representaciones graficas.

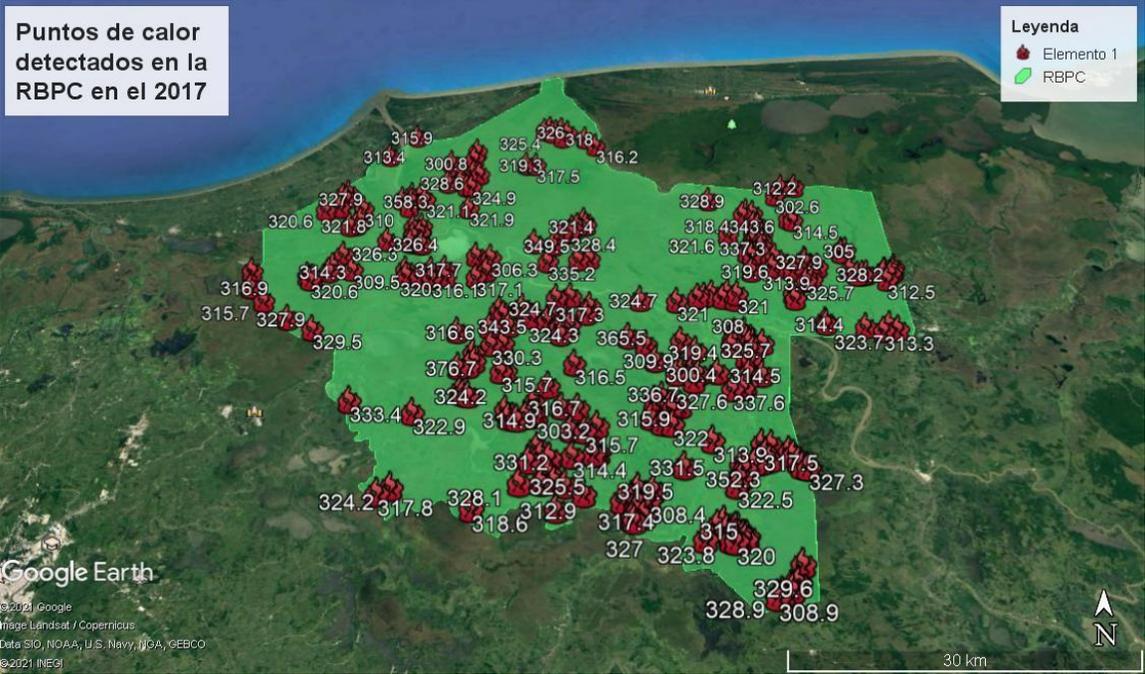
3.1.4 Las *figuras 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5* muestran en Google Earth® los puntos de calor para los años 2016, 2017, 2018 y 2019 respectivamente para identificar los sitios con mayor concentración e incidencia de incendios.

En la *Figura 3.2* se observan 305 puntos de calor detectados de manera satelital por FIRMS-NASA en el año 2016 en el periodo 01 de enero al 31 de diciembre. Se identificó una mayor cantidad de incendio en la zona noreste y suroeste de la reserva de la biosfera pantanos de Centla en el estado de Tabasco.



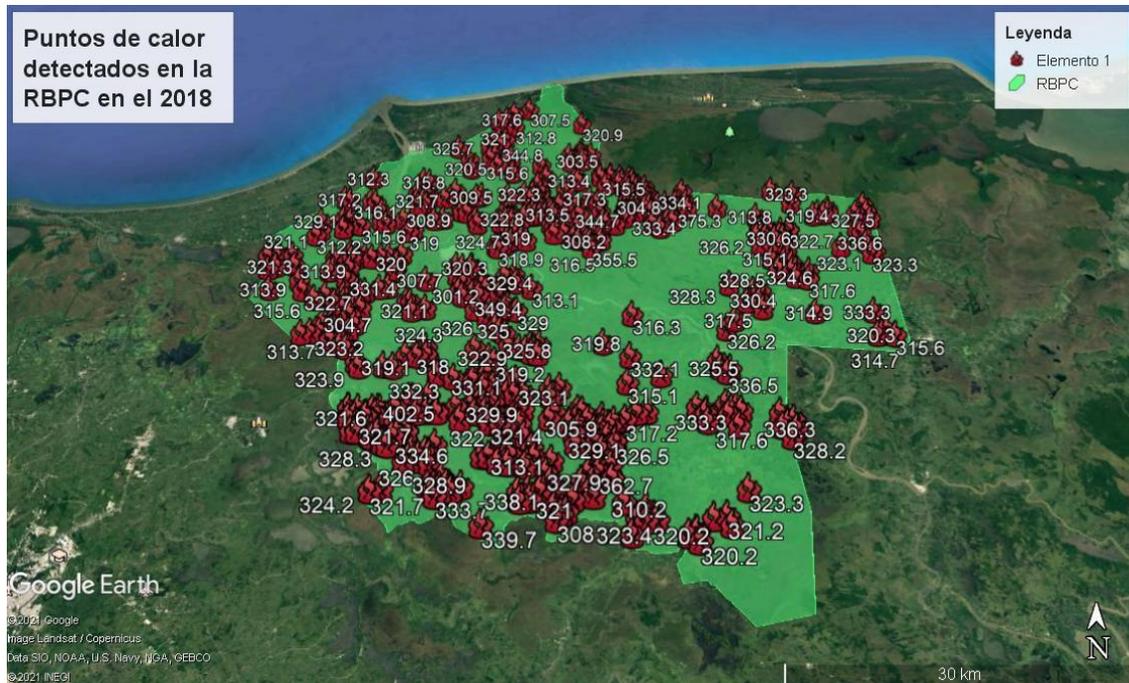
**Figura 3. 2** Puntos de calor detectados por MODIS en la RBPC en el año 2016. Fuente: Elaboración propia.

El reporte de puntos de calor por parte de la FIRMS-NASA en el año 2017 fue de 295, una cantidad baja a comparación del año 2016. En la *Figura 3.3* se observa la representación de los puntos de calor en la RBPC, habiendo mayor aglomeración en la zona noreste y sureste de la reserva.



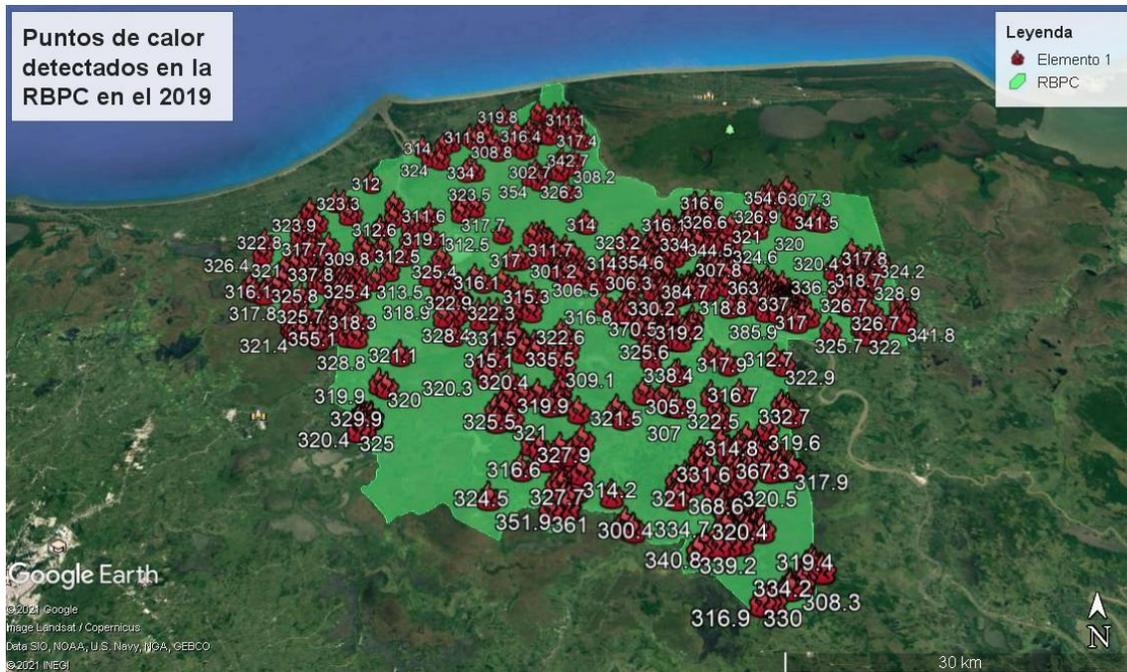
**Figura 3. 3** Puntos de calor detectados por MODIS en la RBPC en el año 2017. Fuente: Elaboración propia

En la *Figura 3.4* se representan con icono de fuego los 577 puntos de calor registrados en la base de datos de la FIRMS-NASA durante el periodo comprendido a partir del 01 de enero del 2018 al 31 de diciembre del mismo año. De donde se observa que a diferencia del año 2017 las zonas con mayor número de puntos de calor registrados son al noroeste, suroeste, así como al norte de la reserva, las causas pudieran deberse a sí mismo a la caza furtiva, quema de pastizales y zonas de cultivo.



**Figura 3. 4** Puntos de calor detectados por MODIS en la RBPC en el año 2018. Fuente: Elaboración propia

Durante el año 2019 se detectaron 705 puntos de calor en la zona de estudio Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, con temperaturas desde 300.4 K hasta 415.6 K siendo esta ultima la de mayor intensidad en el periodo comprendido del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2019. En la *Figura 3.5* se observa el total de puntos de calor distribuidos por la reserva, resaltando la temperatura de estos se observa y concluye que hay sitios donde hay una presencia mayor de conglomeración debido al incremento de incidencias. En el año 2019 las zonas con mayores aglutinamientos se registraron al este y noroeste, así como el sureste de la reserva, esto pudiera deberse a la presencia de zonas de cultivos y a la caza furtiva en la zona de los humedales.



**Figura 3. 5** Puntos de calor detectados por MODIS en la RBPC el año 2019. Fuente: Elaboración propia

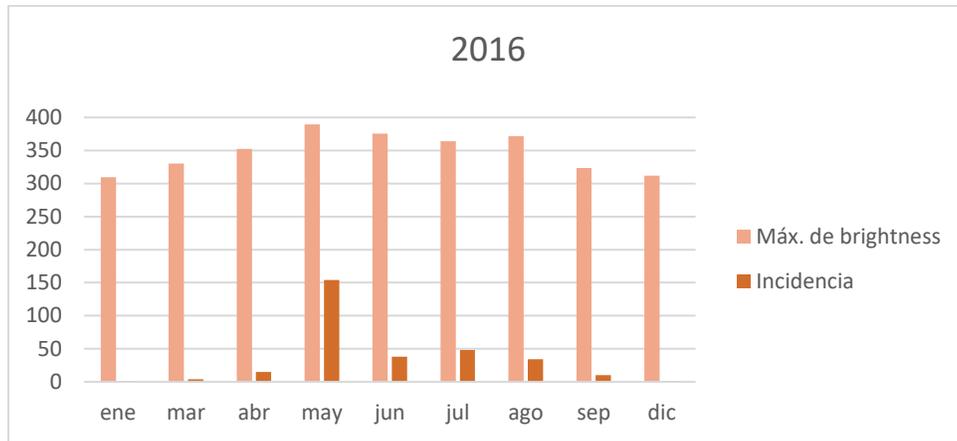
De manera general se observa que conforme avanzan los años, es cada vez más frecuente la detección de puntos de calor en la zona, así como los incendios forestales y la destrucción de los humedales a causa de la quema de biomasa que de acuerdo a datos obtenidos por la CONAFOR-Tabasco en el año 2020, la principal causa de los incendios en los pantanos de Centla es la caza furtiva ilegal, así como incendios para la preparación de cultivos que de una u otra manera se salen de control destruyendo la flora y fauna endémica del sitio y afectando la calidad el aire de la zona (R. Alex, comunicación personal, 23 de octubre, 2020).

3.1.5 Con la finalidad de identificar las máximas intensidades de los puntos de calor se clasificaron los puntos de calor reportados por mes y año (2016, 2017, 2018 y 2019) como se muestra en las *tablas 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4* respectivamente. Y se graficó por año la incidencia de los incendios con la intensidad de los puntos de calor para analizar el comportamiento de los incendios de manera mensual (*Gráficas 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4*).

De acuerdo con la *tabla 3.1* y *grafica 3.1* se identifica que en el año 2016 durante el mes de mayo la incidencia en los puntos de calor fue mayor con 154, así mismo son estos puntos de calor los que reportaron mayor intensidad con 389.4 K. En la zona durante el verano se registran las temperaturas más altas, y la temporada con mayor afluencia de lluvias por lo que es la temporada perfecta para la preparación de tierras de cultivos pudieran tener una influencia sobre los incendios en la zona de estudio.

Meses	Intensidad del punto de calor máx. (K)	Incidencia
<b>Enero</b>	<b>309.5</b>	<b>1</b>
<b>Marzo</b>	<b>330.2</b>	<b>4</b>
<b>Abril</b>	<b>*352.6</b>	<b>15</b>
<b>Mayo</b>	<b>*389.4</b>	<b>154</b>
<b>Junio</b>	<b>*375.4</b>	<b>38</b>
<b>Julio</b>	<b>*363.8</b>	<b>48</b>
<b>Agosto</b>	<b>*371.8</b>	<b>34</b>
<b>Septiembre</b>	<b>323.4</b>	<b>10</b>
<b>Diciembre</b>	<b>312</b>	<b>1</b>
<b>Promedio/Total general</b>	<b>389.4</b>	<b>305</b>

**Tabla 3. 1** Puntos de calor con mayor intensidad del año 2016. \*Meses del año en los que se detectaron intensidades mayores a 350 K. Fuente: *Elaboración propia.*

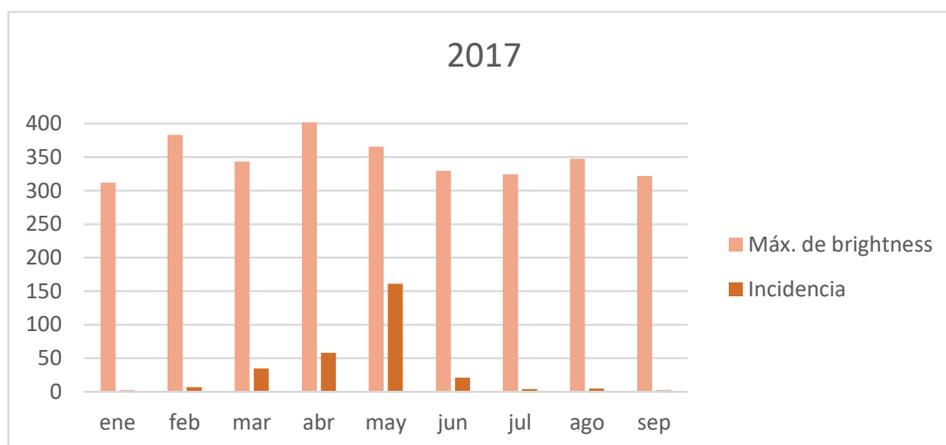


**Gráfica 3. 1** Comportamiento de los incendios en el año 2016. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la *tabla 3.2* y *gráfica 3.2* se identifica que en el año 2017 durante el mes de mayo se reportó la mayor incidencia con 161 en los puntos de calor, sin embargo, es en el mes de abril donde se encuentran los puntos de calor con mayor intensidad con 401.9 K, con estos resultados se observa que no siempre el mes con mayor incidencia tendrá el punto de calor con mayor intensidad.

Meses	Intensidad del punto de calor máx. (K)	Incidencia
Enero	312.2	2
Febrero	*383.4	7
Marzo	343.5	35
Abril	*401.9	58
Mayo	*365.5	161
Junio	329.6	21
Julio	324.2	4
Agosto	*347.5	5
Septiembre	321.9	2
Promedio/ Total general	401.9	295

**Tabla 3. 2** Puntos de calor con mayor intensidad del año 2017. \*Meses del año en los que se detectaron intensidades mayores a 350K. Fuente: Elaboración propia.

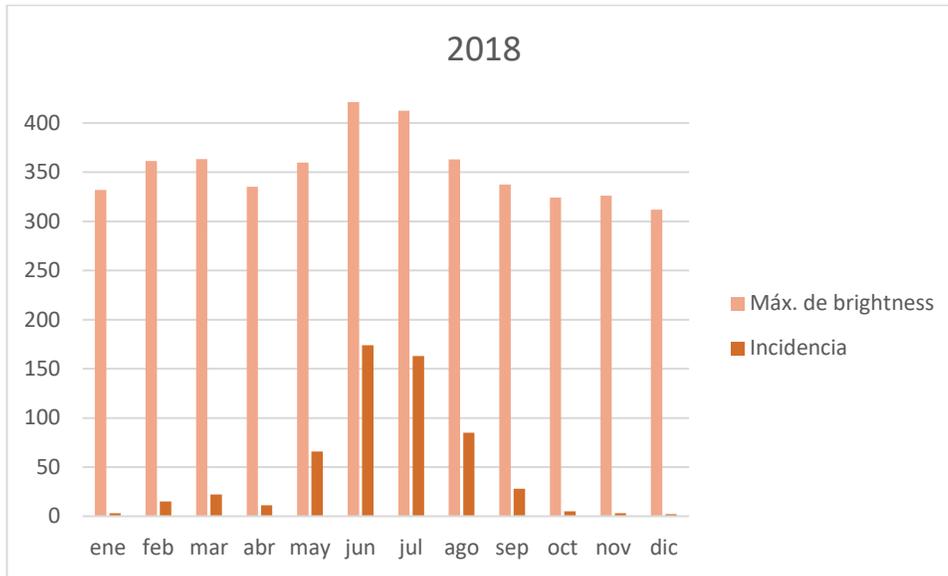


**Gráfica 3. 2** Comportamiento de los incendios en el año 2017. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la *tabla 3.3* y *gráfica 3.3* se identifica que en el año 2018 durante el mes de junio la incidencia en los puntos de calor fue mayor con un total de 174, así mismo el mes de junio fue el que reportó puntos de calor con mayor intensidad con una temperatura de 425 K.

Mes	Intensidad del punto de calor máx. (K)	Incidencia
Enero	331.9	3
Febrero	*361.5	15
Marzo	*363.2	22
Abril	335.3	11
Mayo	*359.8	66
Junio	*425	174
Julio	*412.4	163
Agosto	*362.9	85
Septiembre	337.4	28
Octubre	324	5
Noviembre	326.2	3
Diciembre	312	2
<b>Total general</b>	<b>425</b>	<b>577</b>

**Tabla 3. 3** Puntos de calor con mayor intensidad del año 2018. \*Meses del año en los que se detectaron intensidades mayores a 350K. Fuente: Elaboración propia.

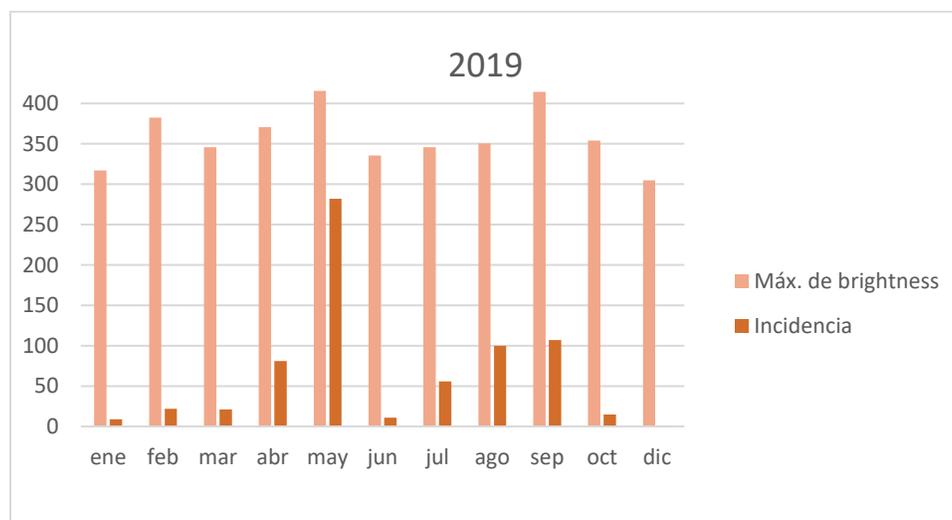


**Gráfica 3. 3** Comportamiento de los incendios en el año 2018. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 3.4 y grafica 3.4 se identifica que, en el año 2019, el mes que reporto la mayor intensidad en sus puntos de calor fue mayo con un brillo máximo reportado de 415.6 K, teniendo este mismo mes la incidencia más alta con 282 puntos de calor detectados en la RBPC seguido de septiembre con un reporte de 107 puntos de calor.

Mes	Intensidad del punto de calor máx. (K)	Incidencia
Enero	317	9
Febrero	*382.3	22
Marzo	*345.8	21
Abril	*370.5	81
Mayo	*415.6	282
Junio	335.5	11
Julio	345.8	56
Agosto	*350.4	100
Septiembre	*414.4	107
Octubre	*354	15
Diciembre	305	1
<b>Total general</b>	<b>415.6</b>	<b>705</b>

**Tabla 3. 4** Puntos de calor con mayor intensidad del año 2019. \*Meses del año en los que se detectaron intensidades mayores a 350K. Fuente: Elaboración propia.



**Gráfica 3. 4** Comportamiento de los incendios en el año 2019. Fuente: Elaboración propia

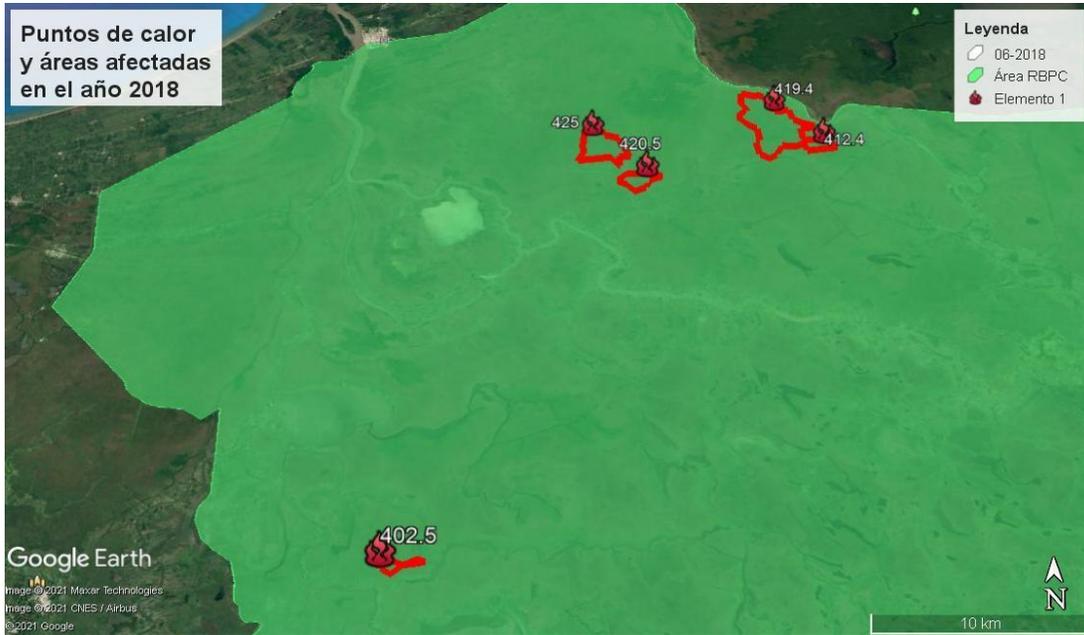
Con las figuras se observó la tendencia en cuanto a incendios del año 2016 al 2019 reportando a los meses de abril y mayo con la mayor incidencia y brillo máximo, reportes del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) mencionan que

en el estado de Tabasco se reportan las mayores temperaturas a finales de la primavera y a inicios del verano reportando en el mes de mayo una temperatura máxima promedio de 36°C, lo cual indica que el clima y las estaciones del año son un factor importante en la propagación y generación de los incendios.

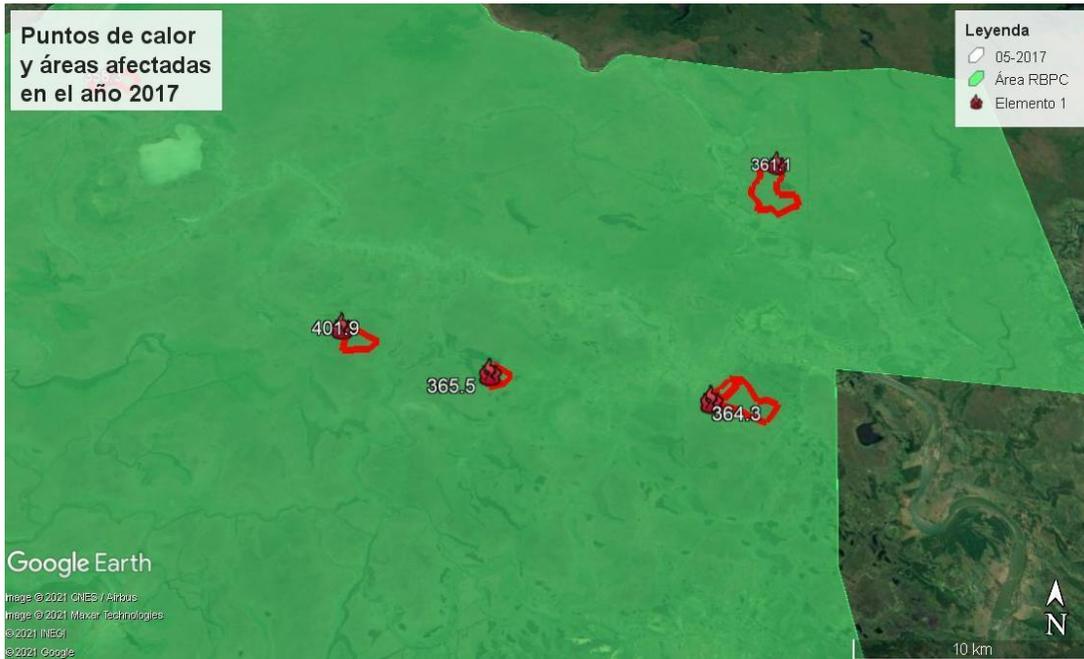
Al tener seleccionados e identificados los 5 puntos de calor con intensidad mayor a 350 K por año, se procedió a relacionar las coordenadas de los puntos de calor de la FIRMS-NASA con las bases de datos de la CONAFOR y Sistema Nacional de Información de Incendios Forestales (SNIIF) para identificar las hectáreas consumidas por incendio dentro de la RBPC de acuerdo con las fechas y coordenadas reportadas obteniendo las figuras 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9 para los años 2019, 2018, 2017 y 2016 respectivamente. En las cuales se observa que mayormente los incendios ocurridos y de mayor intensidad se encuentran por lo regular en la misma zona dentro del área de los pantanos.



**Figura 3. 6** Área afectada por incendios forestales mayores a 350K en el año 2019, los cuales se encuentran localizados al este de la RBPC. Fuente: Elaboración propia



**Figura 3. 7** Área afectada por incendios forestales mayores a 350K en el año 2018, ubicados el noroeste y suroeste de la reserva. Fuente: Elaboración propia



**Figura 3. 8** Área afectada por incendios forestales mayores a 350K en el año 2017, los cuales se encuentran localizados al este de la RBPC Fuente: Elaboración propia



**Figura 3. 9** Área afectada por incendios forestales mayores a 350K en el año 2016, localizados al noreste y suroeste de la RBPC. Fuente: Elaboración propia

En la *tabla 3.5* se detallan los incendios ocurridos en el periodo 2016-2019, de los cuales se identificaron los que de acuerdo con la intensidad del punto de calor y extensión en hectáreas afectadas son los más significativos.

FECHA	INTENSIDAD DEL PUNTO DE CALOR (K)	HECTÁREAS AFECTADAS
28/05/2016	389.4	681
11/05/2016	*383	1703
30/05/2016	382.6	548
15/06/2016	375.4	183
12/07/2016	363.8	232
13/04/2017	401.9	153
19/05/2017	365.5	90
03/05/2017	364.3	312
27/05/2017	*361.1	545
19/04/2017	358.3	334
01/06/2018	425	665
01/06/2018	420.5	250
01/06/2018	*419.4	1600
19/07/2018	412.4	175
28/07/2018	402.5	60
28/05/2019	415.6	22
12/05/2019	*394.2	374
28/05/2019	393.9	39
28/05/2019	385.9	167

**Tabla 3. 5** En sombreado los incendios con mayor extensión de hectáreas afectas por año en el periodo 2016-2019. \* Fuente: Elaboración propia

### 3.2 GENERACIÓN DE SIMULACIONES

Una vez clasificada y seleccionada la información de los incendios más significativos por mes durante los años 2016 a 2019, así como las hectáreas de terreno forestal quemadas se procedió a generar las simulaciones del modelo atmosférico. Las simulaciones de la trayectoria concentración y deposición de partículas generadas a partir de la base de datos meteorológica GDAS en HYSPLIT (versión 5.0.0), nos

permitieron conocer la dispersión y el alcance de los contaminantes específicamente partículas menores a 2.5 micras liberados durante los incendios forestales más representativos de acuerdo con intensidad y extensión territorial en el periodo 2016 al 2019 en los Pantanos de Centla y con ello relacionar el comportamiento de los contaminantes durante dichos eventos con las posibles consecuencias que estas concentraciones de material particulado pudieran ocasionar en el medio ambiente así como en la salud de las personas que habitan en los sitios de depósito.

Las simulaciones se guardaron en formato kmlz para poder visualizarlas en Google Earth y QGis donde posteriormente se hizo el recuento de las colonias ameznadas más afectadas por las concentraciones de material particulado.

Los pasos por seguir para generar las simulaciones de los modelos de trayectoria son:

- 3.2.1 Ingresar al sitio de HYSPLIT ( <https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php> ) y seleccionar la opción “Get/Run HYSPLIT”.
- 3.2.2 Seleccionar la opción para “Compute archive trajectories”
- 3.2.3 Seleccionar el número y tipo de trayectorias
- 3.2.4 Seleccionar la base de datos meteorológica: Global Data Assimilation System (GDAS) 2006-presente e ingresar las coordenadas del punto de calor en grados decimales.
- 3.2.5 Completar los campos necesarios para correr el modelo como son la dirección de trayectoria, movimiento vertical, hora de inicio en UTC (Tiempo Coordinado Universal), seleccionar el tiempo total de ejecución, especificar el tiempo para la generación de una nueva trayectoria y el número máximo de trayectorias, Ingresar la latitud y longitud en grados del punto de calor, Ingresar la altura.
- 3.2.6 Seleccionar el formato del archivo que se desea generar
- 3.2.7 Ejecutar la simulación

Las simulaciones de trayectoria, concentración y deposición fueron calculadas a una altura de 100 metros sobre el nivel del suelo, tomando como referencia la altura de la capa superficial de la troposfera donde se supone que las concentraciones son relativamente uniformes con la altura y además por la estrecha cercanía a la capa terrestre, mencionando que es la altura mínima permitida para que el software corriera la información de manera adecuada.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

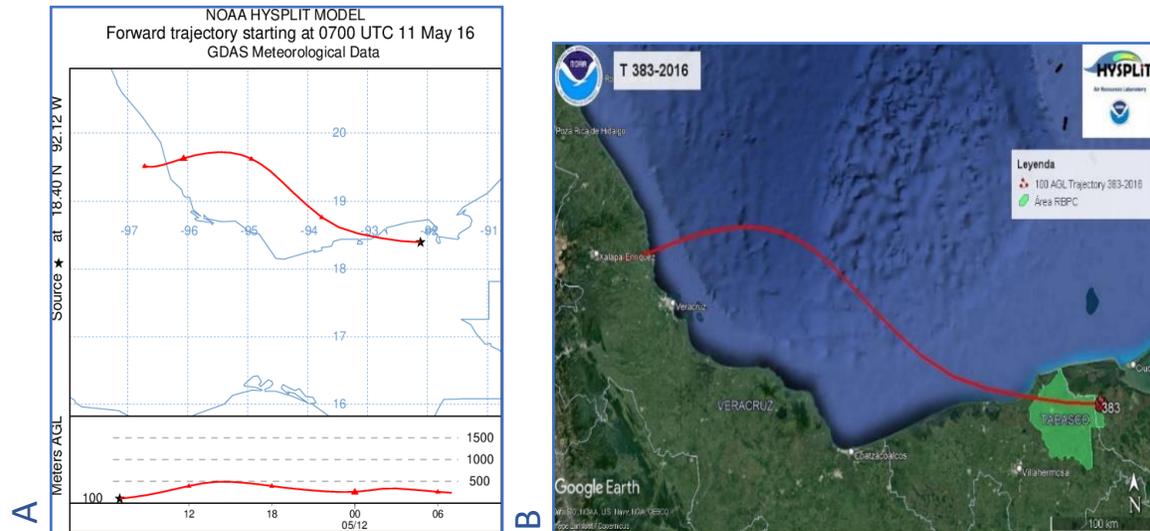
Con el análisis geoespacial de los puntos de calor obtenidos por MODIS en la base de datos FIRMS-NASA posteriormente representados en QGIS(versión 3.14.16 Pi) y Google Earth (versión 7.3.4.8248), así como la identificación los incendios con mayor afectación en hectáreas por año en el periodo 2016-2019 por medio del Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México (SPPIF) y con las modelaciones de trayectorias, concentración y deposición de las emisiones para cada incendio realizadas en el software HYSPLIT (versión 5.0.0) se identificaron las colonias amanzanadas afectadas por la presencia de PM<sub>2.5</sub>. La modelación de la trayectoria se configuro para conocer las posibles trayectorias que se presentaron durante el desarrollo del incendio en periodo de 24 horas a una altura de 100m sobre el nivel del suelo partiendo del punto de ignición de cada incendio obteniendo una trayectoria por hora, de la cual se seleccionó la más representativa de acuerdo con la pluma de la concentración y deposición.

### **4.1 PARA EL AÑO 2016.**

En el año 2016, el incendio modelado se ubica dentro de la RBPC en las coordenadas (18.397900°, -92.118400°), con una temperatura registrada de 383 grados Kelvin por el satélite Aqua- MODIS, el incendio tuvo una duración de aproximadamente 72hrs. partiendo de la hora que fue detectado el día 11 de mayo del 2016 afectando 1703 hectáreas forestales.

### **Modelación de la trayectoria.**

La modelación de la trayectoria se desarrolló a partir de la detección del incendio el cual detectó a las 07:00 UTC el cual corresponde a un horario de las 01:00 hora de México, se utilizó la meteorología 0000Z 8 May 2016- GDAS1. El incendio fue detectado el 11 de mayo del 2016. La prevalencia en la dirección de las trayectorias de las emisiones generadas fue hacia el noroeste, las emisiones alcanzaron una altura máxima de 500 metros sobre el nivel del suelo y una distancia de 531 km a partir del punto de ignición (*Figura 4.1*)

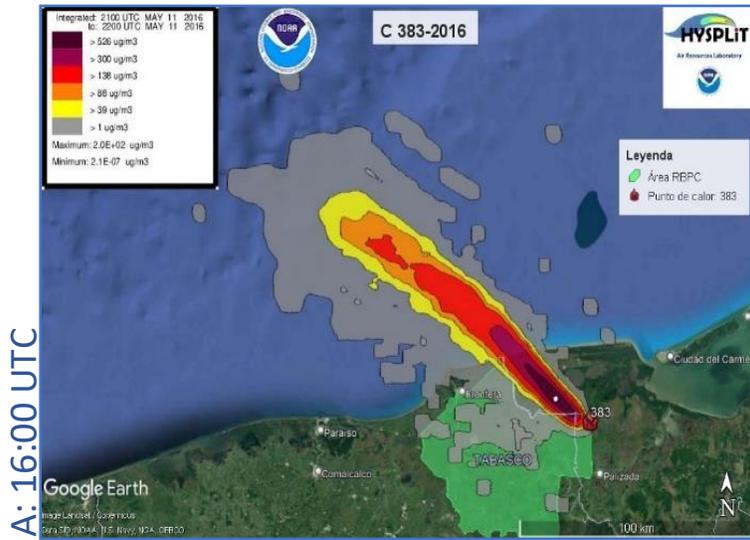


**Figura 4. 1** Trayectoria de emisiones del incendio forestal ocurrido el día 11/05/2016 en la RBPC. Fuente: Elaboración propia.

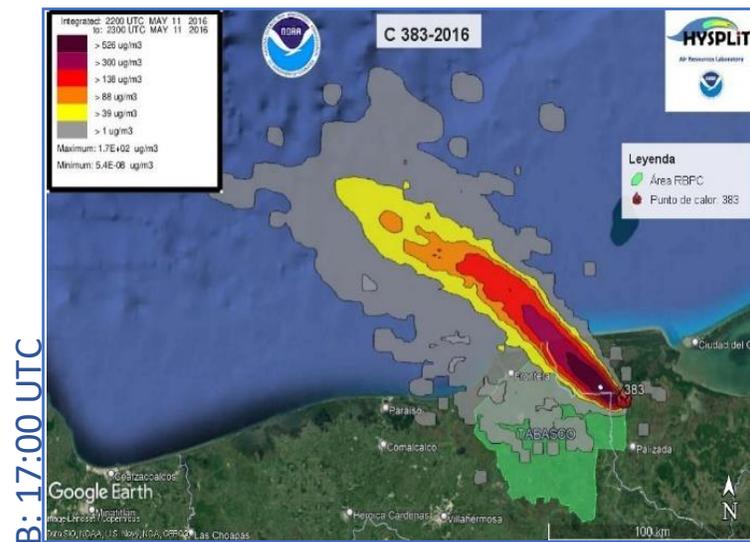
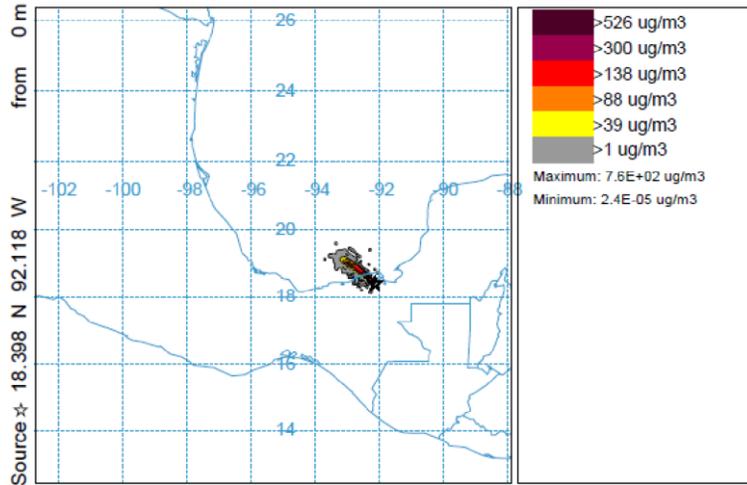
## Modelación de la dispersión de la concentración y deposición de partículas

La modelación contempló las zonas de concentración de  $PM_{2.5}$  emitido durante 24 horas a partir del inicio del incendio en la RBPC. Se seleccionó el periodo de emisión de las 16:00 UTC del 11 de mayo del 2016 a las 18:00 UTC del 12 de mayo del 2016 donde la concentración de partículas registrada fue mayor a  $526 \mu g/m^3$  (Figura 4.2)

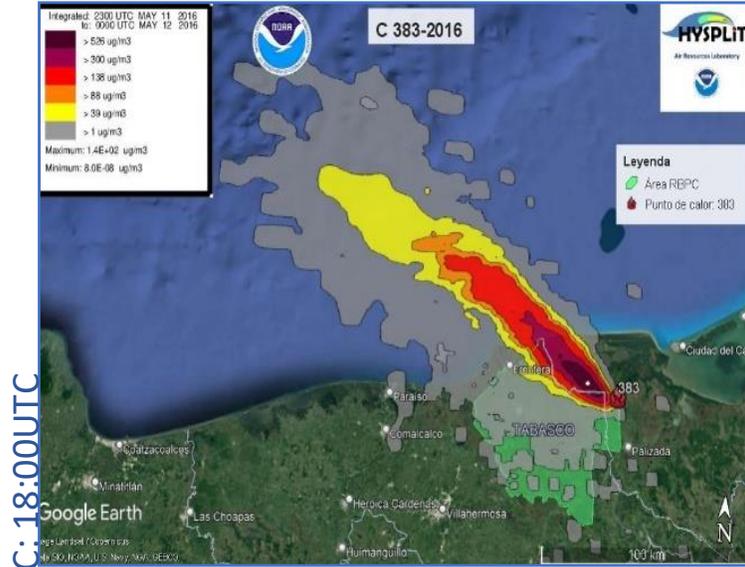
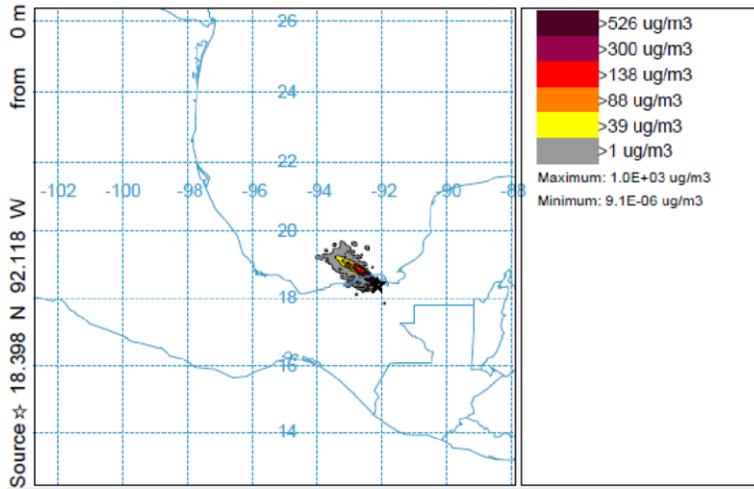
La dispersión de la concentración de las emisiones de  $PM_{2.5}$  máximas (Figura 4.2, área representada de color vino) durante el incendio se extiende hacia el norte de la región de la reserva abarcando una superficie de aproximadamente 40 605 ha. Afortunadamente no se registró un impacto a la población cercana debido a que no hay asentamientos de localidades en la zona de impacto.

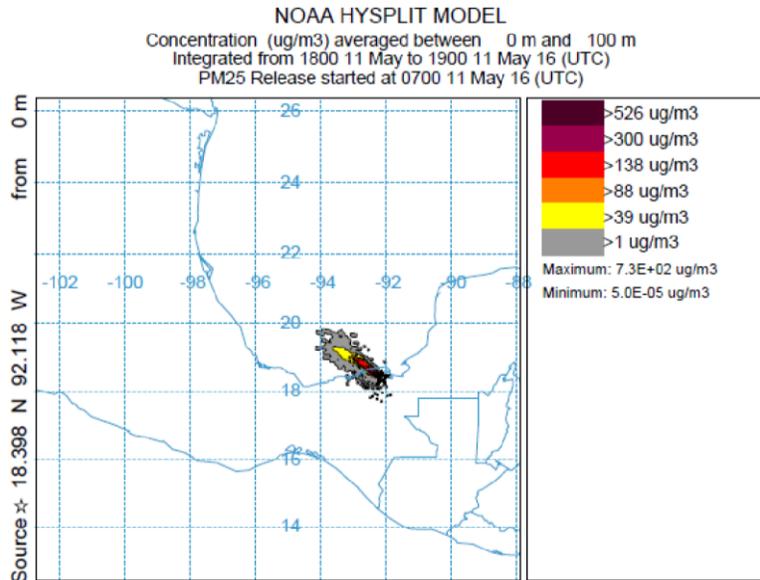


NOAA HYSPLIT MODEL  
 Concentration (ug/m3) averaged between 0 m and 100 m  
 Integrated from 1600 11 May to 1700 11 May 16 (UTC)  
 PM25 Release started at 0700 11 May 16 (UTC)



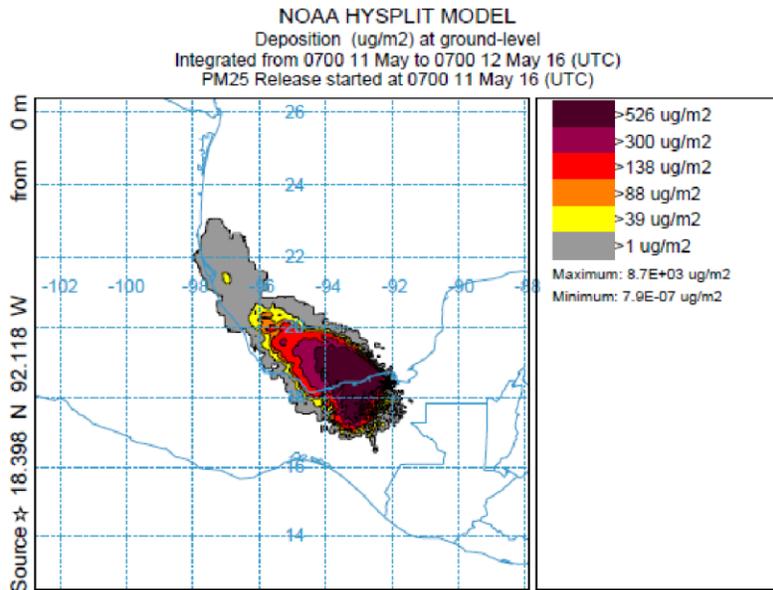
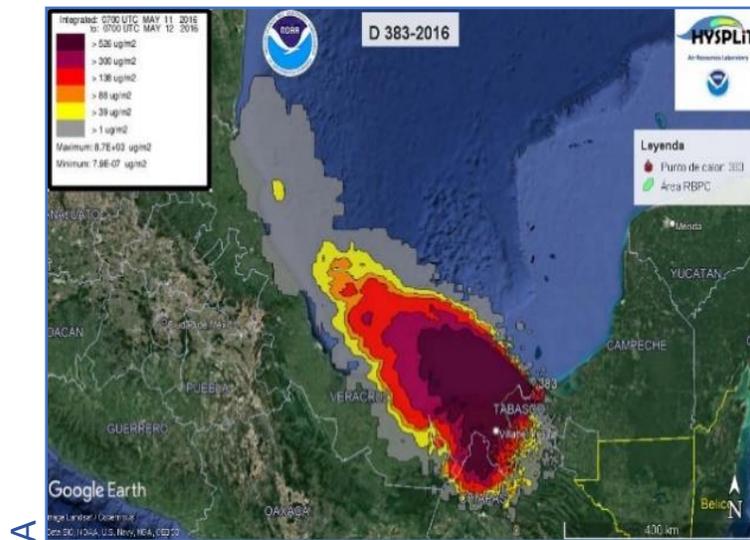
NOAA HYSPLIT MODEL  
 Concentration (ug/m3) averaged between 0 m and 100 m  
 Integrated from 1700 11 May to 1800 11 May 16 (UTC)  
 PM25 Release started at 0700 11 May 16 (UTC)





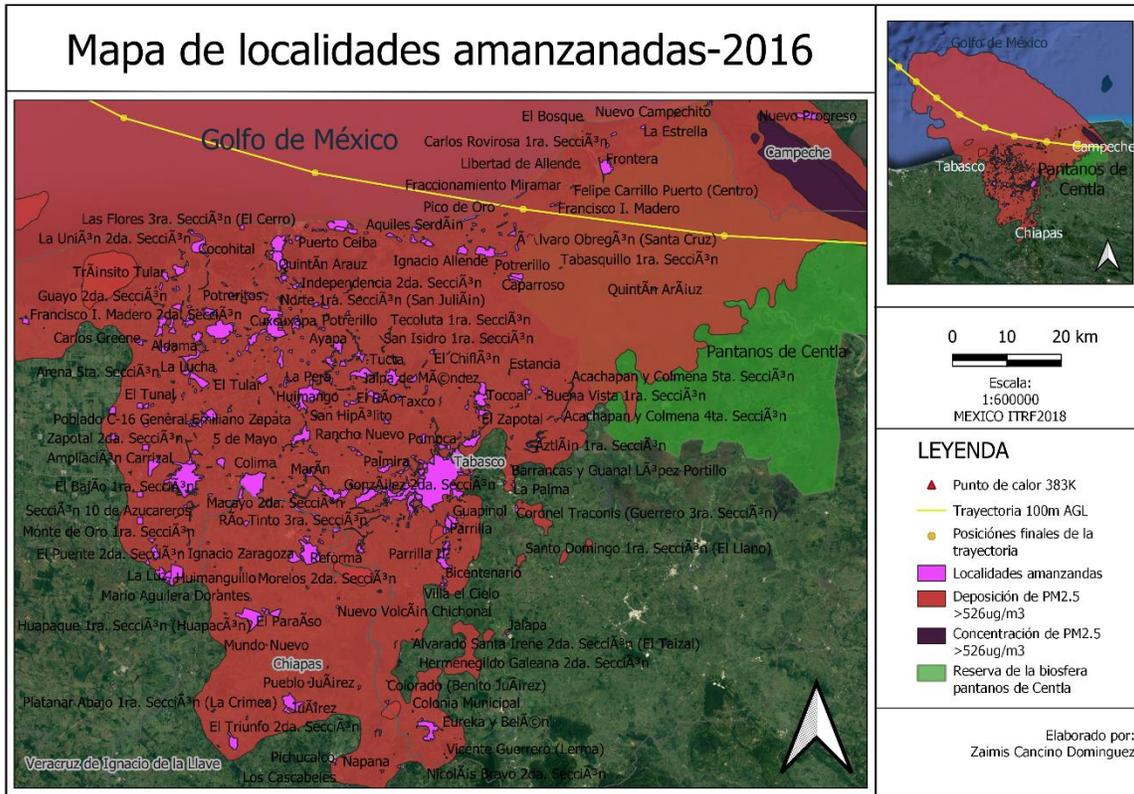
**Figura 4. 2** Concentración de  $PM_{2.5}$  mayor a  $526\mu g/m^3$  del 11 de mayo del 2016 (A: 16:00UTC; B: 17:00UTC; C: 18:00) Fuente: Elaboración propia.

El modelado de la deposición obtuvo valores mayores a  $526\ \mu g/m^2$  en el núcleo de la modelación y valores mínimos de  $1.3 \times 10^{-6}\ \mu g/m^2$  en donde 546 colonias ameznadas se vieron afectadas por la cantidad de material particulado depositado, de las cuales 81 son urbanas y 465 son rurales entre estas colonias se encuentran las localidades de Nuevo Progreso, Nuevo Campeche y Colonia Emiliano Zapatos en Campeche, Ixtapangajoya, Chapultenango, Juárez, Pichucalco, Solosuchiapa y Reforma en el estado de Chiapas, y Poblado C-20 Miguel Hidalgo y Costilla, Poblado C-17, Medellín y Pigua 3ra. Sección, Parrilla Independencia, Tecolutilla, Miguel Hidalgo, La Playita, Libertad entre otras del estado de Tabasco. Como resultado de la simulación se obtuvo que la deposición de mayor valor estuvo presente durante las 24 horas de la simulación partiendo de las en el 07:00 UTC del 11 de mayo del 2016 y abarcó un área de aprox. 2 689 843.413 ha (Figura 4.3)



**Figura 4. 3** Deposición de partículas con respecto al incendio ocurrido el 11 de mayo del 2016. Fuente: *Elaboración propia*

En el mapa de localidades ameznadas correspondiente al año 2016 (*Figura 4.4*) se encuentra el conjunto de las simulaciones de trayectoria y los resultados de concentración y dispersión máxima, así como las colonias ameznadas en color bugambilia que fueron las afectadas por la concentración y dispersión de  $PM_{2.5}$  mayores a  $526\mu g/m$ . En las figuras se observa que la concentración y deposición tuvo un alcance regional pues en 24 horas los sitios más afectados se encuentran alrededor de la zona de estudio y estados vecinos como Campeche, y Chiapas.



**Figura 4. 4** Localidades afectadas por la deposición y concentración de PM<sub>2.5</sub> mayor a 526ug/m liberadas durante el incendio del 11 de mayo del 2016.

## Modelado de la posición de las partículas

El modelado de la posición de las partículas se simuló durante 24 hrs. partiendo de las 07:00 UTC del 11 de mayo del 2016 a las 07:00 UTC del 12 de mayo del 2016, en el cual se identificaron las PM<sub>2.5</sub> liberadas por hora, la altura designada por el software para calcular las partículas es partir de 0 m sobre el nivel del suelo, con una tasa de deposición seca de 0.1cm/s sin considerar la remoción húmeda y la meteorología 0000Z, de acuerdo a los resultados se seleccionaron las horas donde se presentó una mayor presencia de partículas ploteadas (16 666) siendo el periodo comprendido de las 22:00 UTC del 11 de mayo del 2016 a las 07:00 UTC del 12 de mayo del 2016 donde las partículas alcanzaron una altura de hasta 4000 metros sobre el nivel del suelo (Figura 4.5).

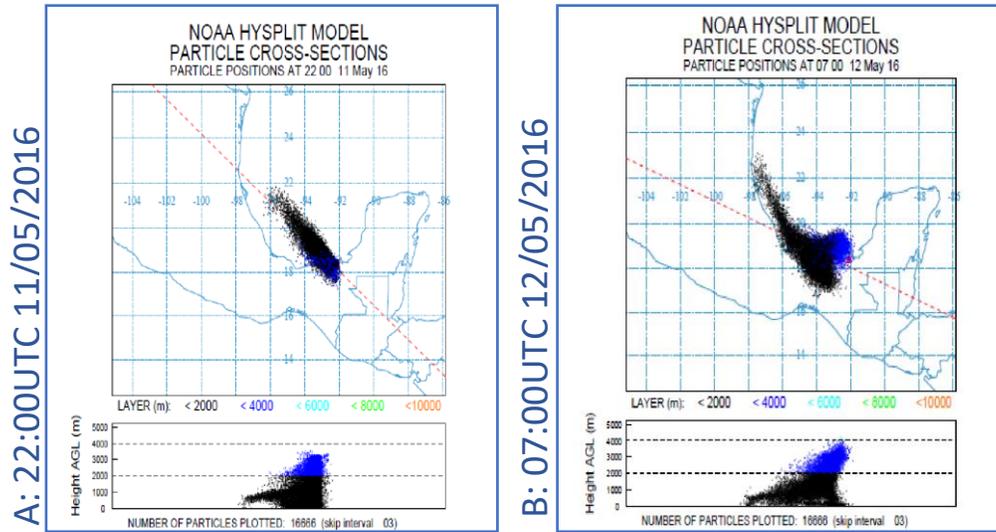


Figura 4.5 Mapas y tablas de distribución de las partículas liberadas durante el incendio del 11 de mayo del 2016 (A: 22:00 UTC, B: 07:00 UTC) Fuente: elaboración propia.

## 4.2 PARA EL AÑO 2017

En el año 2017, el incendio modelado, detectado por el satélite Terra-MODIS, registró una temperatura Kelvin de 361.1, este se ubicó en las coordenadas (18.3719°, -92.2496°), perteneciendo a la RBPC, el incendio tuvo una duración de aproximadamente 48hrs., a partir de su detección iniciando el día 27 de mayo del 2017, afectando una superficie de 545 hectáreas dentro de la reserva.

### Modelación de la trayectoria.

La modelación de la trayectoria se desarrolló a partir de la detección del incendio el cual se presentó a las 16:00 UTC el cual corresponde a un horario de las 10:00 horas del centro de México. La base meteorológica usada para esta simulación fue GDAS. El incendio inicio el 27 de mayo del 2017. La prevalencia en la dirección de las trayectorias de las emisiones generadas fue hacia el oeste-noroeste, las emisiones alcanzaron una altura mayor a 400metros sobre el nivel del suelo y una distancia de 234km a partir del punto de ignición (*Figura 4.6*)

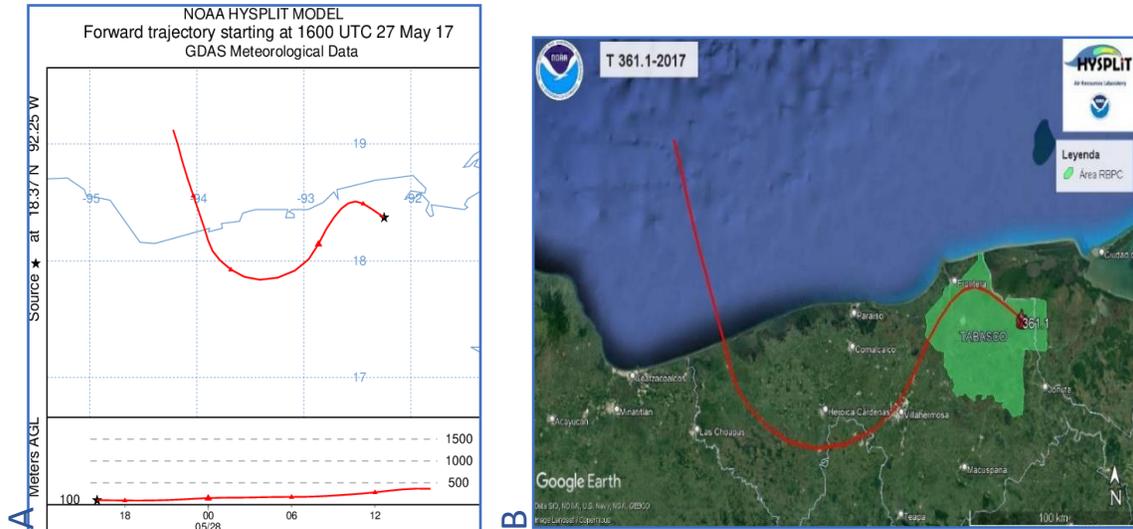
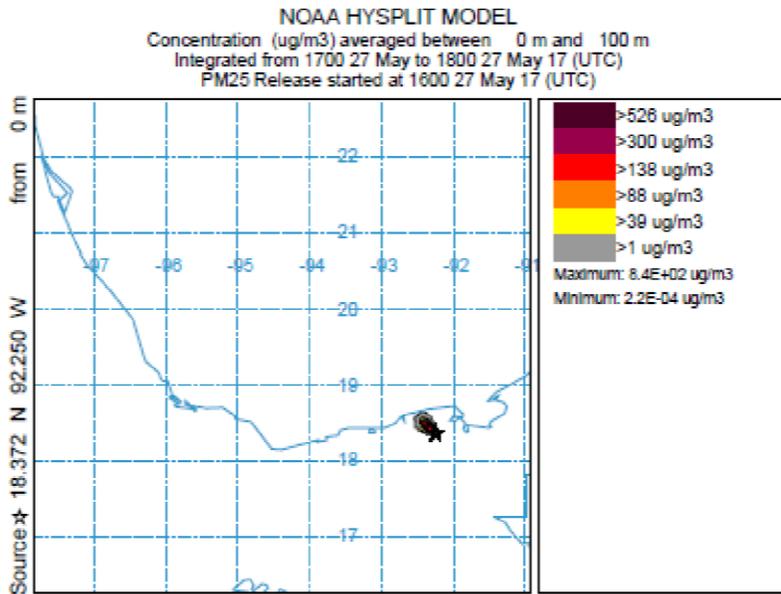
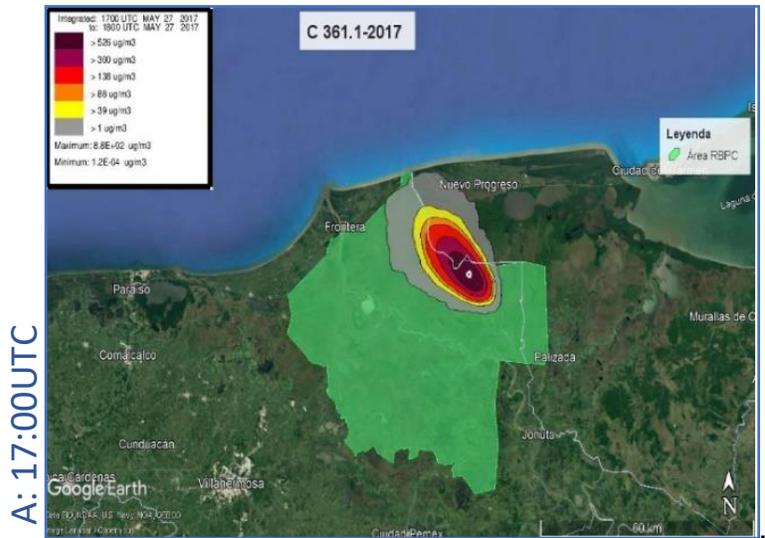


Figura 4.6 Trayectoria de emisiones del incendio forestal ocurrido el día 27/05/2017 en la RBPC. Fuente: Elaboración propia.

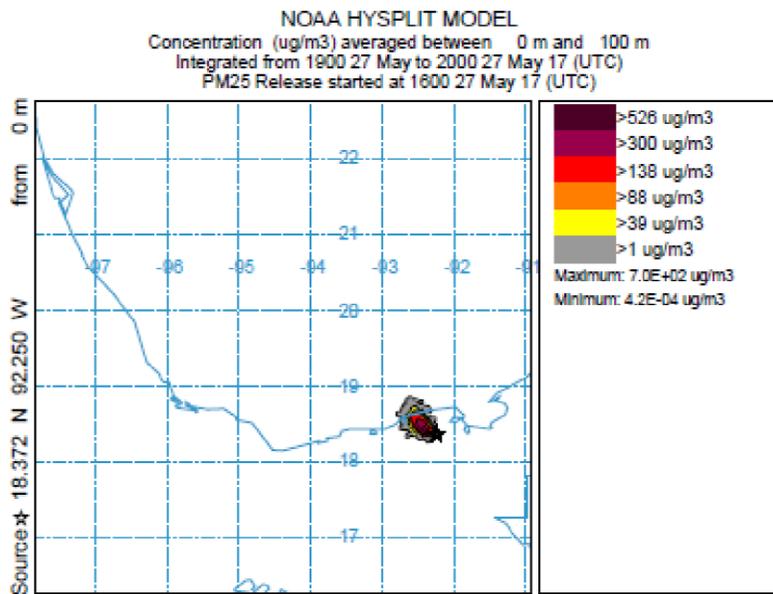
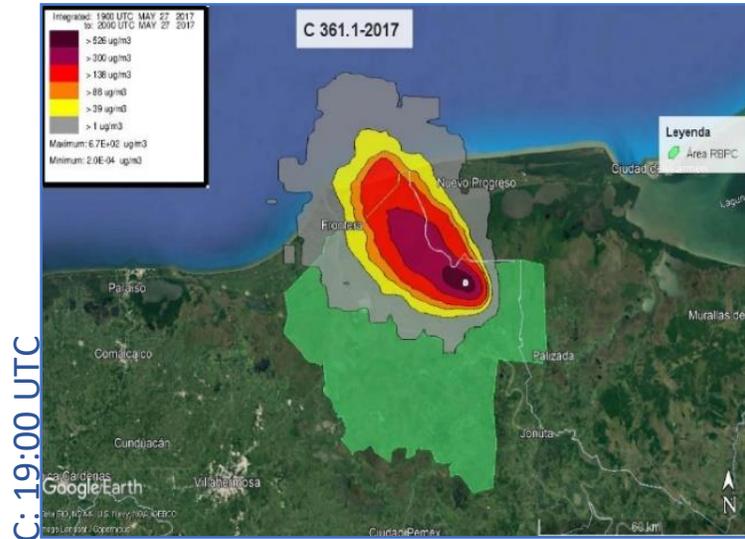
## Modelación de la dispersión

La modelación contempló las zonas de concentración y deposición de material particulado emitido durante 24 horas a partir del inicio del incendio.

Para la concentración se seleccionó el periodo de emisión de las 17:00 UTC del 27 de mayo del 2017 a las 20:00 UTC del 27 de mayo del 2017 donde la concentración registrada fue mayor a  $526 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el incendio se desarrolló en el área correspondiente a la RBPC. (Figura 4.7), La dispersión de la concentración de las emisiones máximas generadas durante el incendio se extiende territorialmente sobre 10509 Ha. a una distancia de entre 4.900-24.500km del punto de calor donde no hay presencia de asentamientos humanos, por lo que no hubo daños en localidades ameznadas.







**Figura 4. 7** Concentración de  $PM_{2.5}$  mayor a  $526\mu g/m^3$  del 27 de mayo del 2017 (A: 17:00 UTC, B: 18:00UTC, C:19:00UTC) Fuente: Elaboración propia.

El modelado de la deposición obtuvo valores mayores a  $526 \mu g/m^2$  en el núcleo de la modelación y valores mínimos de  $1 \mu g/m^2$  en donde 38 localidades amanzanadas se vieron afectadas por la cantidad de material particulado depositado, entre estas colonias se encuentran 5 localidades urbanas de Tabasco entre ellas Cuauhtémoc, Ignacio Allende, Simón Sarlat, Vicente Guerrero y 33 rurales una de ellas es Nuevo campecito ubicada en Campeche y 32 en Tabasco, Álvaro Obregón (Santa Cruz), Benito Juárez, Carlos A. Madrazo, por mencionar algunas. La deposición de mayor

valor estuvo presente durante las 24hrs. del periodo de tiempo de las 16:00 UTC del 27 de mayo del 2017 a las 16:00 UTC del 28 de mayo del 2017 localizada de entre 85.981km y 86.971km a partir del punto de ignición en una dirección hacia el noroeste del estado de Tabasco. (Figura 4.8)

La extensión territorial afectada fue de 25 125ha. a una distancia de 1-87km del punto de ignición mencionado con anterioridad.

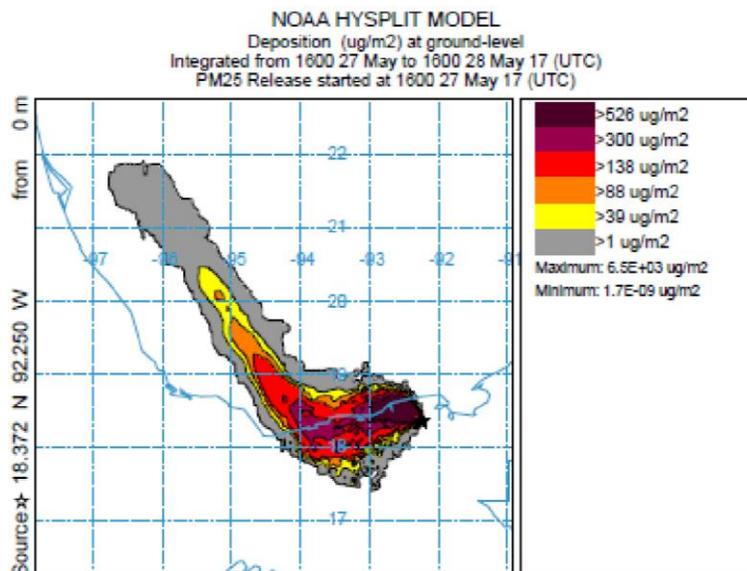
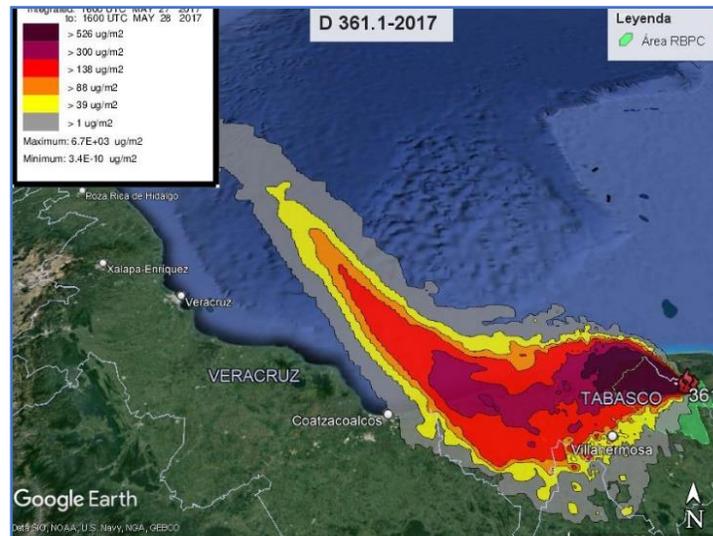


Figura 4. 8 Deposición de partículas con respecto al incendio ocurrido el 27 de mayo del 2017. Fuente: Elaboración propia

Las localidades amanzanadas afectadas en el año 2017 por la deposición mayor a  $526\mu\text{g}/\text{m}^2$  se pueden observar con mayor precisión en la *Figura 4.9* donde, el alcance fue regional, pues los únicos estados involucrados son Tabasco y Campeche que es donde se encuentra la zona de estudio.

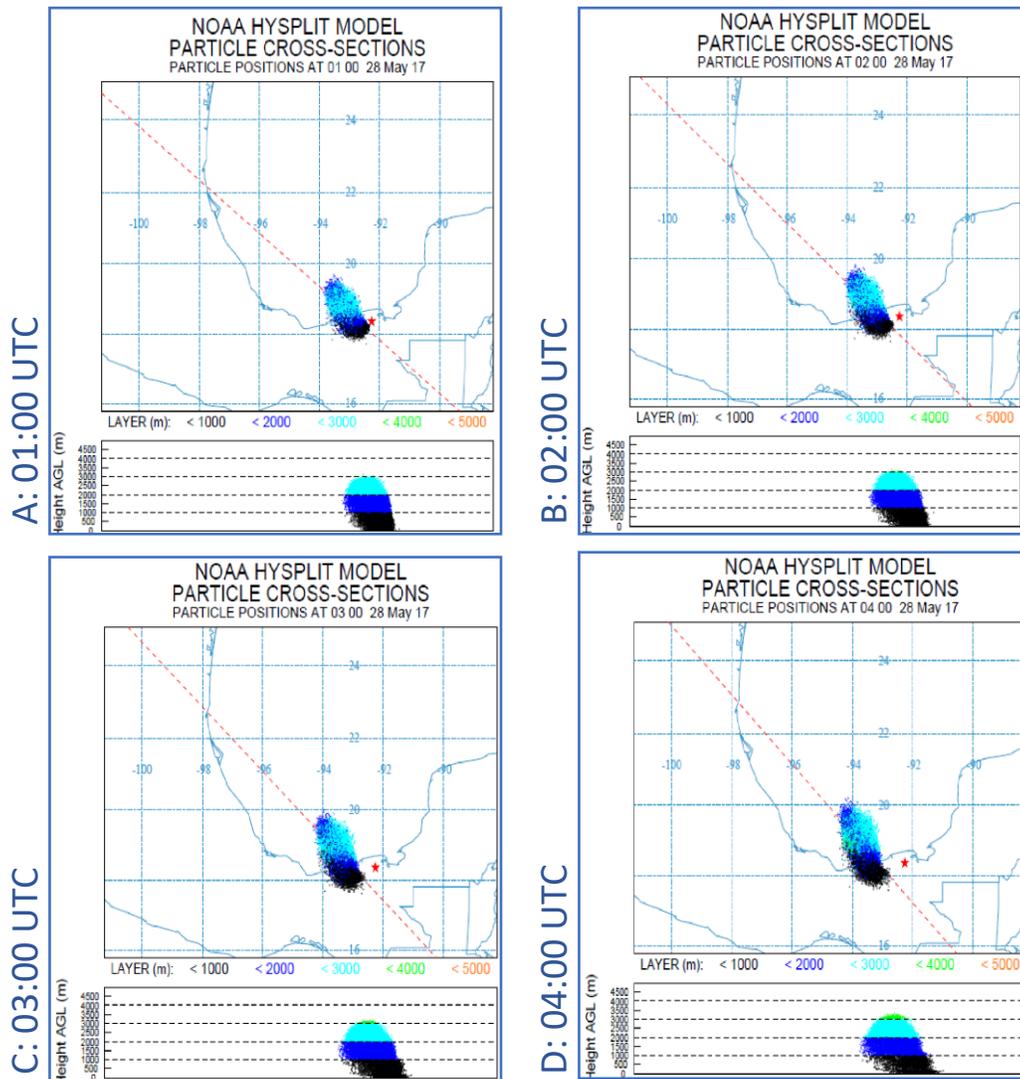


**Figura 4.9** Localidades afectadas por la deposición y concentración de  $\text{PM}_{2.5}$  mayores a  $526\mu\text{g}/\text{m}^3$  liberadas durante el incendio del 27 de mayo del 2017

## Modelado de la posición de las partículas

El modelado de la posición de las partículas se simuló durante 24hrs. partiendo de las 16:00 UTC del 27 de mayo del 2017, en el cual se identificaron las  $\text{PM}_{2.5}$  liberadas por hora, la altura designada por el software para calcular las partículas es partir de 0m sobre el nivel del suelo, con una tasa de deposición seca de  $0.1\text{cm}/\text{s}$  sin considerar la remoción húmeda y tomando como referencia los datos de la meteorología 0000Z, de acuerdo a los resultados se seleccionaron las horas donde se presentó una presencia de 16666 partículas proyectadas, siendo el periodo

comprendido de las 01:00 UTC del 28 de mayo del 2017 a las 05:00 UTC y a las 16:00UTC del mismo día, donde la altura máxima reportada por el sistema fue de 4000m sobre el nivel del suelo las cuales se encuentran representadas en la *Figura 4.10* en la que se encuentran los mapas y graficas de distribución de las partículas. La altura máxima se dio principalmente en las últimas horas de la simulación, lo cual tiene sentido ya que la mayor concentración de partículas fue en ese periodo de tiempo.



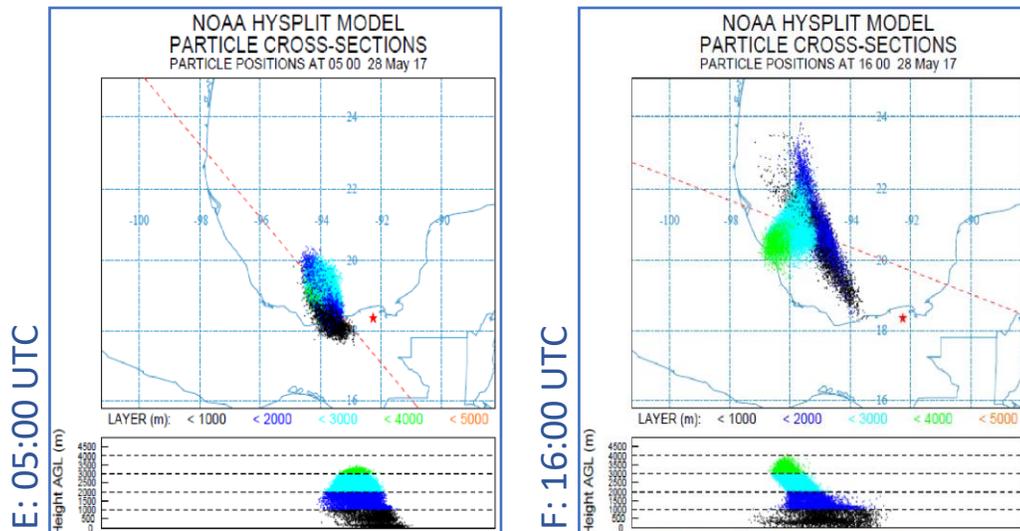


Figura 4. 10 Mapas y tablas de distribución de las partículas ploteadas en el año 2017 (A: 01:00 UTC, B: 02:00 UTC, C: 03:00 UTC, D: 04:00 UTC, E: 05:00 UTC, F: 16:00 UTC) Fuente: elaboración propia

### 4.3 PARA EL AÑO 2018

El incendio modelado para el año 2018 fue detectado por medio del satélite Terra-MODIS, el cual registró una temperatura Kelvin de 419.4 grados, este se ubica en las coordenadas (18.4553°, -92.3813°), dentro de la reserva de la biosfera. El incendio tuvo una duración de aproximadamente 240hrs., iniciando el día 1 de junio del 2018, afectando una superficie de 1600 hectáreas de la reserva natural.

#### Modelación de la trayectoria.

La modelación de la trayectoria se desarrolló a partir de la detección del incendio, el cual se presentó a las 04:00 UTC el cual corresponde a un horario de las 22:00 horas de México. Para la simulación se utilizaron los datos de la base meteorológica GDAS. El incendio tuvo inicio el 1 de junio del 2018. La prevalencia en la dirección de las trayectorias de las emisiones generadas fue hacia el oeste-noroeste de Tabasco llegando hasta el estado de Veracruz, la pluma alcanzó una altura mayor a 500 metros sobre el nivel del suelo y una distancia de 472 km a partir del punto de calor detectado por el satélite (Figura 4.11).

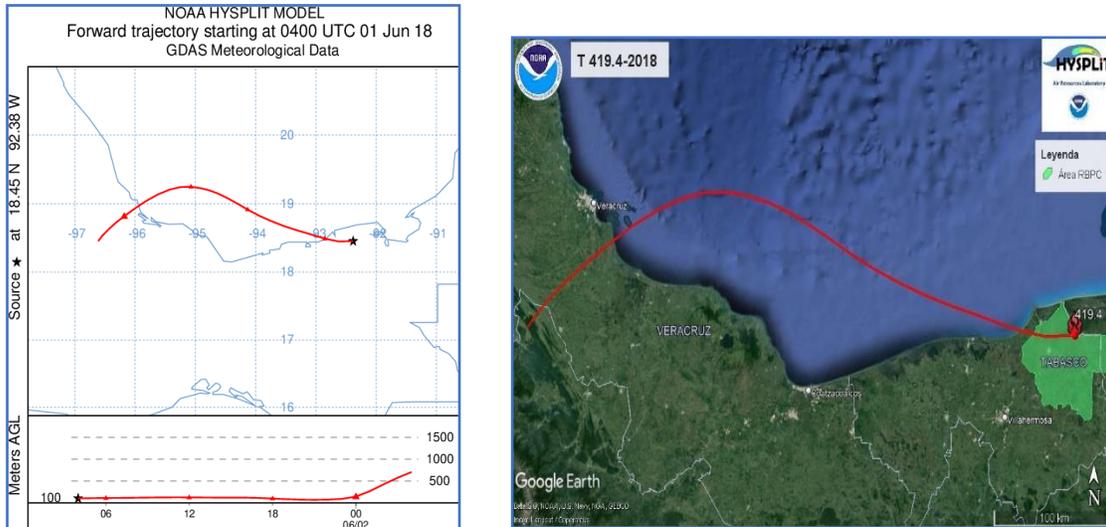
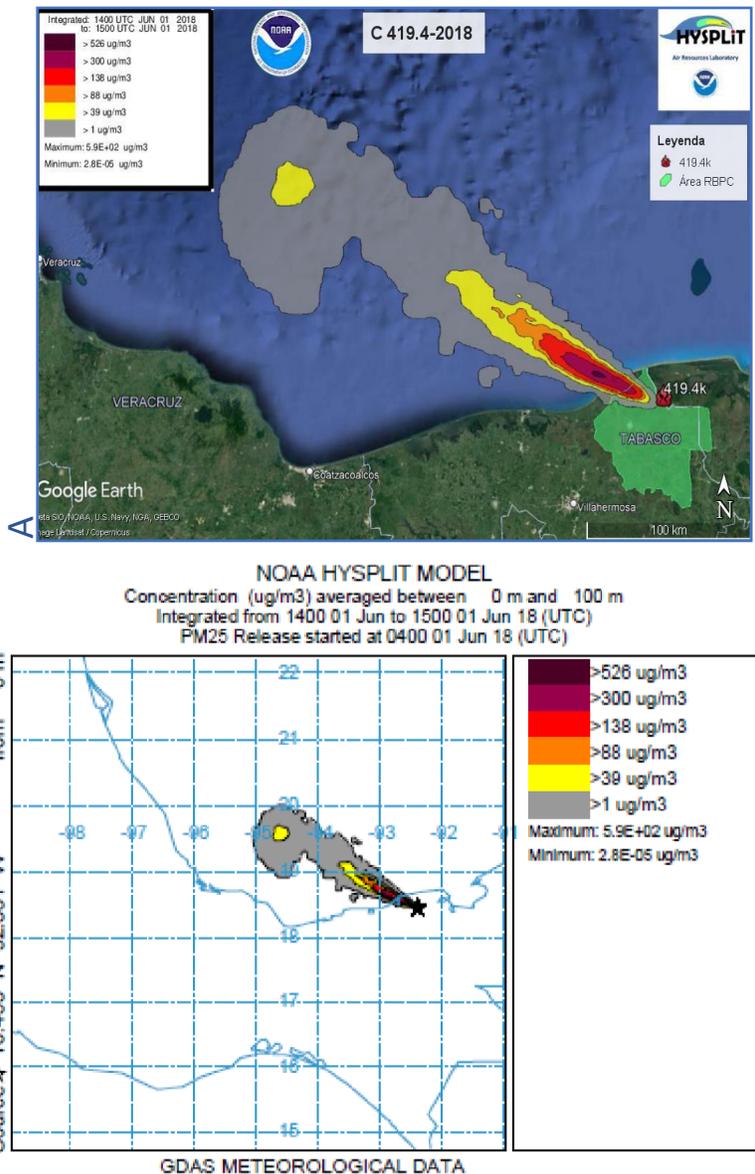


Figura 4. 11 Trayectoria de emisiones del incendio ocurrido del día 01/06/18 en la RBPC Fuente: Elaboración propia

## Modelación de la dispersión

La modelación contempló las zonas de concentración y deposición de material particulado emitido durante 24 horas a partir del inicio del incendio. Se seleccionó el periodo de emisión de las 14:00 UTC del 1 de junio del 2018 a las 15:00 UTC del 1 de junio del 2018 donde la concentración de PM<sub>2.5</sub> registrada fue mayor a 526 µg/m<sup>3</sup>, la concentración de las partículas de interés se simuló a una altura de 0 a 100 metros sobre el nivel del suelo usando como referencia la base de datos meteorológica GDAS (Figura 4.12)

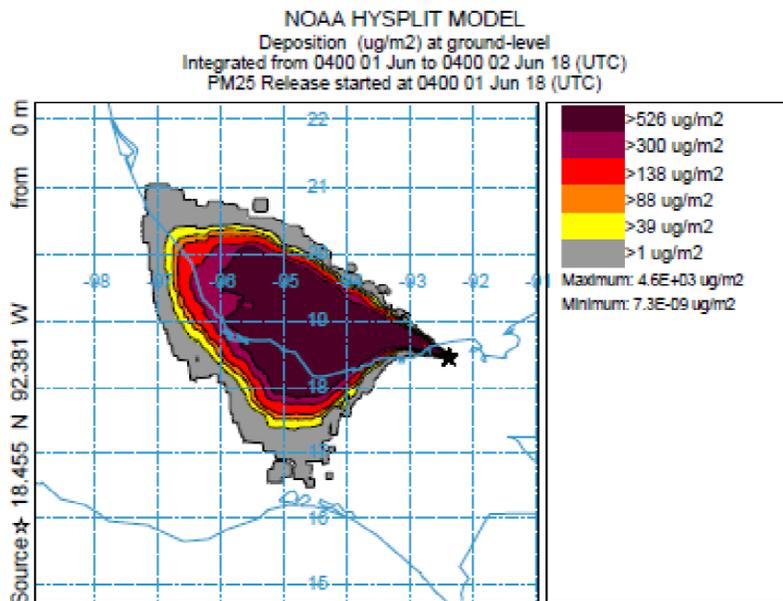
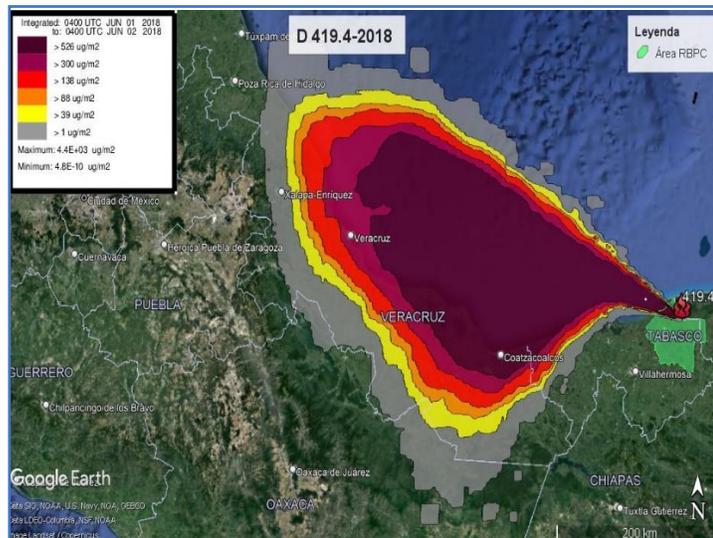
La dispersión de las concentraciones máximas generadas durante el incendio se extiende territorialmente al norte de Tabasco y sobre el golfo de México afectando una superficie de 211 405 Ha. Afectando 5 localidades rurales ameznadas y 1 urbana pertenecientes al estado de tabasco específicamente al municipio de Centla: Carlos Rovirosa 2da. Sección (La Costeñita), Libertad de Allende, El Bosque, La Victoria, Carlos Rovirosa 1ra. Sección y Frontera, siendo esta una zona turística por sus playas.



**Figura 4. 12** Concentración de  $PM_{2.5}$  mayor a  $526\mu g/m^3$  del 1 de junio del 2018 Fuente: Elaboración propia

El modelado de la deposición obtuvo valores mayores a  $526\mu g/m^2$  en el núcleo de la modelación y valores mínimos de  $1\mu g/m^2$  en donde 649 colonias ameznadas se vieron afectadas por la cantidad máxima de material particulado depositado, entre estas colonias se encuentran 64 urbanas, 2 de tabasco (Coronel Andrés Sánchez Magallanes y Frontera) y 585 rurales afectando a los estados de Tabasco y principalmente Veracruz. La deposición de mayor valor se presentó durante las 24hrs. posteriores a partir de las 04:00 UTC del 1 de junio del 2018. (Figura 4.13)

La deposición máxima abarcó un área de 4 521 508 ha a una distancia de entre 13.293 a 406.407km a partir del punto de calor.



**Figura 4. 13** Deposición de partículas con respecto al incendio ocurrido el 01 de junio del 2018 Fuente: Elaboración propia

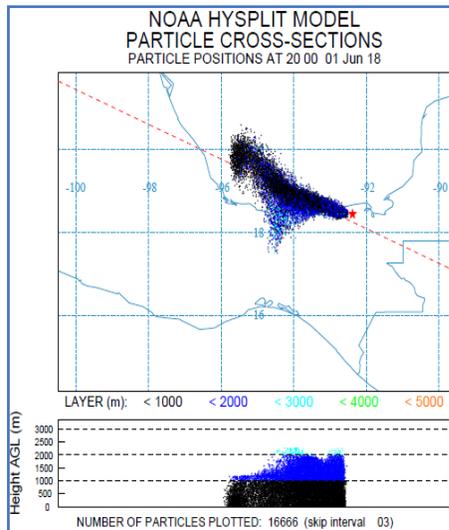
En la *Figura 4.14* se observan las colonias amanzanadas que se vieron afectadas en el 2017 por la deposición y concentración máxima durante las 24 horas de la liberación del contaminante en el incendio analizado, el estado con mayor afectación fue Veracruz pues la mayoría de las localidades corresponden a ese estado.



**Figura 4. 14** Localidades afectadas por la deposición y concentración de PM<sub>2.5</sub> mayor a 526ug/m liberadas durante el incendio del 1 de junio del 2018

## Modelado de la posición de las partículas

El modelado de la posición de las partículas se simuló durante 24hrs. partiendo de las 04:00 UTC del 01 de junio del 2018, en el cual se identificaron las PM<sub>2.5</sub> liberadas por hora, la altura designada por el software para calcular las partículas es partir de 0m sobre el nivel del suelo, con una tasa de deposición seca de 0.1cm/s sin considerar la remoción húmeda y basándose en la meteorología 0000Z, de acuerdo a los resultados se seleccionaron las horas donde se presentó una mayor presencia de partículas proyectadas siendo el periodo comprendido de las 20:00 UTC del 1 de junio del 2018, donde la altura máxima reportada por el sistema fue de 3000m sobre el nivel del suelo, la altura máxima se registró aproximadamente en la segunda mitad de la simulación. (Figura 4.15)



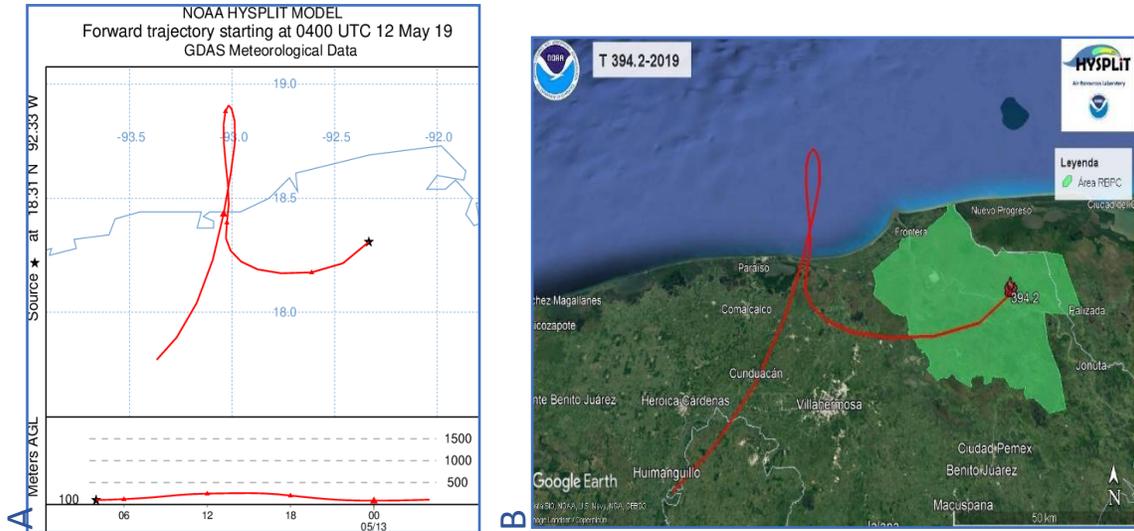
**Figura 4. 15** Mapas y tablas de distribución de las partículas liberadas durante el incendio del 01 de junio del 2018 Fuente: elaboración propia.

#### 4.4 PARA EL AÑO 2019

En el año 2019, el incendio modelado registró una temperatura Kelvin de 394.2 se ubica en las coordenadas (18.3087°, -92.3327°), dicho incendio fue detectado por el satélite Terra-MODIS, el área afectada corresponde a la RBPC, el incendio fue detectado el día 12 de mayo del 2019 a las 04:00 UTC, y el área afectada abarcó una superficie de 374 hectáreas.

#### Modelación de la trayectoria.

Para la modelación de la trayectoria se desarrolló a partir de la detección del incendio el cual se presentó a las 04:00 UTC y corresponde a un horario de las 22:00 horas de México. La simulación se desarrolló en base a la base de datos meteorológica 0000Z 8 May 2019- GDAS1, con una trayectoria hacia adelante. El incendio inicio el 12 de mayo del 2019. La prevalencia en la dirección de las trayectorias de las emisiones generadas fue hacia el oeste-suroeste del punto de calor y las emisiones alcanzaron una altura de aprox. 250 metros sobre el nivel del suelo y una distancia de 129 km a partir del punto de ignición (*Figura 4.16*)

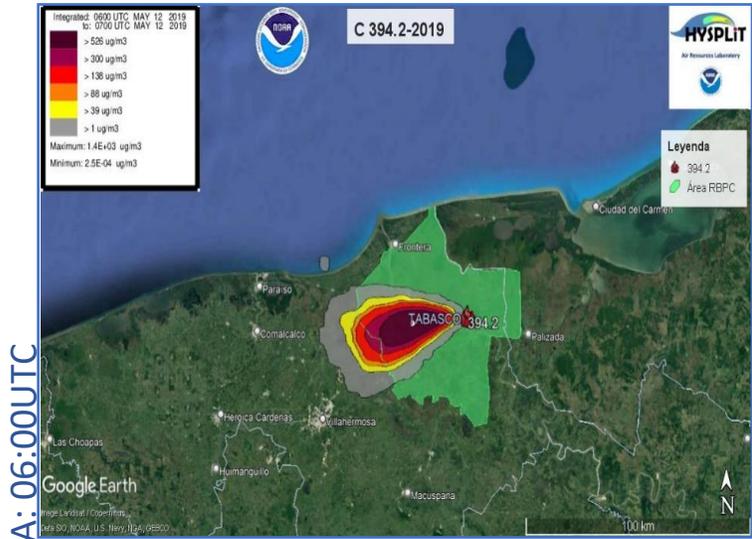


**Figura 4. 16** Trayectoria de emisiones del incendio forestal ocurrido el día 12/05/2019 en la RBPC. Fuente: Elaboración propia.

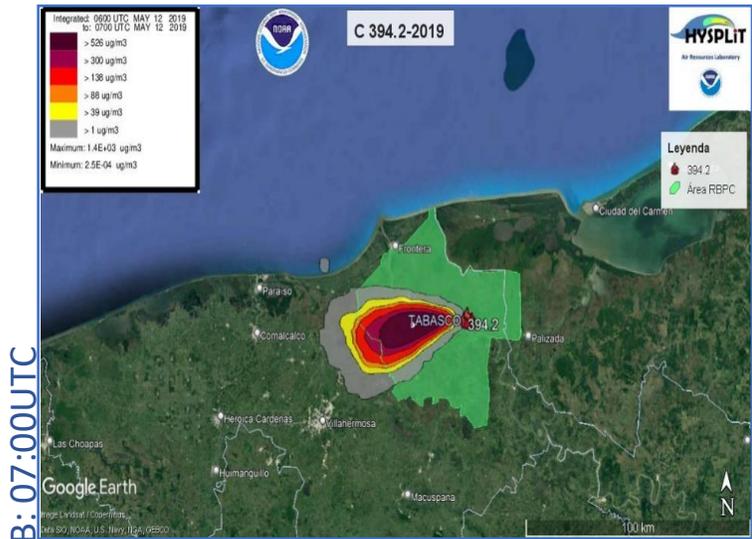
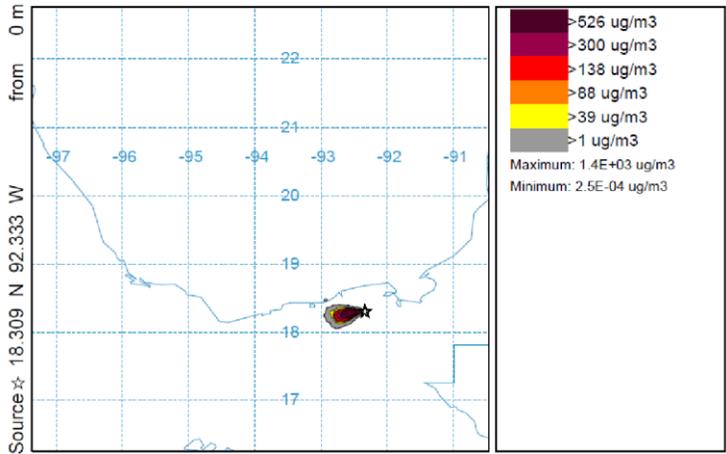
## Modelación de la dispersión

La modelación contempló las zonas de concentración y dispersión de material particulado emitido durante 24 horas a partir del inicio del incendio en base a los datos meteorológicos GDAS. Se seleccionó el periodo de emisión de las 06:00 UTC del 12 de mayo del 2019 a las 14:00 UTC del 12 de mayo del 2019 donde la concentración registrada fue mayor a  $526 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el incendio se desarrolló en el área correspondiente a la RBPC (Figura 4.17)

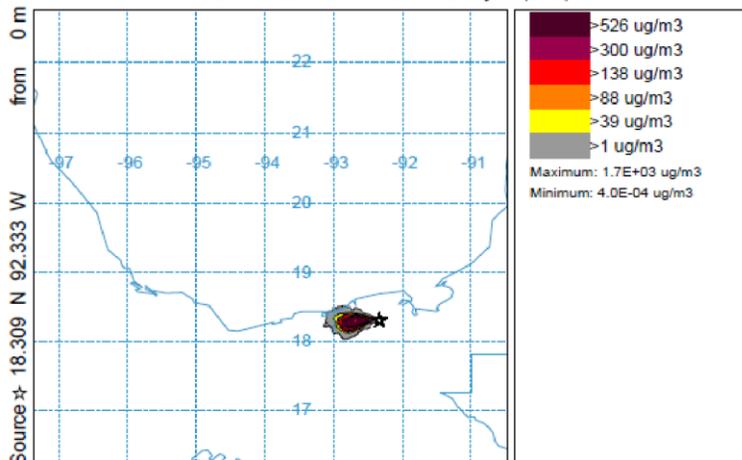
La dispersión de las emisiones máximas generadas durante el incendio se extiende territorialmente en 248 7734Ha a una altura de 0 a 100mts sobre el nivel del suelo, hacia el oeste del punto de calor. La dispersión se extendió a una distancia de entre 12km a 84km del punto de calor analizado. Afectando a 26 localidades ameznadas rurales y 4 urbanas destacando Vicente Guerrero, Ignacio Allende, Simón Sarlat, Cuauhtémoc, ubicadas exclusivamente en Tabasco a los municipios de Centla y Paraíso.



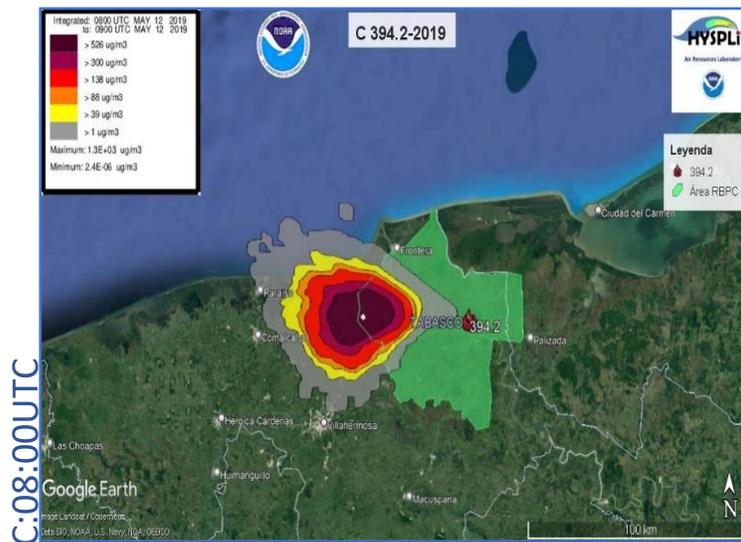
NOAA HYSPLIT MODEL  
 Concentration (ug/m3) averaged between 0 m and 100 m  
 Integrated from 0600 12 May to 0700 12 May 19 (UTC)  
 PM25 Release started at 0400 12 May 19 (UTC)



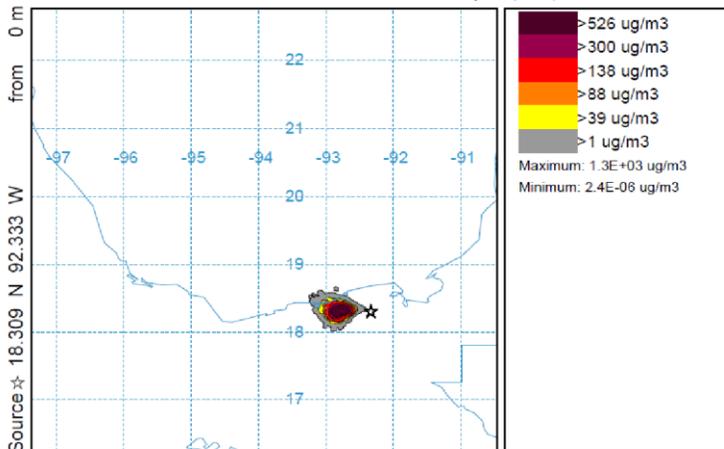
NOAA HYSPLIT MODEL  
 Concentration (ug/m3) averaged between 0 m and 100 m  
 Integrated from 0700 12 May to 0800 12 May 19 (UTC)  
 PM25 Release started at 0400 12 May 19 (UTC)



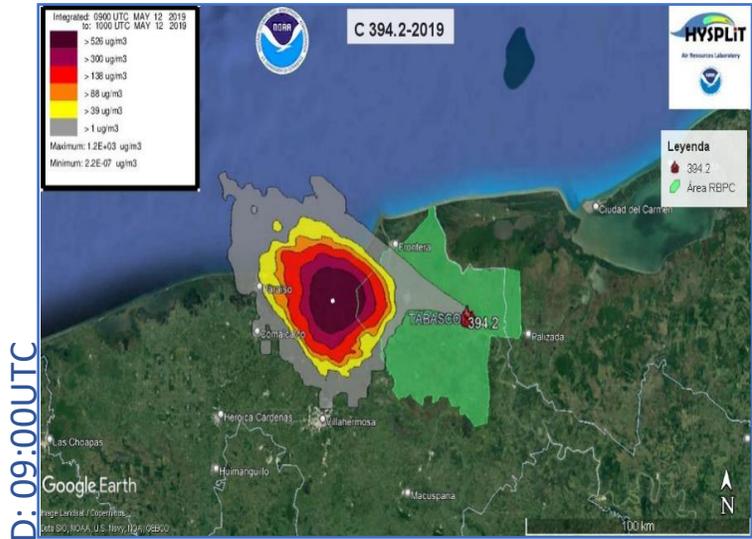
GDAS METEOROLOGICAL DATA



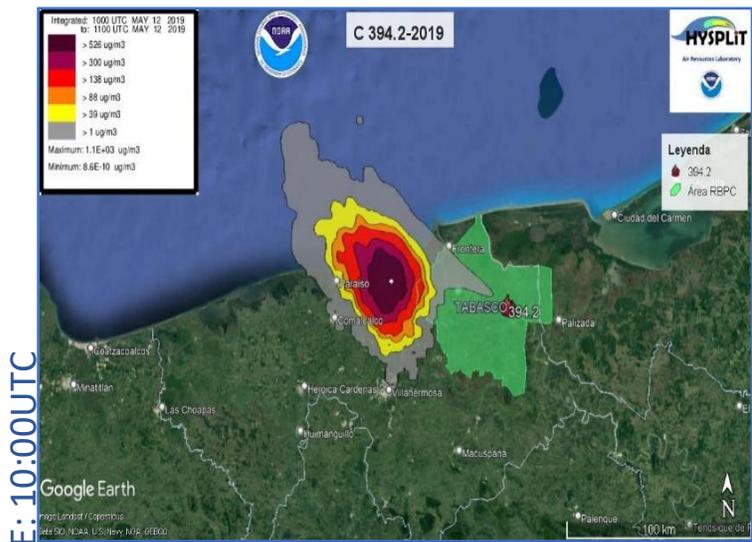
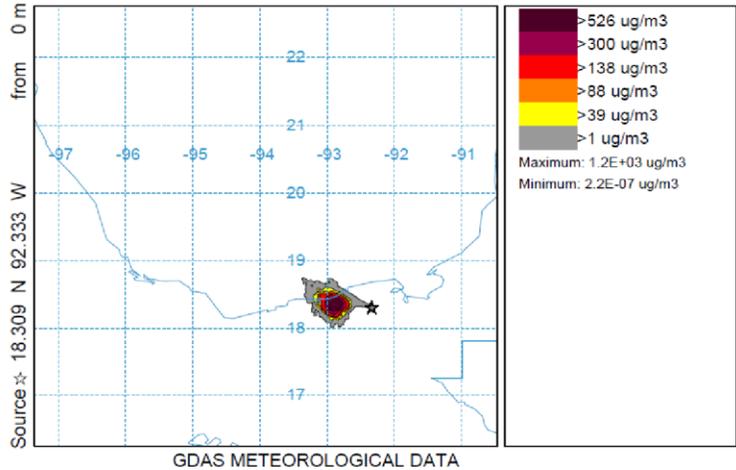
NOAA HYSPLIT MODEL  
 Concentration (ug/m3) averaged between 0 m and 100 m  
 Integrated from 0800 12 May to 0900 12 May 19 (UTC)  
 PM25 Release started at 0400 12 May 19 (UTC)

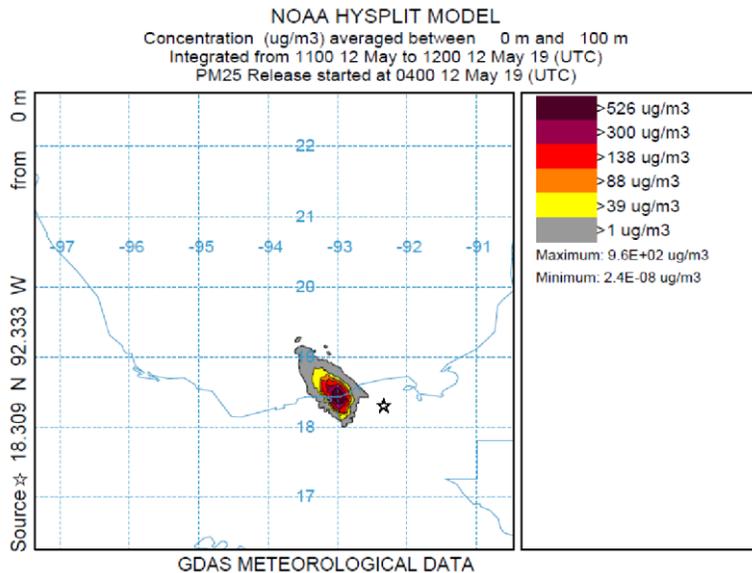
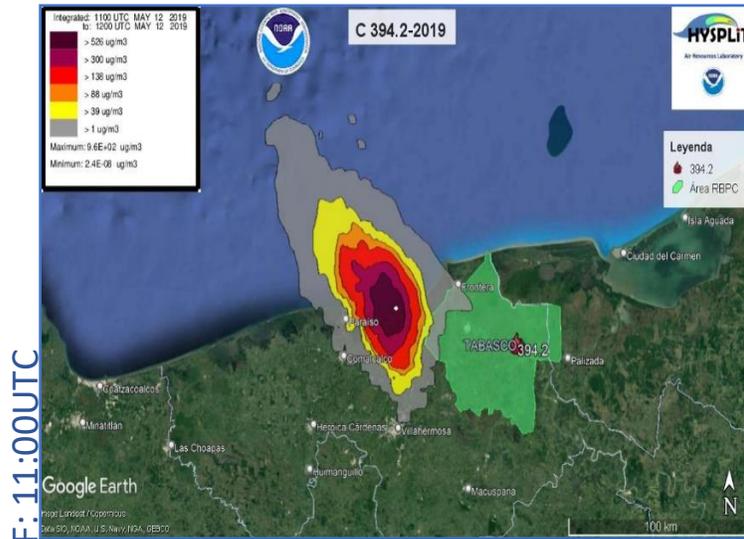
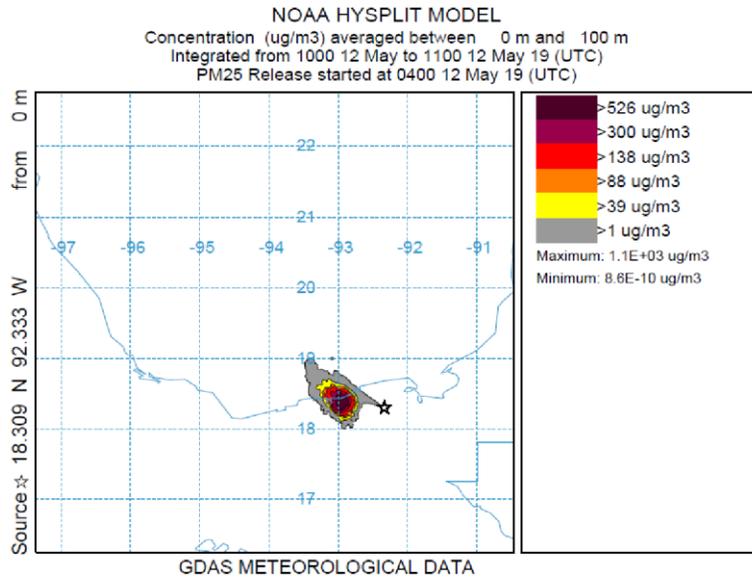


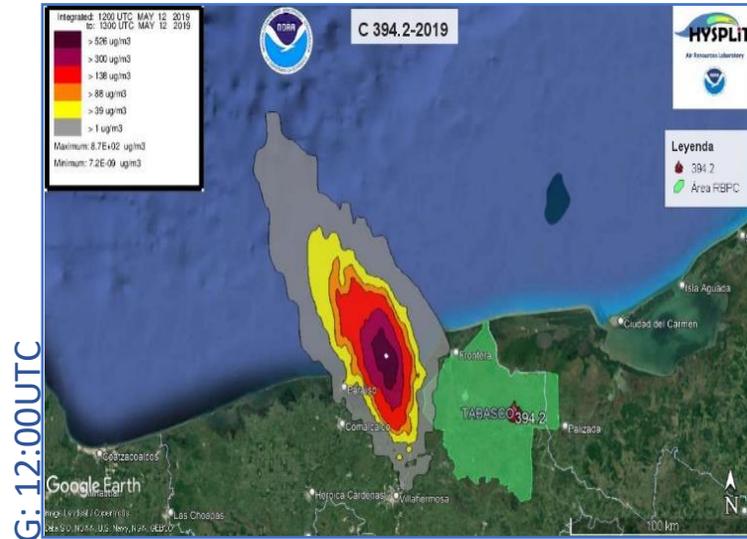
GDAS METEOROLOGICAL DATA



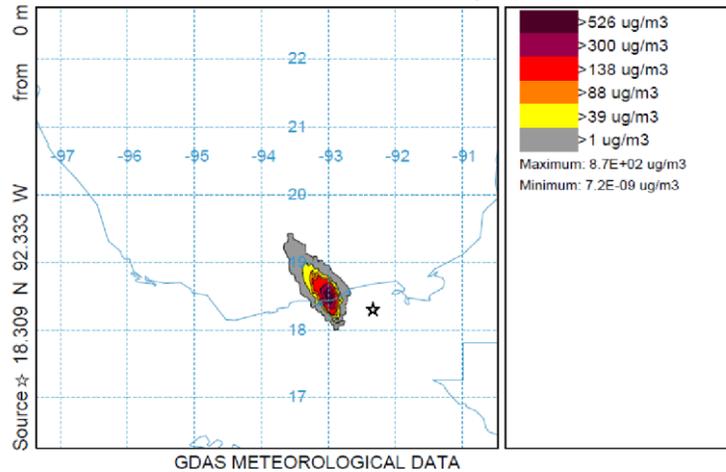
NOAA HYSPLIT MODEL  
Concentration (ug/m3) averaged between 0 m and 100 m  
Integrated from 0900 12 May to 1000 12 May (UTC)  
PM25 Release started at 0400 12 May 19 (UTC)

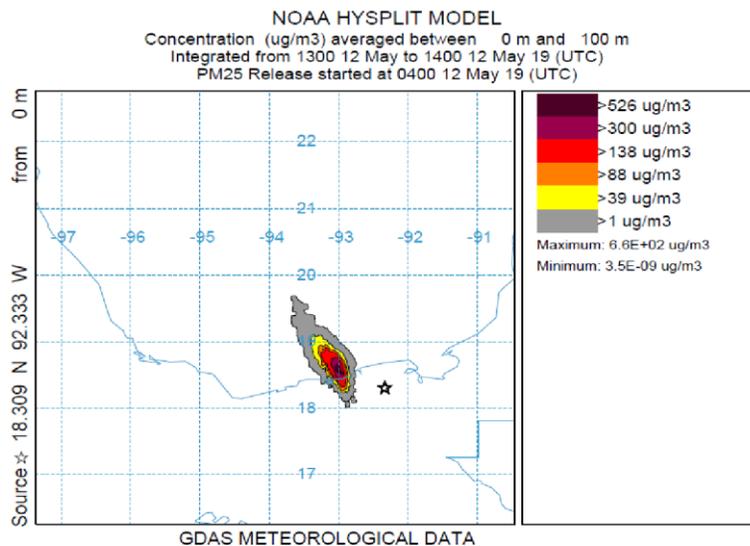
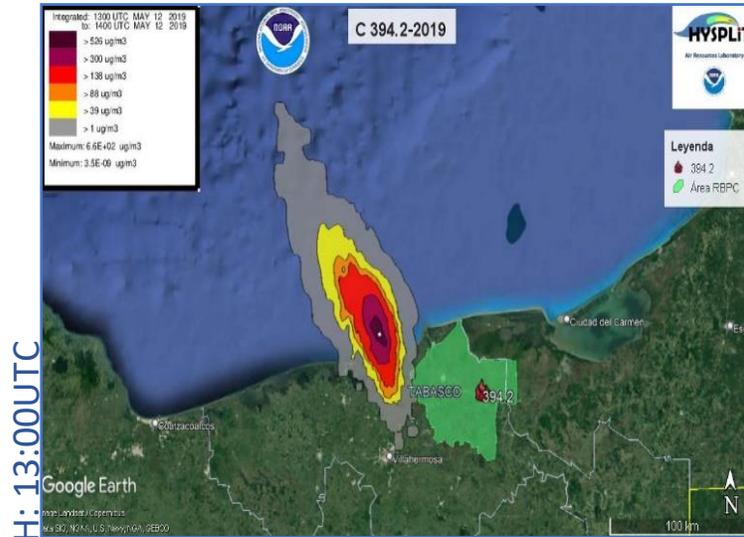






NOAA HYSPLIT MODEL  
 Concentration (ug/m3) averaged between 0 m and 100 m  
 Integrated from 1200 12 May to 1300 12 May 19 (UTC)  
 PM25 Release started at 0400 12 May 19 (UTC)

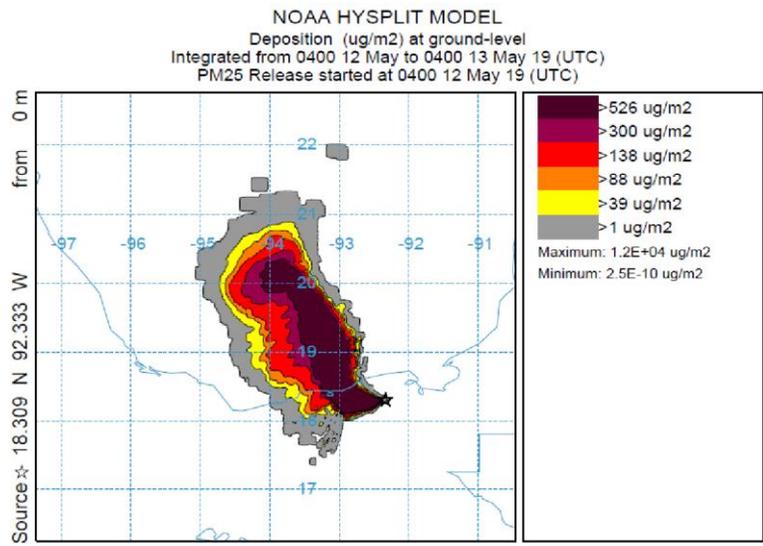
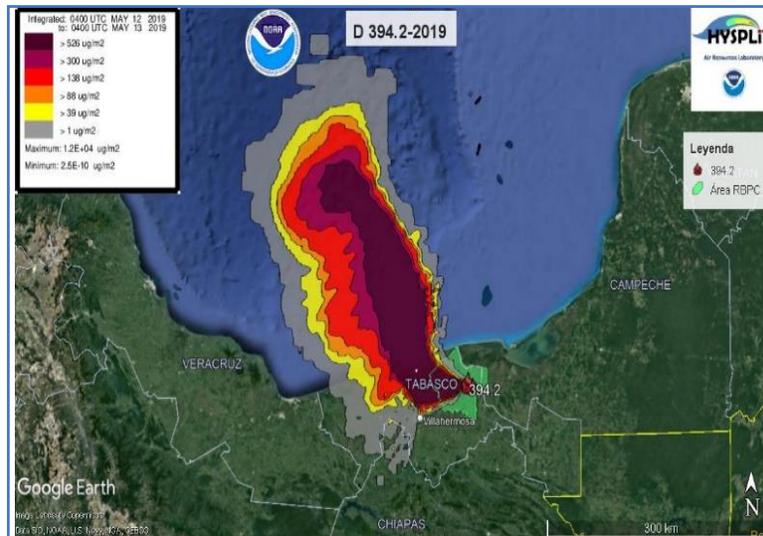




**Figura 4. 17** Concentración de  $PM_{2.5}$  mayor a  $526\mu g/m^3$  del 12 de mayo del 2019 (A: 06:00 UTC; B: 07:00 UTC; C: 08:00 UTC; D:09:00 UTC; E: 10:00 UTC; F: 11:00 UTC; G: 12:00 UTC; H: 13:00 UTC) Fuente: *Elaboración propia.*

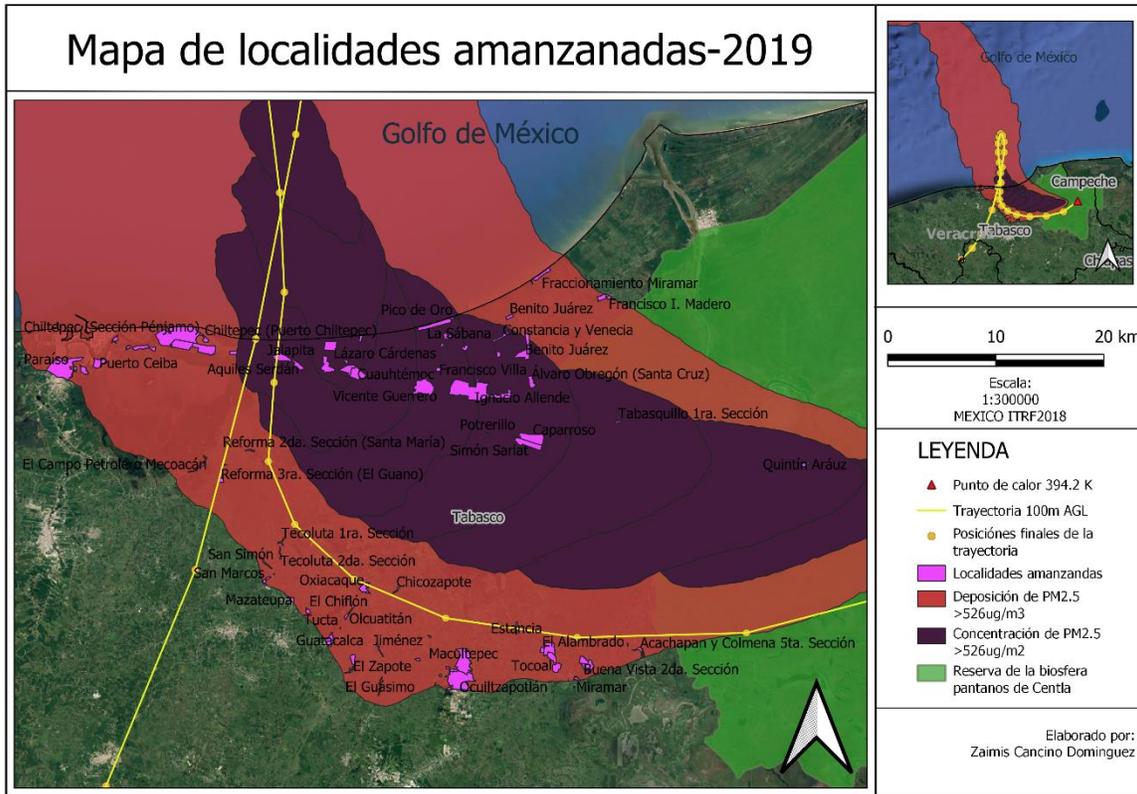
El modelado de la deposición obtuvo valores mayores a  $526\mu g/m^2$  en el núcleo de la modelación y valores mínimos de  $0.0000013\mu g/m^2$ . La deposición de mayor valor estuvo presente durante las 24 hora en el periodo de tiempo de las 04:00 UTC del 12 de mayo del 2019 a las 04:00 UTC del 13 de mayo del 2019. donde las emisiones afectaron directamente 68 localidades rurales amanzanadas y 14 urbanas afectado al estado de Tabasco, específicamente a los municipios de Centla, Centro, Jalpa de Méndez, Nacajuca y Paraíso. La deposición abarco una extensión de 1 387 572 Ha

y una longitud en km de 8.8 a 294.24 hacia el noroeste del punto de calor (*Figura 4.18*)



**Figura 4. 18** Deposición de partículas con respecto al incendio ocurrido el 12 de mayo del 2019. Fuente: *Elaboración propia*

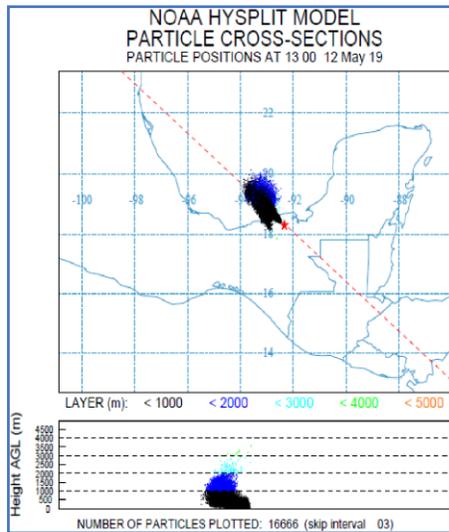
En el mapa de las localidades amanzanadas (*Figura 4.19*) se observa el comportamiento de la trayectoria, concentración y dispersión máxima del total de horas simuladas considerando el área de estudio, así como las localidades que se vieron afectadas por el incendio previamente modelado.



**Figura 4. 19** Localidades afectadas por la deposición y concentración de  $PM_{2.5}$  mayor a  $526\mu g/m^3$  liberadas durante el incendio del 12 de mayo del 2019.

## Modelado de la posición de las partículas

El modelado de la posición de las partículas se generó durante 24hrs. partiendo de las a las 04:00 UTC del 12 de mayo del 2019, en el cual se identificaron las  $PM_{2.5}$  liberadas por hora, la altura designada por el software para calcular las partículas es partir de 0m sobre el nivel del suelo, con una tasa de deposición seca de 0.1cm/s sin considerar la remoción húmeda y la meteorología 0000Z 8 May 2019- GDAS1, de acuerdo a los resultados a las 13:00 UTC del 12 de mayo del 2019 se generó la mayor cantidad de partículas las cuales alcanzaron una altitud mayor a 4000m sobre el nivel del suelo con dirección el noroeste de Tabasco, sobre el golfo de México (Figura 4.20).



**Figura 4. 20** Mapas y tablas de distribución de las partículas liberadas durante el incendio del 12 de mayo del 2019 Fuente: elaboración propia.

Para fines prácticos el análisis por incendio anual en este estudio solo abarca un periodo de tiempo de 24hrs., los resultados de las partículas emitidas durante los incendios analizados en los años 2016, 2017, 2018 y 2019, donde se reportaron valores mayores a  $526\mu\text{g}/\text{m}^3$  representan una situación de alerta pues la norma NOM-025-SSA1-2021 señala que en una exposición aguda la cantidad de material particulado menor a 2.5 micras permitida por año es de  $25\mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio de 24 horas y mientras que para la exposición crónica es de  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  (promedio aritmético anual). Es de pensar que los incendios debido a su extensión e intensidad en su mayoría estuvieron activos más de 24hrs. por lo que la concentración total de esta debió haber superado el límite tanto de exposición aguda como de exposición crónica afectando a una cantidad mayor de localidades ameznadas en los estados reportados como afectados donde la concentración fue mayor a los  $147\mu\text{g}/\text{m}^3$  lo que de acuerdo al índice Aire y Salud equivale a una calidad del aire extremadamente mala durante los días de emisión.

Al analizar los resultados de las localidades ameznadas afectadas por año por las mayores concentraciones y deposiciones de  $\text{PM}_{2.5}$  se obtuvieron un total de 1210 localidades (Anexo B) pertenecientes a los estados de Campeche, Tabasco, Veracruz y Chiapas. En la tabla 3.6 se muestran las 26 localidades con mayor frecuencia de afectación; 5 de carácter urbano y 21 rurales ubicadas en el municipio

de Centla en el estado de Tabasco, afectando aproximadamente a 36 413 habitantes (INEGI, 2020).

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Tabasco	Centla	Cuauhtémoc	Urbana
Tabasco	Centla	Frontera	Urbana
Tabasco	Centla	Ignacio Allende	Urbana
Tabasco	Centla	Simón Sarlat	Urbana
Tabasco	Centla	Vicente Guerrero	Urbana
Tabasco	Centla	Benito Juárez	Rural
Tabasco	Centla	Caparroso	Rural
Tabasco	Centla	Carlos A. Madrazo	Rural
Tabasco	Centla	Carlos Roviroso 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Carlos Roviroso 2da. Sección (La Costeñita)	Rural
Tabasco	Centla	Constancia y Venecia	Rural
Tabasco	Centla	El Bosque	Rural
Tabasco	Centla	Emiliano Zapata	Rural
Tabasco	Centla	Francisco Villa	Rural
Tabasco	Centla	Fronterita	Rural
Tabasco	Centla	Gobernador Cruz	Rural
Tabasco	Centla	Gregorio Méndez Magaña	Rural
Tabasco	Centla	Ignacio Zaragoza	Rural
Tabasco	Centla	La Sábana	Rural
Tabasco	Centla	La Victoria	Rural
Tabasco	Centla	Leandro Roviroso Wade 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Leandro Roviroso Wade 2da. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Libertad de Allende	Rural
Tabasco	Centla	Miguel Hidalgo 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Pico de Oro	Rural
Tabasco	Centla	Veintisiete de Febrero	Rural

**Tabla 3. 6** Localidades ameznadas afectadas con mayor frecuencia.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

A partir de la de información de incendios obtenida por MODIS, los satélites (Aqua y Terra), modelos de trayectoria y dispersión de contaminantes de HYSPLIT y datos meteorológicos GDAS, así como softwares de sistema de información geográfica como Google Earth y QGis, se concluye que en un lapso de 24 horas y considerando una altitud de 100metros sobre el nivel del suelo, las PM<sub>2.5</sub> liberadas por fuentes biogénicas reportadas en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla tienen un alcance regional, en promedio 341.5km hacia el noroeste de la zona de estudio debido al comportamiento de los vientos predominantes en la región, específicamente del estado de Tabasco; el transporte de los contaminantes afecta de igual manera los estados de Veracruz, Chiapas, Oaxaca y Campeche.

Las regiones y meses con mayor recurrencia de incendios en la zona de la RBPC durante el periodo de estudio fueron principalmente el este y suroeste de la misma, en los meses de abril, mayo, junio y julio, debido a las características de la zona como la vegetación y el clima que representa un factor importante al ser los meses de verano los más calientes, así como la cercanía con asentamientos humanos.

La causa principal de los incendios analizados se atribuye a la caza furtiva en la zona de los pantanos con la finalidad de extraer especies endémicas en peligro de extinción para posteriormente comercializarlas, así como a la preparación de terrenos de cultivo, que mayormente se salen de control, donde se ven afectados la vegetación tipo herbácea halófila (hidrófila) y fauna como el Manatí (*Trichechus manatus*), el Jaguar (*Panthera onca*), los monos aulladores (*Alouatta pi-gra* y *A. palliata*) y distintas especies de tortugas que se consideran especies prioritarias en la conservación y actualmente se encuentran en peligro de extinción (CONANP y PNUD México 2019).

Las emisiones de contaminantes a la atmósfera provocadas por los incendios pueden agudizar los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de la población, no solo indirectamente a través de los fenómenos meteorológicos, sino directamente a través de los efectos de los contaminantes sobre la salud como se expresan en el índice AIRE y SALUD, en donde se hace mención que las

concentraciones de PM<sub>2.5</sub> mayores a 45 µg/m<sup>3</sup> representan un peligro a la salud pública pues desencadena enfermedades cerebrovasculares, cardiovasculares y pulmonares las cuales se encuentran dentro las principales causas de muerte en México.

El impacto de los incendios forestales en la RBPC representa un cambio en el uso del suelo, así como la destrucción de uno de los sumideros de carbono más importantes de Norteamérica, el cual al ser destruido libera grandes cantidades del carbono retenido en su vegetación contribuyendo a la contaminación atmosférica y a la acumulación de gases de efecto invernadero de los cuales tienen la capacidad de absorber la energía térmica presente en la atmósfera aumentando la temperatura en el planeta.

## REFERENCIAS

- Alfaro, M. (1998). Contaminación del aire: Emisiones vehiculares, situación actual y alternativas. EUNED.
- Arriaga, L., Espinoza, J. M., Aguilar, C., Martínez, E., Gómez, L., & Loa, E. (2000). Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.
- Caballero, M., Lozano, S. y Ortega, B. (2017). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. septiembre 5, 2020, de Universidad Nacional Autónoma de México. <https://bit.ly/3ihcyit>
- Carabias, J., Provencio, E., Maza, J., Romero, J., (2000) programa de manejo de la reserva de la biosfera pantanos de Centla, Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAP
- Castillo, N. (mayo 17, 2019). Contaminación atmosférica: incendios forestales, factor clave en la actual contingencia ambiental. septiembre 5, 2020, de UNAM-DGDC. <https://bit.ly/3jg3IZ6>
- Cengel, Y. (2006). Mecánica de fluidos; fundamentos y aplicaciones. Mcgraw-Hill. 1 (121-150).
- Centro Nacional de Comunicaciones, Secretaría de Gobernación. (2015). Incendios. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://bit.ly/2HFCubb>
- Congressional Committee, Nacional Wildfire Coordinating Group, United States Department of Agriculture, Forest Service, The Johns Hopkins University. (1989) The effects of forest fire smoke on firefighters. comprehensive study plan. CC, NWCG, USDA FS, JHU.Missoula Montana. (p. 32)
- Crutzen, P., Andreae, M., (1990) Biomass burning in the tropics: impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. Science 250(4988). 1669-1678.
- Dávila-Martínez, Francisco-Javier; Camacho-Arranz, Elena (2012). "Georreferenciación de documentos cartográficos para la gestión de archivos

- y cartotecas: "Propuesta metodológica". Revista Catalana de Geografia, v. 17, n. 46. <https://bit.ly/3iakWk4>
- Draxler, R., & ARL, NOAA TECH MEMO (2004). Seminario de capacitación para el uso del modelo HYSPLIT en PC. Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model. National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Driesbach, T., Roberson, W. O. (1998) Manual de toxicología clínica. 6a ed. Manual Moderno. México, D. F. (p. 299).
- Food and Agriculture Organization (FAO), Departamento Forestal. Evaluación de los recursos forestales mundiales, Informe Nacional México, FRA2010/132. Roma. 2010. (p. 98).
- G. Pausas, Juli. (2012). Incendios forestales: Una visión desde la ecología. Madrid: Catarata.
- Gillies, J., Nickling W., Mctainsh G. (1996). Dust concentrations and particle-size characteristics of an intense dust haze event: Inland delta region, Mali, West Africa. Atmos. Environ. 30(7), 1081-1090.
- Google (2020). Google Earth (7.3.4.8248) [Software] <https://earth.google.com/web/>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (IPCC) (2005). Resumen para responsables de políticas y Resumen técnico. En la captación y el almacenamiento de dióxido de carbono (66). N/A: Cambridge University Press. <https://tinyurl.com/y4vnxbzh>
- Holloway, T., Fiore, A., Hastings, M.G. (2003) Intercontinental transport of air pollution: Will emerging science lead to a new hemispheric treaty Environ. Sci. Technol., 37 4535-4542.
- Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (INE-SEMARNAT), (2005). Guía de elaboración y usos de inventarios de emisiones.
- Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental, Agencia de Cooperación Internacional del Japón. Segundo informe sobre la

- calidad del aire en ciudades mexicanas 1997, 1ª ed., México, INE- Cenica-JICA, 1998.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), (28 de octubre de 2021) Características de las defunciones registradas en México durante 2020, Comunicado De Prensa Núm. 592/21
- Johnson, M. (S. F.). Fire effects on the environment. septiembre 5, 2020, de U.S. Forest Service Sitio web: <https://bit.ly/3jp10eo>
- Kweku, D. W., Bismark, O., Maxwell, A., Desmond, K. A., Danso, K. B., Oti-Mensah, E. A., ... & Adormaa, B. B. (2018). Greenhouse effect: greenhouse gases and their impact on global warming. *Journal of Scientific Research and Reports*, 17(6), 1-9.
- Manahan, S. (2007). *Introducción a la química ambiental*. UNAM. Distrito Federal, México: Reverté
- Manzanares, L., Echániz, G., López, M., Pérez, I., & Garibay, V. (2011). *Guía metodológica para la estimación de emisiones de PM2.5*. Ciudad de México, México.
- Manzanilla-Quiñones, U., Pozo-Montuy, G., Delgado-Valerio, P., Martínez-Sifuentes, A. R., & Aguirre-Calderón, O. A. (2021). Escenarios climáticos (CMIP-5) para la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(1).
- Marín, J., Hernández, M. (2013). Los humedales, sus funciones y su papel en el almacenamiento de carbono atmosférico. Septiembre 23, 2020, de INECOL. <http://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/172-los-humedales-sus-funciones-y-su-papel-en-el-almacenamiento-del-carbono>
- Moreno-Casasola, P. 2020. Los humedales costeros: Beneficios y servicios ecosistémicos. Gobierno de México- CONACYT-INECOL. (p. 38).
- Moreno-Casasola, P. y D. Infante Mata. 2010. Veracruz: Tierra de ciénagas y pantanos. Gobierno del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y de la Revolución Mexicana- Universidad Veracruzana. (p. 411).

- NASA, (2001) Detector Espacial de Incendios. Ciencia. [https://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2001/ast21aug\\_1](https://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2001/ast21aug_1)
- National Oceanic and Atmospheric Administration (2020) HYSPLIT (5.0.0) [Software] <https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php>
- Navarro, J. (mayo, 2018). Definición de Georreferenciación. Definición ABC. Desde <https://www.definicionabc.com/tecnologia/georeferenciacion.php>
- Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM10 y PM2.5. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. (2021). [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5633855&fecha=27/10/2021#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5633855&fecha=27/10/2021#gsc.tab=0)
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5173091](https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091)
- Norma Oficial Mexicana NOM-172-SEMARNAT-2019, Lineamientos para la obtención y comunicación del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud. (2019). [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5579387&fecha=20/11/2019#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5579387&fecha=20/11/2019#gsc.tab=0)
- Organización Mundial de la Salud. (2021). Calidad del aire y salud. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Pahlow, M., Kleissl J., Parlange, M., Ondov, J., Harrison D. (2005). Atmospheric boundary layer dynamics as observed during a haze event due to forest fire smoke. *Boundary-Layer Meteorology*. 114 (1). 53-70
- Programa De Las Naciones Unidas Para El Medio Ambiente (1988). Los incendios forestales aceleran los cambios climáticos. Nairobi, Kenya, (p. 1).

- Protección Civil. (2019). ¿Qué es un incendio? septiembre 5, 2020, de Poder Judicial de la Ciudad de México. <https://bit.ly/2S94INm>
- Protección Civil. (S.F.). Riesgos: Incendios Forestales. septiembre 14, 2020, de Dirección General de Asociación Civil y Emergencias. <https://bit.ly/36mZYvM>
- QGIS Development Team (2022). QGIS (3.14.16 Pi) [Software] <https://www.qgis.org/es/site/>
- Rolph, G., McQueen, J., & Draxler, R. (1993). Real-Time Environmental Applications and Display sYstem (READY). In Proc. Topical Meeting on Environmental Transport and Dosimetry (pp. 113-116). Charleston, SC: American Nuclear Society.
- Sapkota, A., Symons, J. M., Kleissl, J., Wang, L., Parlange, M. B., Ondov, J., ... & Buckley, T. J. (2005). Impact of the 2002 Canadian forest fires on particulate matter air quality in Baltimore City. *Environmental Science & Technology*, 39(1), 24-32.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes. (2013). Calidad del aire: una práctica de vida. En Cuadernos De Divulgación Ambiental (28). México: SEMARNAT.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Dirección general de investigación sobre la contaminación urbana y regional, noviembre 2007
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (6 de agosto, 2016). Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, Tabasco. Gobierno de México Recuperado el 26/09/2020 <https://tinyurl.com/y4cvrfno>
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Instituto Nacional de Ecología, Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental. Primer informe sobre la calidad del aire en ciudades mexicanas 1996, 1ª ed., México, INE, 1997.

- Shlisky, A., Waugh, J., González, P., González, M., Manta, M., Santoso, H., ... & Fulks, W. (2007). Fire, ecosystems, and people: threats and strategies for global biodiversity conservation. Arlington: The Nature Conservancy.
- Sistema Nacional de Información y Gestión Forestal. (S. F). Reporte semanal de resultados de incendios forestales 2009. Recuperado. 12 de septiembre de 2020, de Sistema Nacional de Información y Gestión Forestal. <https://snigf.cnf.gob.mx/incendios-forestales/>
- Stein, A. F., Draxler, R. R., Rolph, G. D., Stunder, B. J., Cohen, M. D., & Ngan, F. (2015). NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 96(12), 2059-2077.
- Walsh, J., D. Wuebbles, K. Hayhoe, J. Kossin, K. Kunkel, G. Stephens, P. Thorne, R. Vose, M. Wehner, J. Willis, D. Anderson, S. Doney, R. Feely, P. Hennon, V. Kharin, T. Knutson, F. Landerer, T. Lenton, J. Kennedy, R. Somerville, (2014): Ch. 2: our changing climate: Climate change impacts in the United States: the third national climate assessment, J. M. Melillo, Teres (T.C.) Richmond, and G. W. Yohe, Eds., U.S. Global Change Research Program, (p. 19-67). doi:10.7930/J0KW5CXT.
- Wark K., Warner C.F., Davis, W.T. (1998). Air Pollution: Its origins and control. 3rd edition. Addison Wesley Longman. United States, 1998. ISBN 0-67399416-3
- World Health Organization. (1999) In Health Guidelines for Vegetation Fire Events; Schwela D. H., Goldammer J. G., Morawska L. H., Simpson O., Eds.; Institute of Environmental Epidemiology, Ministry of Environment: Singapore.
- Zaitseva, A. (2009). Composition and structure of the atmosphere. *Environmental Structure and Function: Earth System* (366). UK: EOLSS Publisher.

## ANEXO A

### Simulación de trayectorias de incendios seleccionados por año

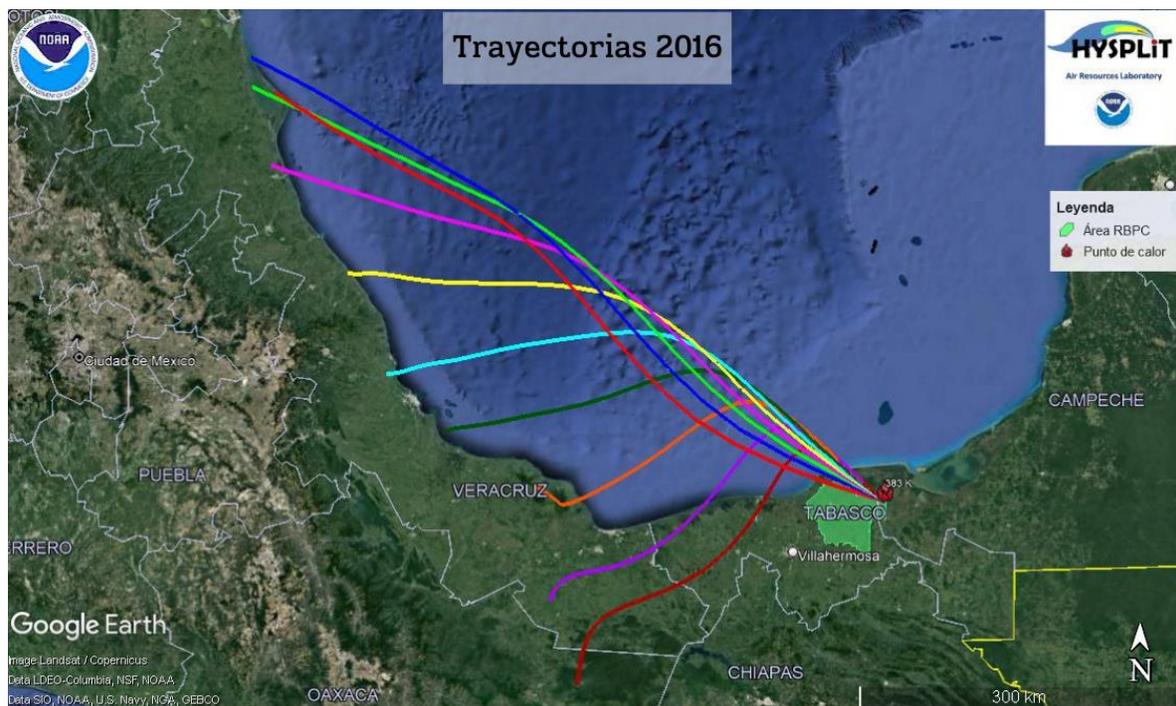


Figura A. 1 Trayectorias generadas en HYSPLIT para el incendio 383K del 11 de mayo de 2016

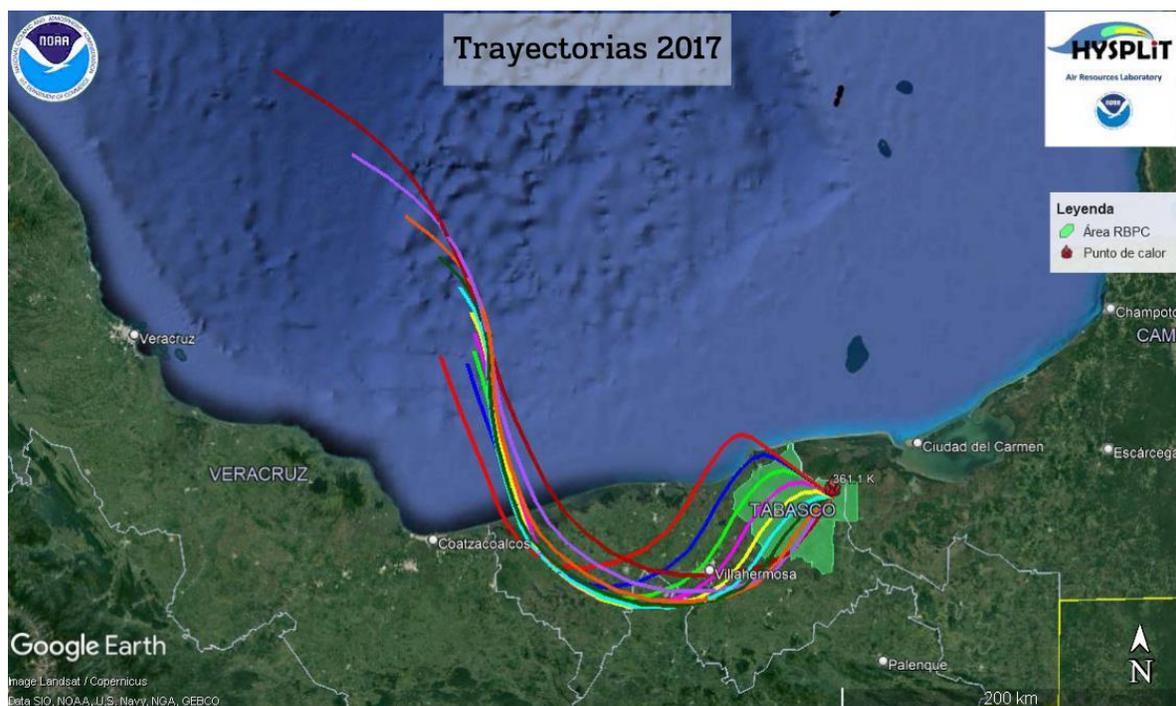


Figura A. 2 Trayectorias generadas en HYSPLIT para el incendio 361K del 27 de mayo de 2017

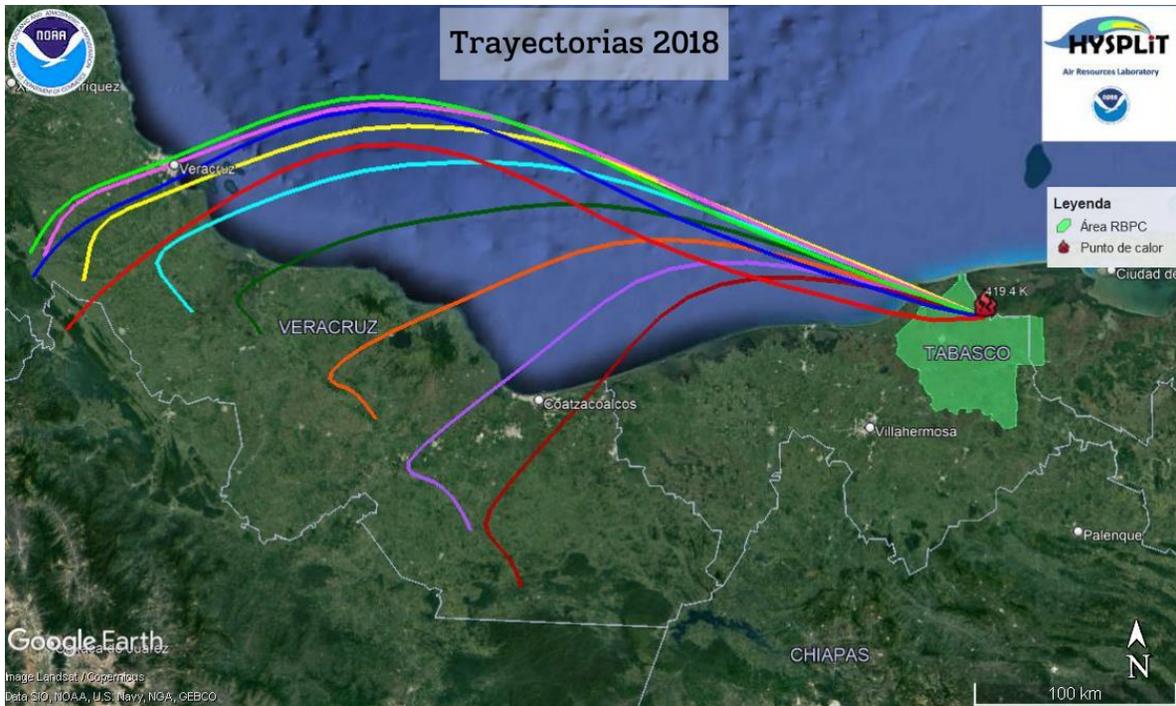


Figura A. 3 Trayectorias generadas en HYSPLIT para el incendio 419.4K del 1 de junio del 2018

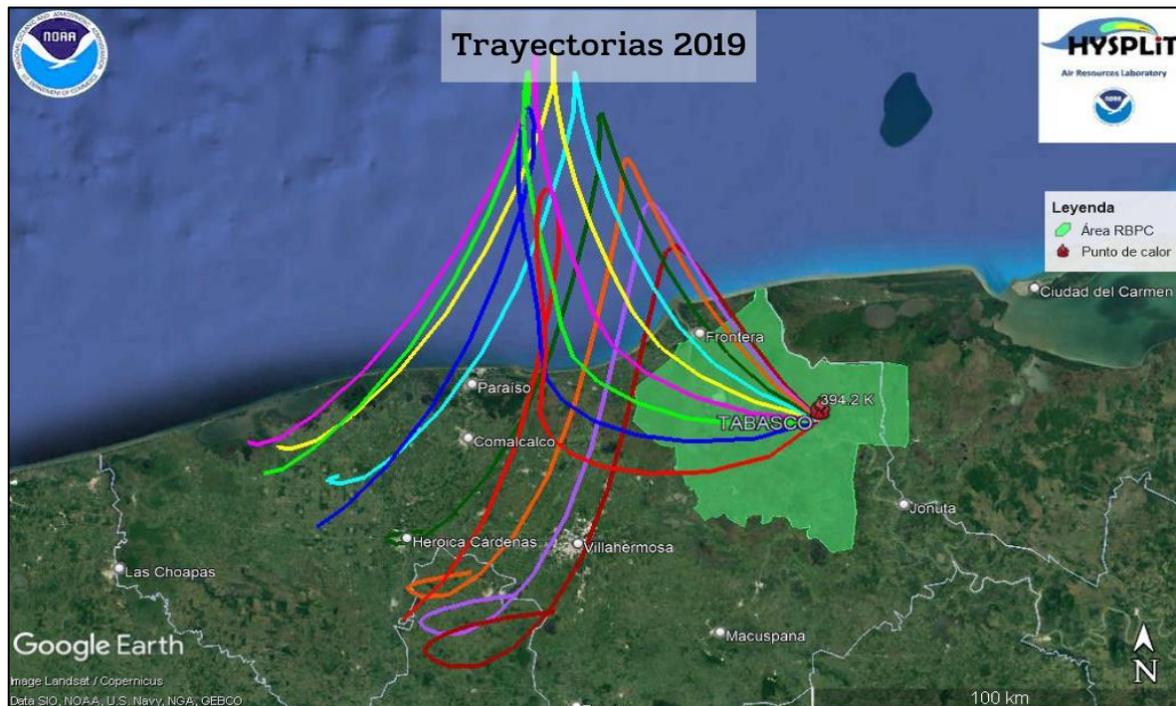


Figura A. 4 Trayectorias generadas en HYSPLIT para el incendio 394.2K del 12 de mayo de 2019

## ANEXO B

### Tablas de localidades afectadas por la concentración y dispersión de PM<sub>2.5</sub> por incendio seleccionado por año

Tabla B.1 Localidades ameznadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2016.

Estado	Municipio	Localidad	Ámbito
Campeche	Carmen	Colonia Emiliano Zapata	Rural
Campeche	Carmen	Nuevo Campechito	Rural
Campeche	Carmen	Nuevo Progreso	Urbana
Chiapas	Chapultanengo	Chapultanengo	Urbana
Chiapas	Ixtacomitán	La Providencia	Rural
Chiapas	Ixtapangajoya	Ixtapangajoya	Urbana
Chiapas	Ixtapangajoya	Jana 2da. Sección	Rural
Chiapas	Ixtapangajoya	Miguel Hidalgo	Rural
Chiapas	Juárez	Doctor Belisario Domínguez	Rural
Chiapas	Juárez	El Paraíso	Rural
Chiapas	Juárez	El Triunfo 1ra. Sección (Cardona)	Rural
Chiapas	Juárez	El Triunfo 2da. Sección	Rural
Chiapas	Juárez	El Triunfo 3ra. Sección (El Santuario)	Rural
Chiapas	Juárez	Huapaque 1ra. Sección (HuapacÁ³n)	Rural
Chiapas	Juárez	Huapaque 2da. Sección	Rural
Chiapas	Juárez	Juárez	Urbana
Chiapas	Juárez	La Arena	Rural
Chiapas	Juárez	Mario Aguilera Dorantes	Rural
Chiapas	Juárez	Mundo Nuevo	Rural
Chiapas	Juárez	Nicolás Bravo 1ra. Sección	Rural
Chiapas	Juárez	Nuevo Volcán Chichonal	Rural
Chiapas	Juárez	Pueblo Juárez	Rural
Chiapas	Juárez	Santa Cruz Tepate Abajo	Rural
Chiapas	Pichucalco	El Azufre 2da. Sección	Rural
Chiapas	Pichucalco	Ignacio Zaragoza Bajo	Rural
Chiapas	Pichucalco	Los Cascabeles	Rural
Chiapas	Pichucalco	Luis Donald Colosio Murrieta	Rural
Chiapas	Pichucalco	Napana	Rural
Chiapas	Pichucalco	Nuevo Nicapa	Rural
Chiapas	Pichucalco	Pichucalco	Urbana
Chiapas	Pichucalco	Platanar Abajo 1ra. Sección (La Crimea)	Rural
Chiapas	Pichucalco	Platanar Arriba 1ra. Sección B (La Florida)	Rural
Chiapas	Pichucalco	Tectuapan	Rural
Chiapas	Reforma	Cristo Rey	Rural
Chiapas	Reforma	El Caracol	Rural
Chiapas	Reforma	El Carmen (El Limón)	Rural
Chiapas	Reforma	El Limoncito	Rural
Chiapas	Reforma	Emiliano Zapata	Rural

**Tabla B.1** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2016.

Estado	Municipio	Localidad	Ámbito
Chiapas	Reforma	Ignacio Zaragoza	Rural
Chiapas	Reforma	La Ceiba	Rural
Chiapas	Reforma	La Unión	Rural
Chiapas	Reforma	Las Garzas	Rural
Chiapas	Reforma	Macayo 1ra. Sección (Las Mercedes)	Rural
Chiapas	Reforma	Macayo 2da. Sección	Rural
Chiapas	Reforma	Macayo 3ra. Sección	Rural
Chiapas	Reforma	Miguel Aldama	Rural
Chiapas	Reforma	Miguel Hidalgo	Rural
Chiapas	Reforma	Morelos 2da. Sección	Rural
Chiapas	Reforma	Presidentes	Rural
Chiapas	Reforma	Rafael Pascacio Gamboa	Rural
Chiapas	Reforma	Reforma	Urbana
Chiapas	Reforma	San José Limoncito	Rural
Chiapas	Reforma	San Miguel 1ra. Sección	Rural
Chiapas	Reforma	San Miguel 2da. Sección	Rural
Chiapas	Reforma	Santa Cruz (Sitio Grande)	Rural
Chiapas	Reforma	Vicente Guerrero	Rural
Chiapas	Solosuchiapa	Álvaro Obregón	Rural
Chiapas	Solosuchiapa	San Miguel (Las Garzas)	Rural
Chiapas	Solosuchiapa	San Sebastián	Rural
Chiapas	Solosuchiapa	Solosuchiapa	Urbana
Tabasco	Cárdenas	27 de Febrero (Locatarios del Mercado)	Rural
Tabasco	Cárdenas	5 de Mayo	Rural
Tabasco	Cárdenas	Ampliación Carrizal	Rural
Tabasco	Cárdenas	Arroyo Hondo 1ra. Sección (Santa Teresa A)	Rural
Tabasco	Cárdenas	Bajío 1ra. Sección A (Periférico Sur)	Rural
Tabasco	Cárdenas	Benito Juárez (La Playita)	Rural
Tabasco	Cárdenas	Calzada 1ra. Sección Norte A	Rural
Tabasco	Cárdenas	Calzada 1ra. Sección Sur	Rural
Tabasco	Cárdenas	Carlos Alberto Wilson Gámez	Rural
Tabasco	Cárdenas	Celia González de Rovirosa	Rural
Tabasco	Cárdenas	De los Santos	Rural
Tabasco	Cárdenas	El Bajío 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Cárdenas	El Bajío 2da. Sección	Rural
Tabasco	Cárdenas	El Parnaso	Rural
Tabasco	Cárdenas	Encrucijada 3ra. Sección (Las Calzadas)	Rural
Tabasco	Cárdenas	General Francisco Villa	Rural
Tabasco	Cárdenas	Habanero 1ra. Sección (Venustiano Carranza)	Rural
Tabasco	Cárdenas	Ignacio Gutiérrez Gámez (San Felipe)	Rural
Tabasco	Cárdenas	La Península	Rural
Tabasco	Cárdenas	Las Coloradas 2da. Sección (Ampliación las Aldeas)	Rural
Tabasco	Cárdenas	Miguel Hidalgo 1ra. Sección	Rural

**Tabla B.1** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2016.

Estado	Municipio	Localidad	Ámbito
Tabasco	Cárdenas	Nueva Zelandia (El Ingenio)	Rural
Tabasco	Cárdenas	Paso y Playa	Rural
Tabasco	Cárdenas	Río Seco 2da. Sección B	Rural
Tabasco	Cárdenas	Rubén Jaramillo Lazo	Rural
Tabasco	Cárdenas	Santana 1ra. Sección A	Rural
Tabasco	Cárdenas	Santana 1ra. Sección B	Rural
Tabasco	Cárdenas	Santana 5ta. Sección (El Espino)	Rural
Tabasco	Cárdenas	Sección 10 de Azucareros	Rural
Tabasco	Cárdenas	Zapotal 2da. Sección	Rural
Tabasco	Cárdenas	Zapotal 3ra. Sección	Rural
Tabasco	Cárdenas	Arroyo Hondo Abejonal	Rural
Tabasco	Cárdenas	Azucena 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Cárdenas	Azucena 2da. Sección	Urbana
Tabasco	Cárdenas	Cárdenas	Urbana
Tabasco	Cárdenas	Habanero 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Cárdenas	Melchor Ocampo	Urbana
Tabasco	Cárdenas	Poblado C-16 General Emiliano Zapata	Urbana
Tabasco	Cárdenas	Poblado C-17 Independencia	Urbana
Tabasco	Cárdenas	Poblado C-20 Miguel Hidalgo y Costilla	Urbana
Tabasco	Cárdenas	Poblado C-28 Coronel Gregorio Méndez Magaña	Urbana
Tabasco	Cárdenas	Poblado C-29 General Vicente Guerrero	Urbana
Tabasco	Cárdenas	Santa Rosalía (Miguel Hidalgo 2da. Sección)	Urbana
Tabasco	Centla	Álvaro Obregón (Santa Cruz)	Rural
Tabasco	Centla	Arroyo Polo 2da. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Barra de San Pedro	Rural
Tabasco	Centla	Benito Juárez	Rural
Tabasco	Centla	Caparroso	Rural
Tabasco	Centla	Carlos A. Madrazo	Rural
Tabasco	Centla	Carlos Roviroza 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Carlos Roviroza 2da. Sección (La Costeñita)	Rural
Tabasco	Centla	Constancia y Venecia	Rural
Tabasco	Centla	Cuauhtémoc	Urbana
Tabasco	Centla	El Bosque	Rural
Tabasco	Centla	Emiliano Zapata	Rural
Tabasco	Centla	Felipe Carrillo Puerto (Centro)	Rural
Tabasco	Centla	Felipe Carrillo Puerto Sur (Carrillón)	Rural
Tabasco	Centla	Fraccionamiento Miramar	Rural
Tabasco	Centla	Francisco I. Madero	Rural
Tabasco	Centla	Francisco Villa	Rural
Tabasco	Centla	Frontera	Urbana
Tabasco	Centla	Gobernador Cruz	Rural
Tabasco	Centla	Gregorio Méndez Magaña	Rural
Tabasco	Centla	Ignacio Allende	Urbana

**Tabla B.1** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2016.

Estado	Municipio	Localidad	Ámbito
Tabasco	Centla	Ignacio Zaragoza	Rural
Tabasco	Centla	Jalapita	Rural
Tabasco	Centla	La Estrella	Rural
Tabasco	Centla	La Sábana	Rural
Tabasco	Centla	La Victoria	Rural
Tabasco	Centla	Lázaro Cárdenas	Rural
Tabasco	Centla	Leandro Roviroza Wade 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Leandro Roviroza Wade 2da. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Libertad de Allende	Rural
Tabasco	Centla	Miguel Hidalgo 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Nuevo Centla	Rural
Tabasco	Centla	Pico de Oro	Rural
Tabasco	Centla	Potrillo	Rural
Tabasco	Centla	Quintín Aráuz	Rural
Tabasco	Centla	San Juan	Rural
Tabasco	Centla	Simón Sarlat	Urbana
Tabasco	Centla	Tabasquillo 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Veintisiete de Febrero	Rural
Tabasco	Centla	Vicente Guerrero	Urbana
Tabasco	Centro	Acachapan y Colmena 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Acachapan y Colmena 2da. Sección (El Maluco)	Rural
Tabasco	Centro	Acachapan y Colmena 2da. Sección (La Arena)	Rural
Tabasco	Centro	Acachapan y Colmena 3ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Acachapan y Colmena 4ta. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Acachapan y Colmena 5ta. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Alvarado Jimbal	Rural
Tabasco	Centro	Alvarado Santa Irene 2da. Sección (El Taizal)	Rural
Tabasco	Centro	Anacleto Canabal 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Anacleto Canabal 2da. Sección	Urbana
Tabasco	Centro	Anacleto Canabal 3ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Anacleto Canabal 3ra. Sección (Constitución)	Rural
Tabasco	Centro	Anacleto Canabal 4ta. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Aztlán1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Aztlán4ta. Sección (Corcho y Chilapilla)	Rural
Tabasco	Centro	Barrancas y Guanal López Portillo	Rural
Tabasco	Centro	Bicentenario	Urbana
Tabasco	Centro	Boquerón 1ra. Sección (San Pedro)	Rural
Tabasco	Centro	Boquerón 2da. Sección (El Barquillo)	Rural
Tabasco	Centro	Boquerón 3ra. Sección (El Guanal)	Rural
Tabasco	Centro	Boquerón 4ta. Sección (Laguna Nueva)	Rural
Tabasco	Centro	Buena Vista 1ra. Sección	Urbana
Tabasco	Centro	Buena Vista 2da. Sección	Urbana
Tabasco	Centro	Buena Vista Río Nuevo 1ra. Sección	Urbana

**Tabla B.1** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2016.

Estado	Municipio	Localidad	Ámbito
Tabasco	Centro	Buena Vista Río Nuevo 2da. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Buena Vista Río Nuevo 3ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Buena Vista Río Nuevo 4ta. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Constitución	Urbana
Tabasco	Centro	Coronel Traconis (Guerrero 3ra. Sección)	Rural
Tabasco	Centro	Corregidora Ortiz 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Corregidora Ortiz 3ra. Sección (San Pedrito)	Rural
Tabasco	Centro	Corregidora Ortiz 4ta. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Corregidora Ortiz 5ta. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Dieciséis de Septiembre	Rural
Tabasco	Centro	Dos Montes	Rural
Tabasco	Centro	El Alambrado	Rural
Tabasco	Centro	El Rosario y el Quemado	Rural
Tabasco	Centro	El Zapotal	Rural
Tabasco	Centro	Emiliano Zapata	Rural
Tabasco	Centro	Estancia	Rural
Tabasco	Centro	Estancia Vieja 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Estancia Vieja 2da. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Estanzuela 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Flores del Trópico	Rural
Tabasco	Centro	Fraccionamiento Ocuilzapotlán Dos	Urbana
Tabasco	Centro	Francisco I. Madero 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Gaviotas Sur (El Cedral)	Rural
Tabasco	Centro	González 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	González 1ra. Sección (Punta Brava)	Rural
Tabasco	Centro	González 2da. Sección	Rural
Tabasco	Centro	González 3ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Guapinol	Urbana
Tabasco	Centro	Guineo 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Ixtacomitán 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Ixtacomitán 2da. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Ixtacomitán 3ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Ixtacomitán 5ta. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Jolochero 2da. Sección	Rural
Tabasco	Centro	La Ceiba	Rural
Tabasco	Centro	La Lima	Urbana
Tabasco	Centro	La Manga 2da. Sección (El Jobal)	Rural
Tabasco	Centro	La Palma	Rural
Tabasco	Centro	Lázaro Cárdenas 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Lázaro Cárdenas 2da. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Lagartera 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Lagartera 2da. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Los Sauces	Rural

**Tabla B.1** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2016.

Estado	Municipio	Localidad	Ámbito
Tabasco	Centro	Luis Gil Pérez	Urbana
Tabasco	Centro	Macultepec	Urbana
Tabasco	Centro	Medellín y Madero 2da. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Medellín y Madero 3ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Medellín y Pigua 2da. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Medellín y Pigua 3ra. Sección	Urbana
Tabasco	Centro	Miramar	Rural
Tabasco	Centro	Ocuilzapotlán	Urbana
Tabasco	Centro	Pajonal	Rural
Tabasco	Centro	Parrilla	Urbana
Tabasco	Centro	Parrilla II	Urbana
Tabasco	Centro	Paso Real de la Victoria	Rural
Tabasco	Centro	Plátano y Cacao 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Plátano y Cacao 2da. Sección (La Isla)	Rural
Tabasco	Centro	Plátano y Cacao 4ta. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Playas del Rosario (Subteniente García)	Urbana
Tabasco	Centro	Plutarco Elías Calles (Cura Hueso)	Rural
Tabasco	Centro	Plutarco Elías Calles (La Majahua)	Rural
Tabasco	Centro	Pueblo Nuevo de las Raíces	Rural
Tabasco	Centro	Río Tinto 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Río Tinto 3ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Río Viejo 1ra. Sección	Urbana
Tabasco	Centro	Río Viejo 2da. Sección	Rural
Tabasco	Centro	San Marcos	Rural
Tabasco	Centro	Tamulté de las Sabanas	Urbana
Tabasco	Centro	Tierra Amarilla 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Tierra Amarilla 3ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Tocoal	Urbana
Tabasco	Centro	Torno Largo 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Torno Largo 2da. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Tumbulushal	Rural
Tabasco	Centro	Villa el Cielo	Urbana
Tabasco	Centro	Villa Unión	Rural
Tabasco	Centro	Villahermosa	Urbana
Tabasco	Comalcalco	Aldama	Urbana
Tabasco	Comalcalco	Aldama 4ta. Sección (El Naranjito)	Rural
Tabasco	Comalcalco	Arena 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Arena 5ta. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Arena 6ta. Sección (La Bolsa)	Rural
Tabasco	Comalcalco	Arroyo Hondo 1ra. Sección (Guácimo)	Rural
Tabasco	Comalcalco	Arroyo Hondo 2da. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Arroyo Hondo 4ta. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Betania	Rural

**Tabla B.1** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2016.

Estado	Municipio	Localidad	Ámbito
Tabasco	Comalcalco	Carlos Greene	Urbana
Tabasco	Comalcalco	Centro Tular 2da. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Chichicapa	Urbana
Tabasco	Comalcalco	Cocohital	Urbana
Tabasco	Comalcalco	Comalcalco	Urbana
Tabasco	Comalcalco	Cupilco	Rural
Tabasco	Comalcalco	Cuxcuxapa	Rural
Tabasco	Comalcalco	El Ángel	Rural
Tabasco	Comalcalco	Emiliano Zapata 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Francisco I. Madero 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Francisco I. Madero 2da. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Francisco Trujillo Gurría	Rural
Tabasco	Comalcalco	Gobernadores	Rural
Tabasco	Comalcalco	Gregorio Méndez 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Gregorio Méndez 2da. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Guatemalán	Rural
Tabasco	Comalcalco	Guayo 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Guayo 2da. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Ignacio Gutiérrez Gámez	Rural
Tabasco	Comalcalco	Ignacio Zaragoza 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Ignacio Zaragoza 3ra. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Ignacio Zaragoza 4ta. Sección (San Andrés)	Rural
Tabasco	Comalcalco	Independencia 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Independencia 2da. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Independencia 3ra. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Jesús Carranza	Rural
Tabasco	Comalcalco	José María Pino Suárez 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	José María Pino Suárez 2da. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Lázaro Cárdenas 3ra. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	León Zárate 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Miguel Hidalgo	Urbana
Tabasco	Comalcalco	Norte 1ra. Sección (Buena Vista)	Rural
Tabasco	Comalcalco	Norte 1ra. Sección (San Julián)	Rural
Tabasco	Comalcalco	Norte 2da. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Occidente 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Occidente 2da. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Occidente 4ta. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Oriente 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Oriente 1ra. Sección (Santo Domingo)	Rural
Tabasco	Comalcalco	Oriente 3ra. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Oriente 4ta. Sección (Tripa Ciega)	Rural
Tabasco	Comalcalco	Oriente 5ta. Sección (La Candelaria)	Rural
Tabasco	Comalcalco	Oriente 6ta. Sección (Los Mulatos)	Rural

**Tabla B.1** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2016.

Estado	Municipio	Localidad	Ámbito
Tabasco	Comalcalco	Paso de Cupilco	Rural
Tabasco	Comalcalco	Patatal 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Patatal 2da. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Potrerillo	Rural
Tabasco	Comalcalco	Progreso Tular 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Progreso Tular 2da. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Reyes Hernández 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Reyes Hernández 2da. Sección	Urbana
Tabasco	Comalcalco	San Fernando (Pueblo Nuevo)	Rural
Tabasco	Comalcalco	Santa Lucía Chichicapa (Fraccionamiento la Quinta)	Rural
Tabasco	Comalcalco	Sargento López 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Sargento López 2da. Sección (El Chuzo)	Rural
Tabasco	Comalcalco	Sargento López 3ra. Sección (San Jorge)	Rural
Tabasco	Comalcalco	Sur 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Sur 2da. Sección (La Trinidad)	Rural
Tabasco	Comalcalco	Sur 4ta. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Sur Aldama	Rural
Tabasco	Comalcalco	Tecolutilla	Urbana
Tabasco	Comalcalco	Tecolutilla (Riberita)	Rural
Tabasco	Comalcalco	Tránsito Tular	Rural
Tabasco	Comalcalco	Tupilquillo	Rural
Tabasco	Comalcalco	Zapotal 2da. Sección	Rural
Tabasco	Comalcalco	Zapotal 3ra. Sección	Rural
Tabasco	Cunduacán	Adolfo Ruiz Cortines (Morelitos)	Rural
Tabasco	Cunduacán	Alianza para la Producción	Rural
Tabasco	Cunduacán	Alianza Periférico	Rural
Tabasco	Cunduacán	Amado Gámez	Rural
Tabasco	Cunduacán	Benito Juárez	Rural
Tabasco	Cunduacán	Culico 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Cunduacán	Culico 2da. Sección	Rural
Tabasco	Cunduacán	Carlos Rovirosa (Tulipán)	Urbana
Tabasco	Cunduacán	Ceiba 1ra. Sección (Jahuactal)	Rural
Tabasco	Cunduacán	Colima	Rural
Tabasco	Cunduacán	Cucuyulapa	Urbana
Tabasco	Cunduacán	Cucuyulapa 2da. Sección (Puente Samaria)	Rural
Tabasco	Cunduacán	Cumuapa 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Cunduacán	Cumuapa 2da. Sección	Rural
Tabasco	Cunduacán	Cunduacán (El Motón)	Rural
Tabasco	Cunduacán	Dieciséis de Septiembre	Rural
Tabasco	Cunduacán	Domingo Amado Brito Salgado	Rural
Tabasco	Cunduacán	Dos Ceibas	Rural
Tabasco	Cunduacán	El Carmen (Cumuaapa)	Rural
Tabasco	Cunduacán	El Progreso	Rural

**Tabla B.1** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2016.

Estado	Municipio	Localidad	Ámbito
Tabasco	Cunduacán	El Tular	Rural
Tabasco	Cunduacán	El Tunal	Rural
Tabasco	Cunduacán	Emiliano Zapata (San Mateo)	Rural
Tabasco	Cunduacán	Enrique González Pedrero	Rural
Tabasco	Cunduacán	Felipe Carrillo Puerto	Rural
Tabasco	Cunduacán	Felipe Galván	Rural
Tabasco	Cunduacán	Gregorio Méndez	Rural
Tabasco	Cunduacán	Huacapa y Amestoy	Rural
Tabasco	Cunduacán	Huapacal 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Cunduacán	Huapacal 2da. Sección	Rural
Tabasco	Cunduacán	Huimango	Urbana
Tabasco	Cunduacán	Huimango 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Cunduacán	Huimango 2da. Sección (La Mona)	Rural
Tabasco	Cunduacán	Huimango 3ra. Sección (Los Cerros)	Rural
Tabasco	Cunduacán	Ignacio Zaragoza	Rural
Tabasco	Cunduacán	José María Morelos y Pavón (Morelitos)	Rural
Tabasco	Cunduacán	La Esmeralda	Rural
Tabasco	Cunduacán	La Lucha	Rural
Tabasco	Cunduacán	La Piedra 3ra. Sección	Rural
Tabasco	Cunduacán	La Playita	Urbana
Tabasco	Cunduacán	Libertad	Urbana
Tabasco	Cunduacán	Libertad 3ra. Sección (Monte Grande)	Rural
Tabasco	Cunduacán	Libertad 4ta. Sección (Vicente Guerrero)	Rural
Tabasco	Cunduacán	Los Cedros	Rural
Tabasco	Cunduacán	Los Cerros	Rural
Tabasco	Cunduacán	Marín	Rural
Tabasco	Cunduacán	Marín (Rampa de Panuncio)	Rural
Tabasco	Cunduacán	Mario Barrueta García	Rural
Tabasco	Cunduacán	Miahuatlán 2da. Sección	Rural
Tabasco	Cunduacán	Monterrey	Rural
Tabasco	Cunduacán	Morelos Piedra 3ra. Sección	Rural
Tabasco	Cunduacán	Nicolás Bravo	Rural
Tabasco	Cunduacán	Nueva Esperanza	Rural
Tabasco	Cunduacán	Once de Febrero 1ra. Sección	Urbana
Tabasco	Cunduacán	Oscar Gámez Sauz	Rural
Tabasco	Cunduacán	Pechucalco	Rural
Tabasco	Cunduacán	Pechucalco 2da. Sección (Las Cruces)	Rural
Tabasco	Cunduacán	Rancho Nuevo	Rural
Tabasco	Cunduacán	Reforma	Rural
Tabasco	Cunduacán	San Benito la Bolsa (Tierra y Libertad)	Rural
Tabasco	Cunduacán	Tierra y Libertad	Rural
Tabasco	Huimanguillo	C-31 (General Francisco Villa)	Urbana
Tabasco	Huimanguillo	C-41 (Licenciado Carlos A. Madrazo)	Urbana

**Tabla B.1** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2016.

Estado	Municipio	Localidad	Ámbito
Tabasco	Huimanguillo	El Desecho 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Huimanguillo	El Desecho 1ra. Sección (Playa I)	Rural
Tabasco	Huimanguillo	El Dorado	Rural
Tabasco	Huimanguillo	El Puente	Rural
Tabasco	Huimanguillo	El Puente 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Huimanguillo	El Puente 2da. Sección	Rural
Tabasco	Huimanguillo	Huimanguillo	Urbana
Tabasco	Huimanguillo	La Luz	Rural
Tabasco	Huimanguillo	Libertad	Rural
Tabasco	Huimanguillo	Los Naranjos 1ra. Sección (Campechito)	Rural
Tabasco	Huimanguillo	Mastelero	Rural
Tabasco	Huimanguillo	Monte de Oro 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Huimanguillo	Por la Moral de un Presidente	Rural
Tabasco	Huimanguillo	Río Seco y Montaña 2da. Sección	Rural
Tabasco	Huimanguillo	Río Seco y Montaña 3ra. Sección (Chinal)	Rural
Tabasco	Huimanguillo	San Lázaro	Rural
Tabasco	Huimanguillo	Villa Flores 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Huimanguillo	Villa Flores 2da. Sección	Rural
Tabasco	Jalapa	Jalapa	Urbana
Tabasco	Jalapa	Santo Domingo 1ra. Sección (El Llano)	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Ayapa	Urbana
Tabasco	Jalpa de Mendez	Benito Juárez 2da. Sección	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Benito Juárez 3ra. Sección	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Boquiapa	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Chacalapa 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	El Campo Petrolero Mecoacán	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	El Carmen	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	El Novillero	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	El Río	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	El Recreo	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Gregorio Méndez	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Hermenegildo Galeana 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Hermenegildo Galeana 2da. Sección	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Huapacal 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Huapacal 2da. Sección (Punta Brava)	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Iquinuapa	Urbana
Tabasco	Jalpa de Mendez	Iquinuapa (El Clavo)	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Jalpa de Méndez	Urbana
Tabasco	Jalpa de Mendez	Jalupa	Urbana
Tabasco	Jalpa de Mendez	La Ceiba	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	La Pera	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	La Trinidad	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Mecoacán	Rural

**Tabla B.1** Localidades ameznadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2016.

Estado	Municipio	Localidad	Ámbito
Tabasco	Jalpa de Mendez	Mecoacán 2da. Sección (San Lorenzo)	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Nabor Cornelio Álvarez	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Nicolás Bravo	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Pueblo Viejo	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Reforma 2da. Sección (Santa María)	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Reforma 3ra. Sección (El Guano)	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Ribera Alta	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	San Hipólito	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Santa Lucía	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Santuario 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Soyataco	Urbana
Tabasco	Jalpa de Mendez	Tierra Adentro 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Tierra Adentro 2da. Sección	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Tomás Garrido Canabal (San José)	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Vicente Guerrero 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Jalpa de Mendez	Vicente Guerrero 2da. Sección	Rural
Tabasco	Nacajuca	Aparceros	Rural
Tabasco	Nacajuca	Arroyo	Rural
Tabasco	Nacajuca	Arroyo San Cipriano	Rural
Tabasco	Nacajuca	Banderas (Guatacalca 2da. Sección)	Rural
Tabasco	Nacajuca	Benito Juárez	Rural
Tabasco	Nacajuca	Bosque de Saloya	Urbana
Tabasco	Nacajuca	Brisas del Carrizal	Urbana
Tabasco	Nacajuca	Chicozapote	Rural
Tabasco	Nacajuca	Corriente 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Nacajuca	El Cedro	Rural
Tabasco	Nacajuca	El Chiflón	Rural
Tabasco	Nacajuca	El Guásimo	Rural
Tabasco	Nacajuca	El Zapote	Rural
Tabasco	Nacajuca	Entre Ceibas	Rural
Tabasco	Nacajuca	Ferlles Nuevo Campestre	Rural
Tabasco	Nacajuca	Guatacalca	Urbana
Tabasco	Nacajuca	Guaytalpa	Rural
Tabasco	Nacajuca	Isla Guadalupe	Rural
Tabasco	Nacajuca	Jiménez	Rural
Tabasco	Nacajuca	La Cruz de Olcuatitán	Rural
Tabasco	Nacajuca	La Cruz del Sandial	Rural
Tabasco	Nacajuca	La Pera	Rural
Tabasco	Nacajuca	La Selva	Urbana
Tabasco	Nacajuca	Libertad	Urbana
Tabasco	Nacajuca	Lomitas	Urbana
Tabasco	Nacajuca	Manuel Buendía Telléz Girón	Rural
Tabasco	Nacajuca	Mazateupa	Urbana

**Tabla B.1** Localidades ameznadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2016.

Estado	Municipio	Localidad	Ámbito
Tabasco	Nacajuca	Nacajuca	Urbana
Tabasco	Nacajuca	Olcuatitán	Rural
Tabasco	Nacajuca	Oxiacaque	Rural
Tabasco	Nacajuca	Palmira	Rural
Tabasco	Nacajuca	Pomoca	Urbana
Tabasco	Nacajuca	Real Campestre	Rural
Tabasco	Nacajuca	Saloya 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Nacajuca	Saloya 2da. Sección	Rural
Tabasco	Nacajuca	Samarkanda	Rural
Tabasco	Nacajuca	San Isidro 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Nacajuca	San Marcos	Rural
Tabasco	Nacajuca	San Simón	Rural
Tabasco	Nacajuca	Simón Bolívar	Rural
Tabasco	Nacajuca	Tapotzingo	Urbana
Tabasco	Nacajuca	Taxco	Rural
Tabasco	Nacajuca	Tecoluta 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Nacajuca	Tecoluta 2da. Sección	Rural
Tabasco	Nacajuca	Tucta	Rural
Tabasco	Paraíso	Aquiles Serdán	Rural
Tabasco	Paraíso	Aquiles Serdán	Rural
Tabasco	Paraíso	Chiltepec (Puerto Chiltepec)	Rural
Tabasco	Paraíso	Chiltepec (Sección Banco)	Rural
Tabasco	Paraíso	Chiltepec (Sección Pénjamo)	Rural
Tabasco	Paraíso	Chiltepec (Sección Tanque)	Rural
Tabasco	Paraíso	El Bellote (Miguel de la Madrid)	Rural
Tabasco	Paraíso	Francisco I. Madero (Madero)	Rural
Tabasco	Paraíso	Hueso de Puerco (Colonia Quintín Arauz)	Rural
Tabasco	Paraíso	José María Morelos y Pavón (El Bellote)	Rural
Tabasco	Paraíso	La Unión 1ra. Sección (Amatillo)	Rural
Tabasco	Paraíso	La Unión 2da. Sección	Rural
Tabasco	Paraíso	Las Flores 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Paraíso	Las Flores 2da. Sección	Rural
Tabasco	Paraíso	Libertad 1ra. Sección (El Chivero)	Rural
Tabasco	Paraíso	Libertad 2da. Sección	Rural
Tabasco	Paraíso	Moctezuma (Francisco I. Madero 3ra. Sección)	Rural
Tabasco	Paraíso	Moctezuma 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Paraíso	Moctezuma 3ra. Sección	Rural
Tabasco	Paraíso	Monte Adentro	Rural
Tabasco	Paraíso	Nicolás Bravo	Rural
Tabasco	Paraíso	Nicolás Bravo 2da. Sección (La Gloria)	Rural
Tabasco	Paraíso	Nicolás Bravo 3ra. Sección	Rural
Tabasco	Paraíso	Nicolás Bravo 5ta. Sección (Punta Brava)	Rural
Tabasco	Paraíso	Nuevo Torno Largo	Rural

**Tabla B.1** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2016.

Estado	Municipio	Localidad	Ámbito
Tabasco	Paraíso	Occidente (San Francisco)	Rural
Tabasco	Paraíso	Oriente (San Cayetano)	Urbana
Tabasco	Paraíso	Oriente 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Paraíso	Oriente 2da. Sección (Palma Huaca)	Rural
Tabasco	Paraíso	Palestina	Rural
Tabasco	Paraíso	Paraíso	Urbana
Tabasco	Paraíso	Potreritos	Rural
Tabasco	Paraíso	Puerto Ceiba	Urbana
Tabasco	Paraíso	Puerto Ceiba (Carrizal)	Rural
Tabasco	Paraíso	Quintín Arauz	Urbana
Tabasco	Teapa	Andrés Quintana Roo	Rural
Tabasco	Teapa	Chapultepec	Rural
Tabasco	Teapa	Colonia Municipal	Rural
Tabasco	Teapa	Colorado (Benito Juárez)	Rural
Tabasco	Teapa	Eureka y Belén	Rural
Tabasco	Teapa	Francisco Javier Mina (Argentina)	Rural
Tabasco	Teapa	Hermenegildo Galeana	Rural
Tabasco	Teapa	Hermenegildo Galeana 2da. Sección	Rural
Tabasco	Teapa	Ignacio Allende 2da. Sección	Rural
Tabasco	Teapa	José María Morelos y Pavón (Las Delicias)	Rural
Tabasco	Teapa	Juan Aldama	Rural
Tabasco	Teapa	Las Flores 3ra. Sección (El Cerro)	Rural
Tabasco	Teapa	Manuel Buelta 2da. Sección	Rural
Tabasco	Teapa	Mariano Abasolo (Abasolito)	Rural
Tabasco	Teapa	Mariano Pedrero 3ra. Sección	Rural
Tabasco	Teapa	Nicolás Bravo 2da. Sección	Rural
Tabasco	Teapa	Teapa	Urbana
Tabasco	Teapa	Vicente Guerrero (Las Nieves)	Rural
Tabasco	Teapa	Vicente Guerrero (Lerma)	Rural

**Tabla B.2** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2017.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Campeche	Carmen	Nuevo Campechito	Rural
Tabasco	Centla	Álvaro Obregón (Santa Cruz)	Rural
Tabasco	Centla	Benito Juárez	Rural
Tabasco	Centla	Benito Juárez	Rural
Tabasco	Centla	Carlos A. Madrazo	Rural
Tabasco	Centla	Carlos Rovirosa 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Felipe Carrillo Puerto (Centro)	Rural
Tabasco	Centla	Felipe Carrillo Puerto Sur (Carrillón)	Rural
Tabasco	Centla	Francisco I. Madero	Rural
Tabasco	Centla	Gobernador Cruz	Rural
Tabasco	Centla	Ignacio Zaragoza	Rural

**Tabla B.2** Localidades ameznadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2017.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Tabasco	Centla	Nuevo Centla	Rural
Tabasco	Centla	Barra de San Pedro	Rural
Tabasco	Centla	La Victoria	Rural
Tabasco	Centla	Pico de Oro	Rural
Tabasco	Centla	Francisco Villa	Rural
Tabasco	Centla	Gregorio Méndez Magaña	Rural
Tabasco	Centla	Francisco I. Madero	Rural
Tabasco	Centla	El Bosque	Rural
Tabasco	Centla	Arroyo Polo 2da. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Libertad de Allende	Rural
Tabasco	Centla	Constancia y Venecia	Rural
Tabasco	Centla	Miguel Hidalgo 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Carlos Roviroza 2da. Sección (La Costeñita)	Rural
Tabasco	Centla	Leandro Roviroza Wade 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Caparoso	Rural
Tabasco	Centla	Fraccionamiento Miramar	Rural
Tabasco	Centla	Emiliano Zapata	Rural
Tabasco	Centla	Veintisiete de Febrero	Rural
Tabasco	Centla	Fronterita	Rural
Tabasco	Centla	Leandro Roviroza Wade 2da. Sección	Rural
Tabasco	Centla	La Estrella	Rural
Tabasco	Centla	La Sábana	Rural
Tabasco	Centla	Frontera	Urbana
Tabasco	Centla	Cuauhtémoc	Urbana
Tabasco	Centla	Ignacio Allende	Urbana
Tabasco	Centla	Simón Sarlat	Urbana
Tabasco	Centla	Vicente Guerrero	Urbana

**Tabla B.3** Localidades ameznadas afectadas por la concentración de PM<sub>2.5</sub> durante el 2018.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Tabasco	Centla	Carlos Roviroza 2da. Sección (La Costeñita)	Rural
Tabasco	Centla	La Victoria	Rural
Tabasco	Centla	Carlos Roviroza 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Libertad de Allende	Rural
Tabasco	Centla	El Bosque	Rural
Tabasco	Centla	Frontera	Urbana

**Tabla B.4** Localidades ameznadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2018.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Tabasco	Huimanguillo	Aquiles Serdán 2da. Sección (Azucenita)	Rural
Tabasco	Centla	Carlos Roviroza 1ra. Sección	Rural

**Tabla B.4** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2018.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Tabasco	Centla	Carlos Rovirosa 2da. Sección (La Costeñita)	Rural
Tabasco	Cárdenas	Coronel Andrés Sánchez Magallanes	Urbana
Tabasco	Cárdenas	Cuauhtemoczín	Rural
Tabasco	Cárdenas	El Barí 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centla	El Bosque	Rural
Tabasco	Cárdenas	El Yucateco (Paylebot 2da. Sección)	Rural
Tabasco	Centla	Frontera	Urbana
Tabasco	Centla	La Victoria	Rural
Tabasco	Centla	Libertad de Allende	Rural
Tabasco	Cárdenas	Pedro Sánchez Magallanes	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Abrevadero	Rural
Veracruz	Moloacán	Acalapa Uno	Rural
Veracruz	Acayucan	Acayucan	Urbana
Veracruz	Catemaco	Adolfo López Mateos (El Marinero)	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Adolfo Ruiz Cortines	Rural
Veracruz	Agua Dulce	Agua Dulce	Urbana
Veracruz	Chinameca	Agua Fría	Rural
Veracruz	Acayucan	Aguapinole (Cuapinole)	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Ahuacapan	Rural
Veracruz	Catemaco	Ahuatepec	Rural
Veracruz	Acayucan	Alfredo Cuadra I. Piña	Rural
Veracruz	Coatzacoalcos	Allende	Urbana
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Alto Lucero	Rural
Veracruz	Soteapan	Amamaloya	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Ampliación Caravaca (Kilómetro 30)	Rural
Veracruz	Catemaco	Ampliación Limón	Rural
Veracruz	Jáltipan	Anáhuac	Rural
Veracruz	Ángel R. Cabada	Ángel R. Cabada	Urbana
Veracruz	Minatitlán	Antonio Plaza	Rural
Veracruz	Acayucan	Apaxta	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Apixita	Rural
Veracruz	Coatzacoalcos	Arenke	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Arroyo de Liza	Rural
Veracruz	Ángel R. Cabada	Arroyo Grande de Arriba (Colonia Francisco I. Madero)	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Arroyo Largo	Rural
Veracruz	Minatitlán	Arroyo Mariano	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Arroyo San Isidro	Rural
Veracruz	Mecayapan	Arroyo Texizapan	Rural
Veracruz	Chinameca	Ateponta	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Axochio	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Ayotzintla	Rural
Veracruz	Catemaco	Bajos de Mimiahua	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Balzapote	Rural

**Tabla B.4** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2018.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Veracruz	Catemaco	Barra de Sontecomapan	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Barrancas (Buenos Aires)	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Barrosa	Rural
Veracruz	Pajapan	Batajapán	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Bella Vista	Rural
Veracruz	Tatahuicapan de Juárez	Benigno Mendoza	Rural
Veracruz	Ixhuatlán del Sureste	Benito Canales	Rural
Veracruz	Catemaco	Benito Juárez	Rural
Veracruz	Pajapan	Benito Juárez	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Benito Juárez	Rural
Veracruz	Soconusco	Benito Juárez	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Bezuapan	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Boca del Monte	Rural
Veracruz	Ángel R. Cabada	Brazo de la Palma (El Rincón Caliente)	Rural
Veracruz	Soteapan	Buena Vista	Urbana
Veracruz	Minatitlán	Buenavista de Juárez	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Buenos Aires Texalpan	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Buenos Aires Xoteapan	Rural
Veracruz	Acayucan	Cabañas	Rural
Veracruz	Ixhuatlán del Sureste	Cadete Juan de la Barrera	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Calería	Urbana
Veracruz	Catemaco	Calpultéolt (El Morro)	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Calzadas (Kilómetro 14)	Rural
Veracruz	Acayucan	Campo de Águila	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Canticas	Rural
Veracruz	Minatitlán	Capoacan	Rural
Veracruz	Saltabarranca	Carlos Huerta Nájera (La Cruz)	Rural
Veracruz	San Juan Evangelista	Cartagena de Michapan	Rural
Veracruz	Jáltipan	Casas Viejas	Rural
Veracruz	Acayucan	Cascajal del Río (Cascajalillo)	Rural
Veracruz	San Juan Evangelista	Cascajal Grande	Rural
Veracruz	San Juan Evangelista	Cascajalito	Rural
Veracruz	Catemaco	Catemaco	Urbana
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Cebadilla Chica	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Cebadilla Grande	Rural
Veracruz	Coatzacoalcos	Centro de Readaptación Social	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Cerro Amarillo de Abajo	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Cerro Amarillo de Arriba	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Cerro Blanco	Rural
Veracruz	Soteapan	Cerro Colorado	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Cerro de Castro	Rural
Veracruz	Mecayapan	Cerro de la Palma	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Cerro las Iguanas	Rural

**Tabla B.4** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2018.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Veracruz	Chinameca	Chacalapa	Rural
Veracruz	Soconusco	Chalcomulco	Rural
Veracruz	San Juan Evangelista	Chapopoapan	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Chilapan	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Chilchutiuca	Rural
Veracruz	Chinameca	Chinameca	Urbana
Veracruz	Santiago Tuxtla	Chininiapan	Rural
Veracruz	Soconusco	Chogota	Rural
Veracruz	Ángel R. Cabada	Chonegal	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Chuniapan de Abajo	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Chuniapan de Arriba	Rural
Veracruz	Alvarado	Ciénega del Sur	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Cinco de Febrero	Rural
Veracruz	Coatzacoalcos	Cinco de Mayo	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Cinco de Mayo	Rural
Veracruz	Acayucan	Cirilo Vázquez Lagunes	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Coacotla	Urbana
Veracruz	Coatzacoalcos	Coatzacoalcos	Urbana
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Cobaltepec	Rural
Veracruz	Texistepec	Colombia	Rural
Veracruz	Soteapan	Colonia Benito Juárez	Urbana
Veracruz	Catemaco	Colonia Cerro Canseco	Rural
Veracruz	Catemaco	Colonia el Águila	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Colonia el Cocal	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Colonia el Paraíso	Rural
Veracruz	Oluta	Colonia Esmeralda	Rural
Veracruz	Jáltipan	Colonia Fidel Herrera	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Colonia Habitat	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Colonia Hermosa	Rural
Veracruz	Acayucan	Colonia Hidalgo	Rural
Veracruz	Soteapan	Colonia la Magdalena	Rural
Veracruz	Acayucan	Colonia la Merced	Rural
Veracruz	Soconusco	Colonia Lealtad	Urbana
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Colonia los Cocuites	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Colonia Luis Donaldo Colosio	Rural
Veracruz	Zaragoza	Colonia Marco Antonio Muñoz	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Colonia Miguel Alemán	Rural
Veracruz	Coatzacoalcos	Colonia Nueva Era	Rural
Veracruz	Oluta	Colonia Olmeca	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Colonia Oteapan	Rural
Veracruz	Acayucan	Colonia Prados de Acayucan	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Colonia Proviva	Rural
Veracruz	Pajapan	Colonia Rosa Borunda de Herrera	Rural

**Tabla B.4** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2018.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Veracruz	Coatzacoalcos	Colonia Veracruz	Rural
Veracruz	Coatzacoalcos	Colorado	Rural
Veracruz	Acayucan	Comején	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Comoapan	Urbana
Veracruz	Acayucan	Congregación Hidalgo	Rural
Veracruz	Acayucan	Corral Nuevo	Urbana
Veracruz	Pajapan	Coscapan	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Cosoleacaque	Urbana
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Costa de Oro (Arroyo de Oro)	Rural
Veracruz	Catemaco	Coxcoapan	Rural
Veracruz	Catemaco	Coyame	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Coyol de González	Rural
Veracruz	Ixhuatlán del Sureste	Coyolar	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Coyolito	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Coyoltepec	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Cruz de Vidaña	Rural
Veracruz	Sayula de Alemán	Cruz del Milagro	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Cuauhtémoc	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Cuesta Amarilla	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Cuesta de Laja	Rural
Veracruz	Soteapan	Cuilonia	Rural
Veracruz	Soteapan	Cuilonia Nueva	Rural
Veracruz	Acayucan	Dehesa	Urbana
Veracruz	Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río	Democracia y Libertad	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Dos Aguajes	Rural
Veracruz	Catemaco	Dos Amates	Rural
Veracruz	Catemaco	Dos Arroyos	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Dos de Abril (Montepío Chiquito)	Rural
Veracruz	Moloacán	Ejido Arroyo Blanco (El Ágata)	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Ejido Horno de Cal	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Ejido la Bomba	Rural
Veracruz	Soconusco	Ejido la Virgen	Rural
Veracruz	Moloacán	Ejido Popotla	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	El Aguacate	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	El Aguaje	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	El Bebedero	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	El Cafetal	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	El Chamizal	Rural
Veracruz	Ixhuatlán del Sureste	El Chapo	Rural
Veracruz	Chinameca	El Chapopote	Rural
Veracruz	Jáltipan	El Chorrito	Rural
Veracruz	Oluta	El Chorro	Rural

**Tabla B.4** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2018.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Veracruz	Sayula de Alemán	El Cobanal	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	El Crucero de Matacapán	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	El Diamante	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	El Dorado (Ampliación Estero del Pantano)	Rural
Veracruz	Ángel R. Cabada	El Escobillal	Rural
Veracruz	Acayucan	El Hato	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	El Huidero	Rural
Veracruz	Minatitlán	El Iguanero	Rural
Veracruz	Minatitlán	El Jagüey	Rural
Veracruz	Minatitlán	El Jícara	Rural
Veracruz	Catemaco	El Jobo	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	El Kilómetro Diecisiete	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	El Kilómetro Quince	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	El Laurel	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	El Limón	Rural
Veracruz	Chinameca	El Manantial [Centro de Población Agrícola y Ganadera]	Rural
Veracruz	Pajapan	El Mangal	Rural
Veracruz	Oluta	El Mirador	Rural
Veracruz	Tatahuicapan de Juárez	El Mirador Pilapa	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	El Moral	Rural
Veracruz	Agua Dulce	El Muelle (Gavilán Norte)	Urbana
Veracruz	San Andrés Tuxtla	El Nacastle	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	El Naranjito	Urbana
Veracruz	Cosoleacaque	El Naranjo	Rural
Veracruz	Mecayapan	El Naranjo	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	El Nopal	Rural
Veracruz	Acayucan	El Nuevo Principio	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	El Palmar	Rural
Veracruz	Ángel R. Cabada	El Panatlán	Rural
Veracruz	Ángel R. Cabada	El Paraíso	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	El Paraíso	Rural
Veracruz	Mecayapan	El Paraíso (San Francisco)	Rural
Veracruz	Pajapan	El Pescador (El Moral)	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	El Platanar	Rural
Veracruz	Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río	El Pollo de Oro	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	El Polvorín	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	El Popotal	Rural
Veracruz	Ángel R. Cabada	El Porvenir	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	El Porvenir	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	El Potrerillo	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	El Potrero	Rural
Veracruz	Ángel R. Cabada	El Progreso Majahual	Rural

**Tabla B.4** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2018.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Veracruz	Catemaco	El Real	Rural
Veracruz	Minatitlán	El Remolino	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	El Remolino	Rural
Veracruz	Saltabarranca	El Rincón Caletón	Rural
Veracruz	Coatzacoalcos	El Rosario	Rural
Veracruz	Mecayapan	El Rubí	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	El Saltillo Caracolar	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	El Sauzal	Rural
Veracruz	Minatitlán	El Tabasqueño	Rural
Veracruz	Pajapan	El Toronjal	Rural
Veracruz	Acayucan	El Triunfo	Rural
Veracruz	Soteapan	El Tulín	Rural
Veracruz	Ixhuatlán del Sureste	El Túnel	Rural
Veracruz	Tatahuicapan de Juárez	El Vigía	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	El Yuale Chico	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	El Yuale Grande	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	El Zapotal	Rural
Veracruz	Acayucan	El Zapote	Rural
Veracruz	Acayucan	Emiliano Zapata	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Emiliano Zapata	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Emiliano Zapata	Rural
Veracruz	Jáltipan	Emiliano Zapata Salazar	Rural
Veracruz	Texistepec	Encinal de Ojapa	Rural
Veracruz	Mecayapan	Encino Amarillo	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Enrique López Huitrón	Rural
Veracruz	Acayucan	Esperanza Malota	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Esteros del Pantano	Urbana
Veracruz	Cosoleacaque	Fernando Gutiérrez Barrios	Rural
Veracruz	Tatahuicapan de Juárez	Fernando López Arias	Rural
Veracruz	Coatzacoalcos	Fraccionamiento Ciudad Olmeca	Urbana
Veracruz	Chinameca	Fraccionamiento del Fonden (El Arenal)	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Fraccionamiento las Arboledas	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Fraccionamiento las Palmas	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Fraccionamiento los Encinos	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	Fraccionamiento los Idolos	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Fraccionamiento los Limones	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Fraccionamiento los Mangos	Urbana
Veracruz	Cosoleacaque	Fraccionamiento los Prados	Urbana
Veracruz	Agua Dulce	Fraccionamiento Quince de Agosto	Rural
Veracruz	Soconusco	Fraccionamiento Santa Cruz	Urbana
Veracruz	Cosoleacaque	Fraccionamiento Villas Ana María	Rural
Veracruz	Minatitlán	Francisco de Garay (Ampliación Colorado)	Rural
Veracruz	Minatitlán	Francisco de Garay (Tacoacinta)	Rural

**Tabla B.4** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2018.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Francisco I. Madero	Rural
Veracruz	Minatitlán	Francisco I. Madero	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Francisco I. Madero	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Francisco I. Madero	Rural
Veracruz	Texistepec	Francisco I. Madero	Rural
Veracruz	Coatzacoalcos	Francisco Villa	Rural
Veracruz	Moloacán	Francisco Villa	Rural
Veracruz	Acayucan	Fredepo	Rural
Veracruz	Soteapan	General Hilario C. Salas	Rural
Veracruz	Acayucan	Gran Bretaña	Rural
Veracruz	Ixhuatlán del Sureste	Guayabal	Rural
Veracruz	Coatzacoalcos	Guillermo Prieto (Santa Rosa)	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Guinda	Rural
Veracruz	Catemaco	Gustavo Díaz Ordaz	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Hato Nuevo	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Hermenegildo J. Aldana	Urbana
Veracruz	Santiago Tuxtla	Hidalgo (Salto de los Islaba Dos)	Rural
Veracruz	Soteapan	Hilario C. Salas	Rural
Veracruz	Tatahuicapan de Juárez	Hipólito Landero	Rural
Veracruz	Texistepec	Hipólito Landeros (Zacatal)	Rural
Veracruz	Mecayapan	Huazuntlán	Urbana
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Hueyapan de Ocampo	Urbana
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Hueyapan de Soconusco	Rural
Veracruz	Agua Dulce	Ingeniero Mario Hernández Posada	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	Isiquio Tadeo	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Ixbiapan	Rural
Veracruz	Acayucan	Ixhuapan	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	Ixhuapan	Rural
Veracruz	Mecayapan	Ixhuapan	Rural
Veracruz	Minatitlán	Ixhuatepec (Paso del Chipile)	Rural
Veracruz	Ixhuatlán del Sureste	Ixhuatlán del Sureste	Urbana
Veracruz	Acayucan	Ixtagapa	Rural
Veracruz	Jáltipan	Jáltipan de Morelos	Urbana
Veracruz	Pajapan	Jicacal	Rural
Veracruz	San Juan Evangelista	Jimba de Michapan	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	José F. Gutiérrez	Rural
Veracruz	Pajapan	José María Morelos	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	José María Morelos y Pavón	Rural
Veracruz	Jáltipan	Juan de la Barrera	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Juan Díaz Covarrubias	Urbana
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Juan Jacobo Torres [Bodega de Totontepec]	Rural
Veracruz	Jáltipan	Kilómetro Cincuenta	Rural
Veracruz	Soteapan	Kilómetro Diez	Rural

**Tabla B.4** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2018.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Veracruz	San Andrés Tuxtla	La Aurora	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	La Boca	Rural
Veracruz	Catemaco	La Candelaria	Rural
Veracruz	Coatzacoalcos	La Cangrejera (Gavilán Sur)	Rural
Veracruz	Coatzacoalcos	La Cangrejera [Unidad Habitacional]	Rural
Veracruz	Coatzacoalcos	La Cangrejera Dos (Gavilán Sur Ampliación)	Rural
Veracruz	San Juan Evangelista	La Cerquilla	Urbana
Veracruz	Jáltipan	La Ciénega	Rural
Veracruz	Soconusco	La Colmena	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	La Concepción	Rural
Veracruz	Coatzacoalcos	La Esperanza	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	La Esperanza	Rural
Veracruz	Soteapan	La Estribera	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	La Florida	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	La Florida	Rural
Veracruz	Soteapan	La Florida	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	La Gloria	Rural
Veracruz	Coatzacoalcos	La Guadalupana	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	La Guadalupe	Rural
Veracruz	Coatzacoalcos	La Joya del Mar	Rural
Veracruz	Jáltipan	La Lajilla	Rural
Veracruz	San Juan Evangelista	La Lima	Rural
Veracruz	Catemaco	La Margarita	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	La Mechuda	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	La Mojarra	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	La Mulata	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	La Nacional	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	La Nueva Esperanza	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	La Nueva Esperanza	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	La Nueva Victoria	Rural
Veracruz	Catemaco	La Palma	Rural
Veracruz	Chinameca	La Palma	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	La Palma	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	La Palma (Predio Encino Gordo)	Rural
Veracruz	Acazacan	La Peña	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	La Perla de Hueyapan	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	La Perla de Michapan	Rural
Veracruz	Mecayapan	La Perla del Golfo	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	La Porteñuela	Rural
Veracruz	Soconusco	La Primavera	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	La Providencia	Rural
Veracruz	Catemaco	La Providencia	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	La Redonda	Rural

**Tabla B.4** Localidades ameznadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2018.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Veracruz	San Andrés Tuxtla	La Técnica	Rural
Veracruz	Tatahuicapan de Juárez	La Valentina	Rural
Veracruz	Catemaco	La Victoria	Rural
Veracruz	Minatitlán	La Victoria	Rural
Veracruz	Pajapan	La Victoria del Maíz (General Emiliano Zapata)	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	La Zamaria	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	Laguna Colorada (Anexo a los Lirios)	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	Laguna Colorada (Anexo Plan de los Naranjos)	Rural
Veracruz	Acayucan	Laguna de Cabezo	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	Laguna de Majahual (Río de Cañas)	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Laguna de Pizatal	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Laguna Escondida	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	Laguna Verde (La Esperanza)	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Laguneta	Rural
Veracruz	Ixhuatlán del Sureste	Las Águilas	Rural
Veracruz	Minatitlán	Las Ánimas	Rural
Veracruz	Coatzacoalcos	Las Barrillas	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Las Jacarandas	Rural
Veracruz	Acayucan	Las Lagunas	Rural
Veracruz	Minatitlán	Las Lomas	Rural
Veracruz	Chinameca	Las Lomas Cerritos	Rural
Veracruz	Jáltipan	Las Lomas de Tacamichapan	Rural
Veracruz	Ixhuatlán del Sureste	Las Palomas	Rural
Veracruz	Soteapan	Las Palomas (Bajo Paloma)	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Lázaro Cárdenas	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Lázaro Cárdenas	Rural
Veracruz	Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río	Lázaro Cárdenas del Río	Rural
Veracruz	Pajapan	Lázaro Cárdenas del Río	Rural
Veracruz	Lerdo de Tejada	Lerdo de Tejada	Urbana
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Ley Seis de Enero de 1915	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Licenciado Ángel Carvajal (Providencia II)	Rural
Veracruz	Minatitlán	Limonta	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Loma de Achota	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Loma de la Palma	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Loma de los Ingleses	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Loma de Oro	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Loma de Sogotegoyo	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Loma del Tigre	Rural
Veracruz	Acayucan	Loma del Vidrio	Rural
Veracruz	Coatzacoalcos	Lomas de Barrillas	Urbana
Veracruz	Cosoleacaque	Lomas de San Agustín	Rural
Veracruz	Pajapan	Lorenzo Azua Torres	Rural

**Tabla B.4** Localidades ameznadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2018.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Veracruz	Mecayapan	Los Arrecifes	Rural
Veracruz	Chinameca	Los Cerritos	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Los Encinos	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Los Jarochos	Rural
Veracruz	Oluta	Los Laureles	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	Los Lirios	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Los Manantiales	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Los Mangos	Urbana
Veracruz	Alvarado	Los Médanos de Buena Vista	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Los Mérida	Rural
Veracruz	Catemaco	Los Morritos (Agua Nacida)	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Los Naranjos	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Los Órganos	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Los Pinos	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Los Tuxtlas	Rural
Veracruz	Tatahuicapan de Juárez	Magallanes	Rural
Veracruz	Zaragoza	Mangotal	Rural
Veracruz	Minatitlán	Mapachapa	Urbana
Veracruz	Catemaco	Mario Souza	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Martín Lancero	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Matacapán	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Matalapan Monterrey	Rural
Veracruz	Catemaco	Matalcalcinta	Rural
Veracruz	Catemaco	Maxacapan	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Maxyapán	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Mazatán	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Mazumiapan	Rural
Veracruz	Soteapan	Mazumiapan Chico	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Meapan de Caldelas	Rural
Veracruz	Mecayapan	Mecayapan	Urbana
Veracruz	Mecayapan	Mecayapan Dos	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Medellín	Rural
Veracruz	Tatahuicapan de Juárez	Mezcalapa	Rural
Veracruz	Acayucan	Michapan	Rural
Veracruz	San Juan Evangelista	Michapan de Osorio	Rural
Veracruz	Acayucan	Michapan Paso Real	Rural
Veracruz	Agua Dulce	Miguel Alemán Valdés (Colonia Agrícola Ganadera)	Rural
Veracruz	Catemaco	Miguel Hidalgo (El Apompal)	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Miguel Hidalgo y Costilla	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Miguel Hidalgo y Costilla	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Miguel Hidalgo y Costilla	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Miltepec	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Minatitlán	Urbana

**Tabla B.4** Localidades ameznadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2018.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Veracruz	Minatitlán	Minatitlán	Urbana
Veracruz	Pajapan	Minzapan	Rural
Veracruz	Soteapan	Mirador Saltillo	Rural
Veracruz	Moloacán	Moloacán	Urbana
Veracruz	Cosoleacaque	Monte Alto	Rural
Veracruz	Acayucan	Monte Grande	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Montepío	Rural
Veracruz	Soteapan	Morelos	Urbana
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Movimiento Cardenista	Rural
Veracruz	Coatzacoalcos	Mundo Nuevo	Urbana
Veracruz	Oluta	Mundo Nuevo	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Nacaxtle	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Nacaxtlito	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Nacimientos de Xogapan (Francisco I. Madero)	Rural
Veracruz	Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río	Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río	Urbana
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Niños Héroes	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Norma	Rural
Veracruz	Acayucan	Nueva Jerusalén	Rural
Veracruz	Pajapan	Nuevo Mangal	Rural
Veracruz	Acayucan	Nuevo Poblado el Hato	Rural
Veracruz	Acayucan	Nuevo Poblado Vista Hermosa	Rural
Veracruz	Alvarado	Nuevo Progreso	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Nuevo Progreso	Rural
Veracruz	Acayucan	Nuevo Quiamolopan	Rural
Veracruz	Moloacán	Nuevo Teapa	Rural
Veracruz	Moloacán	Nuevo Teapa (Santa Cecilia)	Rural
Veracruz	Acayucan	Nuevos Órganos (El Mirador)	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Ocelota	Rural
Veracruz	Soteapan	Ocotal Chico	Rural
Veracruz	Soteapan	Ocotal Grande	Rural
Veracruz	Tatahuicapan de Juárez	Ocotal Texizapan	Rural
Veracruz	Soteapan	Ocozotepec	Urbana
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Ohuilapan	Rural
Veracruz	Oluta	Ojapa	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Ojo de Agua	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Ojo de Agua	Rural
Veracruz	Minatitlán	Ojochapa	Rural
Veracruz	Catemaco	Ojoxapan	Rural
Veracruz	Catemaco	Olotepec	Rural
Veracruz	Oluta	Oluta	Urbana
Veracruz	Minatitlán	Otapa	Rural
Veracruz	Oteapan	Oteapan	Urbana

**Tabla B.4** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2018.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Ozuluama	Rural
Veracruz	Pajapan	Pajapan	Urbana
Veracruz	Coatzacoalcos	Pajaritos	Rural
Veracruz	Pajapan	Palma Real	Rural
Veracruz	Soconusco	Palmarillo	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Palo Blanco	Rural
Veracruz	Ixhuatlán del Sureste	Paraíso	Rural
Veracruz	Coatzacoalcos	Paso a Desnivel	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Paso de la Vía	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Paso del Amate	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	Paso del Ingenio	Rural
Veracruz	Acayucan	Paso Limón	Rural
Veracruz	Catemaco	Península de Moreno	Rural
Veracruz	Tatahuicapan de Juárez	Peña Hermosa	Rural
Veracruz	Catemaco	Perla de San Martín	Rural
Veracruz	Tatahuicapan de Juárez	Piedra Labrada	Rural
Veracruz	Tatahuicapan de Juárez	Pilapillo	Rural
Veracruz	Acayucan	Pitalillo	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Pixixiapan	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Pizapan	Rural
Veracruz	Mecayapan	Plan Agrario	Rural
Veracruz	Minatitlán	Plan de la Ceiba	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	Plan de los Naranjos	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Playa Hermosa	Rural
Veracruz	Minatitlán	Poblado Cinco de Mayo Dos	Rural
Veracruz	Jáltipan	Poblado Cocuital	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Popoctépetl	Rural
Veracruz	Soteapan	Pop-Sojnas	Rural
Veracruz	Catemaco	Pozolapan (Cartagena)	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Predio Jardín de las Flores	Rural
Veracruz	Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río	Predio San Regino	Rural
Veracruz	Chinameca	Predio Viveros	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Pueblo Nuevo del Mostal	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	Puerta Negra	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Puerta Nueva Xoteapan (Puerta Nueva)	Rural
Veracruz	Coatzacoalcos	Puerto Esmeralda	Urbana
Veracruz	Cosoleacaque	Punta Verde	Rural
Veracruz	Acayucan	Quiamoloapan	Rural
Veracruz	San Juan Evangelista	Rancho Nuevo	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Rancho Nuevo	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Rancho Nuevo (La Ceiba de Abajo)	Rural
Veracruz	Minatitlán	Rancho Nuevo Carrizal	Rural

**Tabla B.4** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2018.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Veracruz	Chinameca	Rancho Viejo	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Real de San Andrés	Rural
Veracruz	Soteapan	Reforma Agraria	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Residencial las Olas	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Revolución	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Ricardo Flores Magón	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Rincón de Lucía	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Rincón de Sosa	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Rincón de Zapatero	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Río de Tuxtla	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Río Grande	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Sabaneta	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Salinas Roca Partida	Rural
Veracruz	Saltabarranca	Saltabarranca	Urbana
Veracruz	Santiago Tuxtla	Salto de Agua de Pío (Dos Caminos)	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Salto de Eyipantla	Urbana
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Salvador Díaz Mirón (El Salto Huatusco)	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Samaria	Rural
Veracruz	Mecayapan	San Andrés Chamilpa	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	San Andrés Tuxtla	Urbana
Veracruz	Acayucan	San Ángel	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	San Antonio	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	San Antonio	Rural
Veracruz	Soteapan	San Antonio	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	San Antonio de la Huerta	Rural
Veracruz	Minatitlán	San Carlos	Rural
Veracruz	Soteapan	San Fernando	Rural
Veracruz	Tatahuicapan de Juárez	San Francisco (Agua Fria)	Rural
Veracruz	Tlacotalpan	San Francisco los Cocos (La Guadalupe)	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	San Isidro Xoteapan (San Isidro Texcaltitán)	Rural
Veracruz	Chinameca	San José Tilapa	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	San Juan de la Gloria	Rural
Veracruz	Moloacán	San Juan de los Reyes (Los Caimanes)	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	San Juan de los Reyes (Luis Valenzuela)	Rural
Veracruz	Catemaco	San Juan Seco de Valencia	Rural
Veracruz	Pajapan	San Juan Volador	Rural
Veracruz	Acayucan	San Juanillo	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	San Leopoldo	Rural
Veracruz	Jáltipan	San Lorenzo	Rural
Veracruz	Acayucan	San Luis	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	San Marcos	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	San Marcos	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	San Marquitos	Rural

**Tabla B.4** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2018.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Veracruz	Acayucan	San Martín	Rural
Veracruz	Soteapan	San Martín	Rural
Veracruz	Tlacotalpan	San Mateo	Rural
Veracruz	Acayucan	San Miguel	Rural
Veracruz	Pajapan	San Miguel Temoloapan (Nuevo San Miguel)	Rural
Veracruz	Soteapan	San Pedrito	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	San Pedro Mártir	Urbana
Veracruz	Catemaco	San Rafael	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Santa Catalina	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Santa Elena	Rural
Veracruz	Soteapan	Santa Martha	Rural
Veracruz	Acayucan	Santa Rita Laurel	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Santa Rosa Abata	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Santa Rosa Cintepec	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Santa Rosa Loma Larga	Rural
Veracruz	Lerdo de Tejada	Santa Teresa	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Santiago Tuxtla	Urbana
Veracruz	Sayula de Alemán	Sayula de Alemán	Urbana
Veracruz	Santiago Tuxtla	Sehualaca	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Sesecapan	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Sihuapan	Urbana
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Sihuapan	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Sinapán	Rural
Veracruz	Tatahuicapan de Juárez	Sochapa de Álvaro Obregón	Rural
Veracruz	Soconusco	Soconusco	Urbana
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Soncoavital	Rural
Veracruz	Catemaco	Sontecomapan	Rural
Veracruz	Soteapan	Soteapan	Urbana
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Soyata	Rural
Veracruz	Minatitlán	Tacomango	Rural
Veracruz	Moloacán	Tacomango	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Tapalapan	Rural
Veracruz	Tatahuicapan de Juárez	Tatahuicapan	Urbana
Veracruz	Catemaco	Tebanca	Rural
Veracruz	Pajapan	Tecolapa	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	Tecolapan	Rural
Veracruz	Acayucan	Tecuanapa	Rural
Veracruz	Tatahuicapan de Juárez	Tecuanapa	Rural
Veracruz	Catemaco	Temolapan	Rural
Veracruz	Oluta	Tenejapa	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Texalpan de Abajo	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Texalpan de Arriba	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Texcaltitán Xoteapan (Texcaltitán)	Rural

**Tabla B.4** Localidades amanzanadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2018.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Veracruz	Santiago Tuxtla	Texcochapan de Abajo	Rural
Veracruz	Texistepec	Texistepec	Urbana
Veracruz	Santiago Tuxtla	Tibernal	Rural
Veracruz	Acayucan	Tierra Colorada	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Tierra Dura	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Tierra Nueva	Rural
Veracruz	Soteapan	Tierra y Libertad	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Tilapan	Rural
Veracruz	Tlacotalpan	Tlacotalpan	Urbana
Veracruz	Moloacán	Tlacuilolapan	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Tlapacoyan	Urbana
Veracruz	Agua Dulce	Tonalá	Rural
Veracruz	Mecayapan	Tonalapa	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Tonalapan	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Toro Prieto	Rural
Veracruz	Moloacán	Trancas Viejas	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Tres Zapotes	Urbana
Veracruz	Santiago Tuxtla	Tres Zapotes Dos B	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Tres Zapotes Uno	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	Tula	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Tulapan	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	Tulapilla (Ejido Tulapilla)	Rural
Veracruz	Pajapan	Úrsulo Galván	Rural
Veracruz	Tatahuicapan de Juárez	Úrsulo Galván	Rural
Veracruz	Angel R. Cabada	Valle Dorado	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Valle Verde	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Veinte de Noviembre	Rural
Veracruz	Tatahuicapan de Juárez	Venustiano Carranza	Rural
Veracruz	Mecayapan	Vicente Guerrero	Rural
Veracruz	Ixhuatlán del Sureste	Villa del Espíritu Santo	Rural
Veracruz	Coatzacoalcos	Villa San Martín	Urbana
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Villas de Santa María	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Villas del Vergel	Rural
Veracruz	Acayucan	Vista Hermosa	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Vista Hermosa	Rural
Veracruz	San Juan Evangelista	Vista Hermosa	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Vista Hermosa	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Vista Hermosa II	Rural
Veracruz	Santiago Tuxtla	Xigüipilincan	Rural
Veracruz	Texistepec	Xochitlán (Palmillas)	Rural
Veracruz	Texistepec	Xochitlán Monte Negro	Rural
Veracruz	San Andrés Tuxtla	Xoteapan	Rural
Veracruz	Cosoleacaque	Zacatal Victoria	Rural

**Tabla B.4** Localidades ameznadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2018.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Veracruz	Salta barranca	Zamora Caletón	Rural
Veracruz	Tatahuicapan de Juárez	Zapoapan	Rural
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	Zapoapan de Amapan	Rural
Veracruz	Catemaco	Zapoapan de Cabañas	Rural
Veracruz	Tatahuicapan de Juárez	Zapotitlán	Rural
Veracruz	Zaragoza	Zaragoza	Urbana
Veracruz	Chinameca	Zúñiga	Rural

**Tabla B.5** Localidades ameznadas afectadas por la concentración de PM<sub>2.5</sub> durante el 2019.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Tabasco	Centla	Álvaro Obregón (Santa Cruz)	Rural
Tabasco	Centla	Benito Juárez	Rural
Tabasco	Centla	Caparroso	Rural
Tabasco	Centla	Carlos A. Madrazo	Rural
Tabasco	Centla	Constancia y Venecia	Rural
Tabasco	Centla	Cuauhtémoc	Urbana
Tabasco	Centla	Emiliano Zapata	Rural
Tabasco	Centla	Francisco Villa	Rural
Tabasco	Centla	Fronterita	Rural
Tabasco	Centla	Gobernador Cruz	Rural
Tabasco	Centla	Gregorio Méndez Magaña	Rural
Tabasco	Centla	Ignacio Allende	Urbana
Tabasco	Centla	Ignacio Zaragoza	Rural
Tabasco	Centla	Jalapita	Rural
Tabasco	Centla	La Sábana	Rural
Tabasco	Centla	Lázaro Cárdenas	Rural
Tabasco	Centla	Leandro Roviroza Wade 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Leandro Roviroza Wade 2da. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Miguel Hidalgo 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Pico de Oro	Rural
Tabasco	Centla	Potrerillo	Rural
Tabasco	Centla	Quintín Aráuz	Rural
Tabasco	Centla	San Juan	Rural
Tabasco	Centla	Simón Sarlat	Urbana
Tabasco	Centla	Tabasquillo 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Veintisiete de Febrero	Rural
Tabasco	Centla	Vicente Guerrero	Urbana
Tabasco	Paraíso	Aquiles Serdán	Rural
Tabasco	Paraíso	Aquiles Serdán	Rural

**Tabla B.6** Localidades ameznadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2019.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Tabasco	Centla	Álvaro Obregón (Santa Cruz)	Rural
Tabasco	Centla	Benito Juárez	Rural
Tabasco	Centla	Benito Juárez	Rural
Tabasco	Centla	Caparroso	Rural
Tabasco	Centla	Carlos A. Madrazo	Rural
Tabasco	Centla	Constancia y Venecia	Rural
Tabasco	Centla	Cuauhtémoc	Urbana
Tabasco	Centla	Emiliano Zapata	Rural
Tabasco	Centla	Fraccionamiento Miramar	Rural
Tabasco	Centla	Francisco I. Madero	Rural
Tabasco	Centla	Francisco I. Madero	Rural
Tabasco	Centla	Francisco Villa	Rural
Tabasco	Centla	Fronterita	Rural
Tabasco	Centla	Gobernador Cruz	Rural
Tabasco	Centla	Gregorio Méndez Magaña	Rural
Tabasco	Centla	Ignacio Allende	Urbana
Tabasco	Centla	Ignacio Zaragoza	Rural
Tabasco	Centla	Jalapita	Rural
Tabasco	Centla	La Sábana	Rural
Tabasco	Centla	Lázaro Cárdenas	Rural
Tabasco	Centla	Leandro Rovirosa Wade 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Leandro Rovirosa Wade 2da. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Miguel Hidalgo 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Pico de Oro	Rural
Tabasco	Centla	Potrillo	Rural
Tabasco	Centla	Quintín Aráuz	Rural
Tabasco	Centla	San Juan	Rural
Tabasco	Centla	Simón Sarlat	Urbana
Tabasco	Centla	Tabasquillo 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centla	Veintisiete de Febrero	Rural
Tabasco	Centla	Vicente Guerrero	Urbana
Tabasco	Centro	Acachapan y Colmena 5ta. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Aztlán 4ta. Sección (Corcho y Chilapilla)	Rural
Tabasco	Centro	Buena Vista 1ra. Sección	Urbana
Tabasco	Centro	Buena Vista 2da. Sección	Urbana
Tabasco	Centro	El Alambrado	Rural
Tabasco	Centro	Estancia	Rural
Tabasco	Centro	La Ceiba	Rural
Tabasco	Centro	Macultepec	Urbana
Tabasco	Centro	Miramar	Rural
Tabasco	Centro	Ocuilzapotlán	Urbana
Tabasco	Centro	Paso Real de la Victoria	Rural
Tabasco	Centro	Tamulté de las Sabanas	Urbana

**Tabla B.6** Localidades ameznadas afectadas por la deposición de PM<sub>2.5</sub> durante el 2019.

Entidad	Municipio	Localidad	Ámbito
Tabasco	Centro	Tierra Amarilla 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Centro	Tocoal	Urbana
Tabasco	Jalpa de Méndez	El Campo Petrolero Mecoacán	Rural
Tabasco	Jalpa de Méndez	Reforma 2da. Sección (Santa María)	Rural
Tabasco	Jalpa de Méndez	Reforma 3ra. Sección (El Guano)	Rural
Tabasco	Nacajuca	Banderas (Guatacalca 2da. Sección)	Rural
Tabasco	Nacajuca	Chicozapote	Rural
Tabasco	Nacajuca	El Chiflón	Rural
Tabasco	Nacajuca	El Guásimo	Rural
Tabasco	Nacajuca	El Zapote	Rural
Tabasco	Nacajuca	Guatacalca	Urbana
Tabasco	Nacajuca	Guaytalpa	Rural
Tabasco	Nacajuca	Isla Guadalupe	Rural
Tabasco	Nacajuca	Jiménez	Rural
Tabasco	Nacajuca	La Cruz de Olcuatitán	Rural
Tabasco	Nacajuca	La Cruz del Sandial	Rural
Tabasco	Nacajuca	Mazateupa	Urbana
Tabasco	Nacajuca	Olcuatitán	Rural
Tabasco	Nacajuca	Oxiacaque	Rural
Tabasco	Nacajuca	San Isidro 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Nacajuca	San Marcos	Rural
Tabasco	Nacajuca	San Simón	Rural
Tabasco	Nacajuca	Tecoluta 1ra. Sección	Rural
Tabasco	Nacajuca	Tecoluta 2da. Sección	Rural
Tabasco	Nacajuca	Tucta	Rural
Tabasco	Paraíso	Paraíso	Urbana
Tabasco	Paraíso	Puerto Ceiba	Urbana
Tabasco	Paraíso	Aquiles Serdán	Rural
Tabasco	Paraíso	Aquiles Serdán	Rural
Tabasco	Paraíso	Chiltepec (Puerto Chiltepec)	Rural
Tabasco	Paraíso	Chiltepec (Sección Banco)	Rural
Tabasco	Paraíso	Chiltepec (Sección Pénjamo)	Rural
Tabasco	Paraíso	Chiltepec (Sección Tanque)	Rural
Tabasco	Paraíso	El Bellote (Miguel de la Madrid)	Rural
Tabasco	Paraíso	José María Morelos y Pavón (El Bellote)	Rural
Tabasco	Paraíso	Las Flores 2da. Sección	Rural
Tabasco	Paraíso	Nicolás Bravo 2da. Sección (La Gloria)	Rural
Tabasco	Paraíso	Nuevo Torno Largo	Rural
Tabasco	Paraíso	Puerto Ceiba (Carrizal)	Rural