



**Análisis de la calidad del aire en cuanto a PM2.5 y  
datos meteorológicos:  
Calexico, California y Mexicali, Baja California**

Fecha de emisión: 8 de enero de 2019

## ÍNDICE

<b>I.</b>	<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>ANÁLISIS DE DATOS GENERALES .....</b>	<b>3</b>
	¿De qué manera las concentraciones promedio varían en toda el área? .....	4
	¿De qué manera las concentraciones se correlacionan entre los sitios?	
	¿Experimentan todos los sitios altas concentraciones durante el mismo día? .....	5
	¿En qué sitios y durante qué estaciones son más altas las concentraciones? ..	11
	¿Con qué frecuencia las concentraciones de PM2.5 superan el estándar de 24 horas? ¿Qué tan extendidos son los excesos y cuál es la variación de en magnitud?.....	12
<b>III.</b>	<b>METEOROLOGÍA .....</b>	<b>14</b>
	¿Qué variables meteorológicas se asocian con las concentraciones elevadas de PM2.5? .....	14
	¿Qué condiciones meteorológicas desintegran la acumulación en las concentraciones? .....	21
<b>IV.</b>	<b>MODELO DEL ANÁLISIS DE DATOS .....</b>	<b>22</b>
	¿Cuáles son las vías de transporte entre los dos países? .....	22
	¿Qué cantidad de materia en partículas (particulate matter, PM) y precursores circulan a través de estas vías? .....	24
	¿De qué manera la meteorología afecta el transporte? .....	25
	¿Hasta qué punto el transporte de México afecta los sitios norte de la frontera en El Centro y Brawley? .....	27
<b>VI.</b>	<b>FUENTES DE PM .....</b>	<b>29</b>
	¿Cuánto contribuyen los diferentes tipos de fuentes en relación con las concentraciones de PM2.5 anualmente y durante los días en los que se excedieron los límites? .....	29
	¿Cómo varía la contribución de la fuente según la ubicación y la estación?.....	31
	¿Cuánto contribuyen las diferentes fuentes en México con respecto a las concentraciones anuales en Calexico? ¿Cuánto contribuyen durante los días en los que se excedieron los límites?.....	32
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>38</b>

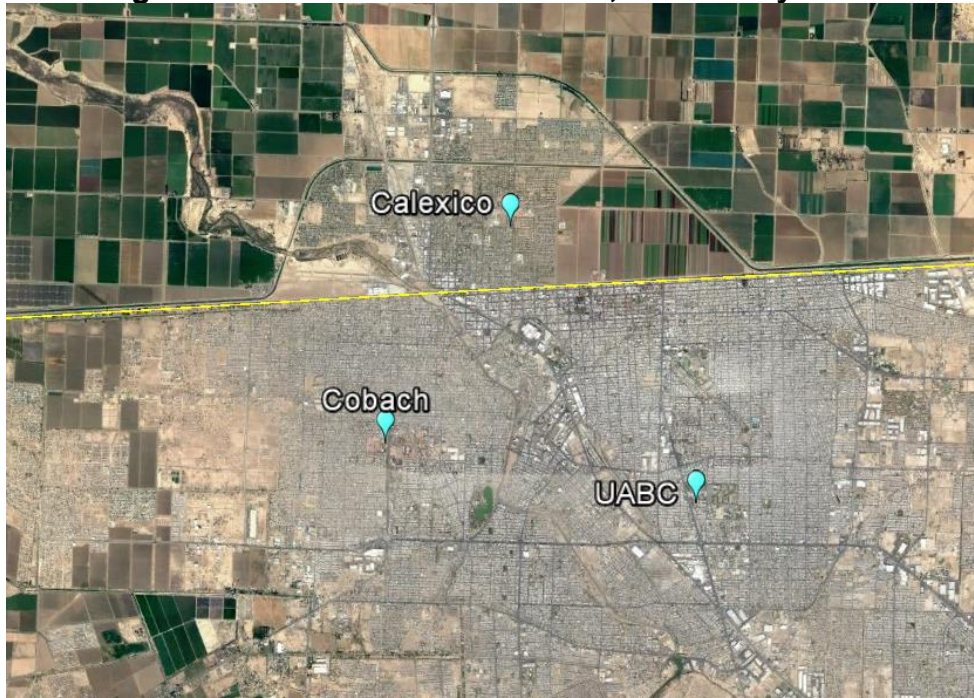
## I. ANTECEDENTES

El 15 de enero de 2015, una parte del condado de Imperial fue designada como área que no cumple con los Estándares Nacionales de la Calidad del Aire Ambiental (*National Ambient Air Quality Standard*, NAAQS) anuales para 2012, en relación con las PM2.5, según los niveles registrados en el monitor de Calexico, ubicado a una milla de la frontera internacional con Mexicali, Baja California. Debido a su proximidad con la frontera, Calexico se ve afectado por las emisiones de Mexicali, Baja California. Se necesitan datos coherentes y confiables sobre la calidad del aire en ambos lados de la frontera a fin de analizar el grado en el cual el transporte de los contaminantes de México afecta las concentraciones de PM2.5 en el monitor de Calexico y encontrar soluciones para mejorar la calidad del aire.

En junio de 2015, el Consejo de Recursos del Aire de California (*California Air Resources Board*, CARB), en el marco de una subvención otorgada por la Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU. (*U.S. Environmental Protection Agency*, EPA), celebró un acuerdo a fin de instalar y operar monitores de PM2.5 en dos sitios en Mexicali, Baja California; la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) y el Colegio de Bachilleres del Estado de Baja California (COBACH). El control de PM2.5 se llevó a cabo en dos sitios (COBACH y UABC) desde fines de abril de 2016 hasta finales de abril de 2018 y se comparó con el sitio de Calexico.

La estación de COBACH registró datos de la masa de PM2.5 por hora junto con datos meteorológicos del ambiente. La estación de la UABC registró datos conjuntos de la masa de PM2.5 por hora, datos de la especiación de las PM2.5 y datos meteorológicos. En la figura 1, se muestran las estaciones de Calexico, COBACH y UABC. Todos los datos de este estudio se cargaron en AirNow y el Sistema de calidad del Aire (*Air Quality System*, AQS) de la EPA de EE. UU. y están disponibles para el público.

**Figura 1. Estaciones de Calexico, COBACH y UABC**



Los datos provenientes de los esfuerzos de control se analizaron a fin de entender mejor la naturaleza básica de las PM<sub>2.5</sub> en los tres sitios y determinar cualquier posible interacción entre los sitios. Más específicamente, estos datos ayudaron a determinar hasta qué punto las emisiones de PM<sub>2.5</sub> provenientes de México afectan la calidad del aire en Calexico. El personal de CARB tiene el compromiso de analizar los datos mediante el uso de cuatro tareas de análisis de datos, incluidas las respuestas de 13 preguntas que se identifican y presentan a continuación.

## II. ANÁLISIS DE DATOS GENERALES

Los datos paralelos de las PM2.5 se recopilaron en los sitios de Mexicali y Calexico desde el 20 de abril de 2016 hasta el 19 de abril de 2018 (período de estudio).

La preparación inicial de los datos utilizados para la comparación incluyó los siguientes pasos:

- 1) Validación de los datos disponibles
- 2) Promedio de los datos por hora a fin de calcular las concentraciones de PM2.5 de 24 horas
- 3) Validación de las concentraciones promedio de PM2.5 en 24 horas
- 4) Combinación de los datos de múltiples muestreadores en un solo flujo de datos
- 5) Separación de los datos en dos grupos de puntos de datos coincidentes en los tres sitios:
  - a. Todos los días: incluye todas las concentraciones promedio de PM2.5 válidas en 24 horas, coincidentes a los tres sitios.
  - b. Días de alta concentración (Días altos): subconjunto de Todos los días con al menos uno de los tres sitios que supera el estándar de PM2.5 de 24 horas de 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Durante el período de estudio, Calexico experimentó 11 días con concentraciones superiores al estándar de PM2.5 de 24 horas, mientras que UABC y COBACH experimentaron 68 y 122 días, respectivamente. Todos los días con al menos uno de los tres sitios que supere el estándar de 24 horas, que es de 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , se consideraron “Días altos”. Hubo 126 Días altos durante el período de estudio.

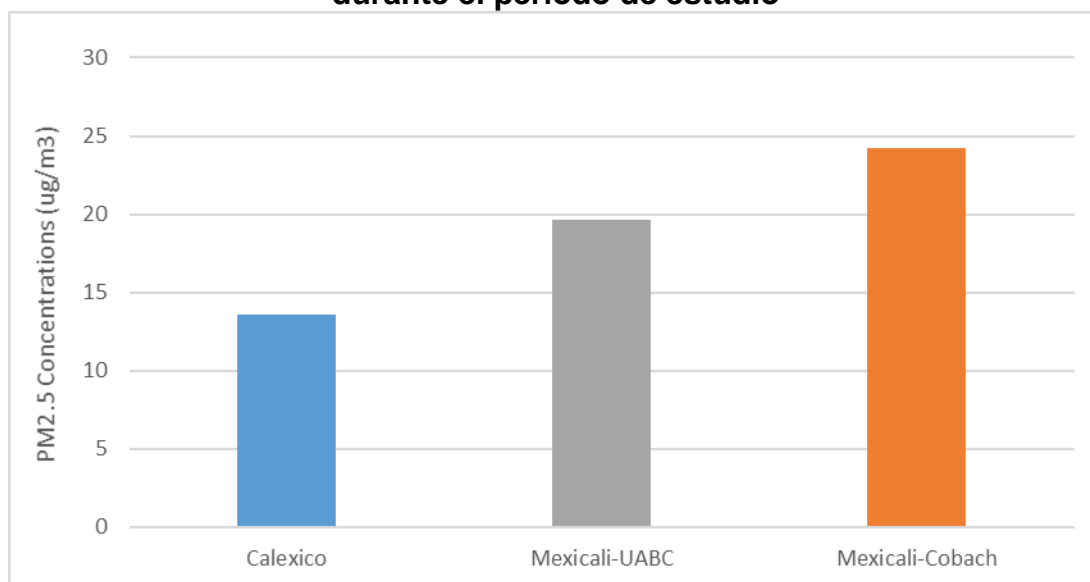
## ¿De qué manera las concentraciones promedio varían en toda el área?

Dado que el estudio de control comenzó y finalizó en el mes de abril, solo pudo calcularse un promedio anual representativo para 2017, para los tres sitios. En la Tabla 1, se comparan las concentraciones anuales promedio de PM2.5 para 2017 y un promedio para el período de estudio en los tres sitios. Las concentraciones anuales promedio de PM2.5 para 2017 durante el período de estudio son entre un 53 y 83 por ciento más altas en UABC y COBACH, respectivamente, en comparación con la concentración de Calexico. Además, la concentración promedio para todos los datos paralelos de PM2.5 para el período total de estudio fue un 44 y 78 por ciento más alta que en Calexico, en UABC y COBACH, respectivamente (Tabla 1 y Figura 2).

**Tabla 1. Comparación de las concentraciones promedio según los datos paralelos coincidentes de los tres sitios**

Año	Conteo de la observación	Calexico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Mexicali-UABC ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Mexicali-COBACH ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Promedio de 2017 <sup>1</sup>	288	13.6	20.8	24.9
Promedio del período paralelo <sup>2</sup>	599	13.6	19.6	24.2

**Figura 2. Concentraciones promedio de PM2.5 del período paralelo durante el período de estudio**



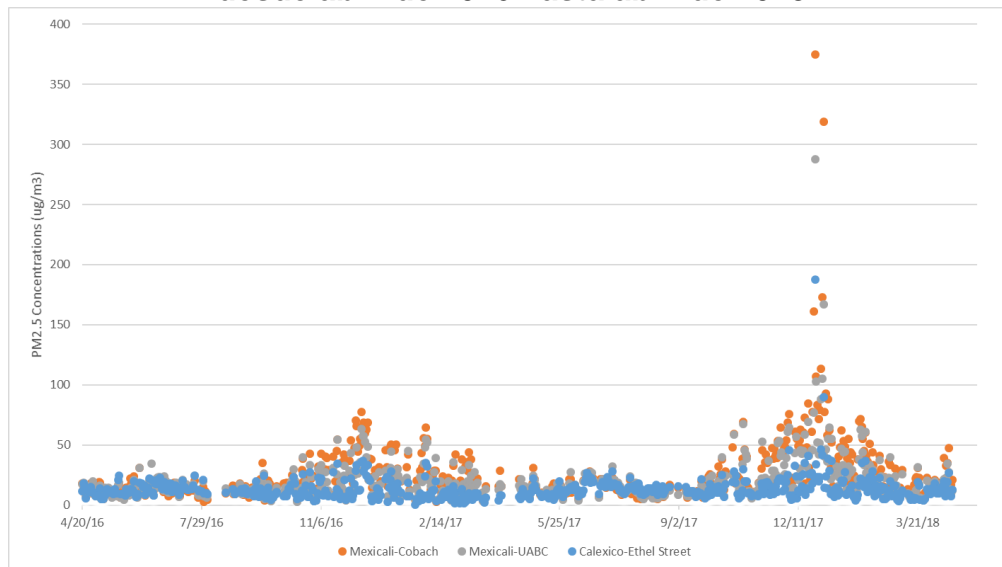
<sup>1</sup> Se calcula como un promedio de los trimestres para 2017

<sup>2</sup> Se calcula como un promedio de los trimestres de todos los años con datos paralelos

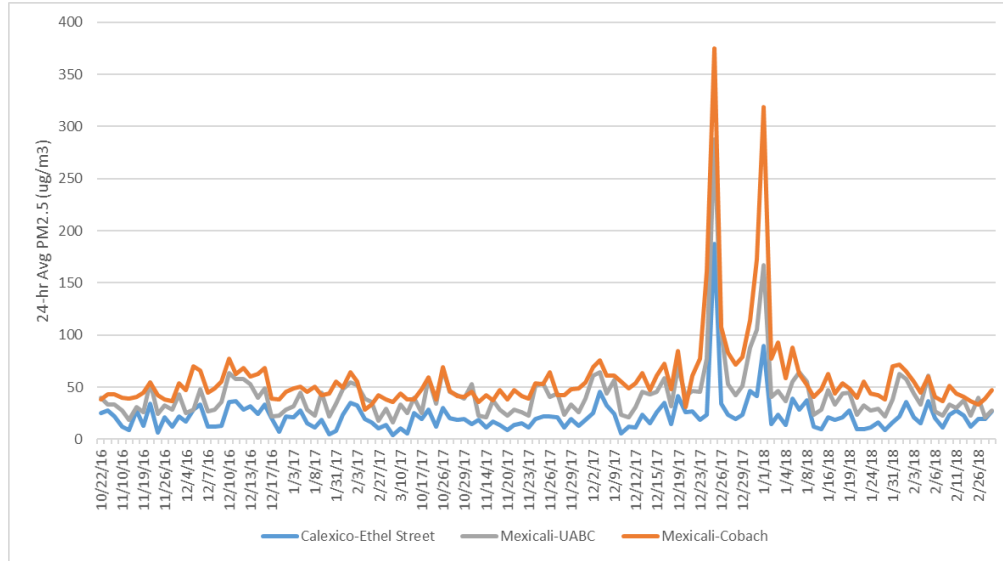
***¿De qué manera las concentraciones se correlacionan entre los sitios?  
¿Experimentan todos los sitios altas concentraciones durante el mismo día?***

Las concentraciones de PM2.5 durante el período de estudio siguen el mismo patrón básico temporal de los tres sitios (Figura 3). El sitio del COBACH presenta las concentraciones más altas, y el sitio de la UABC le sigue con una cifra no muy lejana. Esta correlación, incluso, es más notable cuando se comparan las concentraciones durante los Días altos (Figura 4). Las concentraciones de PM2.5 alcanzan altos niveles en Mexicali con más frecuencia cuando se comparan con Calexico. Tenga en cuenta que, conforme a los datos analizados, Calexico solo experimenta concentraciones elevadas cuando las concentraciones en los sitios en Mexicali son elevadas. Sin embargo, en los sitios de Mexicali aún pueden generarse altas concentraciones cuando las concentraciones son bajas en Calexico. Las concentraciones más altas de PM2.5 se generan en los tres sitios durante los meses de invierno.

**Figura 3. Concentraciones de PM2.5 durante el período de estudio, desde abril de 2016 hasta abril de 2018**

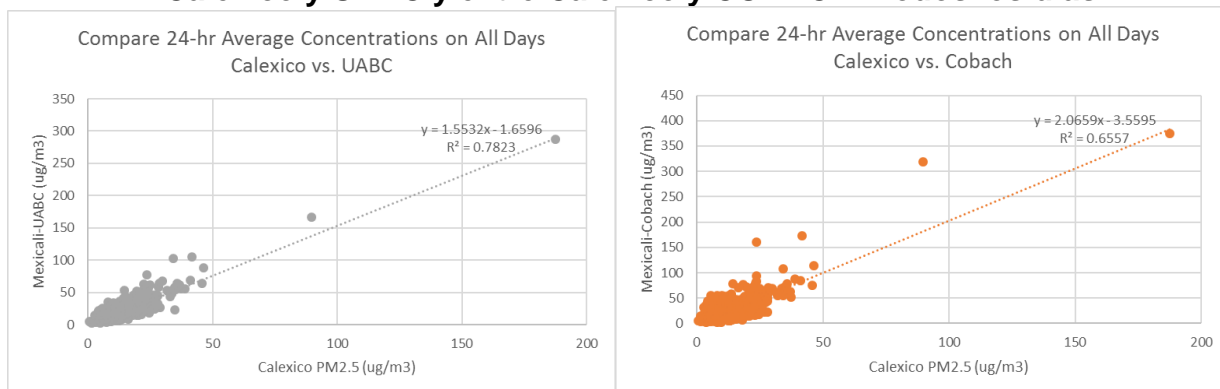


**Figura 4. Concentraciones de PM2.5 durante los Días altos, desde abril de 2016 hasta abril de 2018**



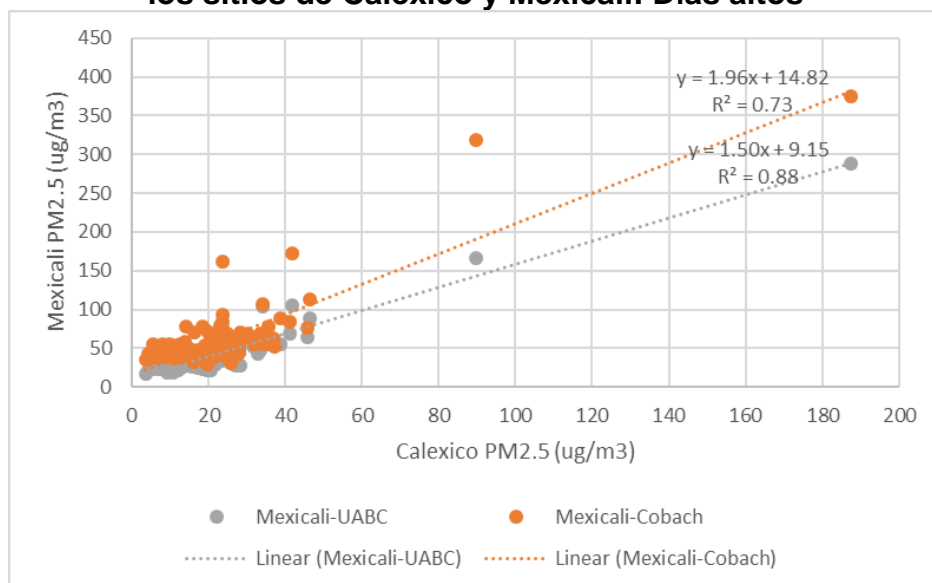
A fin de evaluar la manera en que las concentraciones de PM2.5 de Calexico se comparan con las de UABC y COBACH de manera individual, se realizó la comparación de los datos paralelos para los sitios emparejados (Calexico versus UABC y Calexico versus COBACH). Las concentraciones de PM2.5 para Todos los días en Calexico se correlacionan bien con las de UABC y COBACH ( $r^2 = 0.65 - 0.78$ ) (Figura 5) y las correlaciones aumentan aún más durante los Días altos ( $r^2 = 0.73 - 0.88$ ) (Figura 6). La correlación durante los Días altos sugiere fuertemente que cuando las concentraciones son especialmente altas en Mexicali, el aumento de los niveles de PM2.5 afecta Calexico, ya que las concentraciones aumentan y se correlacionan mejor con los sitios en Mexicali.

**Figura 5. Correlación entre el promedio diario de concentraciones de PM2.5 en Calexico y UABC y entre Calexico y COBACH: Todos los días**





**Figura 6. Correlación entre el promedio diario de concentraciones de PM2.5 entre los sitios de Calexico y Mexicali: Días altos**

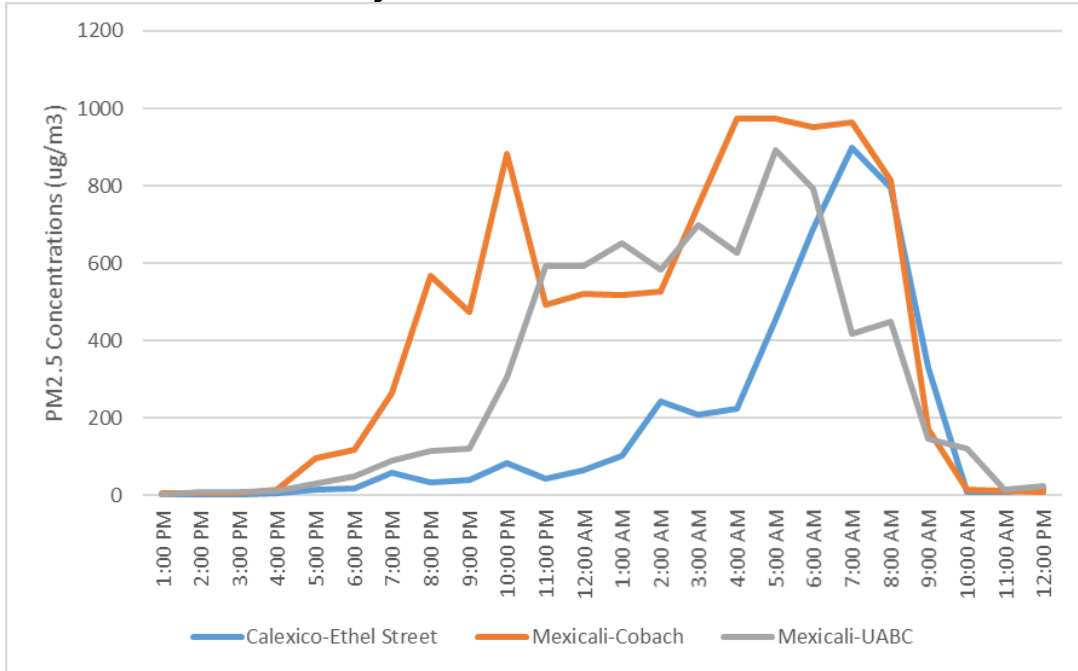


A fin de analizar el aumento de la correlación de PM2.5 en Calexico y los sitios en Mexicali durante los Días altos, se evaluó, más minuciosamente, una serie de días que experimentaron altas concentraciones de PM2.5 en los tres sitios. El personal analizó el patrón diario de PM2.5 en Calexico, UABC y COBACH para el 24 y 25 de diciembre de 2017, el 25 y 26 de diciembre de 2017 y el 31 de diciembre de 2017 y 1.º de enero de 2018.

#### 24 y 25 de diciembre de 2017

El 24 de diciembre de 2017, las concentraciones de PM2.5 en Mexicali aumentaron significativamente entre las 4:00 p. m. y las 10:00 p. m. Sin embargo, en Calexico, las concentraciones de PM2.5 no comenzaron a aumentar hasta después de las 6:00 p. m. y dichas concentraciones no alcanzaron el pico hasta el día siguiente, 25 de diciembre a las 7:00 a. m. (Figura 7). El personal examinó las concentraciones de PM2.5 desde la 1:00 p. m. el 24 de diciembre de 2017 durante el mediodía el 25 de diciembre de 2017 a fin de incluir el aumento, el pico y la disminución de las concentraciones de PM2.5 en estos días.

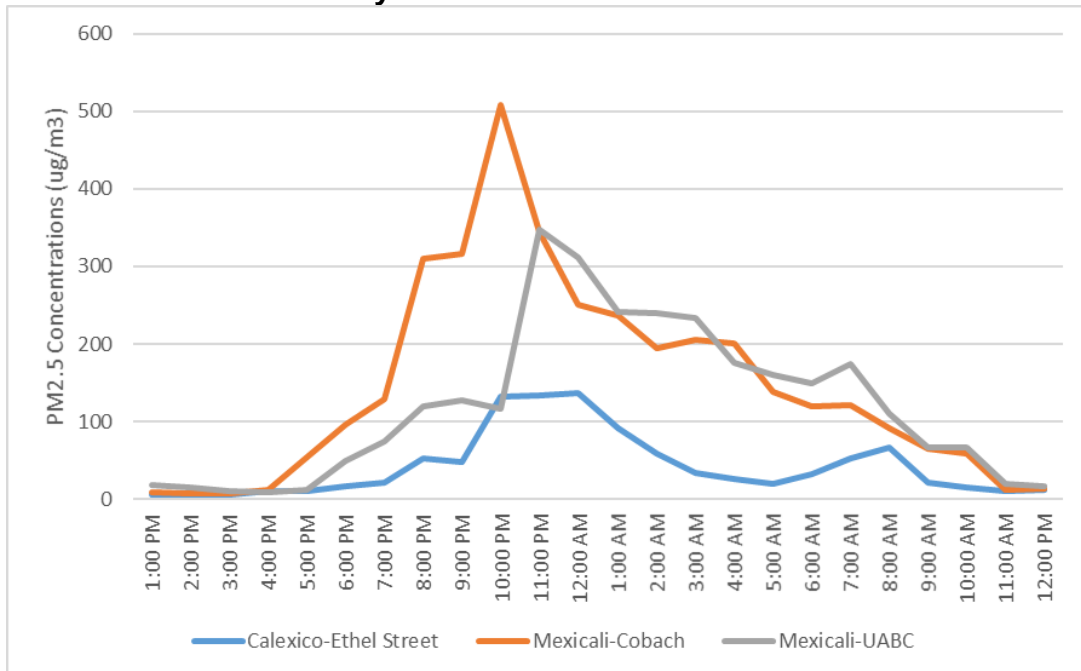
**Figura 7. Concentraciones de PM2.5 por hora en Mexicali y Calexico 24 y 25 de diciembre de 2017**



25 y 26 de diciembre de 2017

El 25 de diciembre de 2017, las concentraciones comenzaron nuevamente a aumentar en Mexicali, tras el pico matutino que se observó anteriormente, entre las 4:00 p. m. y las 5:00 p. m. Sin embargo, no comenzaron a aumentar en Calexico hasta después de las 7:00 p. m. (Figura 8). Las concentraciones de PM2.5 permanecieron altas, pero comenzaron a disminuir en Mexicali y Calexico el 26 de diciembre de 2017. Las concentraciones de PM2.5 en Mexicali aumentaron nuevamente a las 7:00 a. m., seguidas por un aumento en Calexico a las 8:00 a. m.

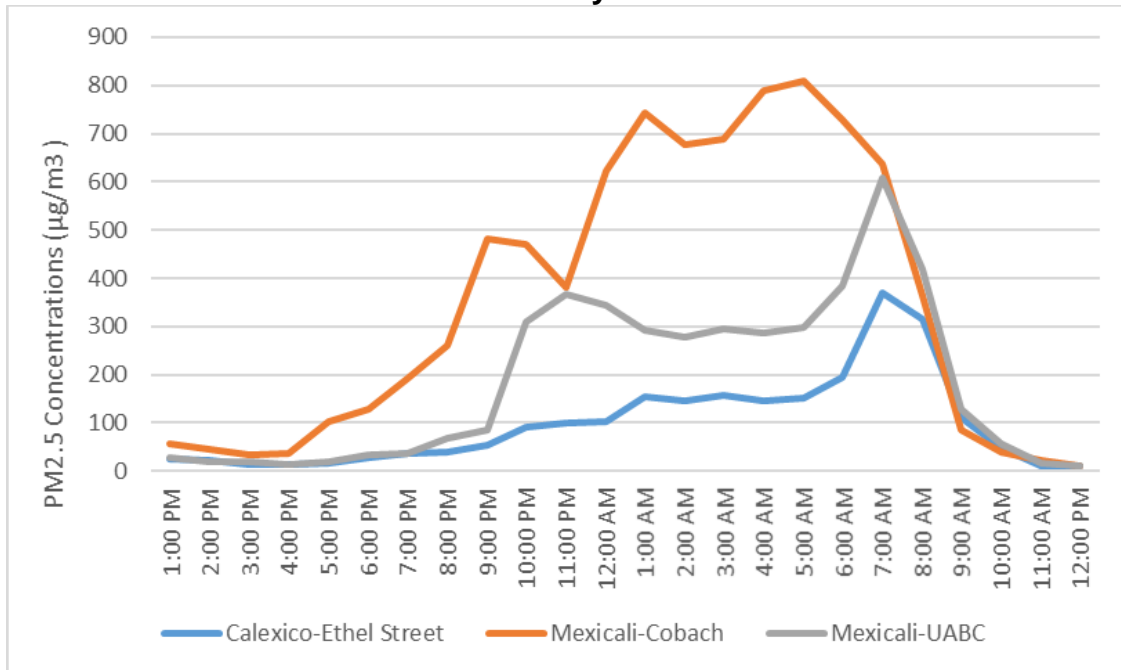
**Figura 8. Concentraciones de PM2.5 por hora en Mexicali y Calexico 25 y 26 de diciembre de 2017**



31 de diciembre de 2017 y 1.º de enero de 2018

El 31 de diciembre de 2017, las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> comenzaron a aumentar después de las 4:00 p. m. y las 8:00 p. m. en COBACH y UABC, respectivamente. Calexico experimentó un aumento mucho más gradual en las concentraciones (Figura 9). Las concentraciones alcanzaron el pico en los tres sitios el 1.º de enero de 2018 con las concentraciones más altas que se generan a primeras horas de la mañana.

**Figura 9. Concentraciones de PM<sub>2.5</sub> por hora en Mexicali y Calexico 31 de diciembre de 2017 y 1.º de enero de 2018**

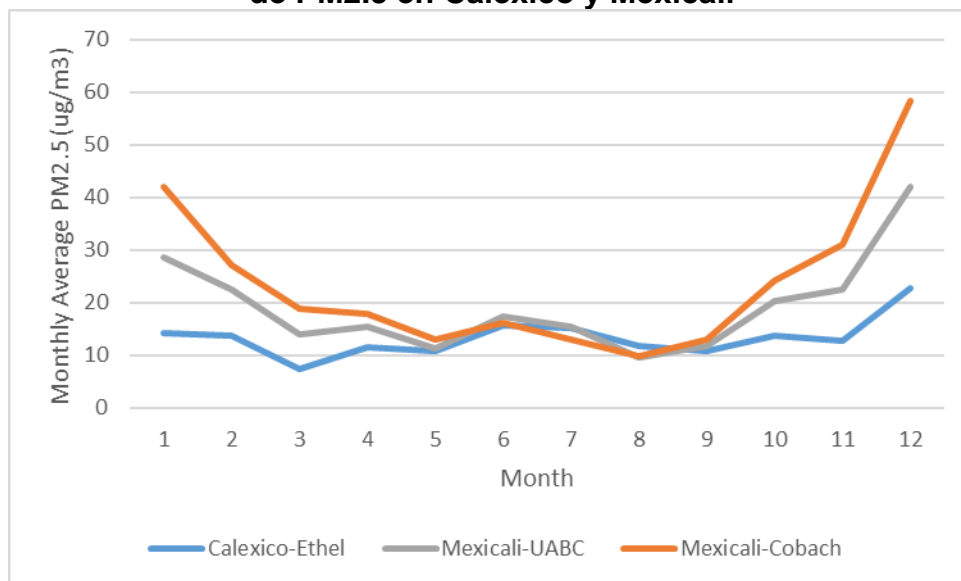


Las inversiones de temperatura ocurren frecuentemente en la región de la frontera, especialmente durante el invierno. Estas inversiones impiden el flujo de aire ascendente, causan dispersión deficiente y atrapan los contaminantes cerca de la superficie. Las inversiones de temperatura son altamente estables y pueden actuar casi como una cubierta impenetrable contra la combinación vertical de contaminantes. Por consiguiente, pueden continuar durante uno o más días y así provocar un estancamiento del aire y el crecimiento de contaminantes. Este crecimiento de los contaminantes durante el invierno ocurre en Mexicali. Durante una inversión, la combinación vertical es altamente limitada; sin embargo, existe una dispersión horizontal limitada de contaminantes. Como resultado, como se ilustra en las Figuras 7 y 9, en pocas horas la contaminación por PM<sub>2.5</sub> desde Mexicali puede llegar hasta Calexico. Tal como se describe con más detalles en la página 16, la altura de mezcla en la atmósfera cambia conforme al grado de la inversión de temperatura y puede aumentar o disminuir los contaminantes por PM<sub>2.5</sub> cerca del suelo.

**¿En qué sitios y durante qué estaciones son más altas las concentraciones?**

Desde mayo hasta septiembre, los tres sitios muestran concentraciones similares de PM2.5 y durante el resto del año se muestran concentraciones claramente más altas en Mexicali. Agosto es el único mes en el que las concentraciones en Calexico fueron marginalmente más altas que en los dos sitios de Mexicali durante el período de control paralelo (Figura 10).

**Figura 10. Comparación del promedio mensual de concentraciones de PM2.5 en Calexico y Mexicali**



Las concentraciones más altas de PM2.5 ocurren durante el invierno (noviembre y febrero) cuando las concentraciones promedio de invierno en los dos sitios de Mexicali son entre un 80 y 150 por ciento más altas que en Calexico. Esto se debe probablemente a los días altos durante el invierno en Mexicali donde es común el uso de fogatas, la incineración de basura y los fuegos artificiales, los cuales aumentan aún más el aumento de las emisiones en Mexicali. Durante el resto del año, si bien las concentraciones aún son altas en Mexicali, normalmente son un 20 o 30 por ciento más altas que en Calexico (Tabla 2). Las concentraciones más altas se midieron en la estación de COBACH.

**Tabla 2. Comparación de las concentraciones en tres sitios durante diferentes estaciones**

Estación	Conteo de la observación	Calexico (µg/m³)	Mexicali-UABC (µg/m³)	Mexicali-COBACH (µg/m³)
Invierno (enero, feb., nov., dic.)	220	16.1	29.3	40.1
Resto del año	379	12.3	14.6	15.9

**¿Con qué frecuencia las concentraciones de PM2.5 superan el estándar de 24 horas? ¿Qué tan extendidos son los excesos y cuál es la variación de en magnitud?**

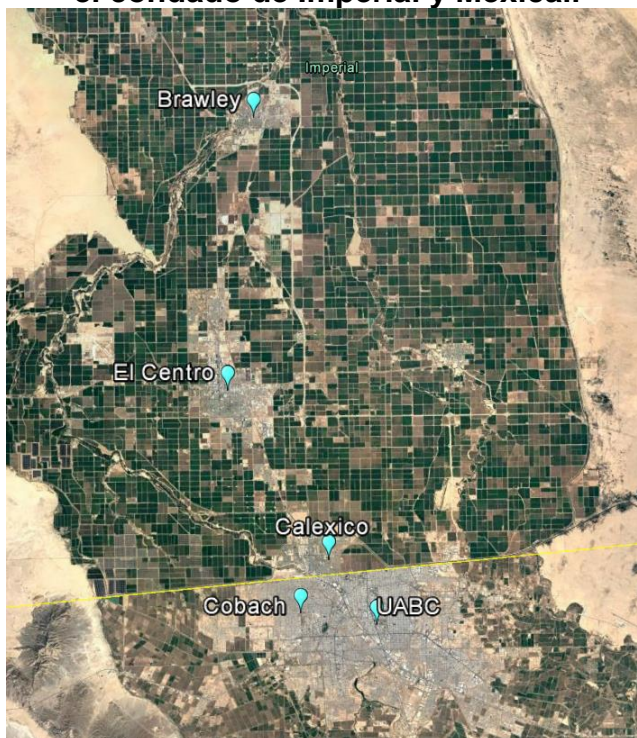
Como se indicó anteriormente, durante el período de estudio solo se experimentaron 11 días con concentraciones superiores al estándar de PM2.5 de 24 horas, de 35 µg/m<sup>3</sup> en Calexico, con 68 días en UABC y 122 días en COBACH. Además de experimentar más días por encima del estándar, las concentraciones promedio en estos Días altos fueron dos veces y media más altas en Mexicali. Las concentraciones promedio de PM2.5 durante los Días altos fueron entre un 90 y 162 por ciento más altas en los sitios de Mexicali cuando se los comparó con Calexico. En la Tabla 3 se comparan la cantidad de días en los que se excedieron los límites y las concentraciones promedio durante los Días altos en los tres sitios.

**Tabla 3. Comparación de la cantidad de días en los que se excedieron los límites y las concentraciones promedio durante los Días altos**

<b>Estadística</b>	<b>Calexico</b>	<b>Mexicali-UABC</b>	<b>Mexicali-COBACH</b>
Conteo de excesos	11	68	122
Concentraciones promedio durante 126 Días altos (µg/m <sup>3</sup> )	22.5	42.8	59.0

Si bien este análisis se enfoca en los datos de PM2.5 de Mexicali y Calexico, también es importante evaluar los sitios de control al norte de Calexico a fin de evaluar la variación de las concentraciones de PM2.5 y la magnitud de la amplia cuenca atmosférica. En la Figura 11 se muestran las ubicaciones que controlan las concentraciones de PM2.5 en el condado de Imperial y Mexicali.

**Figura 11. Mapa de los sitios de control de las PM2.5 en el condado de Imperial y Mexicali**



En la Tabla 4 a continuación, se muestra la concentración promedio de PM2.5 para todos los datos acerca del período de estudio, la cantidad de días en los que se excedieron los límites, las concentraciones promedio de PM2.5 durante los días de exceso y las concentraciones máximas de PM2.5 desde el 20 de abril de 2016 hasta el 19 de abril de 2018 en cada sitio de PM2.5 en Mexicali y el condado de Imperial. Los sitios en Mexicali registran la mayor cantidad de días que exceden los  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y tienen el mayor rango de concentraciones. En el condado de Imperial, el sitio de control de Calexico registra la mayor cantidad de días por encima del estándar de 24 horas y el mayor rango de concentraciones. La magnitud de los excesos y el rango de las concentraciones disminuyen significativamente en El Centro y Brawley, al norte de Calexico en el condado de Imperial.

**Tabla 4. Comparación de las concentraciones de PM2.5 en los sitios de PM2.5 en el condado de Imperial y Mexicali (desde abril de 2016 hasta abril de 2018)**

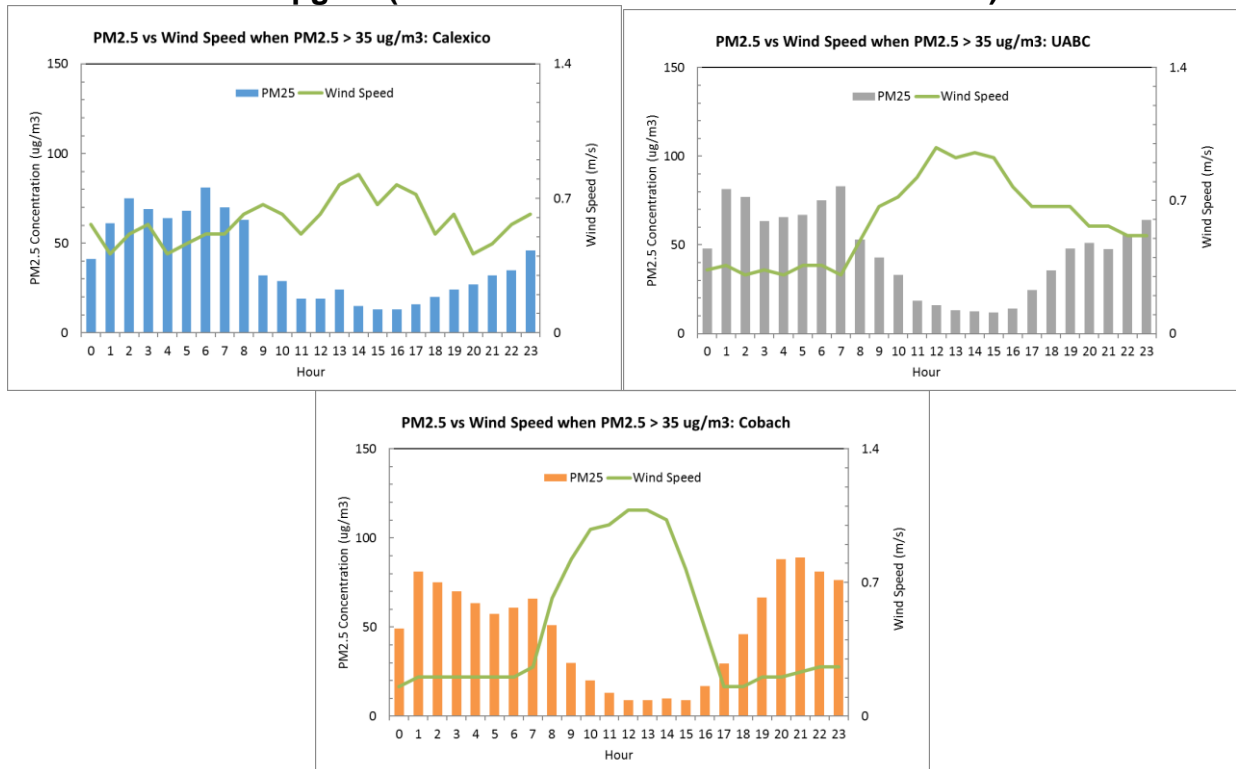
Sitio	Concentración promedio de PM2.5	Conteo de días que superan el estándar de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentraciones promedio de PM2.5 en los días en los que se excedieron los límites	Concentración máxima de PM2.5
COBACH	24.2	122	59.9	374.7
UABC	18.9	68	56.5	287.9
Calexico	13.4	11	58.0	187.5
El Centro	9.0	0	No corresponde	31.3
Brawley	10.5	3	48	57.9

### III. METEOROLOGÍA

#### ¿Qué variables meteorológicas se asocian con las concentraciones elevadas de PM2.5?

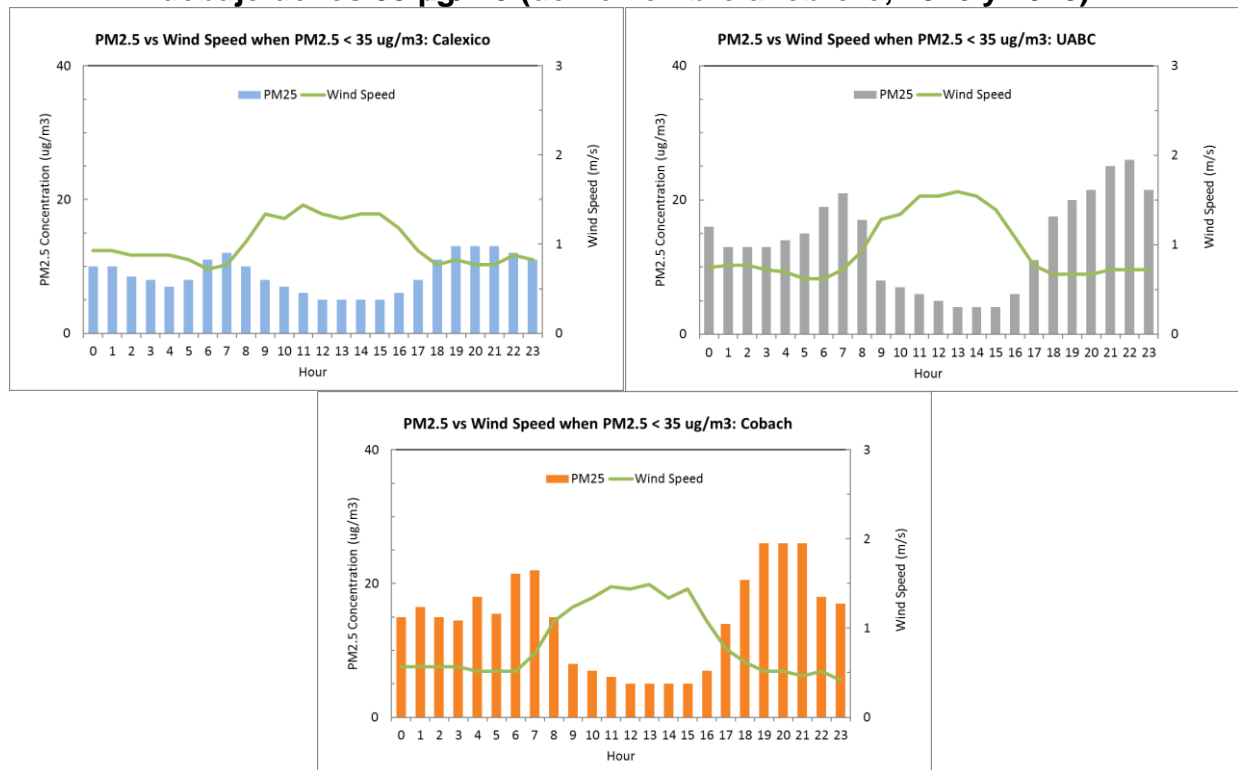
Dos variables meteorológicas principales se asocian a las concentraciones elevadas de PM2.5 en la cuenca atmosférica de Calexico-Mexicali: la velocidad del viento y la altura de mezcla. Las variaciones de las concentraciones diurnas y la velocidad del viento en los días que superan los  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durante el período de estudio se muestran en la Figura 12, con una comparación en los días que se encuentran por debajo de los  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durante el invierno (de noviembre a febrero), que se muestra en la Figura 13. La acumulación de las concentraciones de PM2.5 se disipa con el aumento de la velocidad del viento durante la mañana. Como resultado, las concentraciones de PM2.5 se correlacionan inversamente con la velocidad del viento durante los días en los que las concentraciones superan los  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en Calexico y Mexicali. La misma correlación inversa puede observarse durante los días en los que las concentraciones se encuentran por debajo de los  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , pero las velocidades de los vientos son mayores durante los días en los que las concentraciones superan los  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Esto indica una asociación entre las concentraciones de PM2.5 y las velocidades del viento en Calexico y Mexicali.

**Figura 12. Comparaciones de las variaciones diurnas entre las concentraciones medias de PM2.5 y la velocidad del viento durante los días que superan los  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (desde abril de 2016 hasta abril de 2018)**



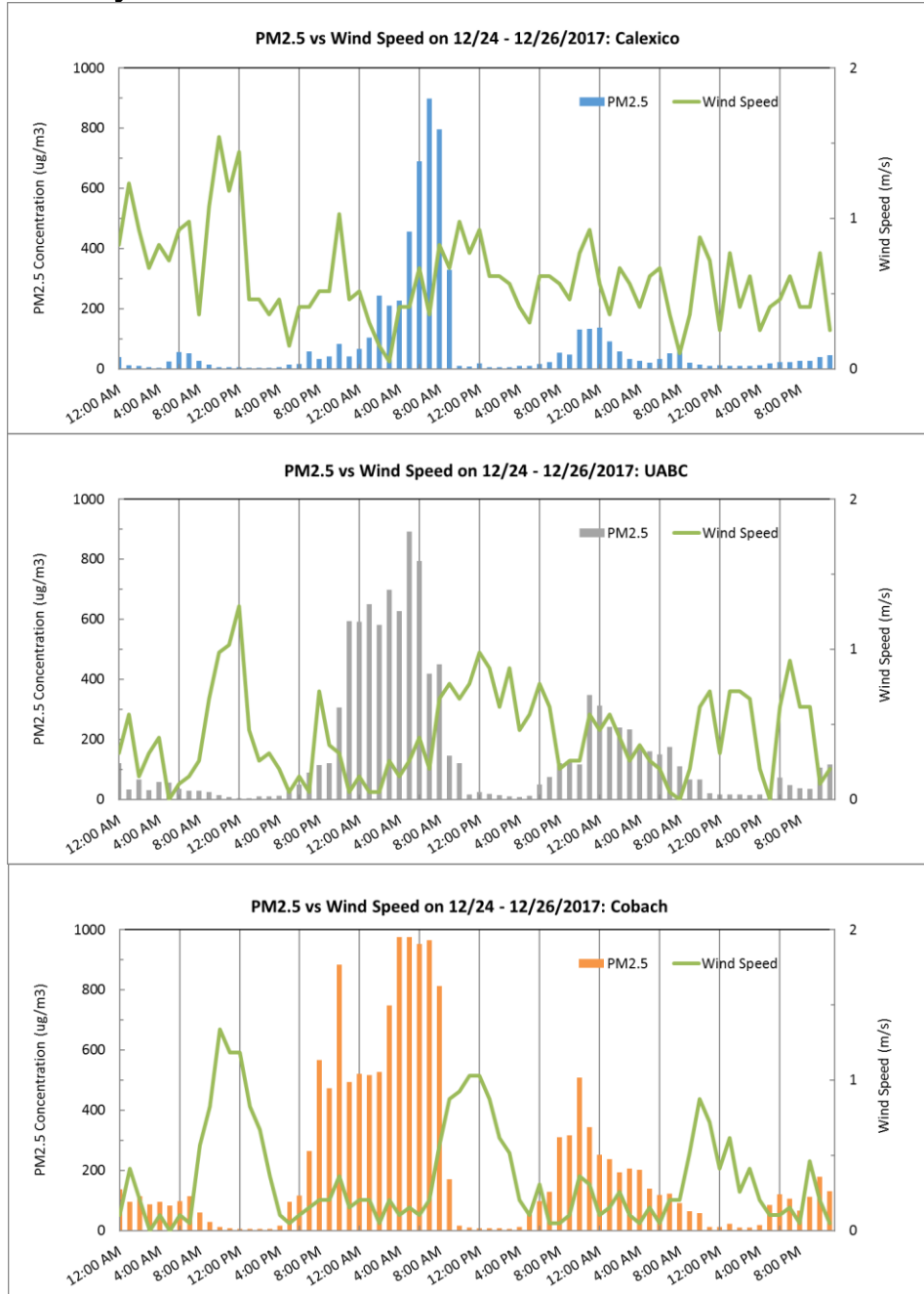


**Figura 13. Comparaciones de las variaciones diurnas entre las concentraciones medias de PM2.5 y la velocidad del viento durante los días que se encuentran por debajo de los 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (de noviembre a febrero, 2016 y 2018)**



Esta variación puede explicar por qué las concentraciones de PM2.5 en COBACH alcanzan el pico más temprano durante la tarde y por qué los picos de concentraciones de Calexico se demoran. Las variaciones de las concentraciones de PM2.5 diurnas y la velocidad del viento se examinan con más atención durante uno de los eventos de concentraciones altas (del 24 al 26 de diciembre de 2017) (Figura 14). Las concentraciones de PM2.5 comienzan a acumularse durante la tarde del 24 de diciembre de 2017, cuando las velocidades de los vientos son lentas. Asimismo, dichas concentraciones se desintegran en los sitios de Mexicali cuando las velocidades de los vientos aumentan durante la mañana del 25 de diciembre de 2017. No obstante, esta asociación no es válida para Calexico y esto es un recordatorio de que los patrones generalizados que se observan en la Figura 12 no siempre se verán en eventos específicos.

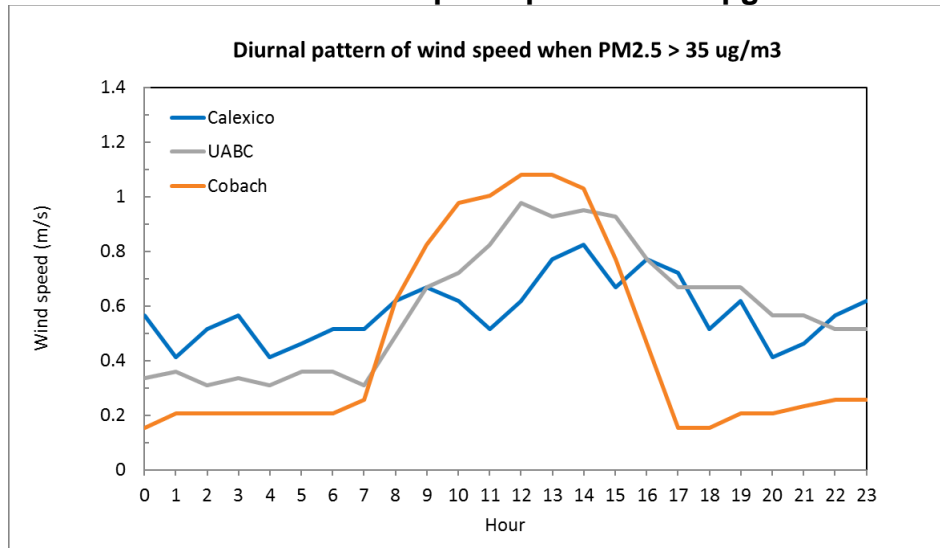
**Figura 14. Comparaciones de las variaciones diurnas entre las concentraciones de PM2.5 y la velocidad del viento del 24 al 26 de diciembre de 2017**



Quando las concentraciones superan los  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en los tres sitios, surgen patrones de estancamiento ligeramente diferentes (Figura 15). COBACH tiene las velocidades de vientos más bajas durante la noche, con las más altas en Calexico. Estos periodos de vientos calmos, también conocidos como eventos de estancamiento, finalizaron primero en COBACH, luego en UABC y finalmente observamos el crecimiento de vientos en Calexico. El aumento de las velocidades de vientos en Calexico; sin embargo, no es tan marcado como en los sitios de Mexicali. La reversión se observa durante las

tardes, con velocidades de vientos que primero disminuyen en COBACH y luego, más gradualmente, en UABC y Calexico.

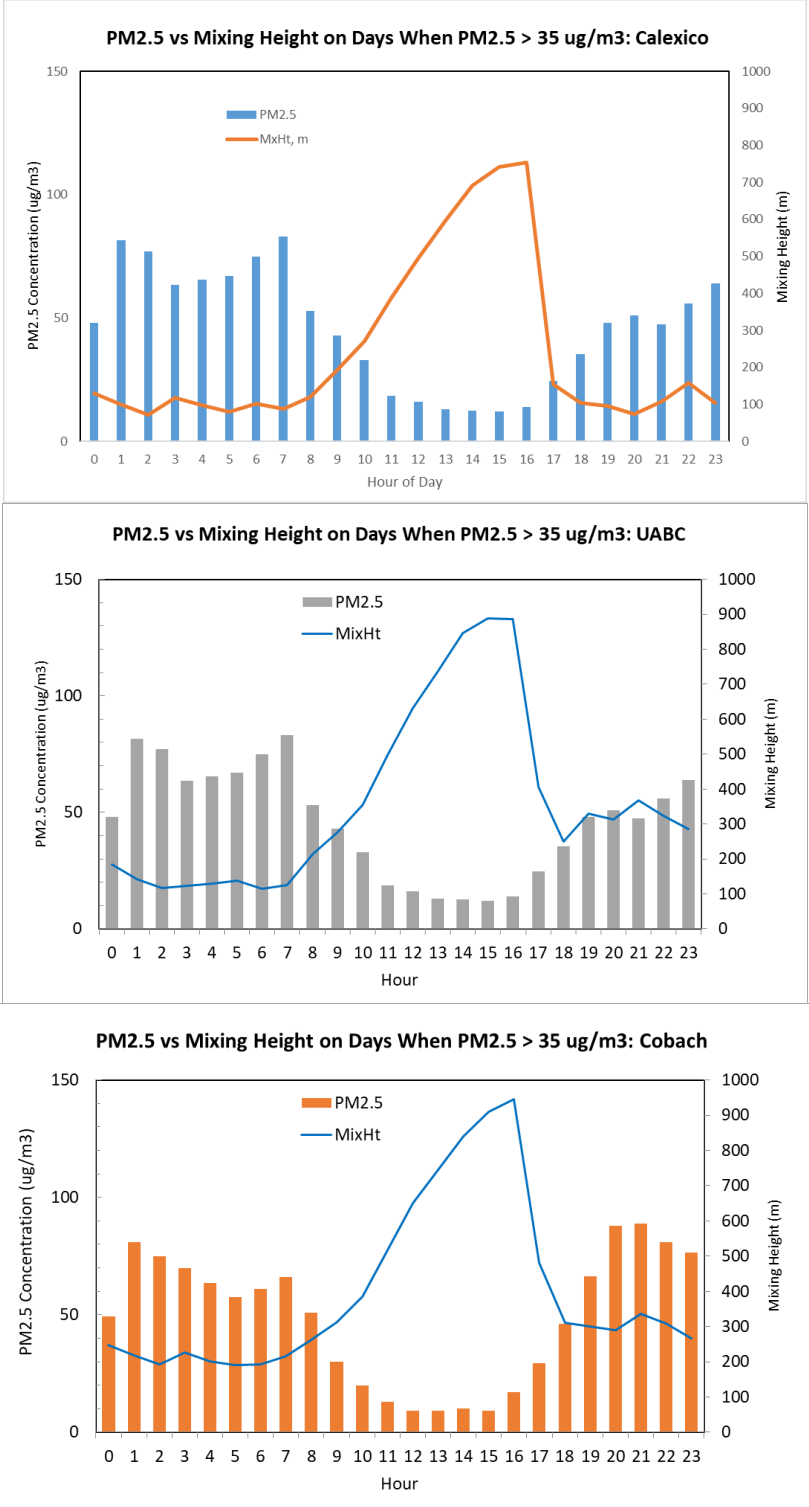
**Figura 15. Patrón de velocidad de vientos promedio y diurnos para PM2.5 Concentraciones que superan los 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**



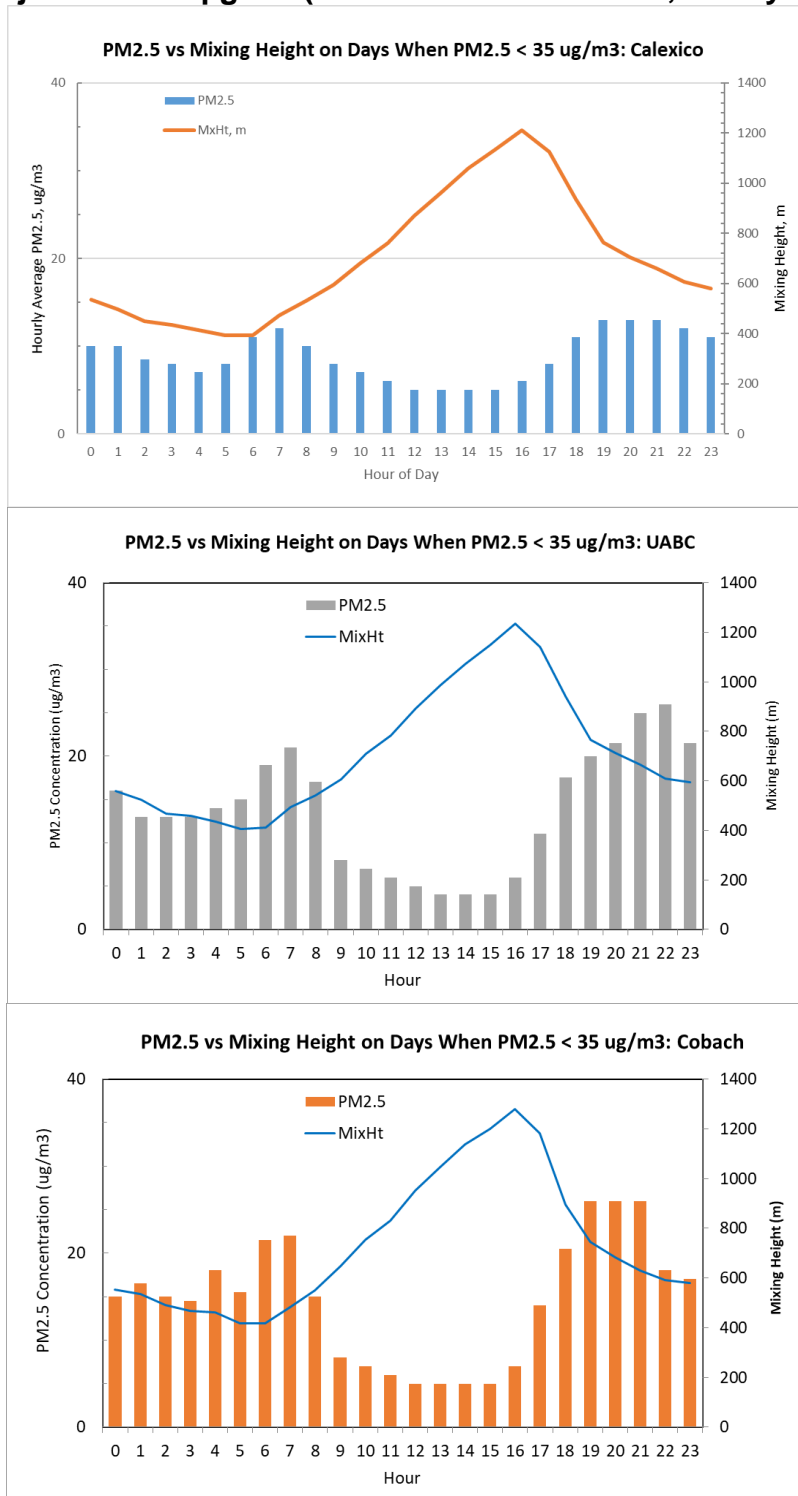
El viento es el movimiento horizontal de la atmósfera; sin embargo, también existe el movimiento vertical. La altura de mezcla es la variable que indica la altura máxima que este movimiento vertical, o mezcla, puede alcanzar en la atmósfera. Este límite de altura actúa como una cubierta que atrapa los contaminantes del lugar y, durante la noche, las alturas de mezcla generalmente se acercan a la superficie. Al igual que la velocidad del viento, la altura de mezcla aumenta cuando amanece y la energía solar calienta el suelo ayudando a la atmósfera a volverse más inestable. Este aumento de las horas de luz en la altura de mezcla permite una mayor dispersión de contaminantes.

Las alturas de mezcla se determinan mediante el uso de perfiles de temperatura vertical y de información meteorológica de superficie local. En este caso, se utilizaron datos de la radiosonda en Miramar (condado de San Diego) e información del aeropuerto de Imperial y la estación aeronaval de El Centro. Los mismos datos de la altura de mezcla se utilizaron para los tres sitios de control, con la suposición de que las variaciones eran mínimas dentro de la cuenca atmosférica compartida. Las variaciones diurnas de la altura de mezcla cuando las concentraciones de PM2.5 superan los 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  se muestran en la Figura 16, con una comparación en los días que se encuentran por debajo de los 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  durante el invierno (de noviembre a febrero) que se muestra en la Figura 17. Toda acumulación de las concentraciones de PM2.5 se desintegra con los aumentos de altura de mezcla durante el día. Las concentraciones de PM2.5 se correlacionan inversamente con la altura de mezcla durante todos los días en Calexico y Mexicali, con las concentraciones más bajas asociadas a la altura de mezcla más altas. Esto indica una asociación entre las concentraciones elevadas de PM2.5 y la altura de mezcla en Calexico y Mexicali.

**Figura 16. Comparaciones de las variaciones diurnas entre las concentraciones medias de PM2.5 y la altura de mezcla durante los días que superan los 35 µg/m<sup>3</sup> (desde abril de 2016 hasta abril de 2018)**



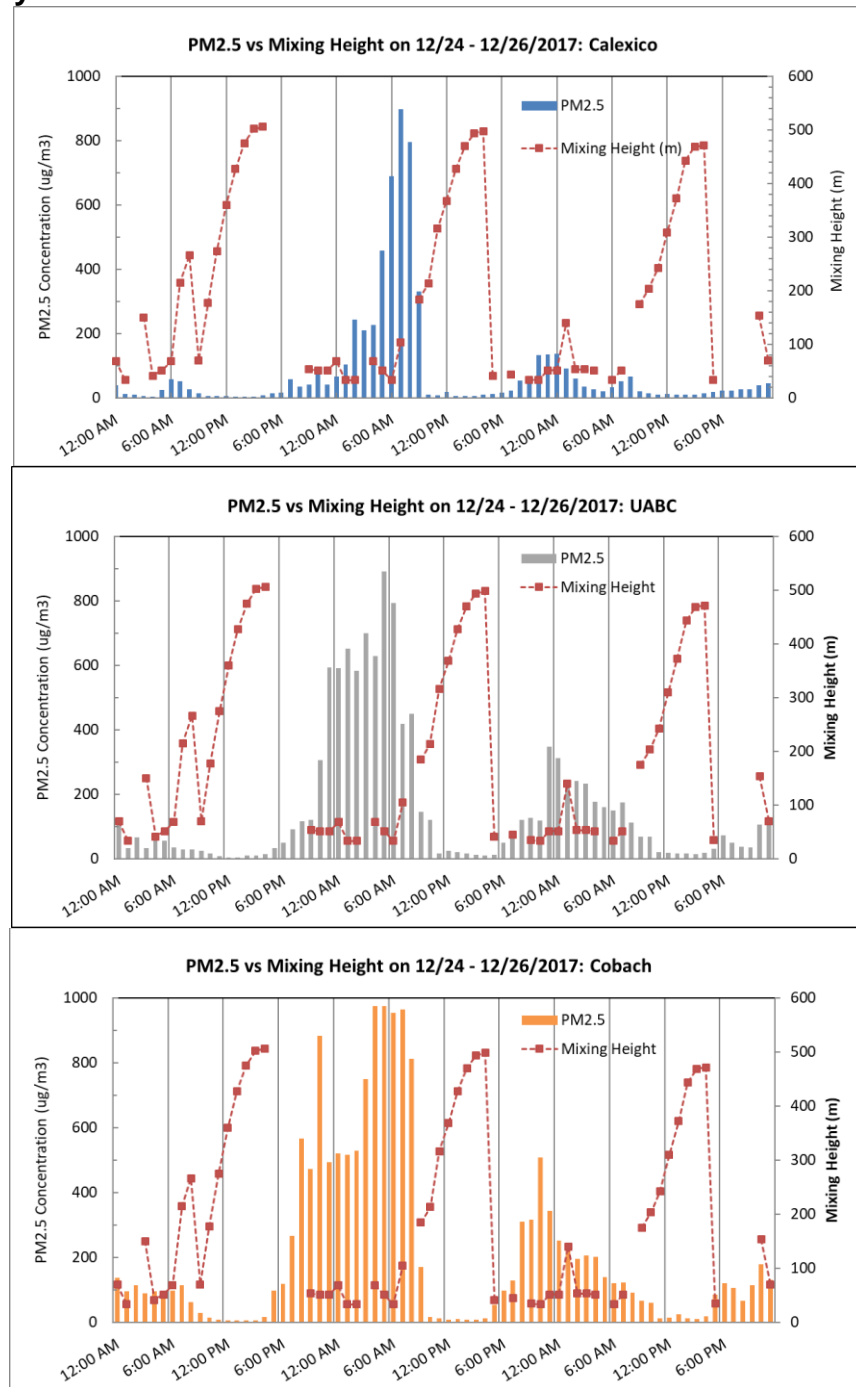
**Figura 17. Comparaciones de las variaciones diurnas entre las concentraciones medias de PM2.5 y la altura de mezcla durante los días que se encuentran por debajo de los 35 µg/m3 (de noviembre a febrero, 2016 y 2018)**



Las variaciones de las concentraciones de PM2.5 diurnas y la altura de mezcla se examinan con más atención durante uno de los eventos de concentraciones altas

(Figura 18). Las concentraciones de PM2.5 comienzan a acumularse durante la tarde del 24 de diciembre de 2017, cuando las velocidades de los vientos son lentas. Asimismo, dichas concentraciones se desintegran cuando las velocidades de los vientos aumentan durante la mañana del 25 de diciembre de 2017. Esta asociación se da en Calexico y los dos sitios de Mexicali.

**Figura 18. Comparaciones de las variaciones diurnas entre las concentraciones de PM2.5 y la altura de mezcla desde el 24 hasta el 26 de diciembre de 2017**



***¿Qué condiciones meteorológicas desintegran la acumulación en las concentraciones?***

Tal como se detalla en el análisis anterior, entre las condiciones meteorológicas principales que ayudan a desintegrar la acumulación de las concentraciones se incluyen el aumento de las velocidades de vientos y las alturas de mezcla más altas.

#### IV. MODELO DEL ANÁLISIS DE DATOS

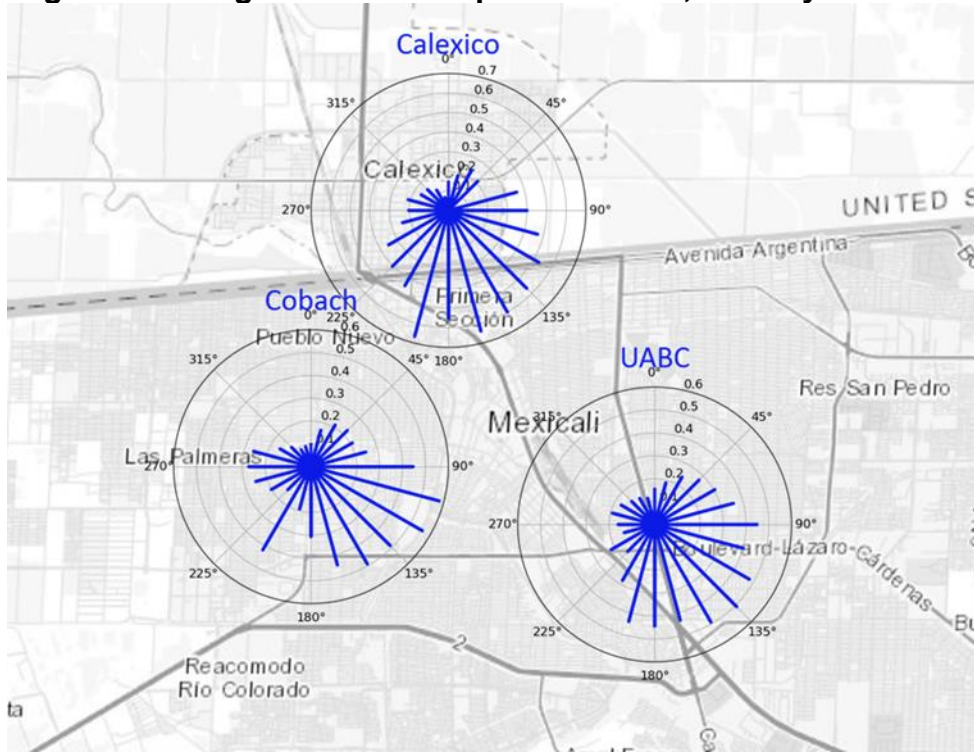
##### ***¿Cuáles son las vías de transporte entre los dos países?***

En el condado de Imperial, las concentraciones de PM2.5 son más altas en Calexico durante los períodos de estancamiento de invierno. Durante estos períodos, las velocidades del viento son bajas y sus recorridos se dirigen lentamente hacia todas las direcciones. El análisis de las concentraciones de PM2.5 por hora en las estaciones de control de Mexicali y Calexico durante el 24 y 26 de diciembre de 2017 y el período de estancamiento (Figuras 7 y 8) revelan un intervalo entre el aumento de las concentraciones de PM2.5 en las estaciones de COBACH y UABC y el aumento posterior en la estación de Calexico. Entre las 6:00 p. m. del 24 de diciembre y las 9:00 a. m. del 25 de diciembre, las velocidades del viento no superaron el metro por segundo. El intervalo entre el aumento de las concentraciones de PM2.5 en las estaciones del COBACH y Calexico durante los períodos de estancamiento sugiere que el transporte del contaminante de Mexicali a Calexico deriva de la difusión masiva de plumas de los centros de emisiones en todas las direcciones, propagadas por la circulación de estos vientos de poca velocidad. Asimismo, el comienzo temprano del estancamiento en COBACH durante la tarde y la demora del estancamiento en la estación de Calexico (Figura 14) pueden ser algunos de los motivos del intervalo del aumento de las concentraciones de PM2.5 entre las estaciones.

De la misma forma, las plumas de emisión de Calexico se dispersarán lateralmente debido a la difusión masiva y transportarán las concentraciones de PM2.5 en Mexicali durante las condiciones de estancamiento. Sin embargo, la cantidad de emisiones significativamente más pequeña que se generó en Calexico da lugar a impactos menores en Mexicali que aquellos que derivan del transporte de las emisiones de Mexicali hacia Calexico. A fin de estimar mejor la posible dirección de las fuentes de PM2.5 durante los períodos de no estancamiento, se utilizó la función de probabilidad condicionada (*conditional probability function*, CPF). En la Figura 19, se muestran diagramas de la CPF para los tres sitios de control. La CPF estima la probabilidad del transporte de PM2.5 desde cada una de las direcciones del viento. Es probable que las fuentes de PM2.5 se ubiquen en direcciones que tengan valores altos de CPF. Como se muestra en la Figura 19, tres diagramas de la CPF apuntan similarmente a una dirección (sur-sureste del sitio de control de UABC) como dirección de la fuente principal de PM2.5. Se requiere una investigación adicional a fin de determinar las ubicaciones reales de las fuentes de PM2.5 que afectan los tres sitios de control.



**Figura 19. Diagramas de CPF para Calexico, UABC y COBACH**



### ***¿Qué cantidad de materia en partículas (particulate matter, PM) y precursores circulan a través de estas vías?***

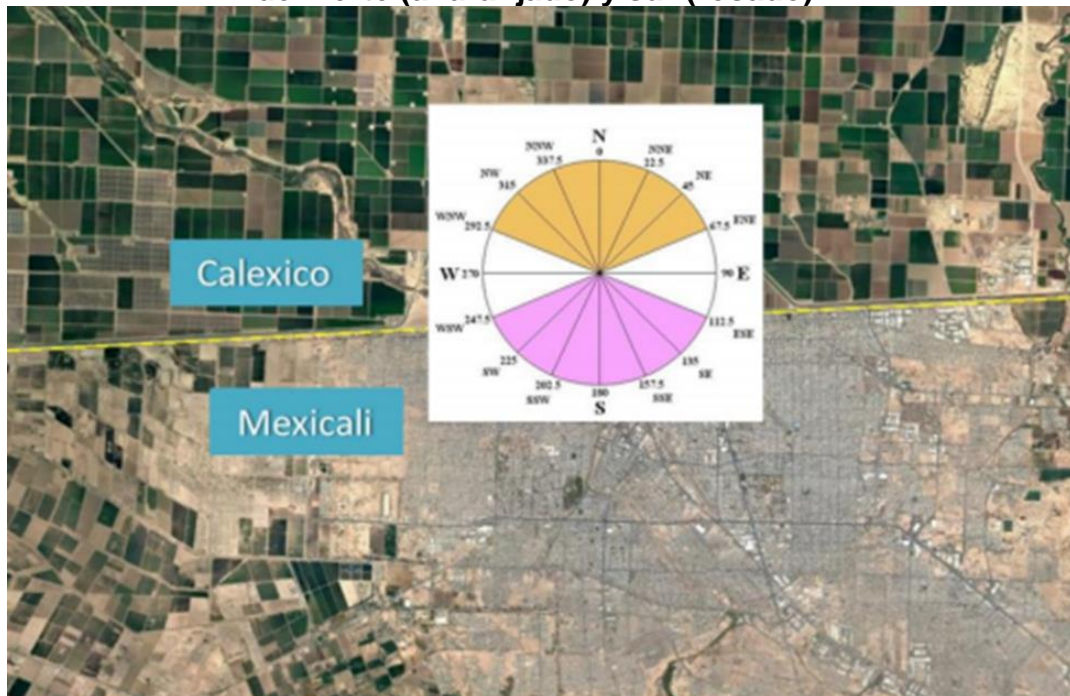
Si bien las concentraciones de contaminantes secundarios, como el nitrato de amonio y el sulfato de amonio, eran relativamente uniformes en toda el área de estudio, las concentraciones de aerosoles carbonáceos y especies elementales eran significativamente más altas en Mexicali. La diferencia en la distribución espacial entre los contaminantes secundarios, como el nitrato de amonio, el sulfato de amonio, los aerosoles carbonáceos y las especies elementales se relaciona con su origen y formación. Los contaminantes secundarios se forman de gases directamente emitidos por la transformación en la atmósfera. Se cree que gran parte de la formación de los contaminantes secundarios se encuentra en el aire, controlada por los índices de emisiones de precursores gaseosos. La homogeneidad espacial de los contaminantes secundarios se ve influenciada por las velocidades de vientos más altas en el aire (que permiten un transporte más eficiente) y variaciones diurnas en alturas de mezcla (que permiten el arrastre de los contaminantes secundarios hacia la superficie). Las condiciones meteorológicas estancadas en la superficie permiten una acumulación significativa de contaminantes secundarios y primarios (aquellos emitidos directamente en la atmósfera como partículas).

La mayoría de los aerosoles carbonáceos, incluidos todas las formas de carbono elemental (*elemental carbon*, EC) y la mayoría de los materiales orgánicos, como las especies elementales, se consideran contaminantes primarios. Debido a que se emiten directamente a la atmósfera como partículas, su transporte es más limitado en comparación con los precursores gaseosos. Las condiciones meteorológicas estancadas impiden aún más el transporte, lo que da como resultado la acumulación significativa cercana a la fuente. Las concentraciones de material carbonáceo son aproximadamente un 50 por ciento mayor que el promedio y un 90 por ciento mayor durante los Días altos debido a la gran cantidad de fuentes de emisiones primarias en Mexicali. El conjunto de datos limitados que se establecen como parte de este estudio no nos permiten responder a esta pregunta de manera cuantitativa. Se requeriría un conjunto de datos más contundentes, junto con un inventario de emisiones más completo para Mexicali.

### ¿De qué manera la meteorología afecta el transporte?

Los datos de concentraciones de PM<sub>2.5</sub> por hora en los tres sitios se categorizaron según la dirección del viento para todas las horas del período de estudio. Los rangos de dirección de vientos se establecieron al dividir los puntos cardinales por los arcos de igual tamaño, desde allí con rumbo norte. Los datos por hora se asignaron a la dirección del viento correspondiente según se registra en cada sitio de control. Los arcos de la dirección del viento se colorean a fin de representar tres direcciones de fuentes a barlovento por separado (Figura 20). Los segmentos que oscilan entre 292.6 y 67.5 grados, que cruzan hacia el norte, designan vientos que soplan desde el norte (arco anaranjado), transportan emisiones desde el condado de Imperial o áreas entre Calexico y los monitores de Mexicali. Los segmentos que oscilan entre 112.6 y 247.5 grados, que cruzan hacia el sur, designan vientos que soplan desde el sur (arco rosado), transportan emisiones desde Mexicali o áreas entre Calexico y los monitores de Mexicali. Los segmentos restantes, entre 67.6 y 112.5 grados, que cruzan hacia el este y entre 247.6 y 292.5 grados, que cruzan hacia el oeste, estiman el rango de las direcciones que pueden transportar emisiones desde las fuentes de Calexico y Mexicali. Este análisis es aproximado y la duda aún existirá en cuanto al origen de las emisiones transportadas desde estas direcciones.

**Figura 20. Indicador de la brújula de los arcos que representan rangos de vientos del norte (anaranjado) y sur (rosado)**



Las concentraciones promedio de PM<sub>2.5</sub> relacionadas con los vientos del sur eran considerablemente más elevadas que aquellas relacionadas con los vientos del norte (Tabla 5). Las celdas resaltadas en la Tabla 5 muestran que las concentraciones más altas ocurren cuando los vientos provienen del sur. Si bien los vientos ocurren con

más frecuencia en el norte, las concentraciones promedio de PM2.5 del sector oscilan entre 10.5 y 23.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Las concentraciones promedio dentro del rango del sector sur casi duplicaron las concentraciones promedio del sector norte, que oscilan entre 20.3 y 42.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Tabla 5. Concentraciones promedio de PM2.5 por hora categorizadas según la dirección del viento**

Degrees	UABC Average BAM PM2.5 Concentration by WD	COBACH Average BAM PM2.5 Concentration by WD	Calexico Average BAM PM2.5 Concentration by WD
0-22.5	18.1	23.4	9.8
22.6-45	20.4	27.0	11.2
45.1-67.5	18.9	34.8	13.5
67.6-90	19.4	31.8	15.5
90.1-112.5	19.3	29.8	15.6
112.6-135	19.4	22.6	16.2
135.1-157.5	21.8	33.7	17.9
157.6-180	33.7	45.8	22.1
180.1-202.5	42.2	45.6	21.8
202.6-225	41.1	52.9	22.5
225.1-247.5	29.3	52.9	21.3
247.6-270	23.4	41.2	14.9
270.1-292.5	17.8	19.2	10.6
292.6-315	13.7	15.6	9.5
315.1-337.5	14.2	18.3	9.8
337.6-360	15.4	21.7	9.1
	<b>UABC</b>	<b>COBACH</b>	<b>Calexico</b>
North Average	16.8	23.5	10.5
South Average	31.2	42.2	20.3
Other Directions	20.0	30.5	14.2
All Directions Excluding South	18.1	26.3	12.0
All Directions Excluding North	26.7	37.5	17.8

***¿Hasta qué punto el transporte de México afecta los sitios norte de la frontera en El Centro y Brawley?***

A fin de determinar de qué manera el impacto de las altas concentraciones de PM2.5 registradas en UABC o COBACH afectan los monitores de PM2.5 del condado de Imperial y hacia el norte, los datos se analizaron con más detenimiento durante los días en que COBACH o UABC superaron el estándar de PM2.5 de 24 horas, que es de 35 µg/m<sup>3</sup>. En la Figura 11 anterior, se muestran las ubicaciones de todos los monitores de PM2.5 de Mexicali y el condado de Imperial. La Tabla 6 es un mapa de calor que muestra la concentración promedio mensual de días en los que COBACH y UABC registraron concentraciones que superaron el estándar de PM2.5 de 24 horas. No todos los monitores registraron concentraciones de PM2.5 durante los días en que los sitios de Mexicali registraron concentraciones superiores a los 35 µg/m<sup>3</sup>. Por ello, algunas celdas están sin llenar. Sin embargo, el mapa de calor demuestra que las concentraciones son más altas en COBACH y UABC y que impactan en el sitio de Calexico. Este impacto disminuye significativamente a medida que uno se mueve desde Calexico hacia los sitios más al norte, El Centro y Brawley. Otra observación interesante es que, excepto por el mes de febrero de 2017, los promedios del sitio de Brawley son más altos que en El Centro, lo cual indica que este sitio puede verse más afectado por las fuentes locales. En general, este análisis demuestra que las altas concentraciones de PM2.5 en Mexicali impactan en el monitor de Calexico, pero lo hacen mucho menos en los sitios más al norte en el condado de Imperial.

**Tabla 6. Concentraciones promedio de PM2.5 mensuales en los sitios del condado de Imperial y Mexicali durante los días en que COBACH o UABC excedieron los 35 ug/m<sup>3</sup>**

Month/Year	UABC	Cobach	Calexico	El Centro	Brawley
10/2016	36.6	40.7	26.5		
11/2016	32.3	42.2	15.8	10.2	10.7
12/2016	39.4	57.0	23.7	15.8	16.9
1/2017	33.0	48.1	15.3	11.9	12.6
2/2017	51.2	52.6	25.5	12.5	7.3
3/2017	26.3	38.8	8.3	4.0	7.1
10/2017	44.0	48.5	24.3		
11/2017	36.4	45.0	16.3	11.1	12.0
12/2017	64.0	90.0	32.4	9.7	17.0
1/2018	45.7	70.5	22.6	9.8	10.9
2/2018	39.0	50.0	22.6	7.6	7.3
4/2018	24.7	43.4	23.4		

La Tabla 7 muestra los datos de PM2.5 en todos los monitores del condado de Imperial y Mexicali durante los días en los que Calexico superó el estándar de PM2.5 de 24 horas. Durante todos los días, las concentraciones más altas de PM2.5 ocurrieron en COBACH y UABC. Si bien las concentraciones de PM2.5 fueron más bajas en

Calexico, estas aún superan el estándar de 24 horas y continúan disminuyendo más hacia el norte hasta el condado de Imperial. Además, durante los días en los que Calexico superó el estándar de PM2.5 de 24 horas, las concentraciones de PM2.5 eran muy altas en Mexicali y ningún otro monitor de PM2.5 de Imperial superó el estándar de 24 horas.

**Tabla 7. Promedios diarios de PM2.5 en los sitios de control de PM2.5 del condado de Imperial durante los Días altos de Calexico**

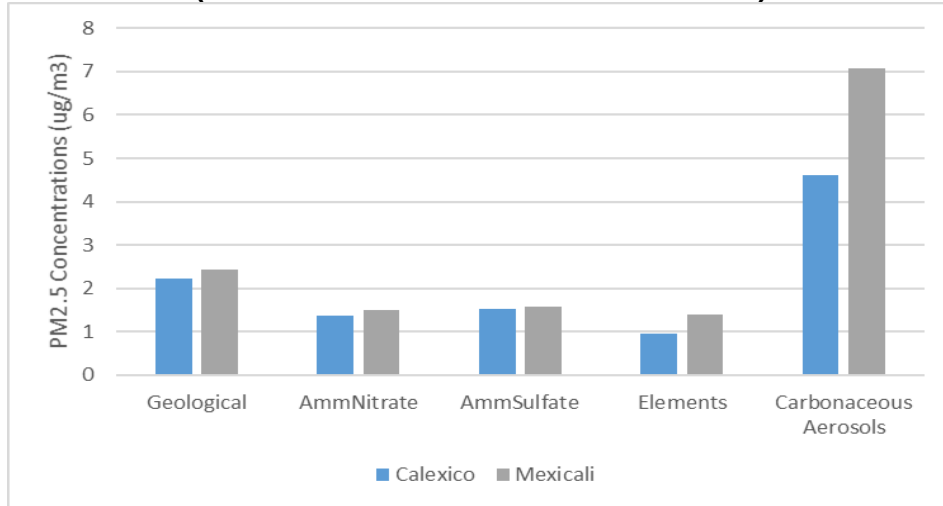
Fecha	UABC	COBACH	Calexico	El Centro	Brawley
12/10/16	63.5	77.7	35.7	-	-
12/11/16	57.7	62.7	36.9	23.4	24.1
12/3/17	64.5	75.8	45.8	-	17.5
12/19/17	69.3	84.3	41.2	-	-
12/25/17	287.9	374.7	187.5	-	-
12/30/17	88.0	113.7	46.3	18.0	27.2
12/31/17	104.9	173.0	41.8	-	46.1
1/1/18	166.9	318.8	89.8	-	-
1/5/18	55.0	88.2	38.8	-	-
1/8/18	55.3	52.2	37.2	-	-
2/5/18	61.3	60.4	36.7	-	-

## VI. FUENTES DE PM

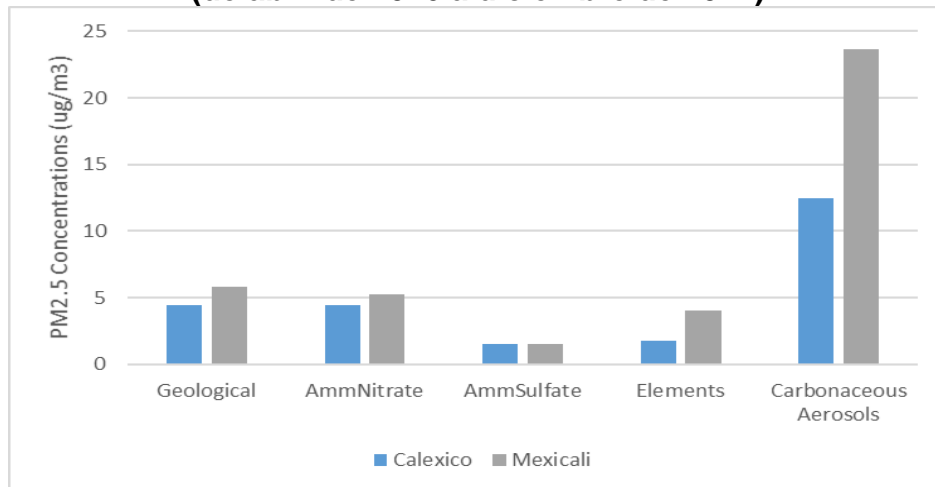
### ***¿Cuánto contribuyen los diferentes tipos de fuentes en relación con las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> anualmente y durante los días en los que se excedieron los límites?***

Los datos de especiación se recopilaron según un cronograma de 1 a 6 días en UABC y Calexico (no se recopilaron datos de especiación en COBACH). Todos los análisis de especiación resultantes se basan en los datos hasta fines de diciembre de 2017. Los últimos cuatro meses de los datos de especiación (desde enero hasta abril de 2018) no estaban disponibles en el momento de este informe. Debido a los datos limitados, con el fin de realizar un análisis de especiación química, se redefinió un Día festivo como información disponible para ambos sitios (Calexico y UABC) con concentraciones en Mexicali (UABC) que superan los 25 µg/m<sup>3</sup>. Se calcularon concentraciones anuales promedio como un promedio de los trimestres de todos los años con datos paralelos. Por consiguiente, el primer trimestre se basa solo en los datos de 2017, pero los trimestres del dos al cuatro se basan en datos de 2016 y 2017. Si bien hay algunas diferencias en nitrato de amonio y los componentes geológicos, la diferencia principal en la composición entre Todos los días y los Días altos se debe a un aumento en el carbono y las especies elementales (Figuras 21 y 22).

**Figura 21. Componentes de PM2.5 durante Todos los días (de abril de 2016 a diciembre de 2017)**



**Figura 22. Componentes de PM2.5 durante los Días altos (de abril de 2016 a diciembre de 2017)**

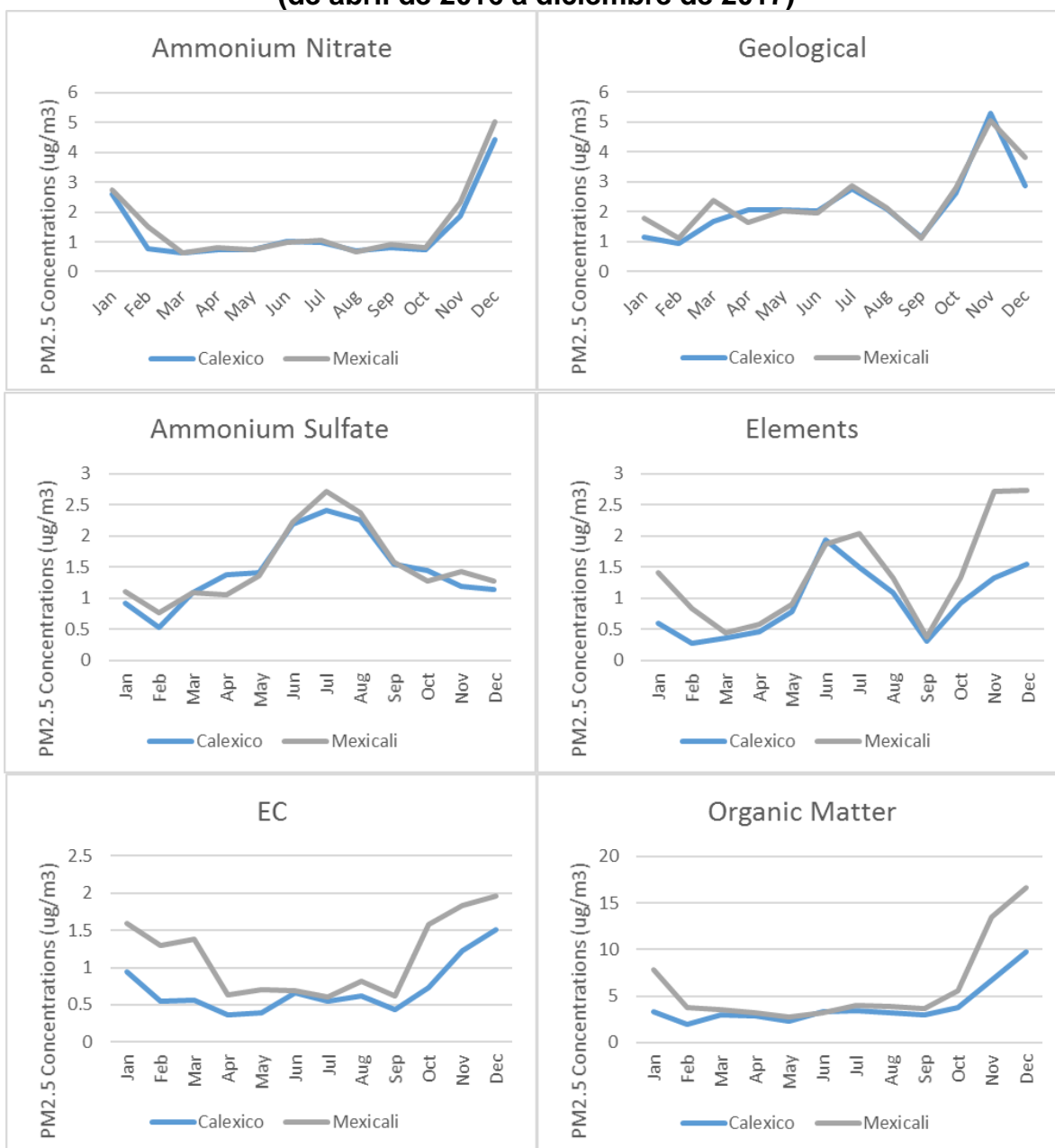




### ¿Cómo varía la contribución de la fuente según la ubicación y la estación?

Se observa muy poca variación entre Calexico y UABC para el nitrato de amonio, sulfato de amonio y componentes geológicos. Las mayores variaciones ocurren durante los meses de invierno para los elementos, el carbono elemental y la materia orgánica, con concentraciones en UABC significativamente más altas que aquellas observadas en Calexico (Figura 23). El aumento en estas especies de PM2.5 coincide con altos índices de quema durante el período frío del año.

**Figura 23. Variación mensual en los componentes de PM2.5: Todos los días (de abril de 2016 a diciembre de 2017)**



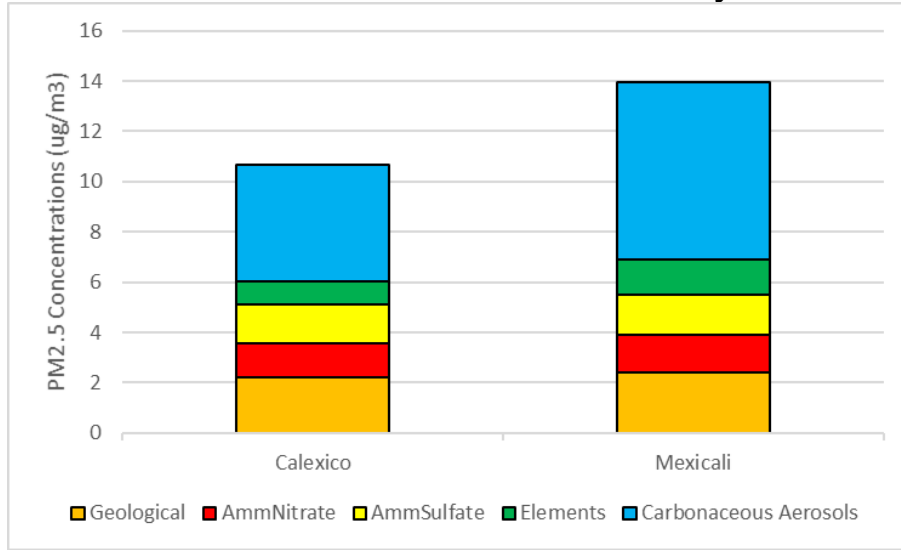
***¿Cuánto contribuyen las diferentes fuentes en México con respecto a las concentraciones anuales en Calexico? ¿Cuánto contribuyen durante los días en los que se excedieron los límites?***

Si bien las concentraciones de contaminantes secundarios, como el nitrato de amonio y el sulfato de amonio, eran relativamente uniformes en toda el área de estudio, las concentraciones de aerosoles carbonáceos y especies elementales eran significativamente más altas en Mexicali (Figura 24). Esta diferencia en la distribución espacial entre los contaminantes secundarios, como el nitrato de amonio, el sulfato de amonio y los contaminantes primarios, como los aerosoles carbonáceos y las especies elementales, se relaciona con su origen y formación.

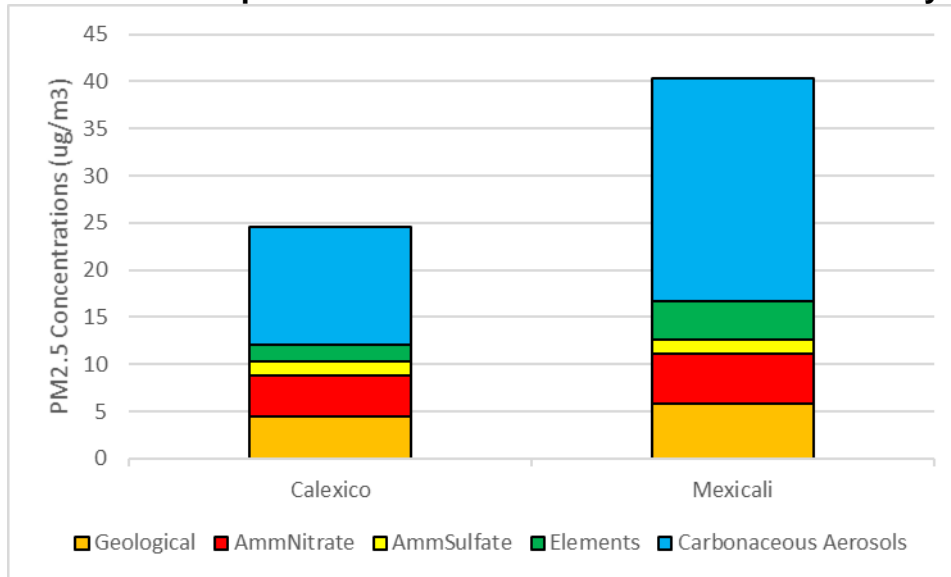
Como se estableció anteriormente en el análisis de transporte (Sección III), los contaminantes secundarios se forman de gases directamente emitidos por la transformación en la atmósfera. Se cree que gran parte de estos se generan en el aire y son controlados por los índices de emisiones de precursores gaseosos. La homogeneidad espacial de los contaminantes secundarios se ve influenciada por las velocidades de vientos más altas en el aire (que permiten un transporte más eficiente) y variaciones diurnas en alturas de mezcla (que permiten el arrastre de los contaminantes secundarios hacia la superficie).

Las condiciones meteorológicas estancadas en la superficie permiten una acumulación significativa de no solo contaminantes secundarios, sino también de contaminantes primarios (emitidos directamente en la atmósfera como una partícula). La mayoría de los aerosoles carbonáceos, incluidos todas las formas de carbono elemental (*elemental carbon*, EC) y la mayoría de los materiales orgánicos, como las especies elementales, se consideran contaminantes primarios. Debido a que se emiten a la atmósfera como partículas, su transporte es más limitado en comparación con los precursores gaseosos. Las condiciones meteorológicas estancadas impiden aún más el transporte, lo que da como resultado la acumulación significativa cercana a la fuente. Mexicali experimentó altas concentraciones de material carbonáceo, un promedio de 50 por ciento (Figura 24) y un 90 por ciento durante los Días altos (Figura 25) debido a la gran cantidad de fuentes de emisiones primarias en Mexicali.

**Figura 24. Comparación de concentraciones de contaminantes primarios y secundarios de PM2.5 anuales en Calexico y Mexicali**

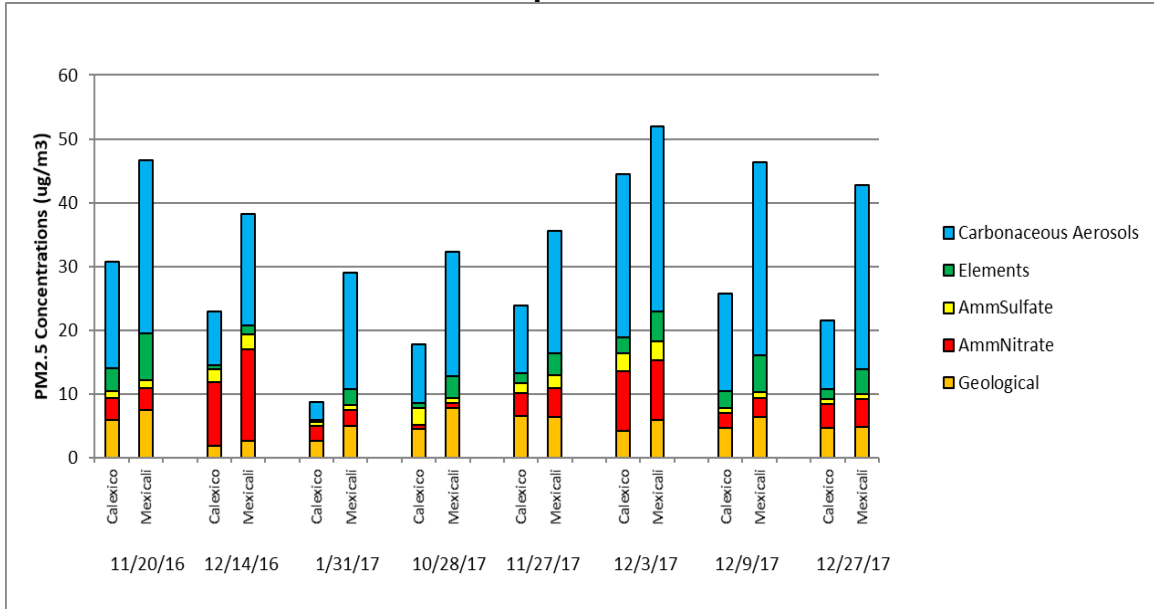


**Figura 25. Comparación de concentraciones de contaminantes primarios y secundarios de PM2.5 promedio durante los Días altos en Calexico y Mexicali**



Las Figuras 24 y 25 anteriores demostraron que la principal diferencia en la composición de PM2.5 entre Calexico y Mexicali se encuentra en las especies elementales y los aerosoles carbonáceos. La Figura 26 que se muestra abajo compara las diferencias de concentración y especiación entre Calexico y UABC durante los Días altos. Estos datos muestran que, si bien las especies son variables para cada día, la contribución abrumadora deriva de los aerosoles carbonáceos.

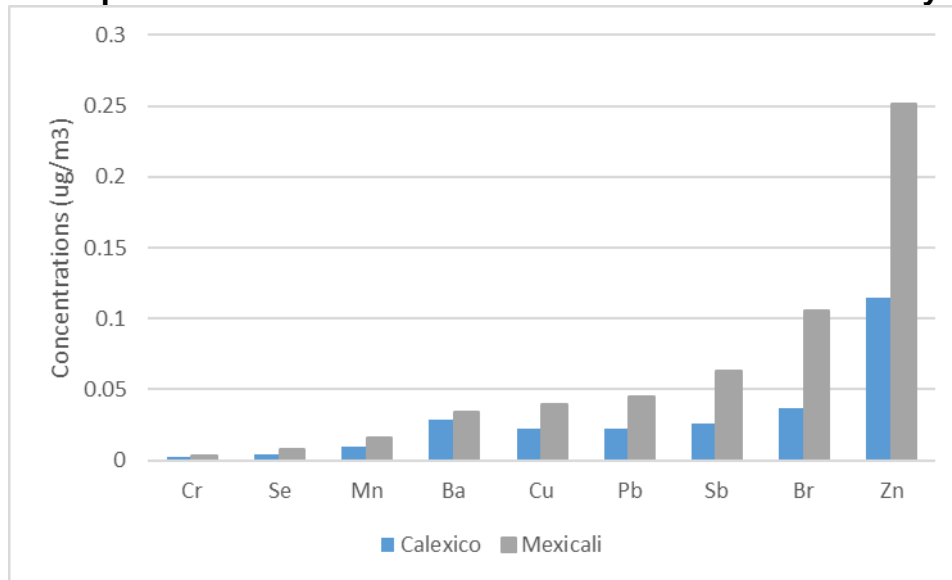
**Figura 26. Comparación de concentraciones de contaminantes primarios y secundarios de PM2.5 específicos durante los Días altos**



La Figura 27 de abajo muestra la diferencia en las especies elementales en Calexico y Mexicali durante los Días altos e incluye altas concentraciones de especies elementales como antimonio, bromo y cinc.

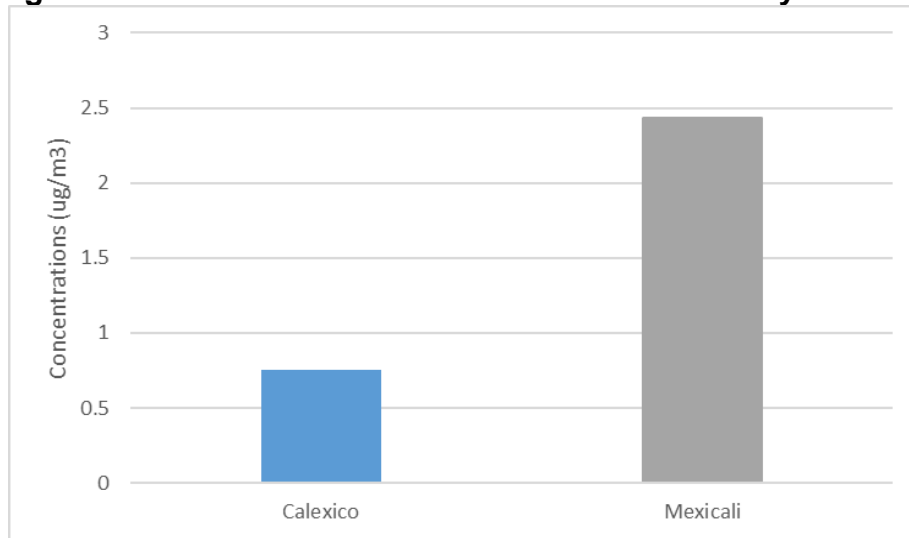
Los análisis anteriores realizados para los Planes Estatales de Implementación (*State Implementation Plans, SIP*) relacionados con las concentraciones de PM2.5 anuales y de 24 horas para el condado de Imperial indican que las concentraciones de varias especies elementales son significativamente más altas en Calexico en comparación con otros sitios de California. Los niveles altos de especies como cloro, antimonio, bromo, plomo y cinc implican que las emisiones que impactan el control de Calexico son fundamentalmente diferentes de las emisiones que impactan otros monitores en todo el estado. Las diferencias en las concentraciones de elementos medidos, particularmente con respecto al plomo elemental, un contaminante del aire identificado como tóxico que se ha controlado estrictamente durante décadas en California, indican que es muy probable que la fuente de emisiones que afectan el monitor de Calexico no provenga de los Estados Unidos.

**Figura 27. Especies elementales durante los Días altos en Mexicali y Calexico**

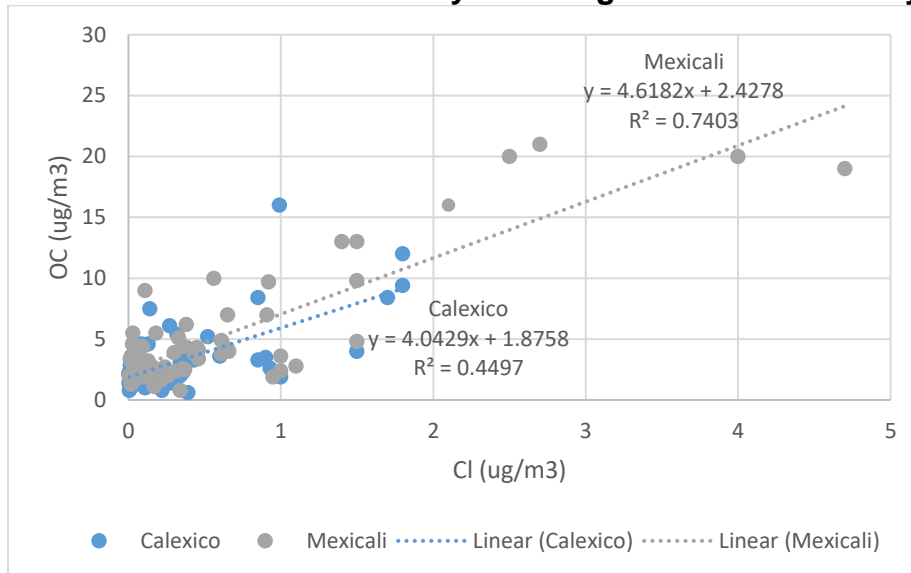


La concentración promedio de cloro durante los Días altos se muestra en la Figura 28, separada de la Figura 27, ya que la escala de cloro es mucho más alta que las demás especies elementales. La Figura 28 muestra que Calexico y UABC tienen, atípicamente, altas concentraciones de cloro. La Figura 29 muestra que hay una fuerte correlación entre el carbono y el cloro orgánicos en UABC en Mexicali, con una correlación menor en Calexico. Esto sugiere que los monitores de Mexicali y Calexico se ven afectados por las emisiones de combustión. Desde 2004, la Medida de Control de Sustancias Tóxicas Aéreas (*Air Toxics Control Measure, ATCM*) para quema residencial de CARB ha prohibido, en gran medida, la incineración de basura en California. Por ello, es poco probable que las emisiones de combustión con una indicación de incineración de basura se hayan originado del lado de Calexico. En cambio, las altas concentraciones de carbono y cloro orgánicos en muestras de Calexico sugieren que las emisiones de combustión que afectan el monitor provenían de Mexicali.

**Figura 28. Cloro durante los Días altos en Mexicali y Calexico**



**Figura 29. Correlación entre carbono y cloro orgánicos en Mexicali y Calexico**



Las conclusiones de los datos presentados en las Figuras 28 y 29 incluyen la combustión y las características elementales típicas de la combustión. La incineración de residuos, la cual ocurre en Mexicali, emite PM<sub>2.5</sub>. Entre los elementos identificados en el análisis de los datos de Calexico y Mexicali, se pueden incluir los siguientes:

- Antimonio (Sb): el antimonio se utiliza como retardante de llama para textiles y, en baterías con aleaciones de plomo y trióxido de antimonio, se utiliza como catalizador en la producción de botellas de refrescos y fibras textiles de poliéster, todos los posibles materiales combustibles. Es posible que existan fuentes industriales de antimonio y otros metales en México. Sin embargo, actualmente no hay datos suficientes para estimar las emisiones.

- Cloro (Cl): proviene de la quema del cloruro de polivinilo (*polyvinyl chloride*, PVC) y otros desechos.
- Bromo (Br): está presente en una multitud de productos de consumo y se volatiliza fácilmente durante la combustión. Los productos que contienen bromo se utilizan para agricultura y saneamiento y como retardantes de fuego.
- Plomo (Pb): las principales fuentes de plomo en el aire son la mena y los procesos de metales, el combustible de aviación con plomo, los incineradores de residuos, las empresas de servicios públicos, la quema de baterías y los fabricantes de baterías de ácido-plomo.
- Cinc (Zn): proviene de una amplia variedad de fuentes que incluyen los tubos de escape de vehículos motorizados, los frenos y desgastes de neumáticos, la fabricación de latón y el refinado de metal y la quema de baterías, carbón y residuos.

## VII. CONCLUSIÓN

Este esfuerzo de control en Mexicali le brindó información invaluable a CARB. A partir del análisis de estos datos, el personal comprendió mejor lo relacionado con las variaciones de la masa y las concentraciones de especiación de PM2.5, las variables meteorológicas relacionadas con las altas concentraciones de PM2.5 y la descomposición de la contaminación, el transporte de la contaminación desde Mexicali hasta los sitios en el condado de Imperial y las posibles fuentes que pueden ser responsables de las altas concentraciones de PM2.5 que se experimentaron en Mexicali y Calexico.

En este análisis se muestra que, durante el período de estudio, el monitor de COBACH registró las concentraciones más altas y la cantidad de días en los que se excedieron los límites, con 122 días que superaron el nivel del estándar de PM2.5 de 24 horas. El sitio de UABC experimentó 68 días que superan el estándar de PM2.5 de 24 horas y la cantidad disminuyó a 11 excesos en Calexico. Durante los 11 días de exceso en Calexico, las concentraciones fueron muy altas en los sitios de Mexicali. Sin embargo, las altas concentraciones en Mexicali siguieron ocurriendo incluso cuando las concentraciones de Calexico eran bajas. Tal como indicó el SIP de PM2.5 para el condado de Imperial, las concentraciones más altas de PM2.5 ocurren durante el invierno en la región de la frontera. Es durante ese período que ocurren, con frecuencia, los niveles más altos de quema y fuegos artificiales. Las emisiones provenientes de quemados y otras fuentes de combustión son mucho más altas en Mexicali que en Calexico, ya que las concentraciones promedio invernales durante el período de estudio fueron entre un 80 y 150 por ciento más altas en UABC y COBACH cuando se comparan con Calexico.

El personal detectó una fuerte correlación entre las bajas velocidades del viento y las bajas alturas de mezcla con un aumento en las concentraciones de PM2.5 en los sitios de Calexico y Mexicali. Los diagramas de la CPF identificaron fuentes desde la dirección sudsudeste que impactan los dos sitios de Mexicali y Calexico durante los días de no estancamiento. Sin embargo, se requiere un análisis adicional a fin de identificar las fuentes y ubicaciones específicas.

Los datos de especificación demuestran que la mayor diferencia en los componentes de PM2.5 en UABC y Calexico se debió a un aumento en los aerosoles y elementos carbonáceos. Las concentraciones de aerosoles carbonáceos eran un 50 por ciento mayor en UABC que en Calexico y aumentaron en un 90 por ciento durante los Días altos. La diferencia en los aerosoles y elementos carbonáceos entre UABC y Calexico señala además el impacto de las fuentes de combustión en las altas concentraciones durante el invierno cuando ocurren los altos índices de quema. La alta correlación entre el carbono y cloro orgánicos en UABC arroja pruebas que demuestran que la incineración de basura es el factor que más contribuye a los altos niveles de PM2.5.

Si bien este esfuerzo de control de dos años concluyó en abril, estos datos han demostrado ser muy útiles a la hora de evaluar los niveles y las posibles fuentes de



PM2.5 en Mexicali y Calexico. El personal de CARB considera que es importante continuar con la recopilación de datos en Mexicali a fin de comprender mejor la calidad del aire a lo largo de la frontera entre California y México. La Secretaría de Protección al Ambiente de Baja California (SPA BC) autorizó a CARB a continuar controlando las concentraciones de PM2.5 en UABC y COBACH. Asimismo, se programó un nuevo contrato de control para principios de 2019.