

REPORTE DE RED DE MONITOREO CERCA

TRES ESTACIONES FIJAS EN DIFERENTES PUNTOS DE LA CIUDAD Y UNA ESTACIÓN PORTABLE

PERIODO DE MONITOREO JULIO 2018 – JUNIO 2019

De acuerdo con las estrategias planteadas en el Programa de Gestión para mejorar la Calidad del Aire del estado de BCS 2018-2027 (PROAIRE) publicado en 2018, en la estrategia 6 “Fortalecimiento institucional” medida 16, manifiesta la necesidad de la implementación del sistema de monitoreo atmosférico, una de las principales causas son los altos costos en la salud proyectados en el mismo documento que representan un gasto asociado de \$1,668 millones de pesos. Es por esto que CERCA en 2018 inicia la implementación de la primera parte de una red de monitoreo de calidad de aire en la ciudad de La Paz BCS.

A la fecha nuestra red de monitoreo cuenta con 3 monitores, la necesidad del proyecto es cubrir 9 ubicaciones más, las cuales, de acuerdo a la ruta de los contaminantes, incluyen los principales puntos de la ciudad. De esta manera se generan datos duros robustos y confiables sobre la calidad del aire que respiramos. Con respecto a las emisiones de contaminantes, el inventario de emisiones registra un total de 455,925.8 t/a de las cuales 46,020.2 t/a corresponden a PM₁₀, 9,443.3 t/a corresponden a PM_{2.5}, 22,088.4 t/a corresponden a las emisiones de SO₂, para el contaminante NO_x se tiene un total de 57,702.3 t/a, para COV un total de 99,144.1 t/a y para el CO 218,031.3 t/a. (LT-Consulting, 2017). Con respecto a estos valores se calculó las emisiones *per cápita* donde para el contaminante PM₁₀ se tiene un valor de 0.065 t/a *per cápita*, para el contaminante PM_{2.5} se tiene un total de 0.013 t/a *per cápita*, para el contaminante SO₂ se tiene un valor de 0.031 t/a *per cápita*, para el contaminante NO_x se tiene un valor de 0.081 t/a *per cápita*, para el contaminante COV un valor de 0.139 t/a *per cápita* y para el contaminante CO se tiene un valor de 0.306 t/a *per cápita*.

Aunque la ciudad de La Paz no cuenta con industria, existen coincidencias en los perfiles de morbilidad y mortalidad con las principales ciudades industrializadas. Encontramos en nuestra revisión que las ciudades que cuentan con monitoreo atmosférico son ciudades con industria, como es el caso de Salamanca y el Valle de México.

La red de monitoreo atmosférico de la ciudad de salamanca cuenta con tres estaciones fijas de monitoreo.

Los principales sectores industriales son de **generación de energía eléctrica**, refinación de petróleo, petroquímica, química y de alimentos. Siendo la generación eléctrica y la refinación de petróleo las principales actividades industriales, las cuales inciden directamente sobre las condiciones de la calidad del aire en la zona.

Con respecto a las concentraciones de los contaminantes criterio, se han encontrado valores fuera de la norma para **el dióxido de azufre, PM₁₀, O₃ y CO**. Esta concentración coincide con los primeros hallazgos del inventario de emisiones para la ciudad de La Paz publicado en 2016.

	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	NO _x	COV	CO
La Paz	0.072	0.013	0.047	0.065	0.015	0.383
Salamanca	0.0306	-	0.288	0.0471	0.0441	0.1423
ZMVM	0.0009	-	0.001	0.0093	-	0.008

Cuadro 1. Cantidades expresadas en toneladas de contaminantes anuales *per capita* (tn/año). Relación de emisiones de contaminantes *per capita* de la ciudad de La Paz, Salamanca y en la Zona Metropolitana del Valle de México. Fuente: Elaboración propia a partir de los inventarios de emisión correspondientes.

Con base en lo anterior podemos destacar del *cuadro 1* que en la ciudad de La Paz se tiene una mayor emisión de contaminantes per capita del tipo PM₁₀, NO_x SO₂ y CO, lo cual puede estar relacionada con **la generación de electricidad** prácticamente dentro de la zona urbana en combinación con la alta tasa de motorización de la ciudad, ya que tiene el primer lugar en motorización en el país.

En nuestro país, la secretaria de salud es el órgano responsable de evaluar la evidencia de los impactos de la contaminación atmosférica en la salud, en coordinación con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) se establecen los límites permisibles de concentración de los contaminantes en la atmósfera. En México se norman los siguientes contaminantes atmosféricos: bióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), bióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃), partículas suspendidas totales (PST), partículas menores a 10 micrómetros de diámetro (PM₁₀) (PM_{2.5}) y plomo (Pb).

La línea de investigación de salud ambiental en México se encarga de manera dedicada a relacionar los efectos de la contaminación en la salud de la población como facultad del Instituto Nacional de Salud Pública de México órgano perteneciente a la Secretaría de Salud Federal.

Cuadro 2. Especificaciones técnicas de las Normas Oficiales Mexicanas vigentes.

Contaminante	Dato base utilizado para la evaluación	Exposición	Frecuencia tolerada	Valor límite Indicador con el que se evalúa	Norma Oficial Mexicana
Partículas PM10	Promedio 24 horas	Aguda	No se permite	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Máximo	NOM-025SSA1-2014
		Crónica	--	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Promedio anual	
Partículas PM2.5	Promedio 24 horas	Aguda	No se permite	45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Máximo	
		Crónica	--	12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Promedio anual	
Ozono (O3)	Dato horario	Aguda	No se permite	0.095 ppm Máximo	NOM-020-SSA1-2014
	Promedio móvil de 8 hora		No se permite	0.070 ppm Máximo	
Dióxido de azufre (SO2)	Promedio de 8 hora	Aguda	1 vez al año	0.200 ppm Segundo máximo	NOM-022-SSA1-2010
	Promedio de 24 hora	Aguda	No se permite	0.110 ppm Máximo	
	Dato horario	Crónica	--	0.025 ppm Promedio anual	
Dióxido de nitrógeno (NO2)	Dato horario	Aguda	1 vez al año	0.210 ppm Segundo máximo	NOM-023-SSA1-1993
Monóxido de carbono (CO)	Promedio móvil de 8 horas	Aguda	1 vez al año	11 ppm Segundo máximo	NOM-021-SSA1-1993
Plomo (Pb)	Promedio aritmético de tres meses	Crónica	No se permite	1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NOM-026-SSA1-1993

Fuente: Elaboración propia a partir de las Normatividad vigente. NOM-025-SSA1-2014. DOF, NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límite permisible para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación. NOM-020-SSA1-2014. DOF, NORMA Oficial Mexicana NOM-020SSA1-2014. Valor límite permisible para la concentración de ozono (O3) en el aire ambiente y criterios para su evaluación. NOM-021-SSA1-1993. DOF, NORMA Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993, Salud ambiental.

Panorama de Baja California Sur y sus fuentes de emisión

Para hacer un análisis del comportamiento de los contaminantes, se necesita tomar en cuenta las actividades económicas, industriales, de movilidad, entre otras para identificar las principales fuentes de emisión en las ciudades. En el caso de los municipios de Baja California Sur las emisiones de diversos contaminantes se registran en el inventario de emisiones a la atmósfera para Baja California Sur, publicado en 2017 por la Universidad Autónoma para Baja California Sur, que sirvió como base para el Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire para Baja California Sur, (PROAIRE) 2018-2027. Además, cada contaminante tiene diferentes efectos en la salud de la población que se encuentra expuesta estas contaminantes.

En el caso de la ciudad de La Paz, el porcentaje de emisión por tipo de fuente se divide de la siguiente manera:

Cuadro 3. Porcentaje de emisión por tipo de fuente

Contaminante	Daño sobre la salud	Porcentaje de emisión por tipo de fuente			
		Fijas	Área	Naturales	Móvil
SO ₂	Puede afectar al sistema respiratorio y las funciones pulmonares, también causa irritación ocular. La inflamación del sistema respiratorio, provoca tos, secreción mucosa y agravamiento del asma y la bronquitis crónica; asimismo, aumenta la propensión de las personas a contraer infecciones del sistema respiratorio.	92%	-	-	8%
NO ₂	Existe una relación entre la exposición prolongada al NO ₂ y el aumento de los síntomas de bronquitis en niños asmáticos. La disminución del desarrollo de la función pulmonar también se asocia con las concentraciones de NO ₂ registradas.	33%	11%	-	56%
CO	La unión de CO a la hemoglobina reduce su capacidad de transporte de oxígeno generando hipoxia tisular generalizada, también bloquea la mioglobina en los músculos generando hipoxia muscular.	-	4%	4%	92%
O ₃	El exceso de ozono en el aire puede producir efectos adversos de consideración en la salud humana. Puede causar problemas respiratorios, provocar asma, reducir la función pulmonar y originar enfermedades pulmonares.				
PM _{2.5}	Las PM, pueden atravesar la barrera pulmonar y entrar en el sistema sanguíneo. La exposición crónica a partículas contribuye al riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como cáncer de pulmón.	9%	75%	5%	11%
PM ₁₀		19%	35%	15%	31%

Fuente: elaboración propia datos a partir de a partir del Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire para Baja California Sur, 2018-2027.

Esta información es básica para hacer un análisis de los orígenes de las emisiones de acuerdo a la ubicación de los monitores fijos de la red de monitoreo del Centro de Energía Renovable y Calidad Ambiental (CERCA).

UBICACIÓN DE MONITORES EN LA CIUDAD DE LA PAZ

Imagen 1. Puntos de monitoreo



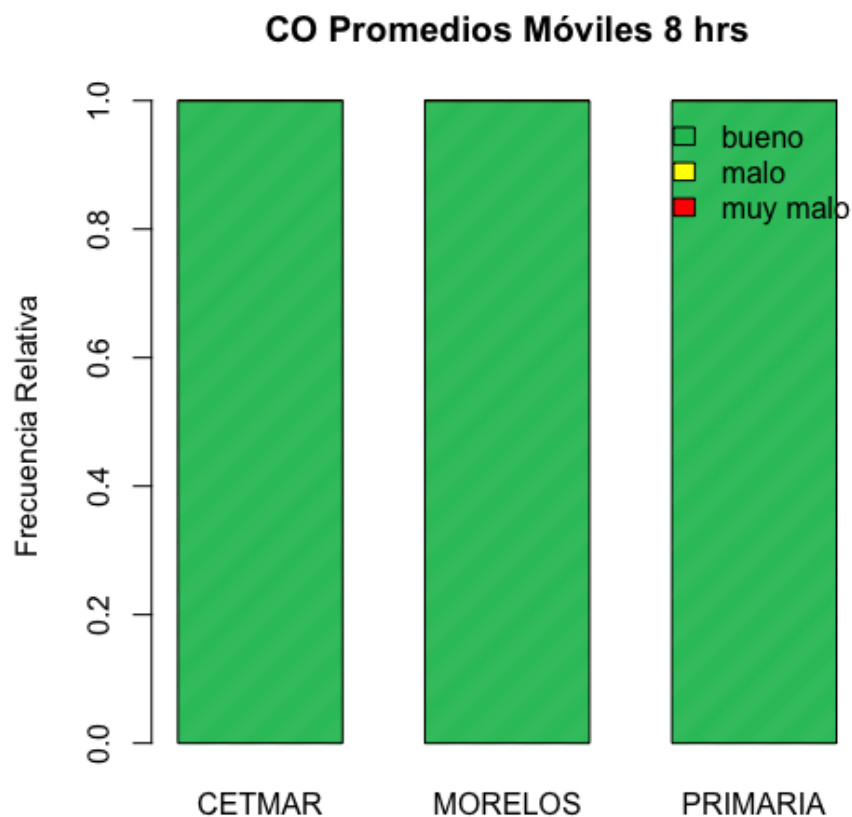
Fuente: elaboración propia datos de estaciones de monitoreo CERCA

Metodología

- ▶ Estaciones fijas
 - ▶ Distribuidas en puntos estratégicos de la ciudad
 - ▶ Monitoreo por un año
 - ▶ Inserción de datos cada 10 minutos
- ▶ Revisión y mantenimiento constante de monitores y sensores
- ▶ Prueba de sensores en laboratorios de Tecnológico de La Paz
 - ▶ Cálculo de porcentaje de error aplicado a los datos
- ▶ Procesamiento y análisis de datos con estadística aplicada

HALLAZGOS DE LA RED DE MONITOREO CERCA POR CONTAMINANTE Y ESTACIÓN

Gráfico 1. Promedios móviles monóxido de carbono



70.2615ppb

312.7783 ppb

97.8599 ppb

CO (Frecuencia Absoluta)

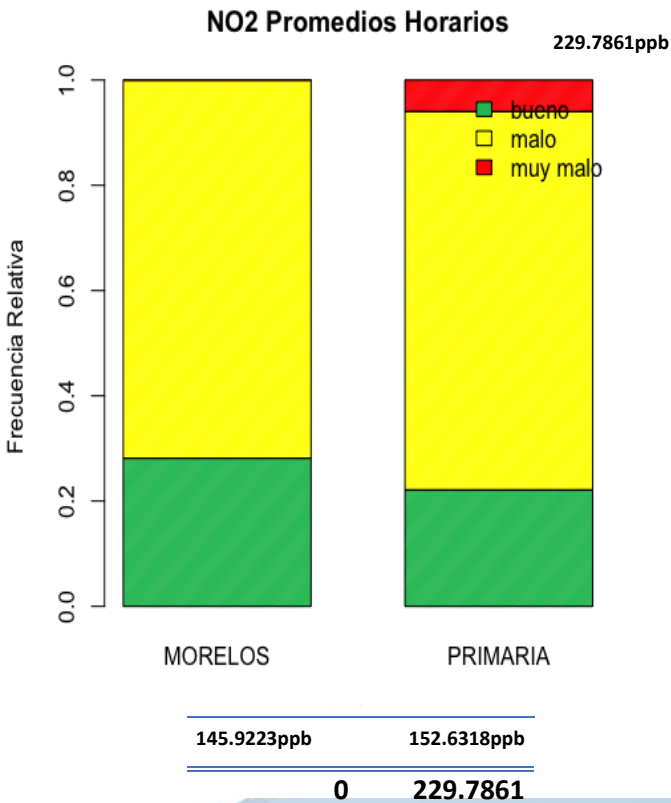
ESTACIÓN	CETMAR	MORELOS	PRIMARIA
BUENO	4443	7038	3841
MALO	0	0	0
MUY			
MALO	0	0	0

Fuente: elaboración propia datos de estaciones de monitoreo CERCA

Los promedios móviles “buenos” son considerados como los promedios móviles en que la concentración de un contaminante está debajo de las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Para los promedios móviles “malos” se consideran los rangos de concentración considerados como **factor que interviene en las consecuencias para la salud** por la OMS, pero debajo de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM).

Por último, los promedios móviles “muy malo” exceden la concentración recomendada por la OMS y las NOM del contaminante. Para monóxido de carbono (CO) podemos observar mediciones buenas en las tres estaciones.

Gráfico 2. Promedios horarios de dióxido de nitrógeno



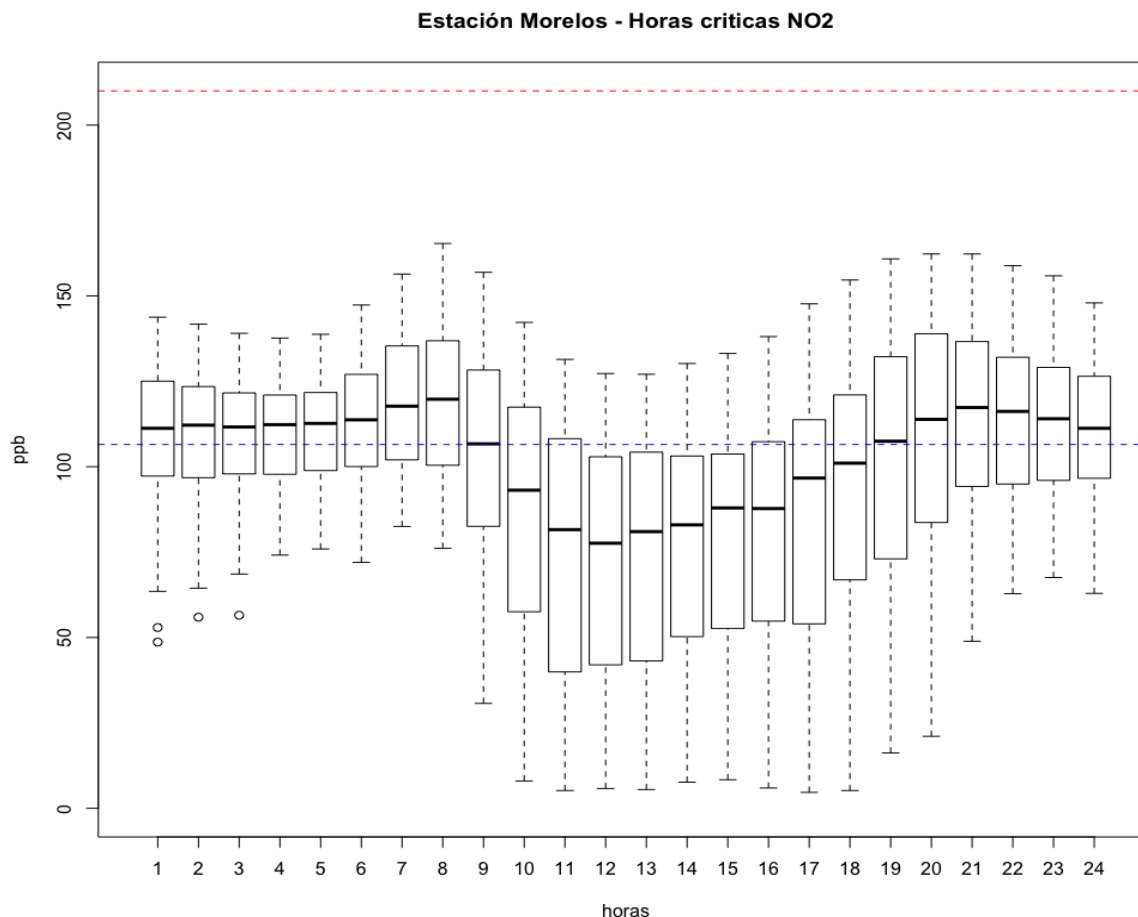
NO ₂ (Frecuencia Absoluta)			
ESTACIÓN	CETMAR	MORELOS	PRIMARIA
BUENO	NA	1981	851
MALO	NA	5063	2767
MUY MALO	NA	0	230

Fuente: elaboración propia datos de estaciones de monitoreo CERCA

Los promedios móviles “buenos” son considerados como los promedios móviles en que la concentración de un contaminante está debajo de las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Para los promedios móviles “malos” se consideran los rangos de concentración considerados como factor que interviene en las consecuencias para la salud por la OMS, pero debajo de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM). Por último, los promedios móviles “muy malo” exceden la concentración recomendada por la OMS y las NOM del contaminante.

Para Dióxido de nitrógeno podemos observar mediciones muy malas dos terceras partes de las mediciones totales en dos estaciones Morelos y Tres de mayo, como foco rojo **con 230 mediciones muy malas** se presentan en la estación primaria Tres mayo, cercana a las fuentes de generación de electricidad y ubicada en la parte más alta de la ciudad de La Paz.

Gráfico 3. Horarios críticos de Dióxido de Nitrógeno estación Morelos

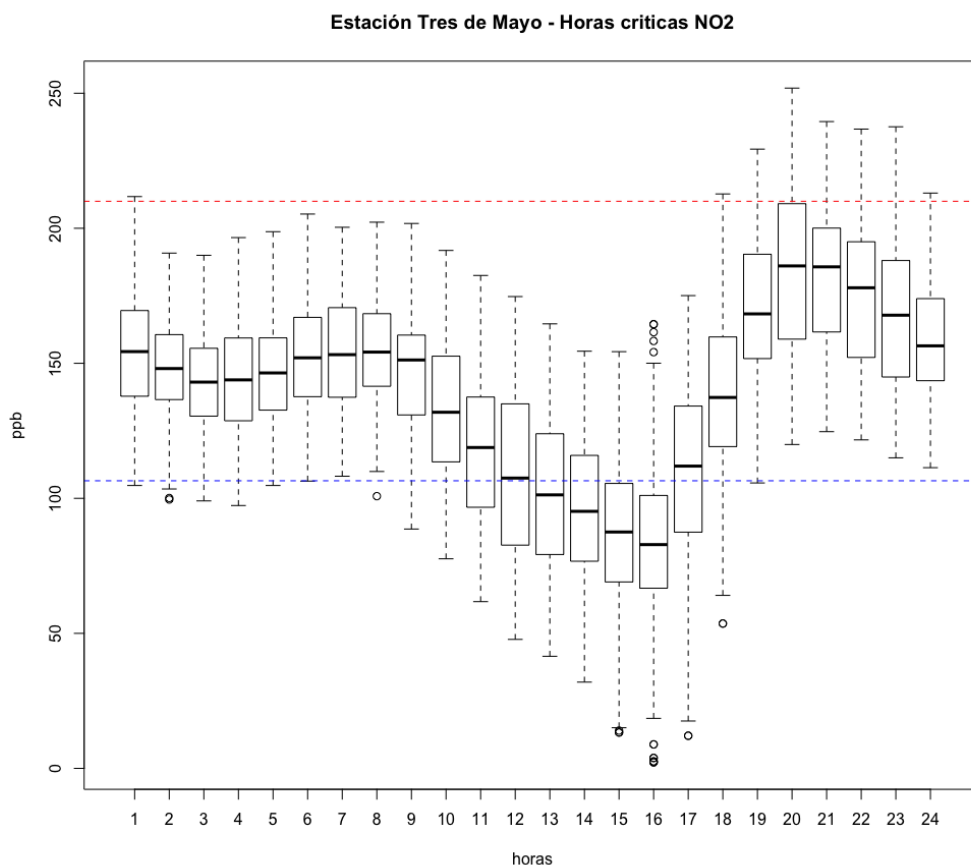


Fuente: elaboración propia datos de estaciones de monitoreo CERCA

Los horarios críticos en la estación Morelos son de **7 a 9 de la mañana**, en estos horarios la recomendación de la OMS es superada durante **5063 mediciones malas, prácticamente las dos terceras partes del año**, en este punto podemos decir que se encuentra en riesgo la población expuesta a esta contaminación. Lo cual significa que se deben tomar medidas de prevención respecto a las actividades al aire libre, debido a los potenciales daños a la salud relacionados con alergias y enfermedades respiratorias, según estadísticas del Instituto Nacional de Salud Pública en el área de salud ambiental. De acuerdo a la tabla de fuentes de emisión por contaminantes tomada del PROAIRE la principal fuente de emisión de este contaminante es en 56% fuentes móviles y en 34% fuentes fijas principalmente por las características de la ciudad donde se cuenta con una alta tasa de motorización y la

generación de electricidad concentrada el 60% en la ciudad de La Paz, el corazón energético de Baja California Sur.

Gráfico 4. Horarios criticas Dióxido de Nitrógeno primaria Tres de Mayo

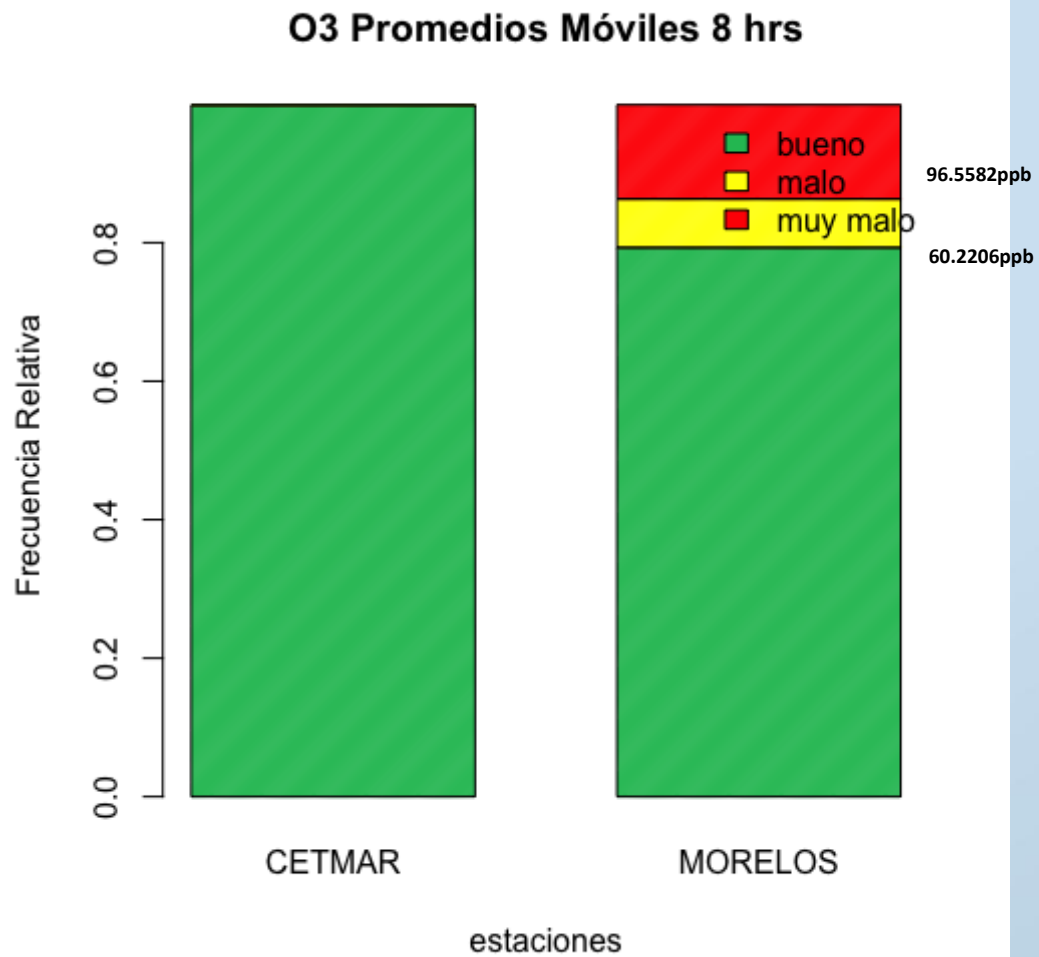


Fuente: elaboración propia datos de estaciones de monitoreo CERCA

Los horarios críticos en la estación Tres de mayo son de **19 a 21 horas**, en estos horarios la recomendación de la Organización mundial de la salud es superada durante **78 días**, prácticamente las dos terceras partes del año, durante **81 días en el año se superan las Normas Oficiales Mexicanas**, en este punto podemos decir que se encuentra en riesgo la población expuesta a esta contaminación. Lo cual significa que se deben tomar serias medidas respecto a las actividades al aire libre en estas ubicaciones debido a los potenciales daños a la salud relacionados con alergias y enfermedades respiratorias, según estadísticas del Instituto Nacional de Salud Pública en el área de salud ambiental.

De acuerdo a la tabla de fuentes de emisión por contaminantes tomada del programa de gestión para la calidad del aire (PROAIRE) la principal fuente de emisión de este contaminante son las fuentes fijas (termoeléctricas) debido a la escasa circulación vehicular en la zona.

Gráfico 5. Promedios móviles ozono

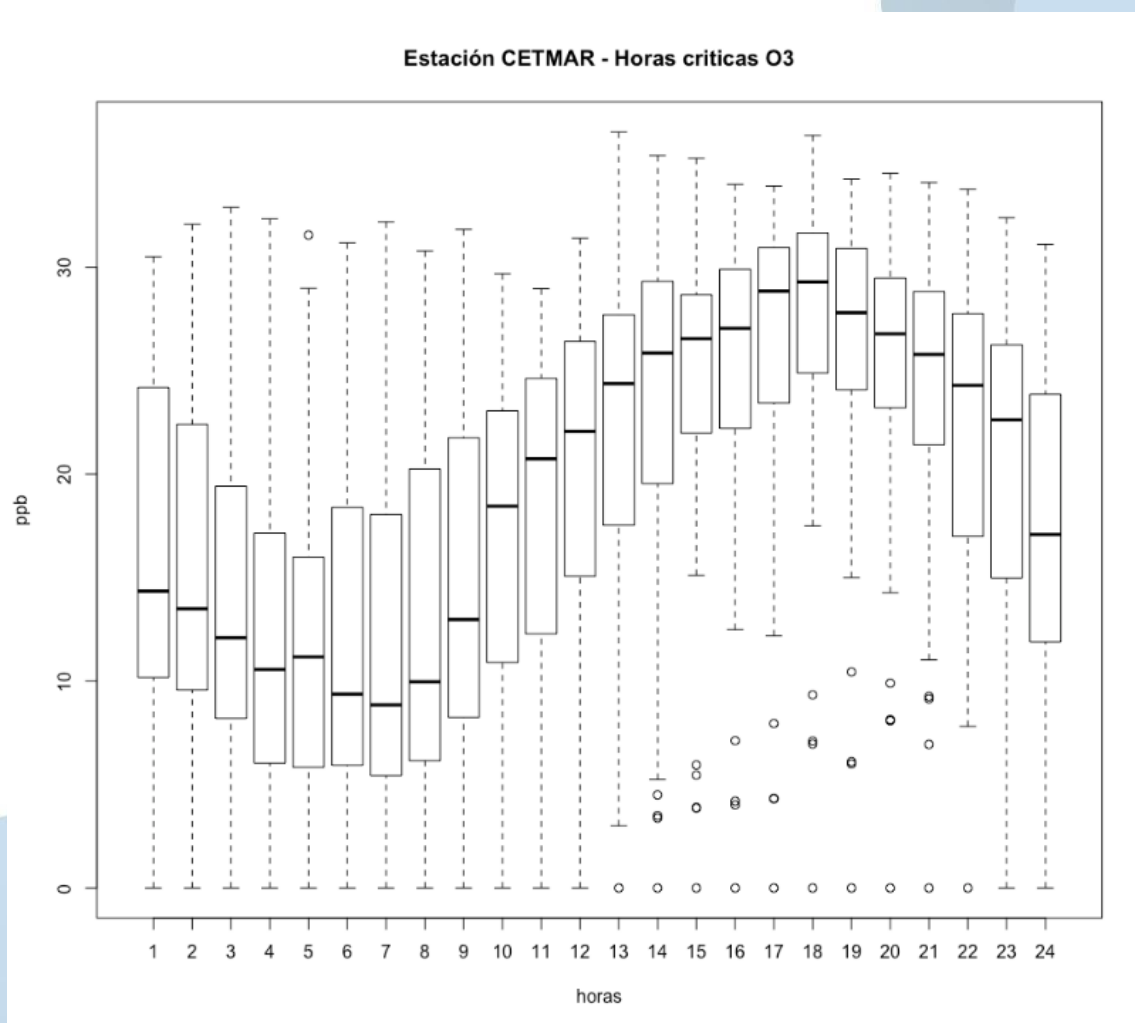


O3(Frecuencia Absoluta)			
ESTACIÓN	CETMAR	MORELOS	PRIMARIA
BUENO	4443	5584	NA
MALO	0	496	NA
MUY MALO	0	957	NA

Fuente: elaboración propia datos de estaciones de monitoreo CERCA

Los promedios móviles “buenos” son considerados como los promedios móviles en que la concentración de un contaminante está debajo de las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Para los promedios móviles “malos” se consideran los rangos de concentración considerados como factor que interviene en las consecuencias para la salud por la OMS, pero debajo de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM). Por último, los promedios móviles en **957 con categoría de “muy malo”** en la estación Morelos, que exceden la concentración recomendada por la OMS y las NOM del contaminante.

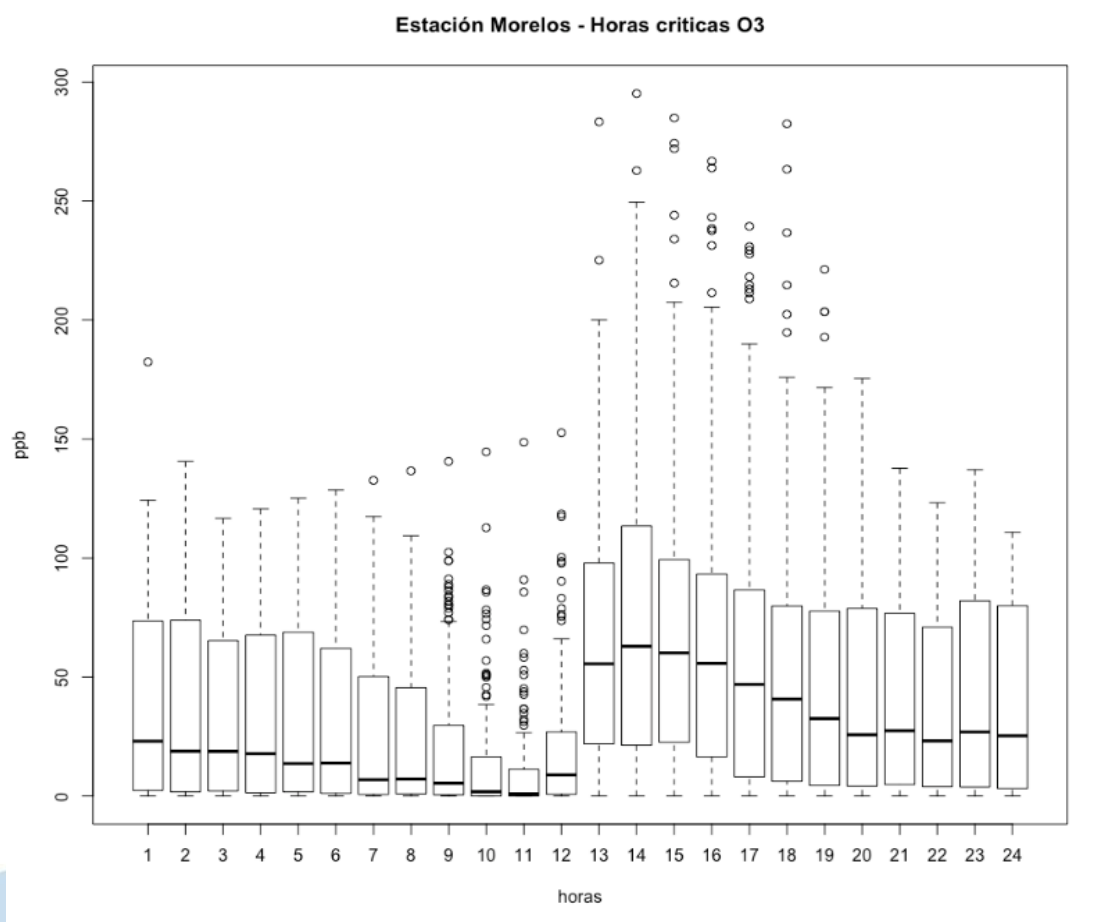
Gráfico 6. Horarios críticos CETMAR ozono



Fuente: elaboración propia datos de estaciones de monitoreo CERCA

Los horarios críticos en la estación CETMAR son **de 17 a 21 horas**, en estos horarios la recomendación de la Organización mundial de la salud no es superada. De acuerdo a la tabla de fuentes de emisión por contaminantes tomada del programa de gestión para la calidad del aire (PROAIRE) la principal fuente causa de concentración de ozono es presencia de NO_2 y su reacción posterior con otros factores como exposición solar y temperatura. De acuerdo a la rosa de los vientos y su comportamiento en el periodo de medición otra causa de la concentración de este contaminante es que viaje de una ubicación a otra de la ciudad.

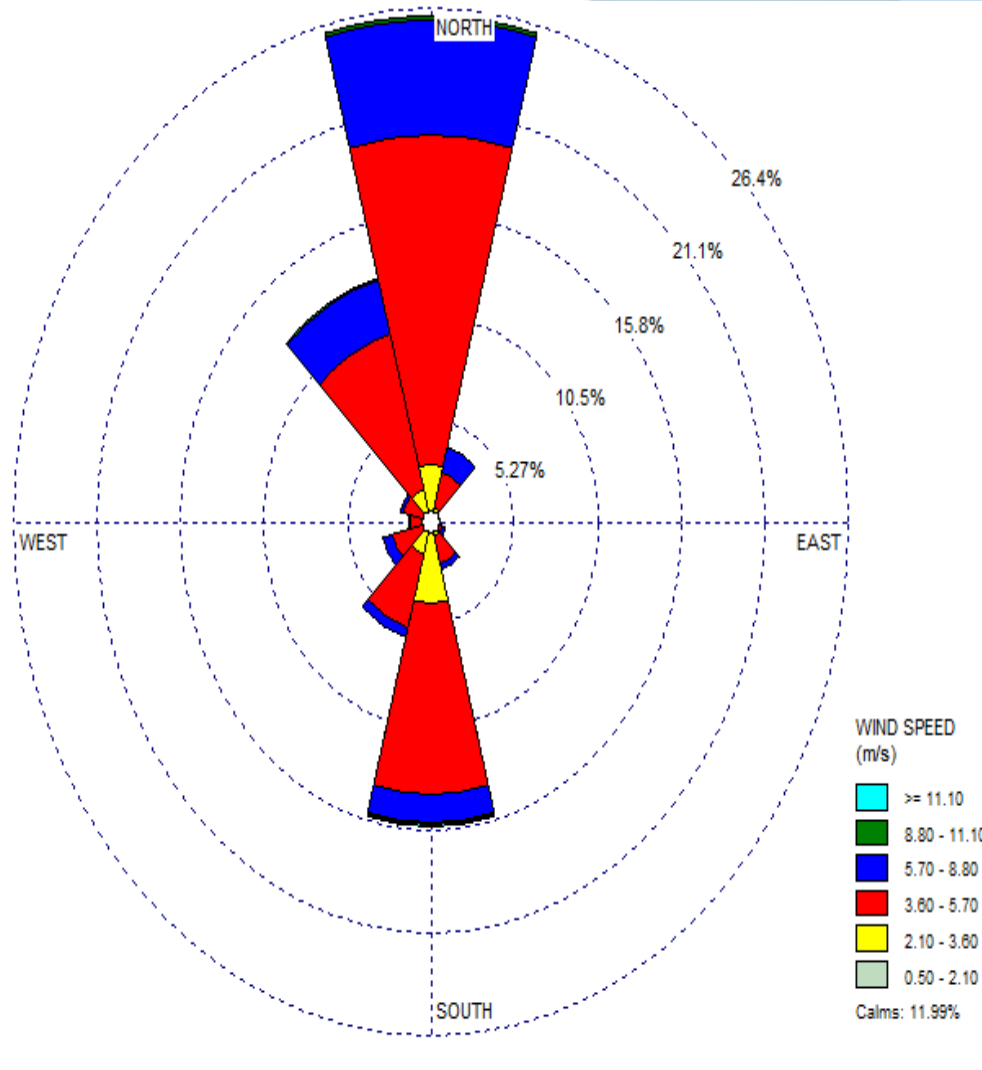
Gráfico 7. Horarios críticos Morelos ozono



Fuente: elaboración propia datos de estaciones de monitoreo CERCA

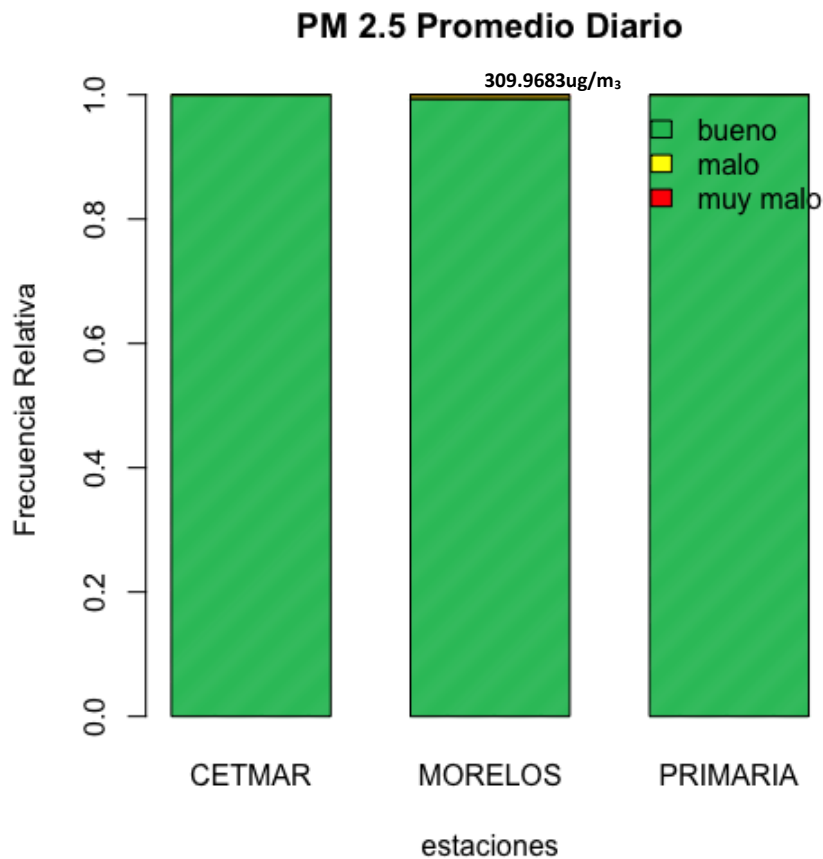
Los horarios críticos en la estación Morelos son **de 13 a 15 horas**, en estos horarios la recomendación de la Organización mundial de la salud no es superada. Para este contaminante en particular es difícil ubicar las fuentes que lo originan ya que es un contaminante secundario, producto de la reacción del Dióxido de Nitrógeno (NO_2), al no tener cerca ninguna fuente de emisión y de acuerdo al comportamiento de la rosa de los vientos *Gráfica 1*, se infiere que este contaminante llega a esta ubicación a través de la influencia de los vientos, para poder afirmar este comportamiento de manera certera se necesitan estudios particulares que exploren esta relación.

Gráfica 1. Comportamiento del viento en periodos de medición julio 2018 – junio 2019



Fuente: elaboración propia datos de aeropuerto de la ciudad de La Paz.

Gráfico 8. Promedio diario PM 2.5



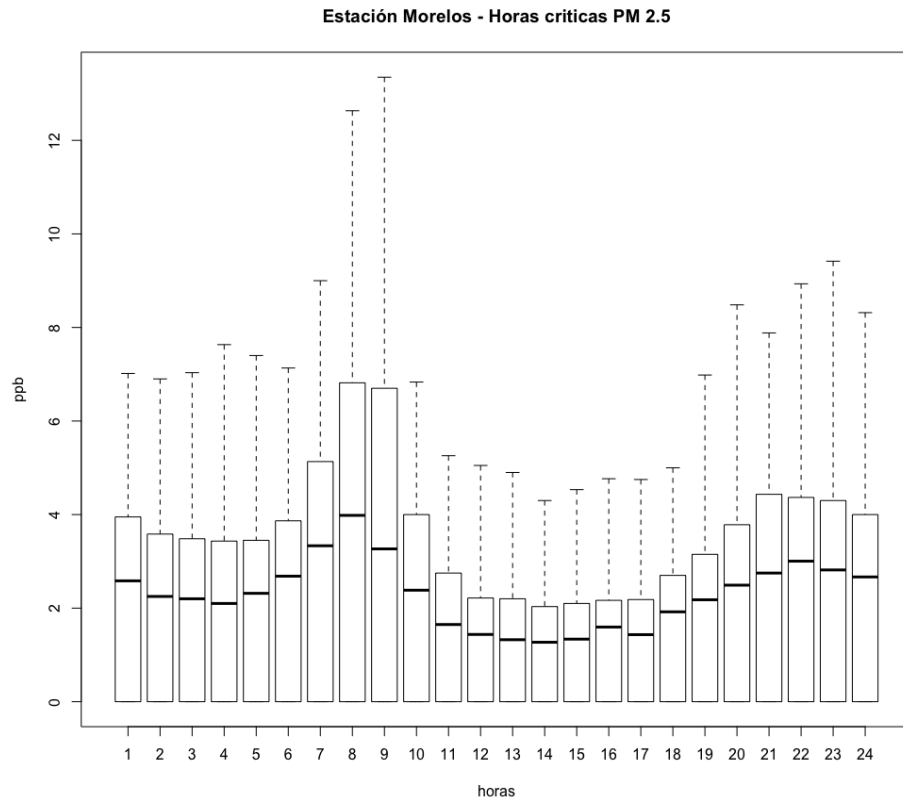
PM2.5(Frecuencia Absoluta)

ESTACIÓN	CETMAR	MORELOS	PRIMARIA
BUENO	185	291	160
MALO	0	0	0
MUY MALO	0	2	0

Fuente: elaboración propia datos de estaciones de monitoreo CERCA

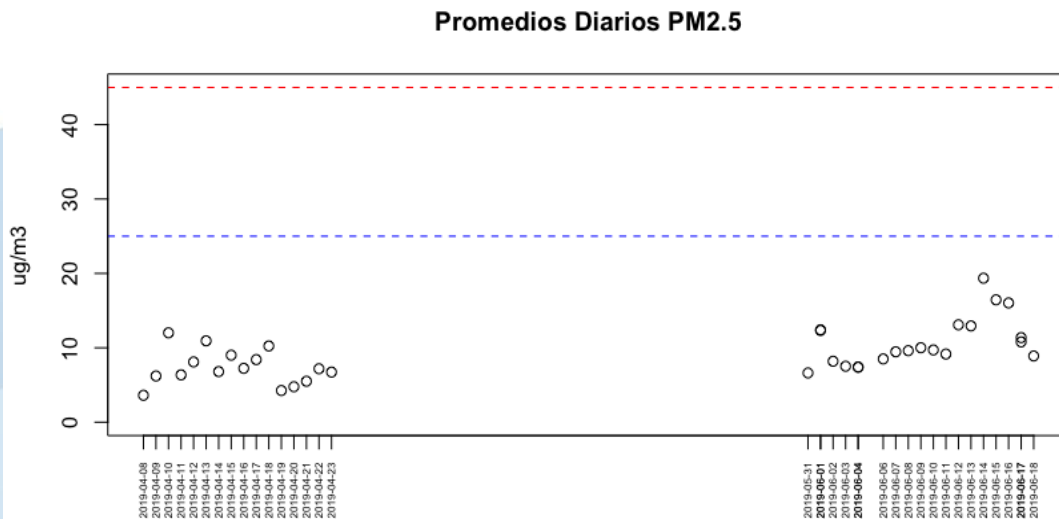
Los promedios móviles “buenos” son considerados como los promedios móviles en que la concentración de un contaminante está debajo de las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Para los promedios móviles “malos” se consideran los rangos de concentración considerados como **factor que interviene en las consecuencias para la salud** por la OMS, pero debajo de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM). Por último, los promedios móviles “muy malo” exceden la concentración recomendada por la OMS y las NOM del contaminante. Para partículas PM_{2.5} podemos observar mediciones **muy malas en la estación Morelos**.

Gráfico 9. Horarios críticos PM 2.5



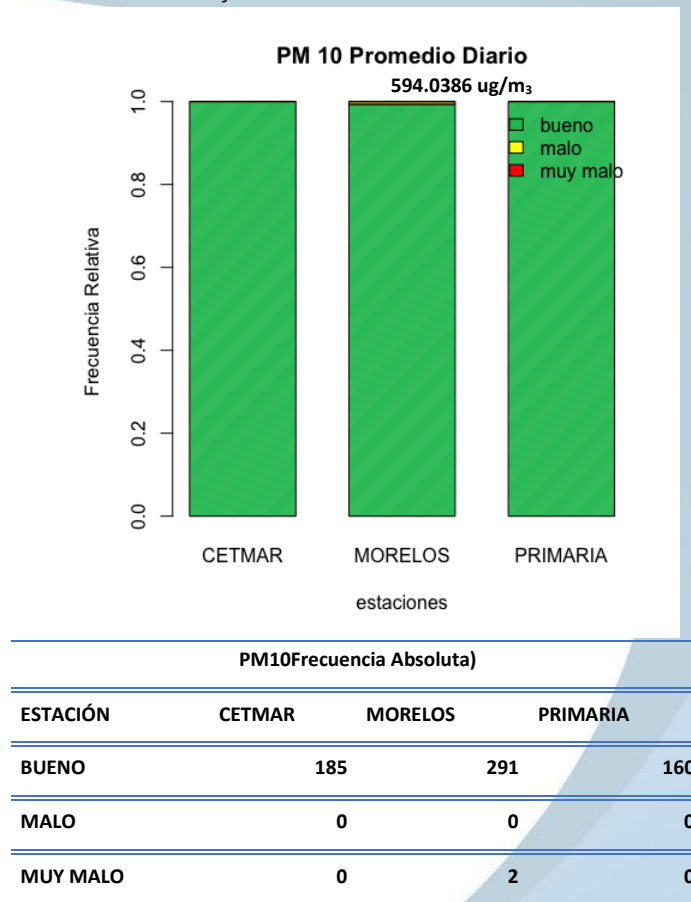
Fuente: elaboración propia datos de estaciones de monitoreo CERCA

Gráfico 10. Promedio diario PM 2.5



Fuente: elaboración propia datos de estaciones de monitoreo CERCA

Gráfico 11. Promedio diario PM 2.5



Fuente: elaboración propia datos de estaciones de monitoreo CERCA

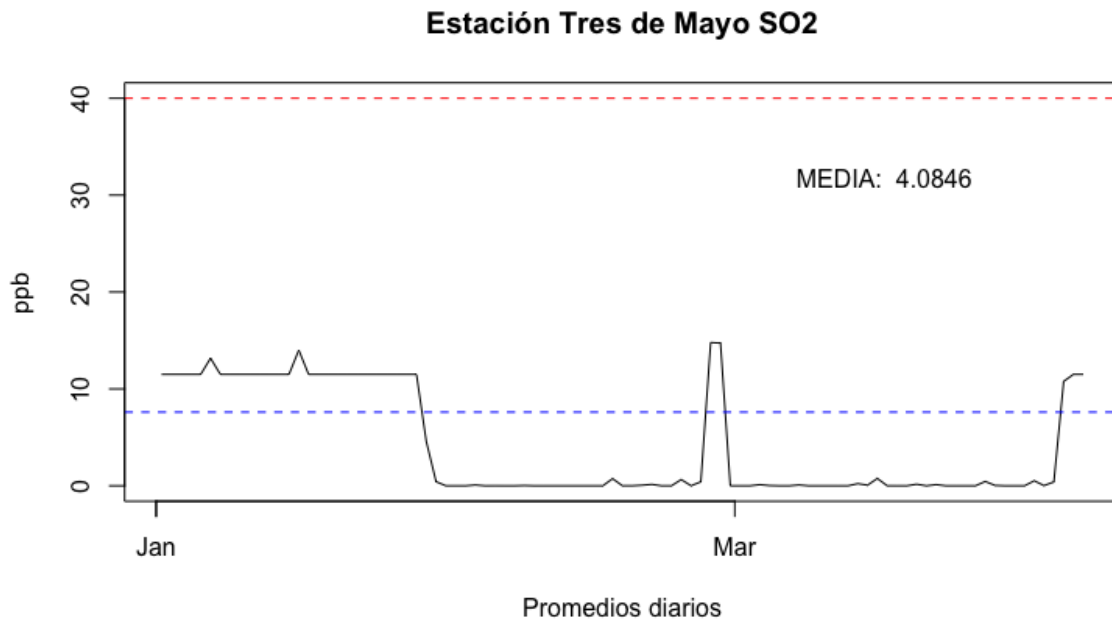
Podemos observar un comportamiento similar en las tres estaciones de monitoreo Para PM₁₀ y PM_{2.5}, ya que solo se tuvieron **dos mediciones consideras muy malas** en el monitor de zona urbana como la estación Morelos, en horarios críticos **de 7-9 de la mañana** y coincide con el horario de mayor **tránsito vehicular** en esta estación. Por otro lado, en la ubicación del **monitor CERCA** próximo a la planta de generación Baja California Sur se registran mayores concentraciones de **material particulado**, lo que se relaciona con las actividades de combustión concentradas en esa ubicación como **la generación de electricidad con combustóleo**.

Se recomienda seguir con los monitoreos en dirección a las fuentes de emisión para tener claridad sobre el origen del contaminante. De acuerdo a la tabla de fuentes de emisión por contaminantes tomada del programa de gestión para la calidad del aire (PROAIRE) la principal fuente de emisión de este contaminante, de acuerdo a su ubicación, **son las fuentes fijas (termoeléctricas) debido a la escasa circulación vehicular en la zona**.

En el caso del azufre tenemos un comportamiento constante de días malos de este contaminante en ambas estaciones donde fue colocado este sensor.

Estación Primaria tres de mayo

Gráfico 12. Promedio diario azufre

**SO₂ Frecuencia Absoluta**

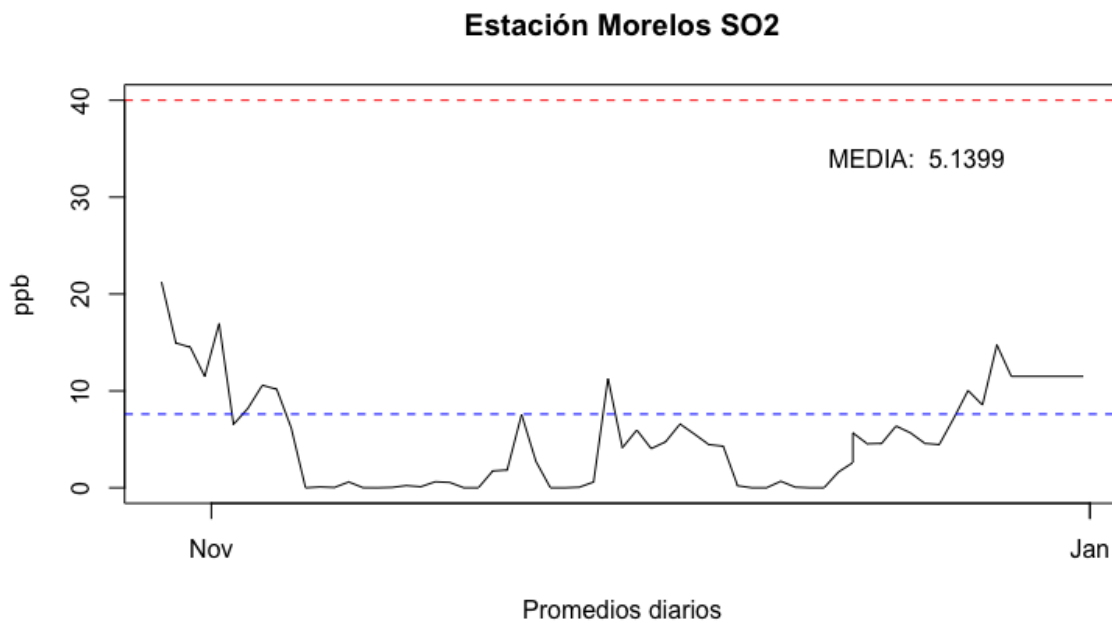
ESTACIÓN	PRIMARIA
BUENO	63
MALO	32
MUY MALO	0

Fuente: elaboración propia datos de estaciones de monitoreo CERCA

En el periodo de medición del azufre en la estación Primaria Tres de mayo de 63 días se tuvieron **32 días malos**, es decir, superando las recomendaciones de la organización mundial de la salud (OMS), cabe destacar que esta estación de monitoreo se encuentra en la zona más alta de la ciudad, cercana a las centrales de generación de electricidad. En el caso del azufre concentrado en zonas urbanas las afectaciones respiratorias en la salud de la población pueden convertirse en graves al estar en exposición a este contaminante. Se recomienda iniciar estudio exploratorio in situ sobre las afectaciones más comunes en esta área, en particular en la escuela primaria donde está instalado este monitor.

Ya que de acuerdo a las cifras de la OMS la mayor afectación en la salud por contaminación ambiental es en la población infantil, con énfasis en los menos de 5 años (OMS 2016).

Gráfico 13. Promedio diario azufre

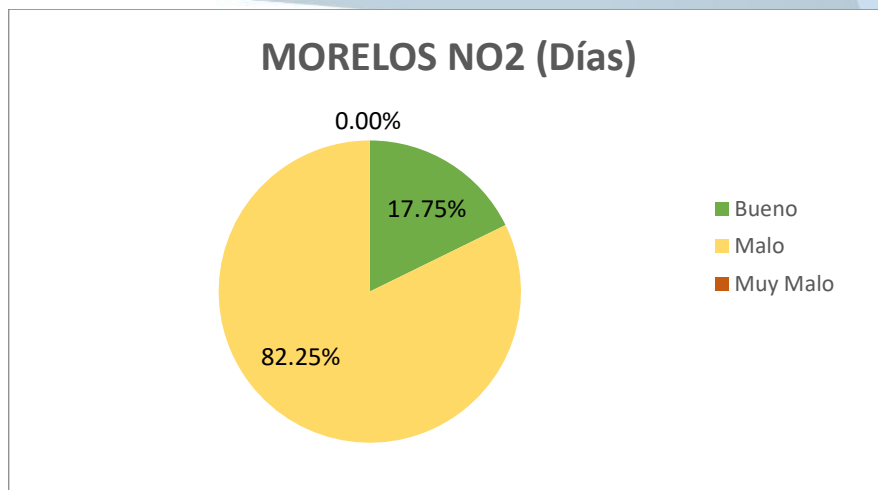


SO2 Frecuencia Absoluta	
ESTACIÓN	MORELOS
BUENO	48
MALO	18
MUY MALO	0

Fuente: elaboración propia datos de estaciones de monitoreo CERCA

Por su parte en la estación Morelos, se tiene presencia constante de este contaminante, superando las recomendaciones de la OMS, aunque el periodo de medición es menor que en la estación Tres de mayo, los días monitoreados fueron 48 y se tienen **18 días malos** en se supera las recomendaciones de la OMS, se recomienda continuar con el monitoreo en esta ubicación y de igual manera iniciar en lo inmediato con un estudio exploratorio que registre la frecuencia de las enfermedades respiratorias (IRAS) entre la comunidad estudiantil.

Gráfico 14. Mediciones por día dióxido de nitrógeno



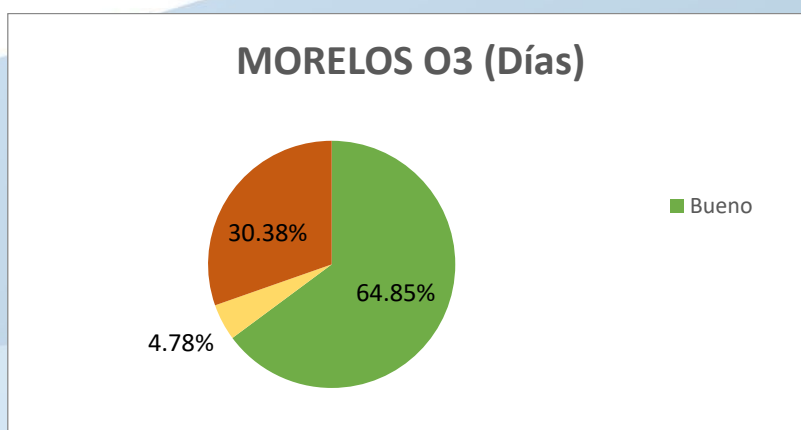
MORELOS NO₂ (Días)

Clasificación	ni	fi
Bueno	52	0.1774744
Malo	241	0.8225256
Muy Malo	0	0
Total	293	1

Fuente: elaboración propia datos de estaciones de monitoreo CERCA

Como se puede ver en la frecuencia absoluta de este contaminante, coincide con el número de días malos en el año de dióxido de nitrógeno, lo que confirma que de los 293 días de monitoreo en la **estación Morelos**, se tuvieron **241 días malos de NO₂** en los que se rebasa la recomendación de la OMS, 82.25% del periodo completo de medición, en el caso de este contaminante no es comportamiento estacional, ya que durante todo el periodo de medición se tiene presencia de este en menor o mayor rango.

Gráfico 15. Mediciones por día de ozono



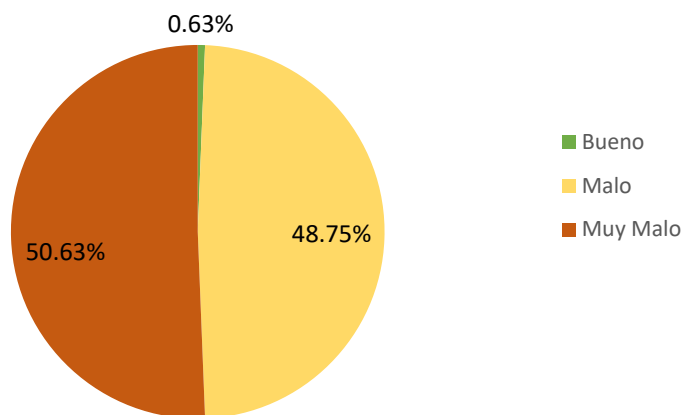
MORELOS O₃ (Días)

Clasificación	ni	fi
Bueno	190	0.64846416
Malo	14	0.04778157
Muy Malo	89	0.30375427
Total	293	1

Fuente: elaboración propia datos de estaciones de monitoreo CERCA

Como se puede ver en la frecuencia absoluta de este contaminante, coincide con el número de días malos en el año de **ozono**, lo que confirma que de los 293 días de monitoreo en la estación Morelos, se tuvieron **89 días Muy Malos** en los que se rebasa la recomendación de la OMS, 30.38% del periodo completo de medición, en el caso de este contaminante es comportamiento estacional, debido a las interacciones con otros factores medio ambientales.

TRES DE MAYO NO₂ (Días)



TRES DE MAYO NO₂ (Días)

Clasificación	ni	fi
Bueno	1	0.00625
Malo	78	0.4875
Muy Malo	81	0.50625
Total	160	1

Fuente: elaboración propia datos de estaciones de monitoreo CERCA

Como se puede ver en la frecuencia absoluta de este contaminante se confirma que de los 160 días de monitoreo en la estación primaria **Tres de Mayo**, se tuvieron **81 días Muy Malos de NO₂** en los que se rebasa la recomendación de la OMS, 50.63% del periodo completo de medición, en el caso de este contaminante no es comportamiento estacional, ya que durante todo el periodo de medición se tiene presencia de este en menor o mayor rango.

Conclusiones

Los principales hallazgos de la red de monitoreo de CERCA, confirman un foco rojo de concentración de contaminantes en **la Estación Morelos**, el punto de la ciudad más transitado por automóviles de acuerdo a las actividades económicas y el desplazamiento al sur de gran cantidad de población que se obliga a recorrer este crucero vial de manera cotidiana a falta de vías alternas, de igual manera las rutas de transporte público recorren de manera frecuente este crucero vial. De acuerdo a la presencia de contaminantes como en el caso del **azufre con 18 días malos** en esta misma ubicación sabemos que las emisiones de las termoeléctricas dentro del municipio de La Paz se concentran también en esta ubicación. De acuerdo a estos resultados es urgente tomar acciones de prevención en esta ubicación, ya que dos terceras partes del año se tiene presencia de **dióxido de nitrógeno en 241 días malos**, su presencia está relacionada con afectaciones respiratorias en las poblaciones del mundo. De manera alarmante este mismo punto corroboramos la presencia de **ozono con 89 días muy malos y 14 días malos**, el cual en los meses de verano aparece de manera estacional debido a que es el resultado de la reacción del dióxido de nitrógeno con otros factores atmosféricos como son la exposición a la radiación solar y la temperatura. **Ambos contaminantes tienen graves consecuencias en la salud de las poblaciones**, según cifras e investigaciones de la organización mundial de la salud (OMS) y del ranking mundial de enfermedades para 2017, donde la contaminación del aire ocupa el quinto lugar a nivel mundial como causa de mortalidad.

En la ciudad de La Paz los hábitos de las personas para conservar la salud se caracterizan por actividades al aire libre, uno de los centros más concurridos para esto son las instalaciones del Instituto Sudcaliforniano del Deporte (INSUDE), anexo a la estación

Morelos, los horarios críticos de concentración de contaminantes nos muestran que de **7:00 a 9:00 de la mañana** se tiene la mayor concentración de contaminación, horario en que las personas acostumbran realizar actividades físicas después de dejar sus hijos en las escuelas o como ruta de llegada al trabajo, lo cual favorece que las emisiones por automóviles y termoeléctricas converjan en un mismo punto de la ciudad, como es el caso de la Estación Morelos, el segundo horario crítico de esta estación son las **14:00 horas** donde se tiene una gran afluencia vehicular en ese punto de monitoreo por la misma naturaleza de las actividades en esta ubicación.

Por otro lado, las mediciones en la **Estación Primaria Tres de mayo** muestran concentración de dos contaminantes de manera alarmante, el **dióxido de nitrógeno** al igual que en la **Estación Morelos**, pero en este caso no se cuenta con afluencia vehicular o de transporte público que sea una significativa fuente de emisión, este contaminante está presente las dos terceras partes del año en esta ubicación con **78 días malos y 81 días muy malos** superando las normas mexicanas y son atribuidos de manera primaria a la generación de electricidad.

En el caso del **azufre** se tiene un foco rojo en esta misma estación debido a que se presentaron **32 días Malos**. Estas mediciones están muy arriba de las recomendaciones de la OMS para el azufre.

Es recomendable iniciar estudios exploratorios en esta ubicación debido a las repercusiones en la salud que puede tener para los habitantes de estas colonias en las partes altas de la ciudad. En el caso de la medición del **material particulado** se debe poner atención en las ubicaciones cercanas a las termoeléctricas ya que es este punto de medición es donde se detectó **altas concentraciones** cercanas a las recomendaciones de la OMS. Aunque solo han sido **2 días** en que se supera la NOM en la estación Morelos, es necesario seguir monitoreando dentro de la zona urbana para analizar el comportamiento de los contaminantes y la ruta que siguen dentro de la cuenca de La Paz. Después del análisis de estos datos se recomienda seguir con el monitoreo ambiental ciudadano, y sumar monitoreos con instrumentos de mayor precisión y que cuenten con una metodología robusta.

ANEXOS



Imagen 2. Cortesía Cap. Piloto Aviador R. Siddharta Velázquez Hernández



Imagen 3. Cortesía Cap. Piloto Aviador R. Siddharta Velázquez Hernández



Imagen 4. Cortesía Cap. Piloto Aviador R. Siddharta Velázquez Hernández

REFERENCIAS:

- Área Metropolitana del Valle de Burrá (2019). Colombia. Recuperado de: <https://www.metropol.gov.co> Fecha de consulta: Agosto, 2019.
- Blanca Elena Jiménez Cisneros. La contaminación ambiental en México. Causas, efectos y tecnología apropiada. México: LIMUSA, Colegio de Ingenieros Ambientales de México A.C., Instituto de Ingeniería de la UNAM y FEMISCA, 2001. 926 p.
- Borderías Uribeondo María del Pilar y Roda Eva Martín. Medio Ambiente Urbano. Ciencias Ambientales. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2011. 508p.
- Cambio climático: actuaciones desde la Administración en torno al Protocolo de Kioto: EN Cambio climático: ¿un desafío a nuestro alcance?: XIII Jornadas Ambientales. Jaime Fernández Orcajo. España: Ediciones Universidad de Salamanca, 2014. 22p.
- Collin Baird. Química ambiental. España: Editorial Reverté, University of Western Ontario, 2001.
- Comisión Ambiental de la Megalópolis (2018). Recuperado de: <https://www.gob.mx/comisionambiental/es/articulos/imeca-indice-metropolitano-de-la-calidad-del-aire?idiom=es>
- Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), (2013). Recuperado de: <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/2-clasificacion-de-los-contaminantes-del-aire-ambiente>. (Fecha de consulta: 30/07/2019, hora de consulta: 2:25 pm)
- Comisión Nacional del Agua, (2013). Recuperado de: <https://www.gob.mx/conaqua/acciones-y-programas/estaciones-climatologicas>. Fecha de consulta: 30/07/2019. Hora de consulta: 03:07 pm.
- CTMA. Contaminación atmosférica, 2012. Departamento de Biología. http://centros.edu.xunta.es/iesbeade/Departamento_biologia-xeologia/CTMA_Contaminacion_atmosferica.pdf.
- FCEA, 2019. Cuencas hidrológicas. Disponible en: <https://aqua.org.mx/que-es-una-cuenca/>. Fecha de consulta, Agosto, 2019.
- Gutiérrez Jesús, Trejo Oliva, Camacho Salvador, Castillo Roberto, Cruz Sergio, Castañeda Jerónimo. Distrito Federal. Educación ambiental. Caminos ecológicos. México: LIMUSA, Noriega Editores. 5ta edición, 1996.
- INECC (2007). Tipos y fuentes de contaminantes. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/396/tipos.html>. Fecha de consulta: Agosto, 2019.
- INECC (2017). Fuentes de área. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/458/fuentesdearea.pdf>. Fecha de consulta: Agosto, 2019.
- INECC (2018). Disponible en: www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero. Fecha de consulta: Septiembre, 2019.
- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA (INECC), (2016). PRINCIPIOS DE MEDICIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE. MANUAL 1. Recuperado de: <https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/quias/1-%20Principios%20de%20Medici%C3%B3n%20de%20la%20Calidad%20del%20Aire.pdf> Fecha consulta: 30/07/2019. Hora consulta: 03:21 pm.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), (2018). Informe Nacional de Calidad del Aire 2017, México. Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Dirección de Investigación de Calidad del Aire y Contaminantes Climáticos. Ciudad de México.
- Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero, 1990-2002. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología (México). Instituto Nacional de Ecología, 2006. 258p.
- José Arturo Gleason (2017). Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental A.C. Disponible en: <https://aqua.org.mx/wp-content/uploads/2017/08/Ciclo-hidrologico-Natural-Urbano.jpg>. Fecha de consulta: Agosto, 2019.
- Manejo de equipos de medida de contaminantes atmosféricos [Sergio López del Pino](#), [Sonia Martín Calderón](#). Editorial Elearning, S.L., 2015. 378 p.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM), (2018). Recuperado de: public.wmo.int. Fecha de consulta: Agosto, 2019.

Organización Mundial de la Salud (OMS), (2019). Recuperado de: [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) (Fecha de consulta: Julio, 2019)

Rev. Int. Contam. Ambient. 23 (4) 169-175, 2007. José Agustín GARCÍA-REYNOSO, Michel GRUTTER y Daniel CINTORA-JUÁREZ. EVALUACIÓN DEL RIESGO POR CONTAMINANTES CRITERIO Y FORMALDEHÍDO EN LA CIUDAD DE MÉXICO. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v23n4/v23n4a2.pdf>

SEMARNAT, 2013. Calidad de aire: una práctica de vida. México. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciqa/Libros2013/CD001593.pdf>. Fecha de consulta: Agosto, 2019.

SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018. Fuentes de contaminación atmosférica. Disponible en: gob.mx/semarnat/articulos. Fecha de consulta: Agosto, 2019.

The Green y CONIECO (2017). Disponible en: https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2014/07/Cuencas_hidrologicas_y_regiones_costeras.pdf. Fecha de consulta: Agosto, 2019.

William Elder (2019). San Francisco, California: NPS. Disponible en: www.nps.gov/qoga/learn/nature/climate-change-causes.htm Fecha de consulta: Agosto, 2019.

Carbajal-Arroyo, L. et al. 2011. "Effect of PM10 and O3 on infant mortality among residents in the Mexico City Metropolitan Area: A case-crossover analysis, 1997-2005". *Journal of Epidemiology and Community Health* 65(8): 715–21.

COFEPRIS. 2002. PRIMER DIAGNOSTICO NACIONAL DE SALUD AMBIENTAL Y OCUPACIONAL. México. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/documentos/DOCSAL7658.pdf>.

———. 2017. "Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de Calidad del Aire Ambiente". : 31 diciembre 2017. <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/4-normas-oficiales-mexicanas-nom-de-calidad-del-aire-ambiente>.

DOF-05-06-2018, Ley General del Equilibrio Ecológico y al Protección al Ambiente. 2018. "Ley General del Equilibrio Ecológico y al Protección al Ambiente DOF-05-06-2018". : 1–302. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/142_120718.pdf.

Environmental Protection Agency. 2004. Current Understanding of Air Quality and Emissions through 2003. North Carolina. https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-11/documents/pp_report_2003.pdf.

EPA. 2017. "Tabla NAAQS: Criteria air pollutants". : 1–4. <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>.

European Commission. 2012. "Air Quality Standards Air Quality Standards". (May 2011): 1–2. https://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm#_blank.

Fu, Qingyan et al. 2010. Source, long-range transport, and characteristics of a heavy dust pollution event in Shanghai.

Huang, Jing, Xiaochuan Pan, Xinbiao Guo, y Guoxing Li. 2018. "Health impact of China's Air Pollution Prevention and Control Action Plan: an analysis of national air quality monitoring and mortality data". *The Lancet Planetary Health* 2(7): 11. [http://dx.doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30141-4](http://dx.doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30141-4).

IEE, y SEMARNAT. 2013. "Programa de Gestión para la mejorar la calidad del aire de Salamanca, Celaya e Irapuato 2013-2022". proAire: 164. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/69286/7_ProAire_Salamanca-Celaya_Irapuato.pdf.

INECC. 2009. "Manual 3 Redes Estaciones y Equipos de Medición de la Calidad del Aire". : 75. https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/guias/3-Redes_Estaciones_y_Equipos_de_Medición_de_la_Calidad_del_Aire.pdf.

———. 2018. "Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero". <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>.

INECC, JICA, y EPA. 2009. Connect Manual 1. Principios de Medición de la Calidad del Aire. MÉXICO. https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/guias/1-Principios_de_Medición_de_la_Calidad_del_Aire.pdf.

IPCC. 2014. 2014-IPCC-Cambio climático Informe de Síntesis.pdf. Bélgica, Noruega, Países Bajos, Alemania, Malasia y Dinamarca. https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf.

- Muller, Christopher O., Henry Yu, y Besfield Zhu. 2015. "Ambient Air Quality in China: The Impact of Particulate and Gaseous Pollutants on IAQ". *Procedia Engineering* 121(October): 9. https://www.researchgate.net/publication/281627071_Ambient_Air_Quality_in_China_The_Impact_of_Part particulate_and_Gaseous_Pollutants_on_IAQ.
- OMS. 2005. Guías de Calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. Ginebra.
- OMS (2016, septiembre 27) La OMS publica estimaciones nacionales sobre la exposición a la contaminación del aire y sus repercusiones para la salud. Recuperado de: <http://www.who.int/es/news-room/detail/27-09-2016-who-releases-country-estimates-on-air-pollution-exposure-and-health-impact>
- . 2019. "ACERCA DE OMS". : 1. <https://www.who.int/about/es/> (el 27 de julio de 2019).
- Ríos Valdez, Amado et al. 2018. "Programa De Gestion Para Mejorar La Calidad Del Aire Del Estado De Chiapas". *proAire 1*(Mantenimiento y cuidado del aire): 140. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/310363/26_ProAire_Chiapas.pdf.
- SALUD, SECRETARIA DE. 2006. "NOM-022-SSA-1-2006 SALUD AMBIENTAL." : 7. <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3730/SALUD/SALUD.htm>.
- SEDERMA, SEMARNAT, UAN, y LT CONSULTING. 2018. "Programa De Gestión Para Mejorar La Calidad Del Aire Del Estado De Nayarit 2017-2026". : 155. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/249577/ProAire_Nayarit.pdf.
- SEDESU, y SEMARNAT. 2014. "Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de Querétaro- San Juan del Río 2014-2023". *proAire (c)*: 220. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/69280/4_ProAire_Queretaro.pdf.
- SEDUMA, y SEMARNAT. 2018. "Programa de gestión para mejorar la calidad del aire del estado de Yucatán." https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/310364/27_ProAire_Yucatan.pdf.
- SEMARNAT. 2006. "NORMA Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible." (7). <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69238.pdf>.
- . 2017. "PROY-NOM-172-SEMARNAT-2107". (1): 11. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5511021&fecha=22/01/2018.
- . 2018. "Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Baja California Sur 2018 - 2027". *proAire*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/310362/25_ProAire_Baja_California_Sur.pdf.
- . 2018. "Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Guerrero 2018 - 2027". *proAire*: 145. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/310366/29_ProAire_Guerrero.pdf.
- . 2019. "Programas de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire (ProAire)". <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programas-de-gestion-para-mejorar-la-calidad-del-aire>.
- SEMARNAT, y CONANP. 2019. "SEMARNAT-CONANP". : 1.
- SEMARNAT, y DGGCARETC. 2016. "Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Hidalgo 2016-2024". *proAire*: 118. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/249576/ProAire_Hidalgo.pdf.
- SEMARNAT, y SEDEMA. 2018. "Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire en el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave". *proAire*: 560. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/418382/31_ProAire_Veracruz.pdf.
- SEMARNAT, SEDUMA, (Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente), y LT Consulting. 2018. "Programa de Gestión para Mejorar la Calidad de Aire del Estado de Tamaulipas 2018-2027". *proAire*: 182. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/399257/28_ProAire_Tamaulipas.pdf.
- SEMARNAT, 2018. Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/310362/25_ProAire_Baja_California_Sur.pdf
- SINAICA, y INECC. 2017. Informe Nacional de Calidad del Aire 2'16, México. <https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/informes/Informe2016.pdf>.

SMAGEM. 2018. "Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire en el Estado de México. ProAire 2018 - 2030". : 0–159.
[http://proaire.edomex.gob.mx/sites/proaire.edomex.gob.mx/files/files/mis pdf/ProAire 2018-2030.pdf](http://proaire.edomex.gob.mx/sites/proaire.edomex.gob.mx/files/files/mis%20pdf/ProAire%202018-2030.pdf).

Tijuana Calidad de Vida AC y Tejeda Le Blanc & Cía, SEMARNAT, y CEDES. 2016. "Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire en el Municipio de Nogales, Sonora (2016-2025)". proAire: 132.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/249579/ProAire_Nogales.pdf.

US Environmental Protection Agency. 2014. "National Emission Inventory (NEI) Report". (April).
https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-04/documents/2014neiv1_profile_final_april182017.pdf.