# Impacto de emisiones de la carboeléctrica de Nava Coahuila

Saltillo, Coah., 08 de febrero de 2022

## 2.1. Objetivo general.

- Conocer la dispersión y acumulación de los contaminantes provenientes de las carboeléctricas y su impacto en la salud de la población presente en la frontera de Coahuila-Texas.

## 2.2. Objetivos específicos.

- Estimar emisiones generadas por las carboeléctricas con fines de modelación atmosférica.

- Identificar las zonas de acumulación de contaminantes y su trayectoria.

- Identificar los lugares que seguramente requieren de monitoreo atmosférico con el fin de proteger la salud de la población.

- Correlacionar los posibles casos de enfermedades que se conocen están relacionadas con la exposición a partículas y carbón negro.

- Difundir y concientizar a la población en el tema de la calidad del aire y el impacto a la salud.

# Etapas del proyecto

Duración
12 meses

**Etapa 1**
Planeación y gestión de información

- Elaboración de planes
  - Plan de preparación
  - Plan de aseguramiento y control de calidad
- Gestión de información
  - Inventario
  - Modelación
  - Salud

**Etapa 2**
Modelación atmosférica

- Definición de dominio.
- Modelación meteorológica.
- Modelación de dispersión
- Visualización de poblaciones expuestas a altas concentraciones (salud y monitoreo)

**Etapa 3**
Impacto a la salud

- Población potencialmente expuesta a deterioro de la calidad del aire. Cantidad de personas susceptibles a enfermedades.
- Impactos a la salud. Casos evitables de mortandad por exposición a PM2.5.

**Etapa 4**
Campaña de difusión y sensibilización del impacto a la salud por el deterioro de la calidad del aire

- Campaña a través de redes sociales.
  - Comunicados a población del tema de calidad del aire y salud
  - Medidas que puedas ser adoptadas para prevenir la contaminación del aire
- Talleres

**Etapa 5**
Informes

- Informes técnicos.
  - Cada dos meses e informe final documentando todas las etapas del proyecto
- Informes financieros
  - Cada dos meses

# Introducción

En Nava, Coahuila operan dos plantas de generación de energía eléctrica a base de carbón:

- Central Termoeléctrica José López Portillo con una capacidad instalada de 1,200 MW
- Central Termoeléctrica Carbón II con una capacidad de generación de 1,400 MW.

- Carbón II, es la mayor central termoeléctrica a base de carbón de América Latina. Estas plantas generan el 10% de la energía eléctrica que se consume en la República Mexicana.
  - Se genera una gran cantidad de contaminantes a la atmósfera, destacando el material particulado, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno.
  - Nava es uno de los municipios con mayor generación de estos contaminantes en Coahuila, provenientes en su mayoría de las carboeléctricas, de acuerdo con el ProAire del Estado de Coahuila 2017-2026.
-

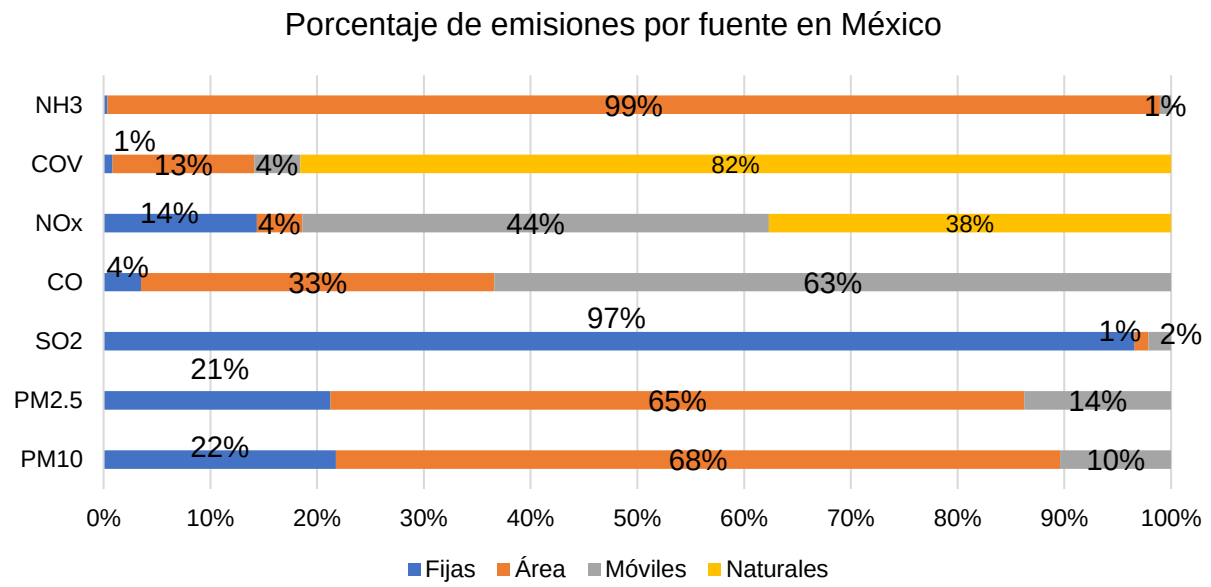
# Introducción

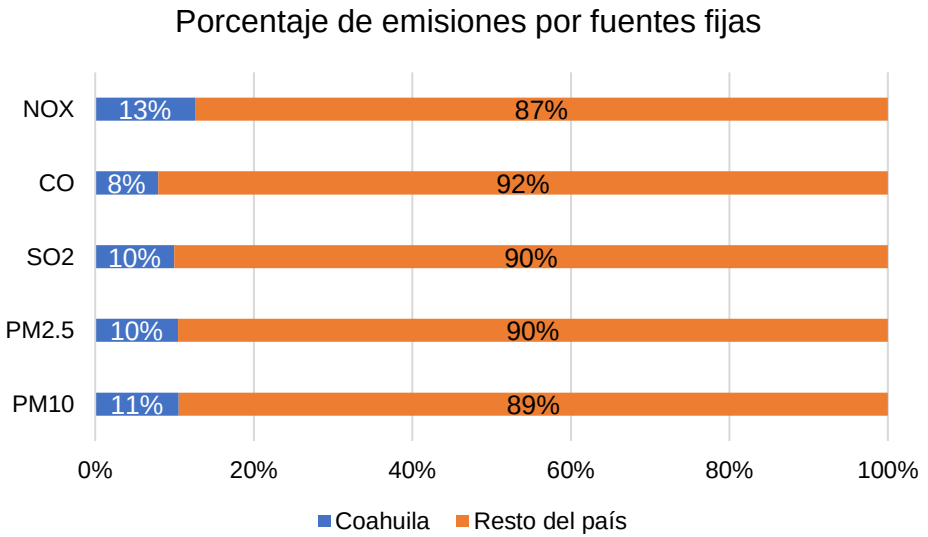
*En la región fronteriza mexicana de Coahuila sólo se cuenta con una estación automática de monitoreo de calidad del aire, la cual se ubica en la ciudad de Piedras Negras y opera desde el año 2016 teniendo registro de los contaminantes criterio

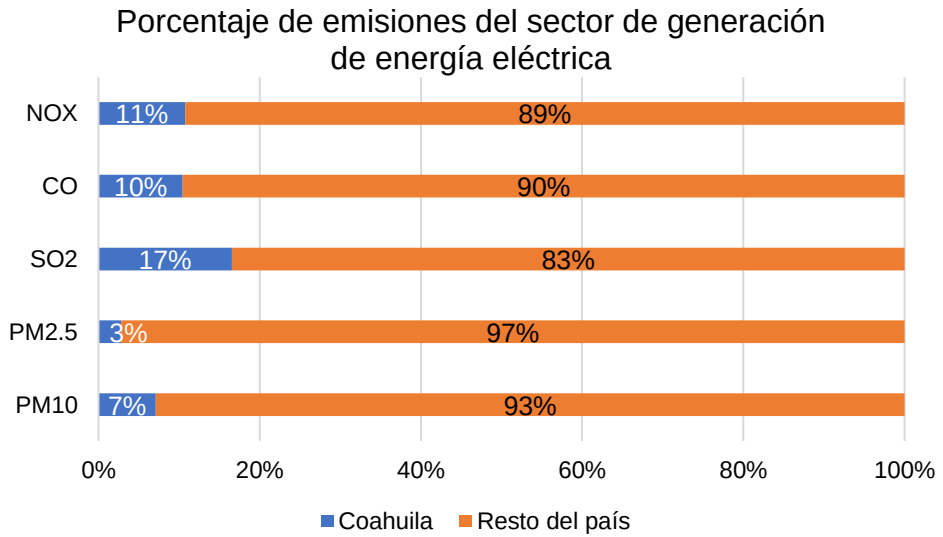
* Se han registrados niveles por arriba de la norma para $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$ y $O_3$, concentraciones atribuidas en su mayoría a las mismas fuentes emisoras que se encuentran en el entorno de Piedras Negras.

*El conocer la dispersión y acumulación de los contaminantes en la atmósfera provenientes de las carboeléctricas, ha permitido saber si estas emisiones están impactando en la salud de la población de comunidades cercanas a las carboeléctricas, y si se requiere monitoreo de la calidad del aire en alguna otra población además de Piedras Negras.

# Inventario de emisiones



# Inventario de emisiones

Este inventario se calcula con base en la metodología establecida para fuentes fijas por la SEMARNAT (SEMARNAT-INECC, 2013) y que se basa en los métodos utilizados por la EPA (U.S. EPA, 2001

La estimación de emisiones de las carboeléctricas se realizó considerando:

- Cédulas de Operación Anual año de reporte 2018.
- DATGEN.
- Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones para México.
- AP-42 de la USEPA.
- FIRE y AirChief-12

**Contaminantes a ser evaluados**

Partículas suspendidas totales (PST), partículas menores a 10 y 2.5 micrómetros ($PM_{10}$ y $PM_{2.5}$), dióxido de azufre ($SO_2$), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles (COV), metano ($CH_4$), amoniaco ($NH_3$) y carbón negro (CN).

# Modelación de dispersión de contaminantes

***Definición de cobertura y del área de modelación***

Para la definición de la cobertura del área de modelación, ésta se realizó a partir de la estimación del área de influencia de las termoeléctricas mediante el empleo de información satelital analizando imágenes de dióxido de nitrógeno. Estas imágenes se obtuvieron de la información de OMI (Boerma et al 2011) y TROPOMI (van Geffen  et al 2019) de la página temis.nl, de los promedios mensuales para el año 2018, se obtuvo un archivo para cada mes y se procesaron con Grid Analysis and Display System (GrADS) para la realización de las imágenes mensuales.

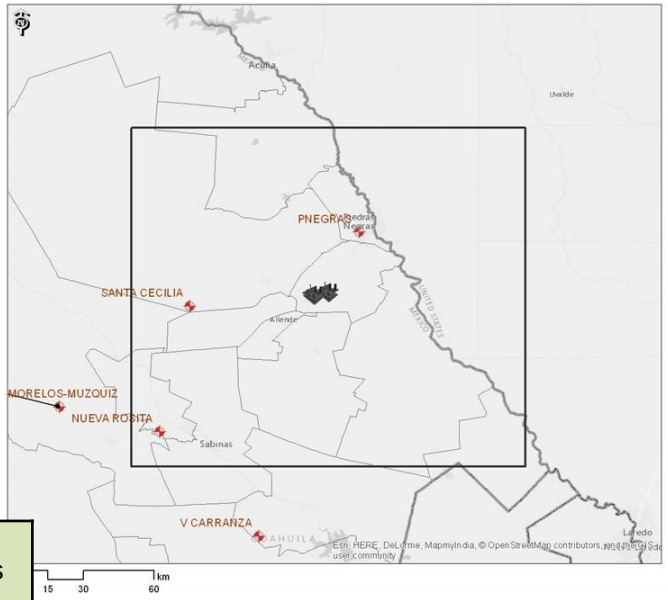
Las imágenes obtenidas de OMII y TROPOMI muestran los valores promedios mensuales del satélite y se comparan con las obtenidas por MODIS.

En el caso del satélite MODIS los datos se descargaron del sistema GIOVANNI (Nickolay et al 2019) y también fueron procesadas en GrADs para obtener las imágenes presentadas.

# Modelación de dispersión de contaminantes

***Generación de trayectorias y campos de viento***

El modelo aplicado para generar la meteorología ha sido el Weather Research Forecast (WRF)




**Meteorología para modelado de dispersión**

**Datos del aire superior**

Es la metodología utilizada para generación de trayectorias y campos de vientos (WRF).

**Datos de superficie**.

Se dispuso de datos meteorológicos de superficie para 5 estaciones meteorológicas en, o cerca de la región de modelado

| Ubicación de la estación | Coordenadas UTM (m) | | Ubicación relativa | Distancia a las plantas carbo-eléctricas (km) | Disponibilidad de datos (%) | Registros |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | | | | |
| Morelos-Múzquiz | 233385.54 | 3101612.94 | Sur-Oeste | 112 | 92.3 | 6600 |
| Nueva Rosita | 270703.81 | 3090524.26 | Sur-Oeste | 88 | 91.4 | 8760 |
| Santa Cecilia | 283184.71 | 3143444.33 | Oeste | 51 | 66.0 | 8760 |
| Venustiano Carranza | 307405.81 | 3045485.31 | Sur | 109 | 70.2 | 8760 |
| Piedras Negras | 348696.37 | 3173929.32 | Nor-Este | 27 | 98.6 | 8760 |

# Modelación de dispersión de contaminantes

***Modelado de dispersión con CALPUFF***

El impacto de las emisiones en la calidad del aire en el área de Nava se determinó con el modelo de dispersión de aire CALPUFF versión 7, que es un modelo de soplo gaussiano no estacionario utilizado para evaluar el transporte, la dispersión y la concentración de contaminantes del aire y se apoya con el procesador meteorológico CALMET.

## Identificación de áreas de acumulación de contaminantes

Las áreas de acumulación de contaminantes se identifican utilizando el valor máximo de los mapas de concentraciones promedio de 24 horas generados con los resultados de la modelación de dispersión de contaminantes.

## Identificación de áreas que requieren monitoreo atmosférico

Para identificar las áreas que requieren estaciones de monitoreo se utilizan los siguientes criterios:

1) Normativa mexicana: las ciudades con más de 500,000 habitantes requieren una red de estaciones de monitoreo (NOM-156-SEMARNAT-2012).
2) En base a los resultados de la modelación de dispersión (CALPUFF): áreas que tienen mayores concentraciones ambientales influenciadas por la central eléctrica.

# Estimación la población potencialmente expuesta a la nube de contaminantes e impacto a la salud

***Identificación de población potencialmente expuesta a la nube de contaminantes***

1) **Mapeo de la malla de modelación de CALPUFF.** Preparación de la capa de información de concentraciones de $PM_{2.5}$ y carbón negro (resultado de la modelación de dispersión) identificando las zonas geográficas con concentraciones elevadas y poblaciones, para ser correlacionada con la población etaria.
2) **Estimación espacial de la población de los intervalos etarios por AGEB** en la malla de modelación requeridos para el análisis de impactos en la salud.
3) **Correlación de capas de información de SIG** para identificar la población potencialmente expuesta a altas concentraciones de contaminantes.

***Evaluación de impacto en la salud.***

La metodología que se empleó es la Evaluación de Impactos en Salud (EIS)

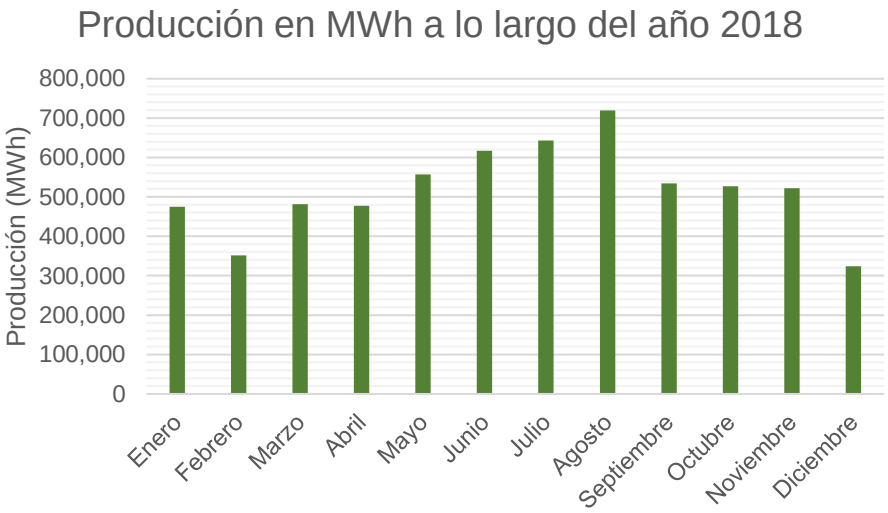
# Inventario de emisiones con fines de modelación

| Central Carbón II | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Equipo | Chimenea | Emisiones (Mg/año) | | | | | | | | | | |
| | | PST | $PM_{10}$ | $PM_{2.5}$ | $SO_2$ | CO | NOx | $CO_2$ | $CH_4$ | $N_2O$ | $NH_3$ | CN |
| 1 | 1 | 2,804 | 2,103 | 1,094 | 26,717 | 77 | 6,472 | 2,568,188 | 19 | 37 | 0 | 40 |
| 2 | | - | - | - | - | - | - | 22,327 | - | 0 | 1 | - |
| 1 | 2 | 1,638 | 1,228 | 921 | 25,875 | 45 | 5,180 | 2,468,007 | 18 | 36 | 0 | 34 |
| 2 | | - | - | - | - | - | - | 15,061 | - | 0 | 1 | - |
| 1 | 3 | 1,909 | 1,432 | 1,074 | 22,461 | 1,285 | 4,805 | 2,429,593 | 22 | 35 | 0 | 40 |
| 2 | | - | - | - | - | - | - | 19,546 | - | 0 | 1 | - |
| 1 | 4 | 1,085 | 814 | 610 | 18,185 | 355 | 3,310 | 1,953,702 | 18 | 28 | 0 | 23 |
| 2 | | - | - | - | - | - | - | 21,410 | - | 0 | 1 | - |
| Total | | 7,436 | 5,577 | 3,699 | 93,238 | 1,762 | 19,767 | 9,497,834 | 76 | 138 | 4 | 137 |

| Central José López Portillo | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Equipo | Chimenea | Emisiones (Mg/año) | | | | | | | | | | |
| | | PST | $PM_{10}$ | $PM_{2.5}$ | $SO_2$ | CO | NOx | $CO_2$ | $CH_4$ | $N_2O$ | $NH_3$ | CN |
| 1 | 1 | 2,156 | 801 | 456 | 39,675 | 358 | 6,288 | 2,982,633 | 31 | 19 | 0 | 17 |
| 2 | | - | - | - | - | - | - | 11,496 | - | 0 | 0 | - |
| 1 | 2 | 2,555 | 949 | 540 | 27,144 | 234 | 5,678 | 2,843,309 | 30 | 18 | 0 | 20 |
| 2 | | - | - | - | - | - | - | 16,110 | - | 0 | 1 | - |
| 1 | 3 | 1,154 | 428 | 244 | 17,752 | 157 | 3,574 | 1,510,001 | 16 | 9 | 0 | 9 |
| 2 | | - | - | - | - | 3 | - | 14,837 | - | 0 | 1 | - |
| 1 | 4 | 2,023 | 751 | 428 | 24,535 | 566 | 4,922 | 1,705,200 | 18 | 11 | 0 | 16 |
| 2 | | - | - | - | - | - | - | 15,868 | - | 0 | 1 | - |
| 1 | Emisión fugitiva | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | - | - | - | 0 |
| 2 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | - | - | - | 0 |
| Total | | 7,888 | 2,930 | 1,668 | 109,106 | 1,318 | 20,463 | 9,099,473 | 94 | 57 | 3 | 62 |

# Inventario de emisiones con fines de modelación

| Central | Emisiones (Mg/año) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $PM_{10}$ | $PM_{2.5}$ | $SO_2$ | CO | NOx | $CO_2$ | $CH_4$ | CN |
| Central Carbón II | 5,577 | 3,699 | 93,238 | 1,762 | 19,767 | 9,497,834 | 76 | 137 |
| Central José López Portillo | 2,930 | 1,668 | 109,106 | 1,318 | 20,463 | 9,099,473 | 94 | 62 |
| Total | 8,507 | 5,367 | 202,344 | 3,080 | 40,229 | 18,597,307 | 170 | 199 |

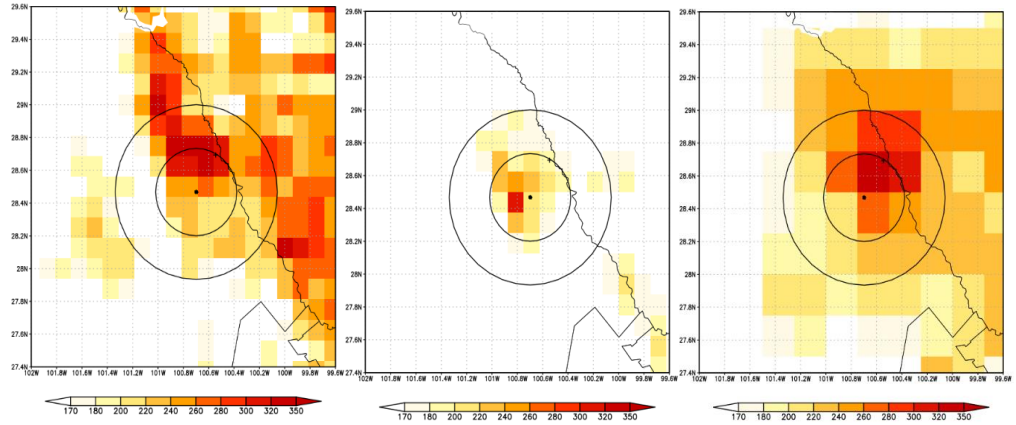



| Central | Equipo de combustión | Chimenea | Combustible consumido | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Carbón (ton) | Diésel ($m^3$) |
| Carbón II | Equipo 1 | Chimenea 1 | 932,191.71 | |
| | Equipo 2 | | | 8,343.42 |
| | Equipo 1 | Chimenea 2 | 895,828.41 | |
| | Equipo 2 | | | 5,628.10 |
| | Equipo 1 | Chimenea 3 | 881,884.77 | |
| | Equipo 2 | | | 7,304.25 |
| | Equipo 1 | Chimenea 4 | 709,147.80 | |
| | Equipo 2 | | | 8,000.83 |
| José López Portillo | Equipo 1 | Chimenea 1 | 1,240,180.00 | |
| | Equipo 2 | | | 4,295.82 |
| | Equipo 1 | Chimenea 2 | 1,182,249.00 | |
| | Equipo 2 | | | 6,020.20 |
| | Equipo 1 | Chimenea 3 | 627,859.00 | |
| | Equipo 2 | | | 5,544.62 |
| | Equipo 1 | Chimenea 4 | 709,023.00 | |
| | Equipo 2 | | | 5,929.66 |
| | Equipo 1 | - | | 3.14 |
| | Equipo 2 | | | 3.91 |
| Total | | | 7,178,363.69 | 51,073.94 |

# Cobertura de área de modelación

ENERO

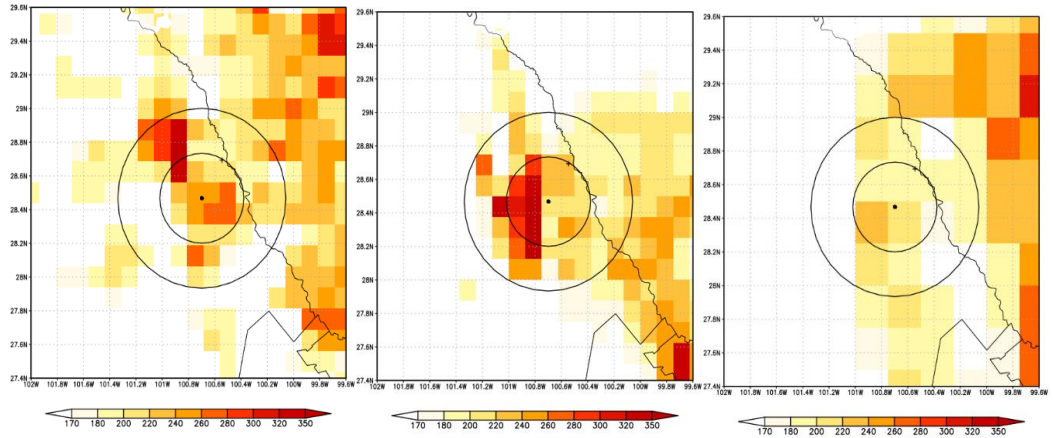
OMI TROPOMI MODIS




La identificación de la zona de influencia de las carboeléctricas se realizó mediante el empleo de datos satelitales de concentraciones de columna de dióxido de nitrógeno ($NO_2$), empleando datos de tres mediciones provenientes de los sensores OMI, TROPOMI y MODIS

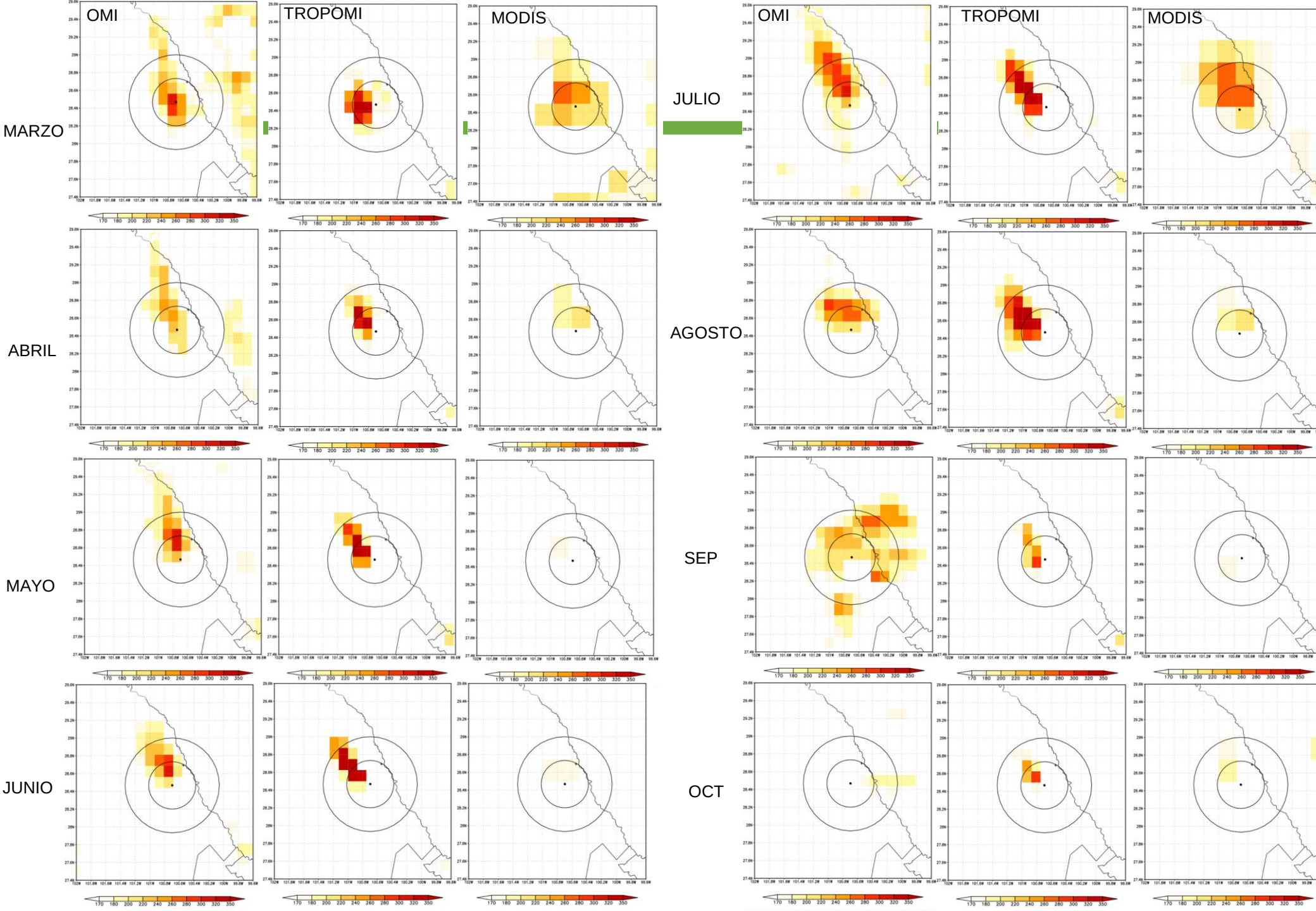
FEBRERO

OMI TROPOMI MODIS

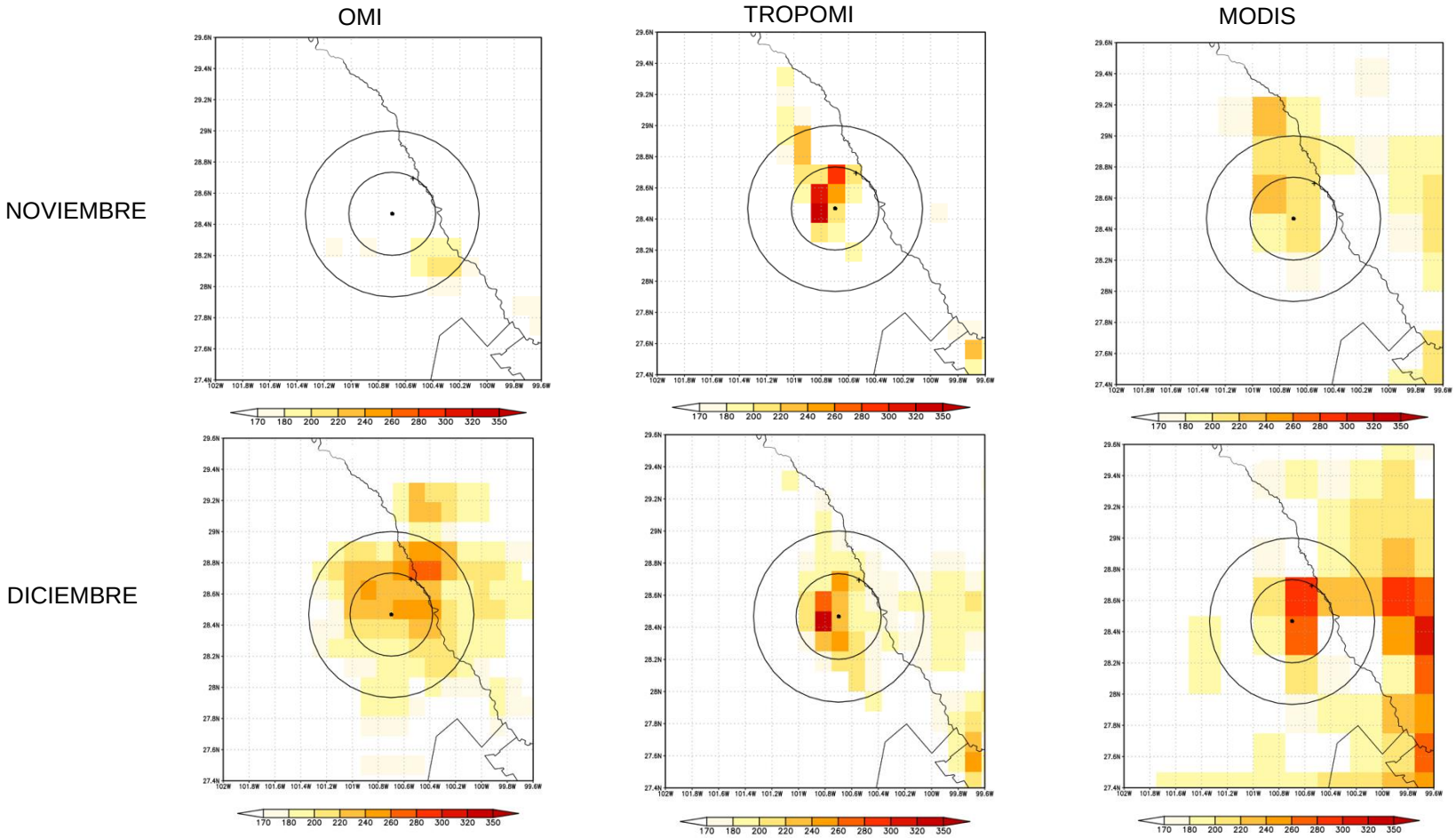



Hacia el este y noreste del dominio se observa la influencia de la ciudad de San Antonio y de las ciudades de Piedras Negras y Acuña.

Columna promedio de $NO_2$ ($10^{13}$ moleculas/$m^2$)


OMI
TROPOMI
MODIS
MARZO
JULIO
ABRIL
AGOSTO
MAYO
SEP
JUNIO
OCT

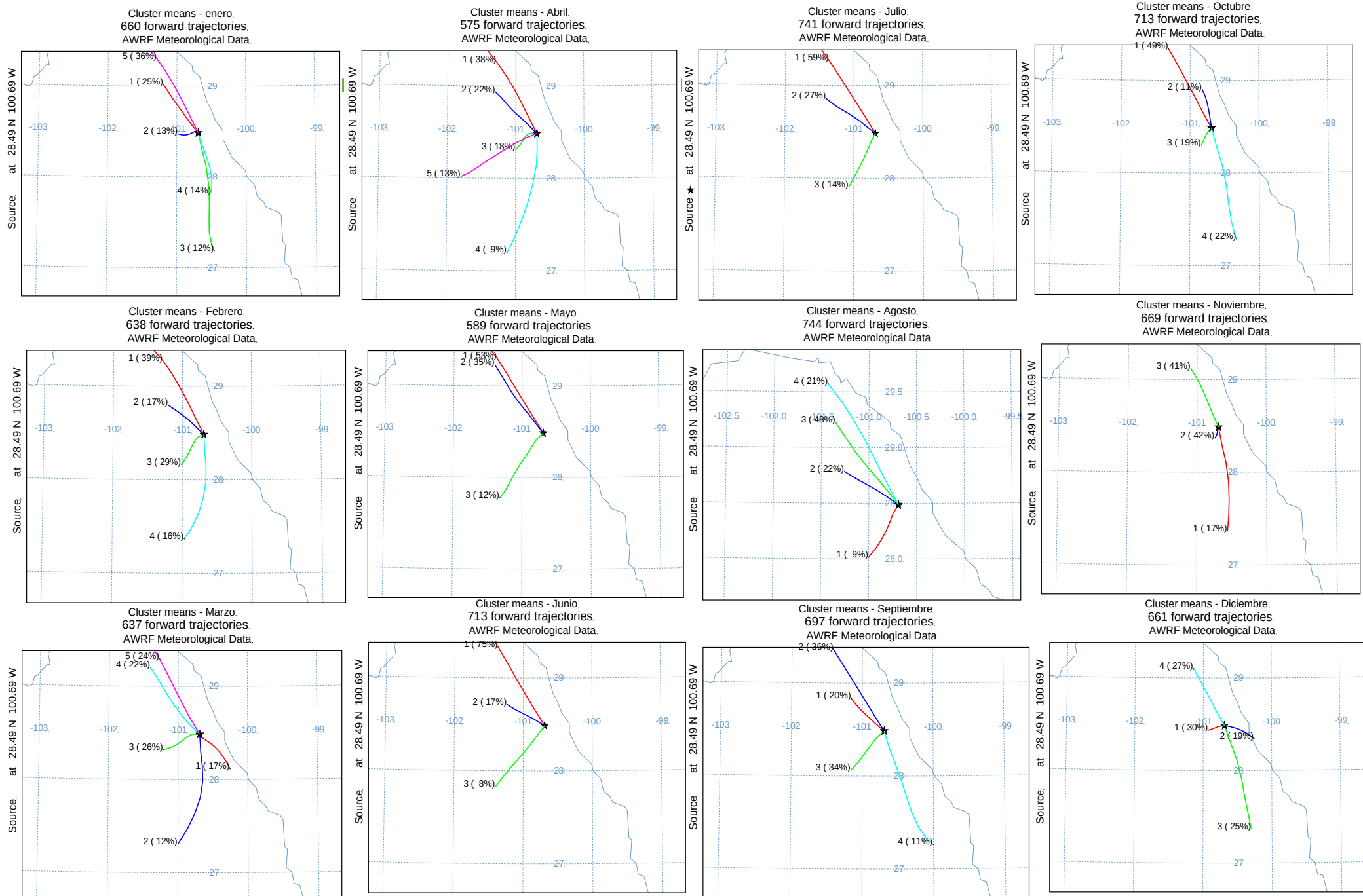
# Cobertura de área de modelación



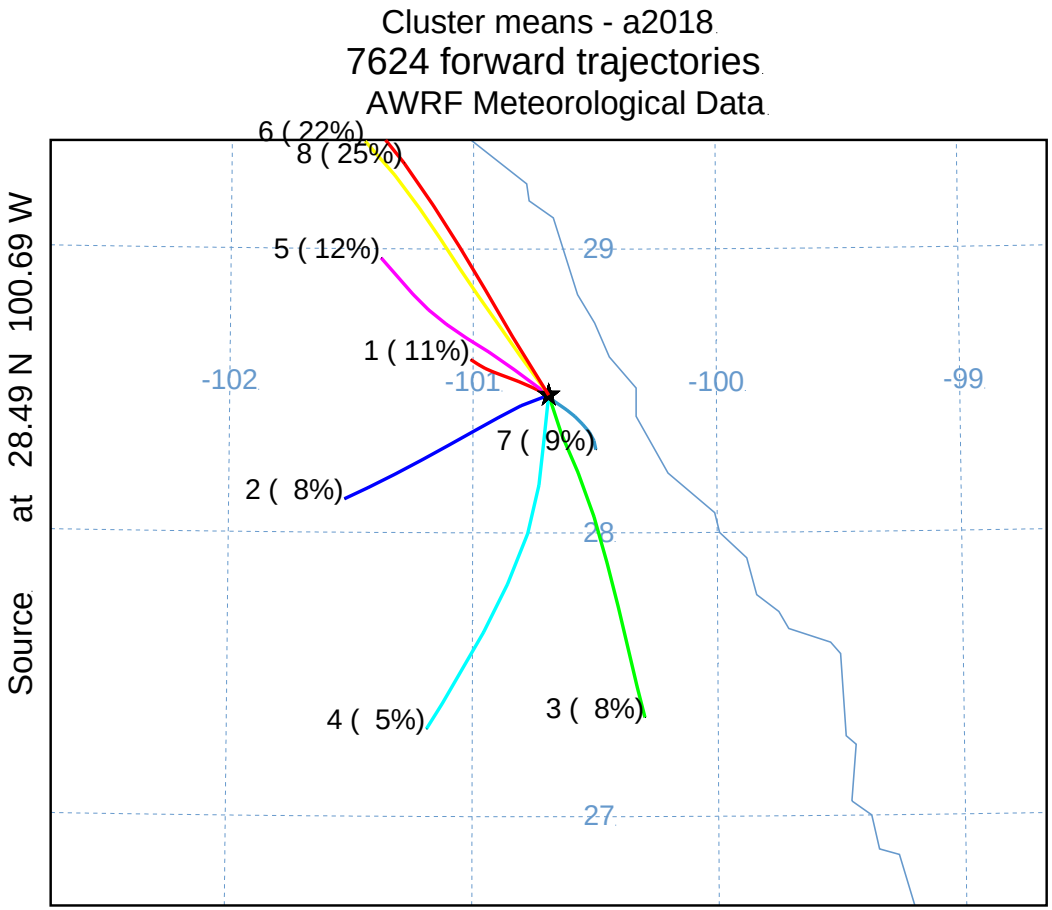

Columna promedio de $NO_2$ ($10^{13}$ moleculas/$m^2$)

Las emisiones de las carboeléctricas tienen una influencia dentro de un radio de 60 km con centro en la ubicación de éstas, por lo que la cobertura de modelación se definió de 60 km de radio con centro en las carboeléctricas.

# Trayectorias y campos de viento

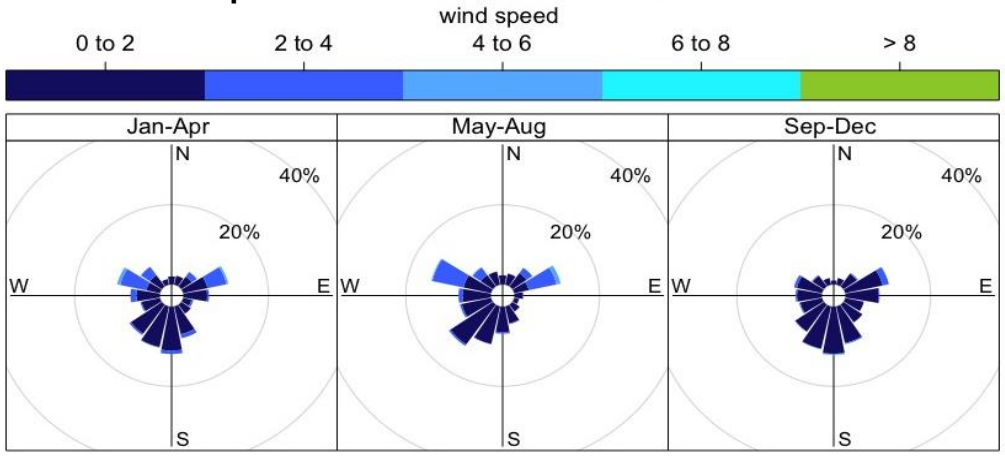


# Trayectorias y campos de viento

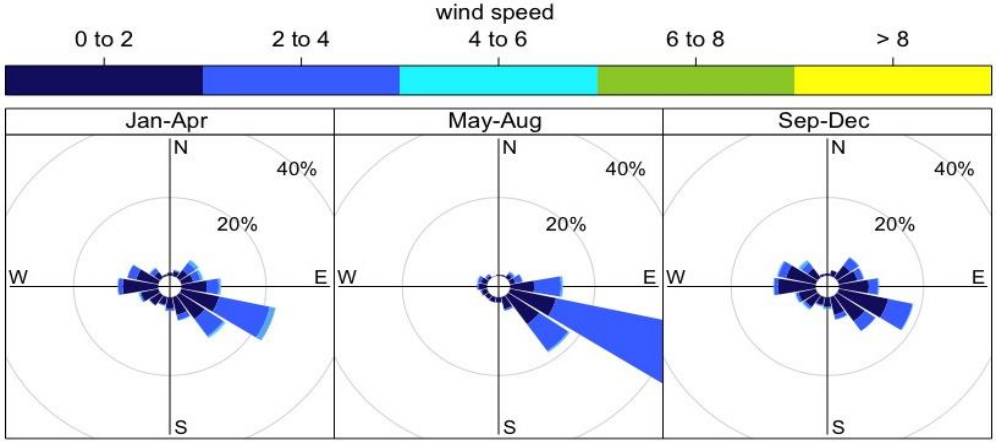


# Meteorología para modelación de dispersión

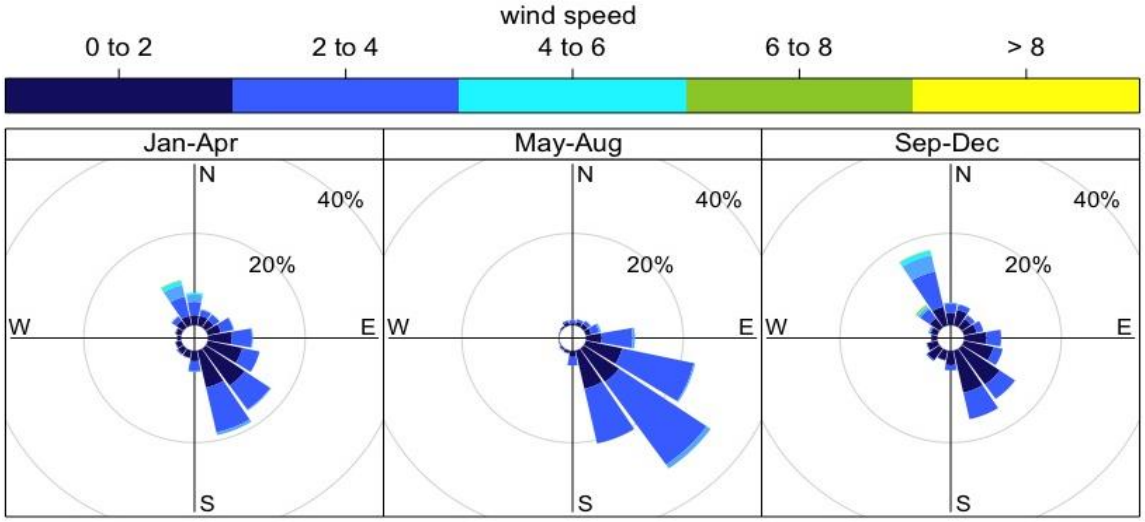
**Morelos-Múzquiz**



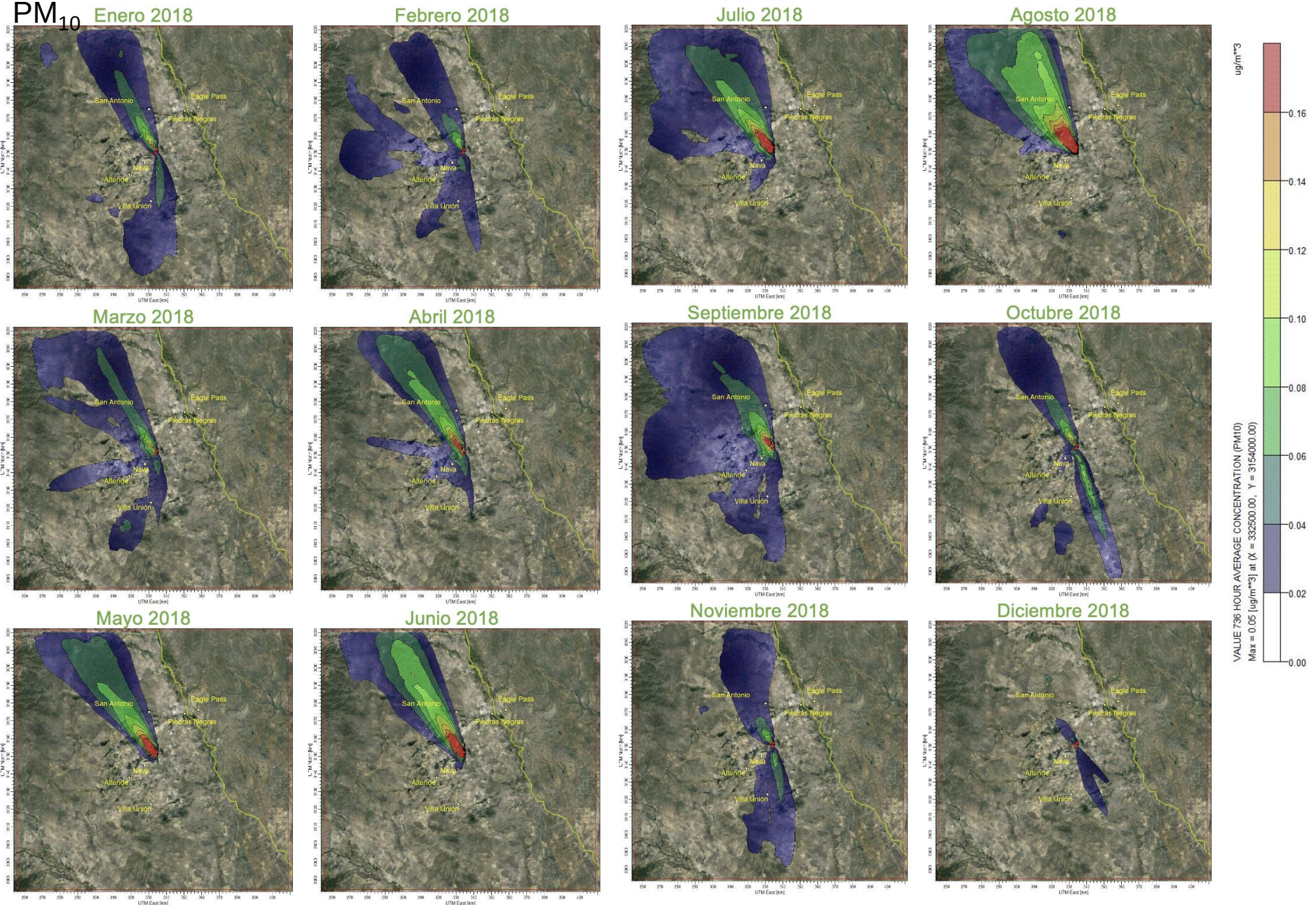

**Nueva Rosita**



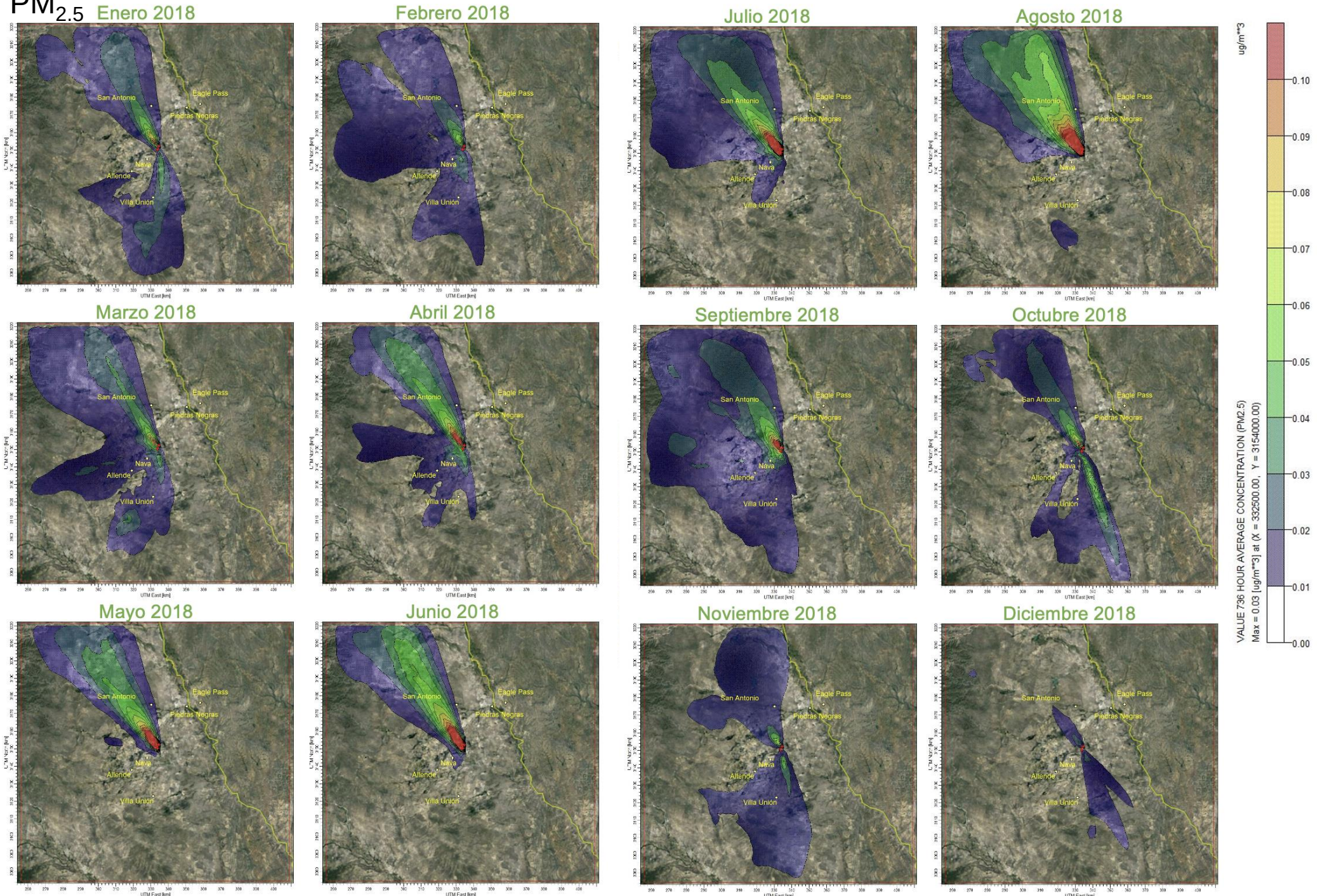

**Piedras Negras**



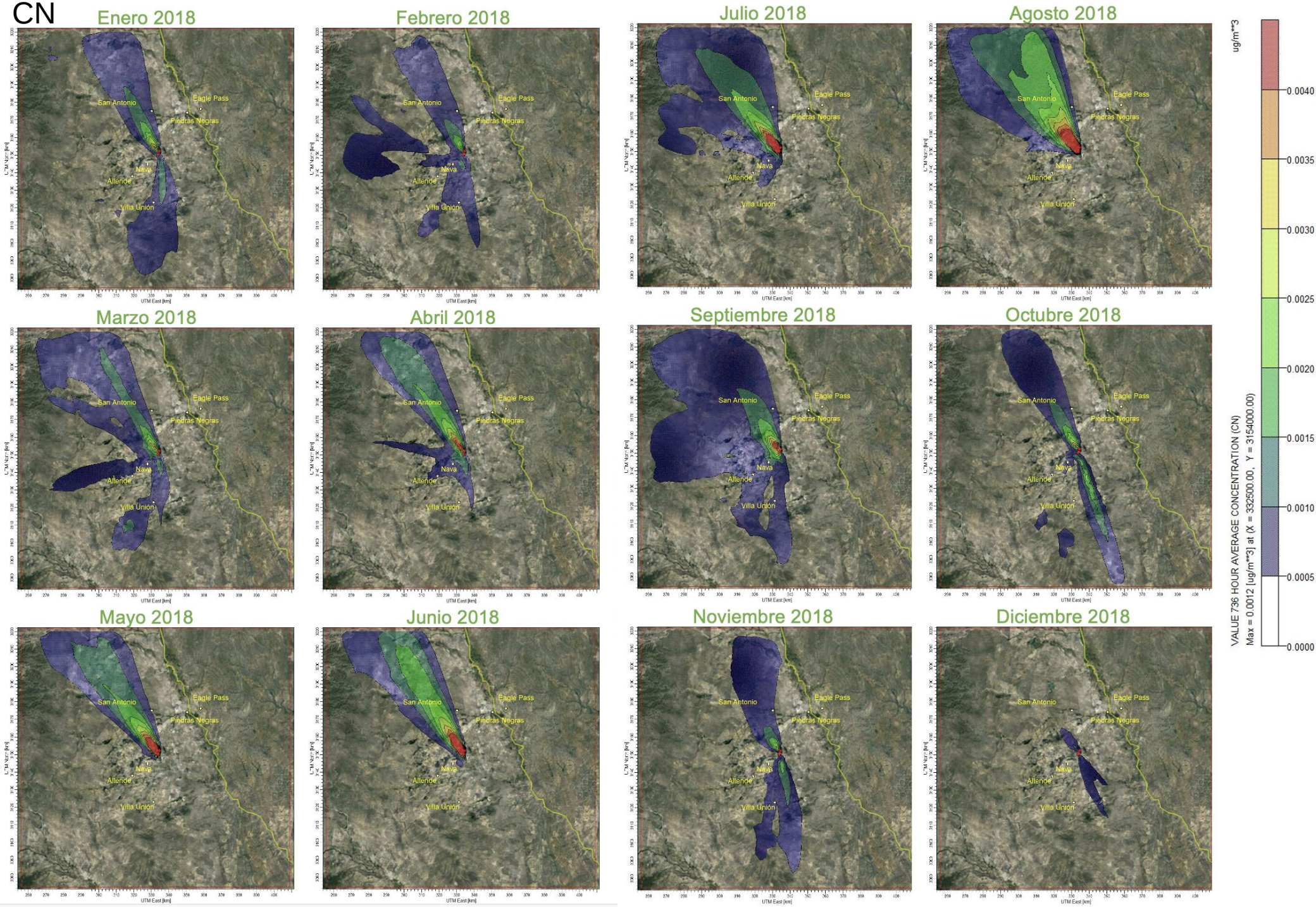
# $PM_{10}$


Enero 2018
Febrero 2018
Julio 2018
Agosto 2018
Marzo 2018
Abril 2018
Septiembre 2018
Octubre 2018
Mayo 2018
Junio 2018
Noviembre 2018
Diciembre 2018
San Antonio
Eagle Pass
Piedras Negras
Nava
Allende
Villa Unión
UTM East [km]
ug/m**3
0.16
0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
VALUE 736 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (PM10)
Max = 0.05 [ug/m**3] at (X = 332500.00, Y = 3154000.00)

# $PM_{2.5}$


Enero 2018
Febrero 2018
Julio 2018
Agosto 2018
Marzo 2018
Abril 2018
Septiembre 2018
Octubre 2018
Mayo 2018
Junio 2018
Noviembre 2018
Diciembre 2018
San Antonio
Eagle Pass
Piedras Negras
Nava
Allende
Villa Unión
UTM East [km]
ug/m**3
0.10
0.09
0.08
0.07
0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0.00
VALUE 736 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (PM2.5)
Max = 0.03 [ug/m**3] at (X = 332500.00, Y = 3154000.00)

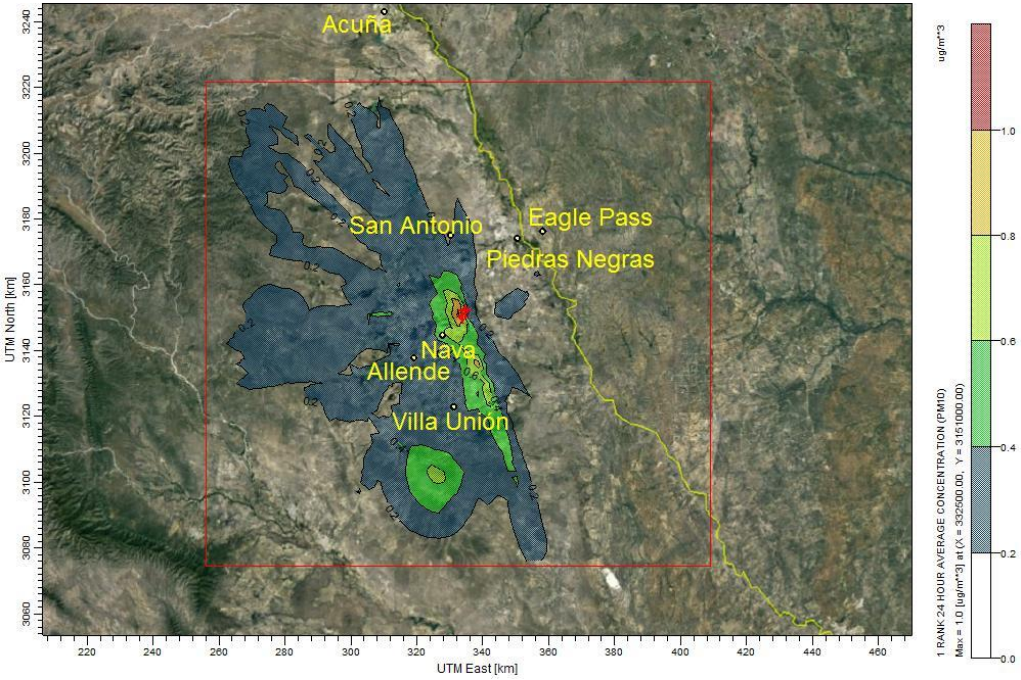
CN


Enero 2018
Febrero 2018
Julio 2018
Agosto 2018
Marzo 2018
Abril 2018
Septiembre 2018
Octubre 2018
Mayo 2018
Junio 2018
Noviembre 2018
Diciembre 2018
San Antonio
Eagle Pass
Piedras Negras
Nava
Allende
Villa Union
UTM East [km]
ug/m**3
0.0040
0.0035
0.0030
0.0025
0.0020
0.0015
0.0010
0.0005
0.0000
VALUE 736 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (CN)
Max = 0.0012 [ug/m**3] at (X = 332500.00, Y = 3154000.00)

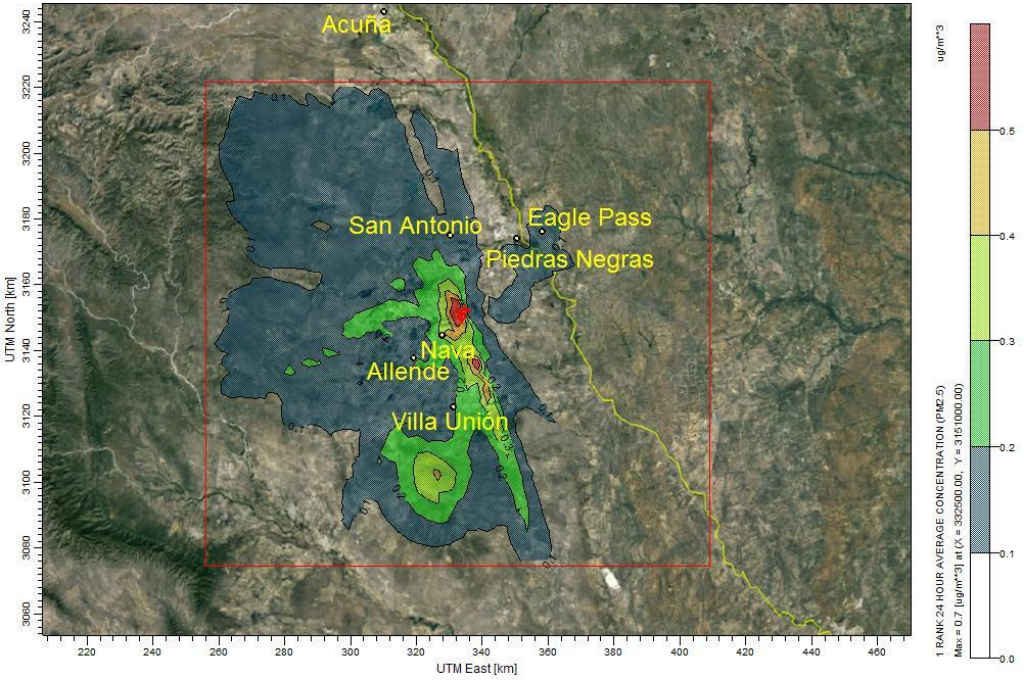
# Dispersión de contaminantes

Concentraciones máximas simuladas en 24 horas debido a las emisiones de las centrales eléctricas de Nava para 2018

$PM_{10}$



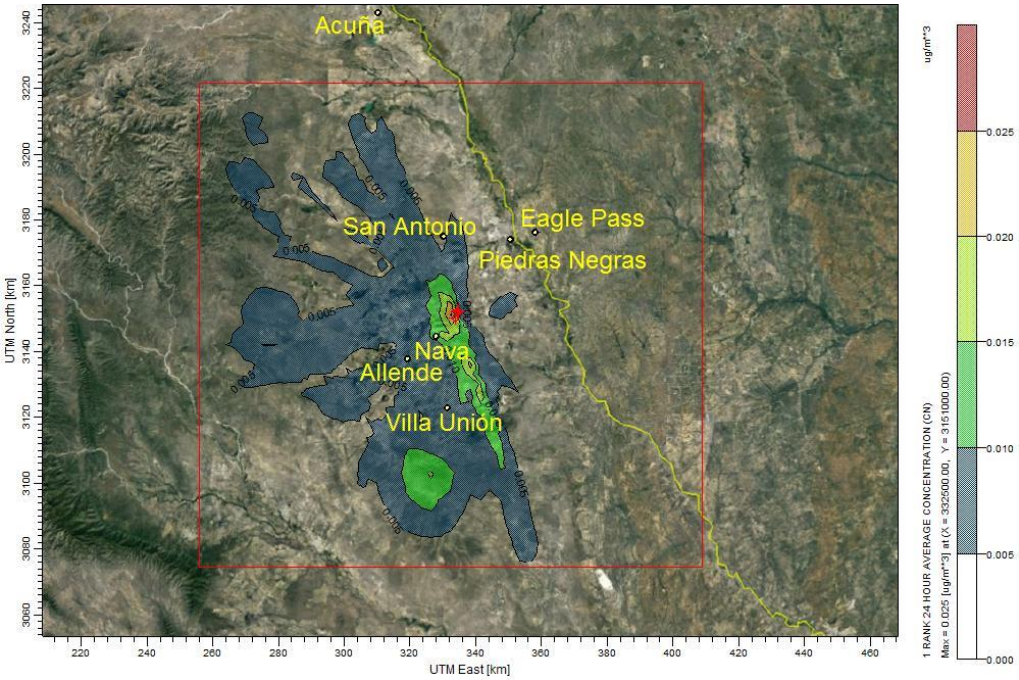

$PM_{2.5}$



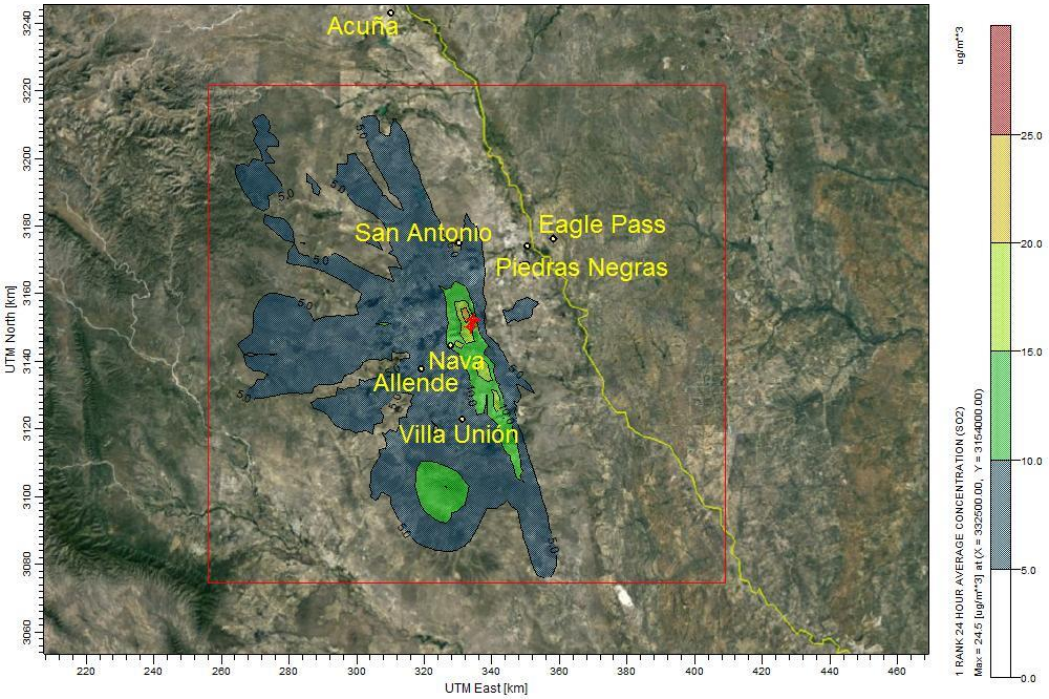
# Dispersión de contaminantes

Concentraciones máximas simuladas en 24 horas debido a las emisiones de las centrales eléctricas de Nava para 2018

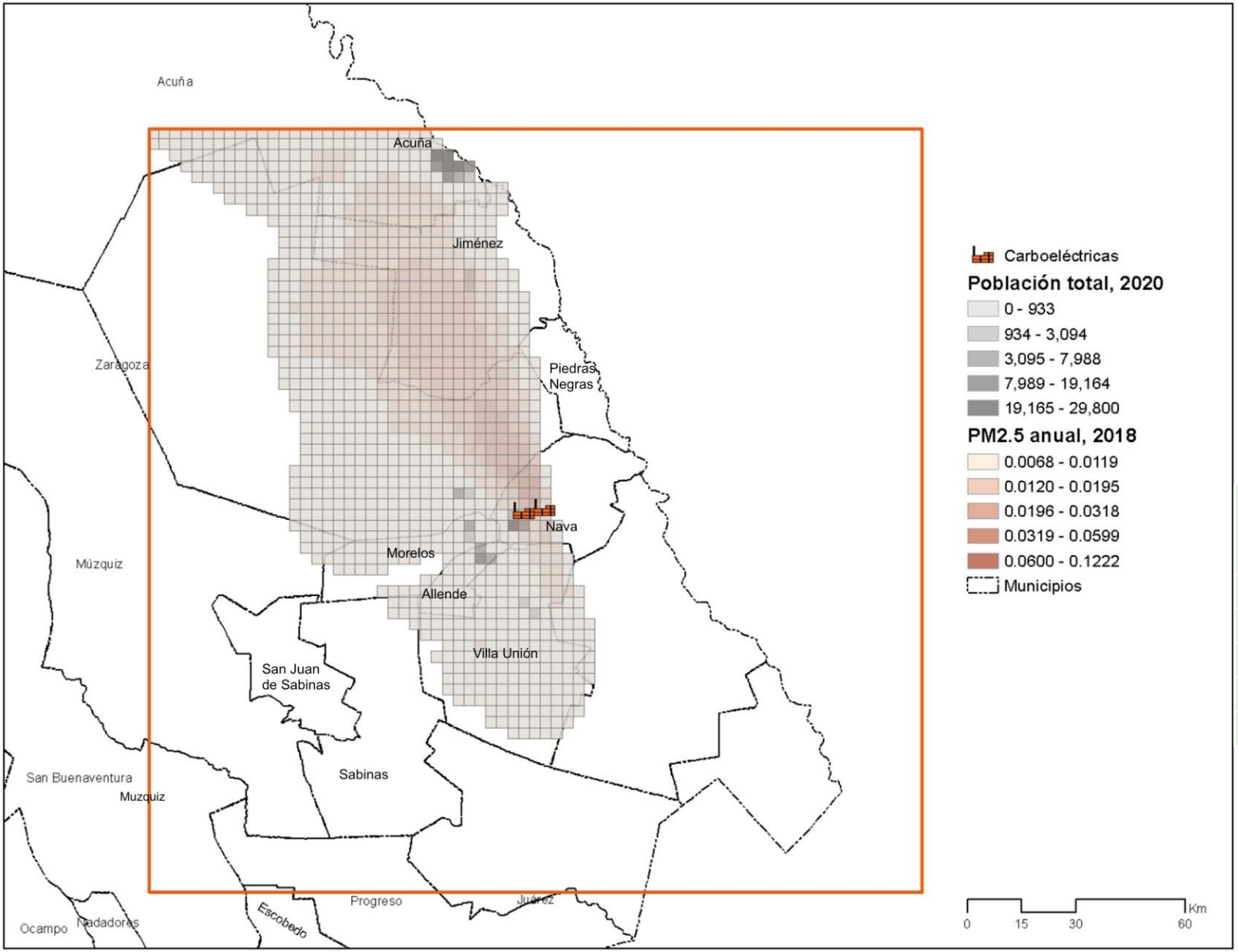
CN




$SO_2$



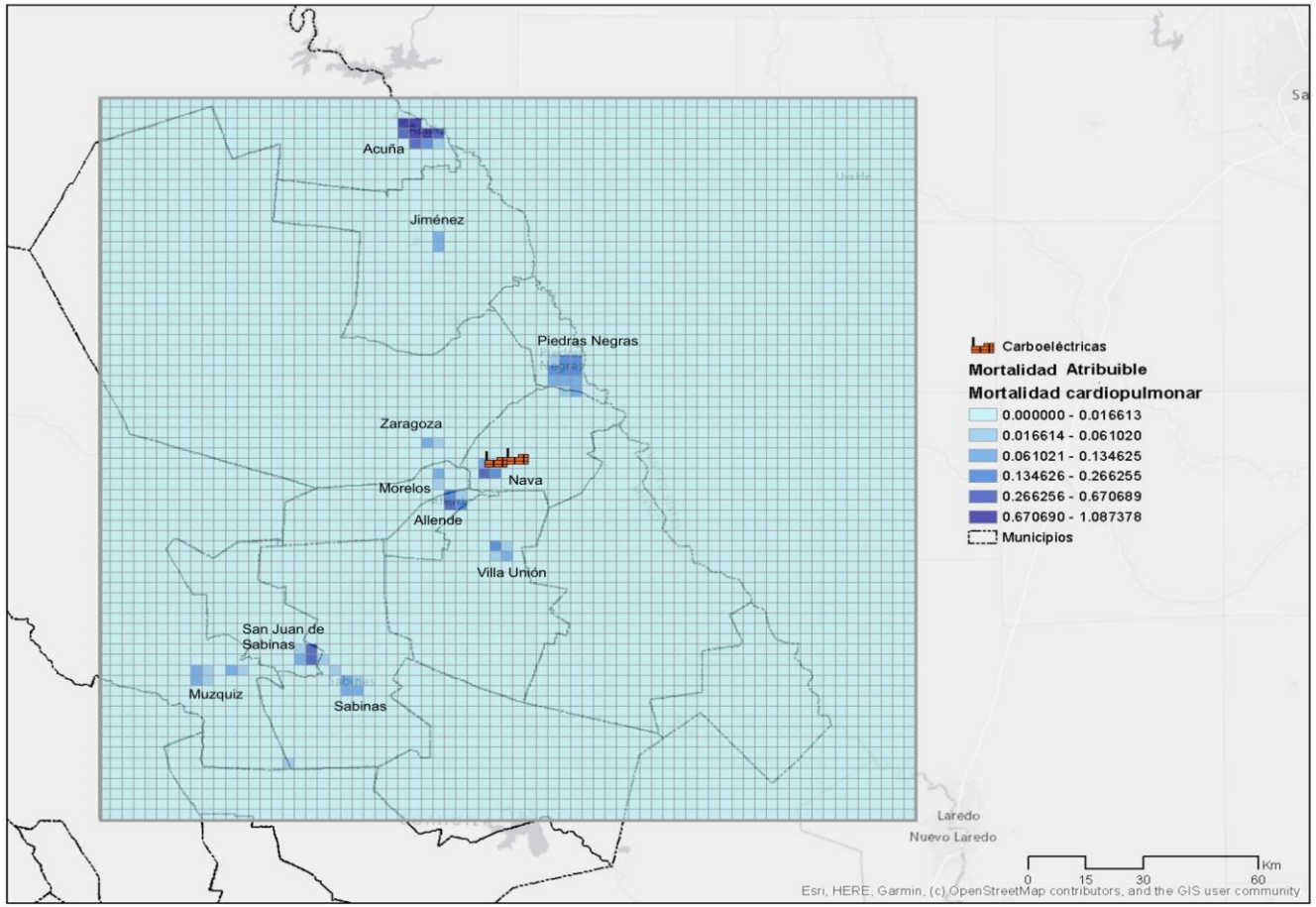
# Población potencialmente expuesta a la nube de contaminantes

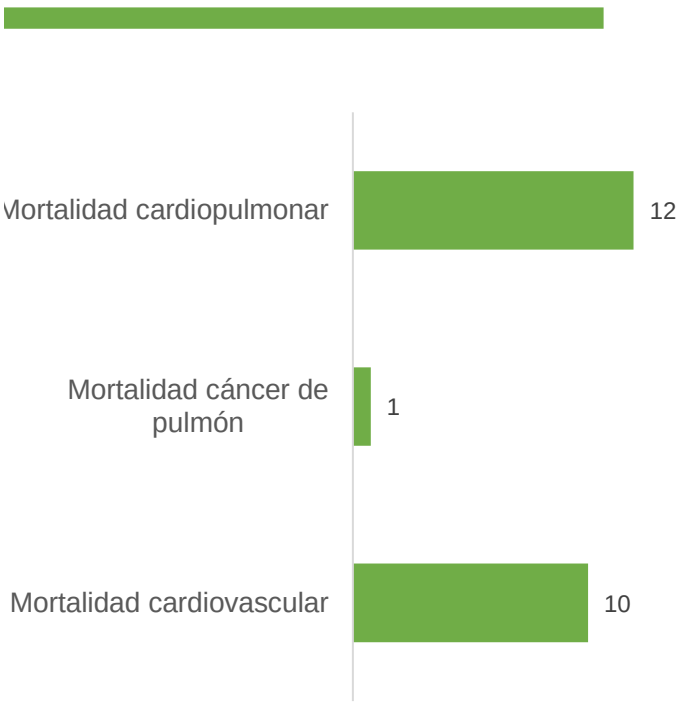



Municipios con poblaciones más expuestas a las $PM_{2.5}$

| Municipio | Población expuesta a $PM_{2.5}$ |
|---|---|
| Acuña | 26,369 |
| Jiménez | 3,309 |
| Nava | 27,059 |
| Zaragoza | 9,890 |
| Total | 66,627 |

# Evaluación de impacto en la salud




- Los patrones espaciales de la mortalidad atribuible tienen un patrón similar para las tres causas de mortalidad estimada.
- Los casos de mortalidad son muy sensibles a la densidad de población. Estas celdas corresponden fundamentalmente a las poblaciones de Piedras Negras, Acuña, Múzquiz, Sabinas, San Juan de Sabinas, Nava, Allende y Zaragoza.

# Conclusiones

**Inventario de emisiones.**

Se identifica que la carboeléctrica Carbón II es la que genera la mayor cantidad de contaminantes.

El periodo en el que se generan mayor cantidad de contaminantes al aire son los meses de verano (junio, julio y agosto).

De los patrones de viento se concluye que éstos tienden a transportar las emisiones de las carboeléctricas en direcciones que van del SSE hacia el NNO, donde predominan vientos con dirección al norte en un 70%, hacia el oeste en un 13%, y hacia el sur en un 17%.

La cobertura del modelo de dispersión se define con una malla que abarca los 60 km alrededor de la ubicación de las carboeléctricas, como resultado del análisis de las imágenes de las concentraciones de $NO_2$.

# Conclusiones

Las mayores concentraciones de $PM_{10}$, $PM_{2.5}$ y carbono negro en la dispersión de contaminantes se obtuvieron en el periodo de mayo a agosto. Diciembre muestra los valores más bajos. La concentración máxima mensual simulada de $PM_{10}$ se encontró en agosto y corresponde a 0.521 $\mu g/m^3$.

Las trayectorias de los contaminantes siguen las direcciones predominantes del viento, que fueron hacia el NO y NNO durante todo el año, aunque se observa un componente menor al SSO en los meses más fríos (octubre - diciembre y enero - abril).

Las concentraciones de $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$ obtenidas con el modelado están muy por debajo del valor normado (NOM).

Las altas concentraciones de contaminantes presentes de mayo a agosto no solo están relacionadas con el aumento en la producción de energía eléctrica registrado en las plantas carboeléctricas, sino también con el comportamiento de los vientos, que tienen menor variación en su dirección, mostrando continuamente una dirección predominante hacia el NO o NNO.

Al menos para los datos meteorológicos disponibles de 2018, los contaminantes no parecen pasar la frontera entre México y Estados Unidos.

# Conclusiones

Los contaminantes se acumulan en las áreas Noroeste y Sureste, tomando como referencia la ubicación geográfica de las centrales carboeléctricas. Las zonas noreste y suroeste no tienen presencia de contaminantes de las centrales eléctricas.

Según los datos modelados, las poblaciones que pueden requerir monitoreo atmosférico son Piedras Negras, Nava, Allende y Villa Unión, ya que las concentraciones de contaminantes de las centrales termoeléctricas cubren estas poblaciones.

Aunque la malla de simulación no alcanzó a la población de Acuña, la pluma de contaminantes tiene la tendencia a cubrir esta población, por lo que es recomendable incluirla en las ciudades que requieren monitorear la calidad del aire.

De la evaluación de los impactos en la salud se obtuvieron que los casos de mortalidad atribuibles a las emisiones de las carboeléctricas, por enfermedades cardiopulmonares son 12, por cáncer de pulmón 1 caso y por enfermedades cardiovasculares 10 casos, dando un total de 23 casos en el área de estudio.

# Gracias

**LT Consulting**
Dra. Dzoara Tejeda
Dr. Agustín García
Dra. Ann Wells
Dr. Mauro Alvarado
Dra. Tania López Villegas

**SMA**
Biól. Eglantina Canales Gutiérrez
Ing. Oscar Flores García
Ing. Santiago Barrios Rosillo