REPORTE TÉCNICO DE CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES EN LA CIUDAD DE LA PAZ, BCS

REPORTE DE RED MONITOREO CIUDADANA - CERCA

PERÍODO: 01/09/2019 – 30/05/2020

RESUMEN EJECUTIVO

Debido a la falta de información sobre la calidad del aire en la ciudad de La Paz, Baja California Sur y con el fin de conocer las concentraciones de los contaminantes criterio, se realizó un estudio de monitoreo de calidad del aire dentro de diferentes puntos la zona urbana de la ciudad de La Paz B.C.S. Esto desde principios de julio 2018, sin embargo, el presente documento muestra los resultados en el segundo reporte anual de monitoreo, iniciando desde septiembre 2019 hasta mayo 2020.

El estudio se llevó a cabo por la Asociación Civil: Centro de Energía Renovable y Calidad Ambiental (CERCA), ubicada sobre la colonia Pueblo Nuevo en La Paz, B.C.S. Cabe mencionar que las ubicaciones de las estaciones fijas no fueron cambiadas con respecto al pasado reporte anual, sólo añadiendo una cuarta estación con su respectivo propósito. El Centro de Energía Renovable y Calidad del Aire ha trabajado en temas de calidad del aire para la ciudad de La Paz, B.C.S. desde 2016, presentando la primera red de monitoreo ciudadana, participando en el inventario de emisiones y el estudio ProAire BCS 2018-2027, convirtiéndose en una de las principales instituciones enfocadas en el cuidado de la contaminación atmosférica en la localidad.

De las mediciones recolectadas para la elaboración del Proaire y el análisis de esta información, se pudo determinar que los contaminantes ozono, bióxido de nitrógeno, monóxido de carbono y partículas suspendidas $PM_{2.5}$ no rebasaron las normas de calidad del aire correspondientes, mientras que las partículas suspendidas PM_{10} rebasaron el valor establecido por la norma en cuatro ocasiones durante el periodo de estudio. Sin embargo, es importante mencionar que las concentraciones de SO_2 llegaron a concentraciones superiores a la norma en la estación Costa Baja, de igual manera las partículas PM_{10} mostraron una alta concentración de manera reiterada, este comportamiento influido indirectamente por los trabajos de reencarpetamiento y pavimentación que se realizaron de forma exhaustiva en la zona sur y sureste de la ciudad durante el desarrollo de las mediciones.

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud en 1999 definió la contaminación del aire como "*sustancias depositadas por las actividades humanas con suficiente concentración como para causar influencias perjudiciales para la salud, la vegetación, el rendimiento de cultivos agrícolas, propiedades o interferir con el disfrute de las propiedades*". Las sustancias naturales o artificiales que contaminan el medio ambiente se denominan contaminantes (Mukherjee 2002). Debido a los efectos que la mala calidad del aire puede tener en la salud, se han creado sistemas de información que muestre el estado de la contaminación y así poder actuar de forma correctiva y/o preventiva.

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. Actualmente la red de monitoreo cuenta con 4 monitores, la necesidad del proyecto es cubrir 8 ubicaciones más, las cuales, van de acuerdo con 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 PM_{10}, 9,443.3 t/a corresponden a $PM_{2.5}$, 22,088.4 t/a corresponden a las emisiones de SO_2, 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 PM_{10} 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 SO_2 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*, y para el contaminante CO se tiene un valor de 0.306 t/a *per cápita*.

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 y establecer 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) y plomo (Pb). La línea de investigación de salud ambiental se encarga de manera dedicada a relacionar los efectos de la contaminación en la salud de la población. En la tabla 1 se resumen los valores normados y se refieren las normas oficiales mexicanas que dan origen a dichos valores.

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 µg/m³ Máximo	NOM-025-SSA1-2014
		Crónica	--	40 µg/m³ Promedio anual	
Partículas PM2.5	Promedio 24 horas	Aguda	No se permite	45 µg/m³ Máximo	
		Crónica	--	12 µg/m³ 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 24 horas	Aguda	No se permite	0.04 ppm Máximo	NOM-022-SSA1-2019
	Dato horario	**Crónica**	--	0.075 ppm media aritmética máxima	
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 µg/m³	NOM-026-SSA1-1993

Tabla 1. *Especificaciones técnicas del las Normas Oficiales Mexicanas*

RED DE MONITOREO

En la figura 1, se puede observar los 5 distintos puntos de monitoreo, cabe aclarar que para el monitor CERCA se cuenta con sólo un mes de datos y para la estación primaria Gustavo Díaz Ordaz se tiene sólo un sensor de SO2, con esto se toma en cuenta las 3 estaciones faltantes como principales.

Figura 3.1. Ubicación de puntos de monitoreo

1.1 Metodología

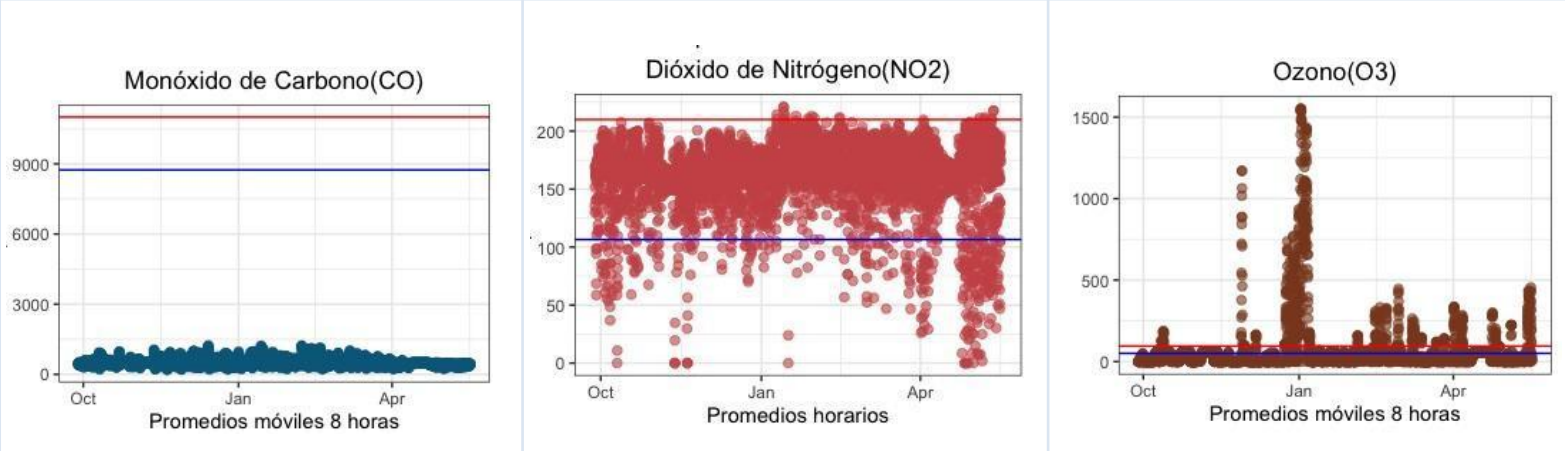
La ubicación de las estaciones fijas se basa en un estudio presentado por CICIMAR (2012), con la colaboración de distintas instituciones como son las escuelas públicas y diversos puntos de interés donde se logró instalar y mantener funcionando las 4 estaciones de monitoreo. Cada estación envía datos por minuto, de ahí se toma inicio para el cálculo de los promedios horarios, móviles y diarios, cabe aclarar que se mantiene la recomendación de las NOM's que indica cumplir con un 75% de los datos para poder realizar alguno de sus promedios. Se realizó jornadas de mantenimiento preventivo y correctivo una vez por mes en cada una de las estaciones, por último, se utilizó cálculos de corrección errores por calibración y estadística aplicada en el procesamiento de datos.

En los siguientes puntos se muestran los resultados por estación, primeramente, su comparación con su respectiva Norma Oficial Mexicana y recomendación por parte de la Organización Mundial de la Salud, esto en formato serie de tiempo. Seguido se hizo un cálculo para conocer cuantos días al menos un promedio sobrepasaba la recomendación OMS clasificándose como día malo u cuando al menos un promedio sobrepasaba la NOM se clasificó como un día muy malo, esto sólo para cada uno de los contaminantes monitoreados en dónde se encontraron valores altos.

1.2 Estación AD1 – Preparatoria Morelos

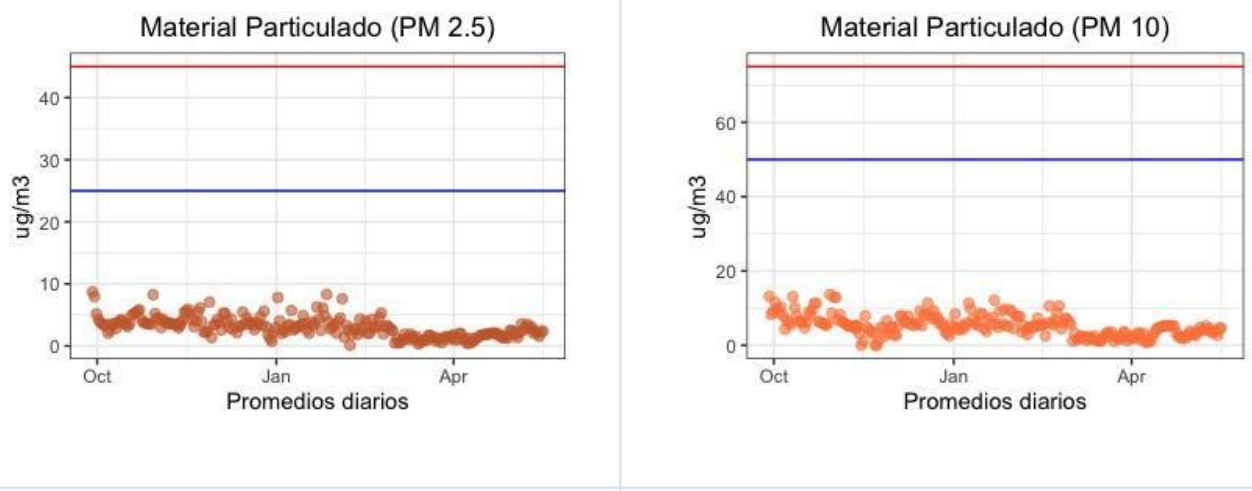
Primera estación fija colocada por CERCA, colocada el 11 de julio 2018 ubicada en Calle Forjadores de Sudcalifornia, colonia Los Olivos. Estación compuesta por un sistema Sparrow de la marca Ambience Data y actualmente cuenta con 4 sensores: CO, PMs, NO2 y O3.

Figura 3.2.1 Resultados de monitoreo en estación preparatoria Jose María Morelos y Pavón, Fechas: 28-sep-19 al 16may-20



a) Serie de tiempo CO en ppb | ***b)*** Serie de tiempo NO2 en ppb | ***c)*** Serie de tiempo O3 en ppb

En el gráfico 3.2.1a se puede visualizar que el monóxido de carbono se mantuvo debajo tanto de la recomendación de la OMS (línea azul) como de la NOM (línea roja), sin embargo, para el dióxido de nitrógeno (Fig. 3.2.1 b) se encontró en su mayoría valores arriba de la recomendación OMS y pocas ocasiones **arriba de NOM al igual que el contaminante Ozono** (Fig. 3.2.1 c).



a) *Serie de tiempo PM 2.5 en ug/m3* | ***b)*** *Serie de tiempo PM 10 en ug/m3*

Figura 3.2.2 Resultados de monitoreo en estación preparatoria Jose María Morelos y Pavón, para material particulado. Fechas: 28-sep-19 al 16-may-20

Para el caso del material particulado (fig 3.2.2) tanto PM 10 como PM 2.5, se encuentra promedios diarios debajo de la recomendación OMS y la norma oficial mexicana.

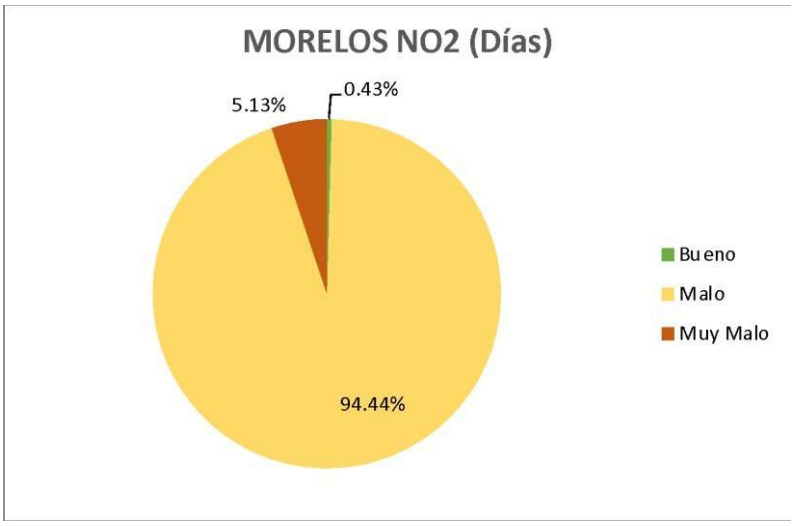


Figura 3.2.3 Resultados de monitoreo en estación preparatoria José María Morelos y Pavón categorizado por días malos y muy malos de NO2, Fechas: 28-sep-19 al 16-may-20

De los 234 días monitoreados en la preparatoria Morelos, se detectó que 221 días al menos un promedio horario **de NO2 sobrepasó la recomendación de la OMS (malo), y 12 días al menos un promedio horario de NO2 tuvo valores más altos que la NOM (muy malo)**, por último, sólo quedó un día en que no hubo ningún promedio horario que sobrepasa dichos límites (fig 3.3.3).

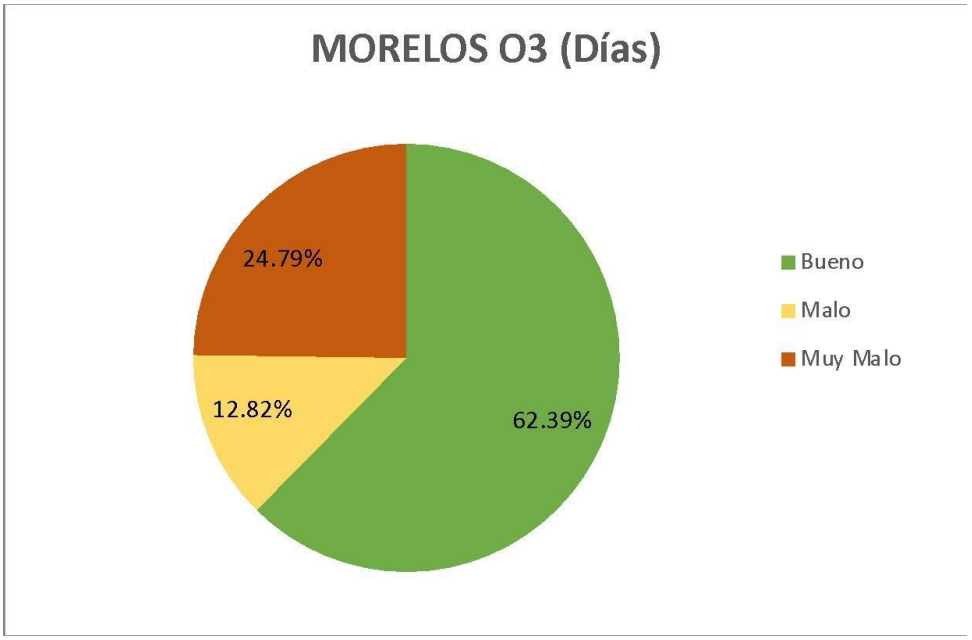
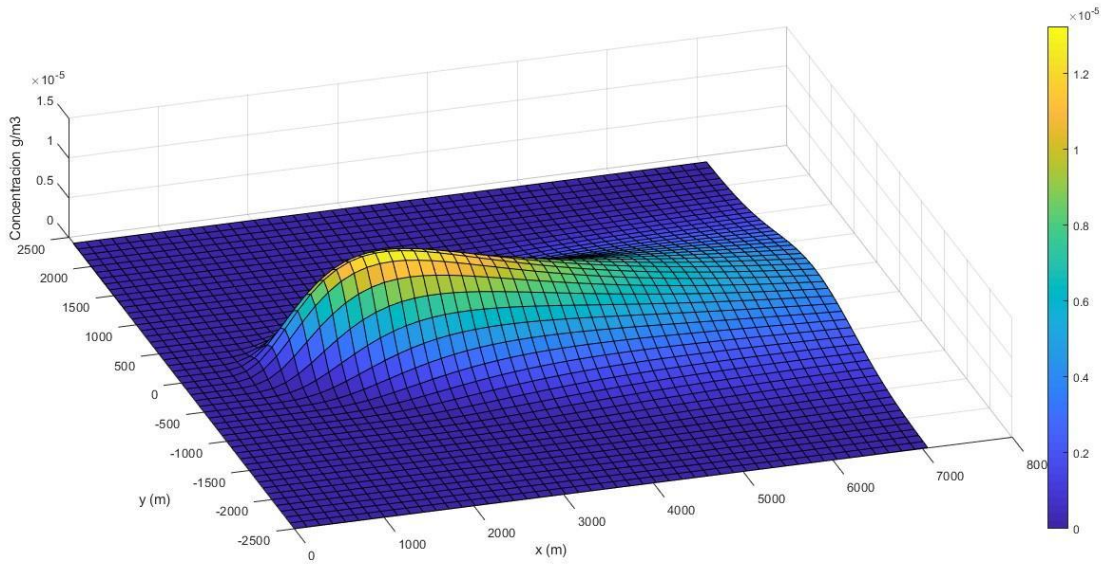


Figura 3.2.4 Resultados de monitoreo en estación preparatoria José María Morelos y Pavón categorizado por días malos y muy malos de O3, Fechas: 28-sep-19 al 16-may-20

De los 234 días monitoreados en la preparatoria Morelos, se detectó que 30 días al menos un promedio de O3 sobrepasó la recomendación de la OMS, y **58 días al menos un promedio de NO2 también superó el límite de la norma oficial mexicana,** por último, sólo quedaron 146 días en que no hubo ningún promedio móvil de 8 horas que sobrepasara dichos límites (fig .3.2.4).

Modelo matemático de dispersión de contaminantes– CERCA 2019



1.3 Estación AD2 – Preparatoria CETMAR 04

Segunda estación fija colocada por CERCA, instalada el 27 de octubre de 2018. Ubicación: Calle Politécnico Nacional, Colonia El Conchalito, está compuesta por un sistema Sparrow de la marca Ambience Data y actualmente cuenta con 2 sensores funcionando: CO y PMs.

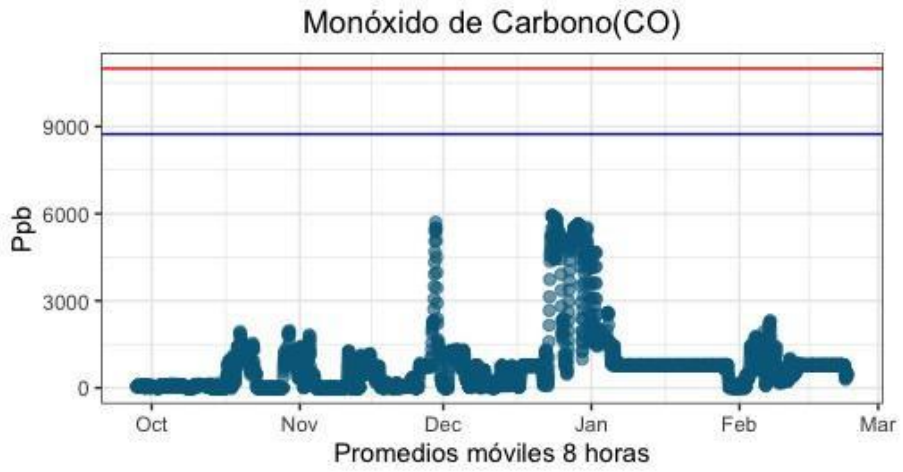
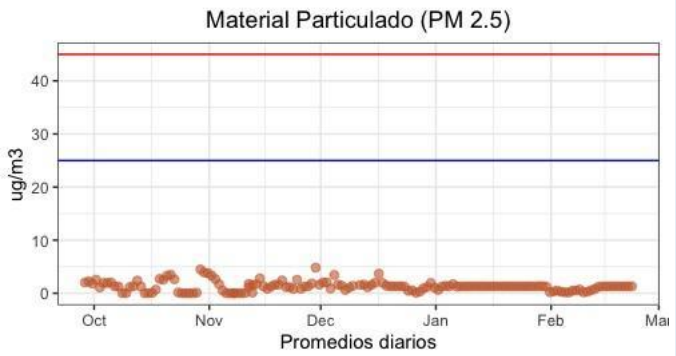


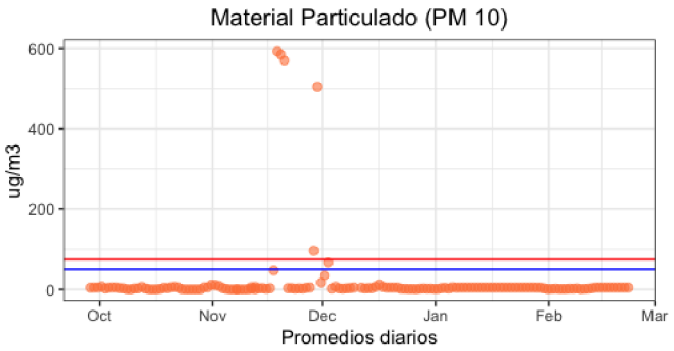
Figura 3.3.1 Resultados de monitoreo en estación preparatoria CETMAR 04, para monóxido de carbono.

Fechas: 28-sep-19 al 22-feb-20

En cuanto al monóxido de carbono se encuentran los valores más altos de la estación AD2 (fig 3.3.1), puede deberse por factores como el viento y el tráfico vehicular en zonas cercanas, dentro de la serie de tiempo se visualizan valores altos en los meses diciembre y enero.



a) *Serie de tiempo PM 2.5 en ug/m3*



b) *Serie de tiempo PM 10 en ug/m3*

Figura 3.3.2 Resultados de monitoreo en estación preparatoria CETMAR 04, para material particulado.

Fechas: 28-sep-19 al 22-feb-20

En el caso de PM 2.5 el comportamiento de promedios diarios se mantiene debajo de la NOM y recomendación de la OMS en todo el ciclo, sin embargo, en PM 10 se muestran valores pico de **500 ug/m3** a finales de noviembre los cuales pudieron ser por diferentes causas, así mismo los primeros

días de diciembre se visualiza como llegan a sobrepasar hasta la norma oficial mexicana (Fig.

3.3.2a).

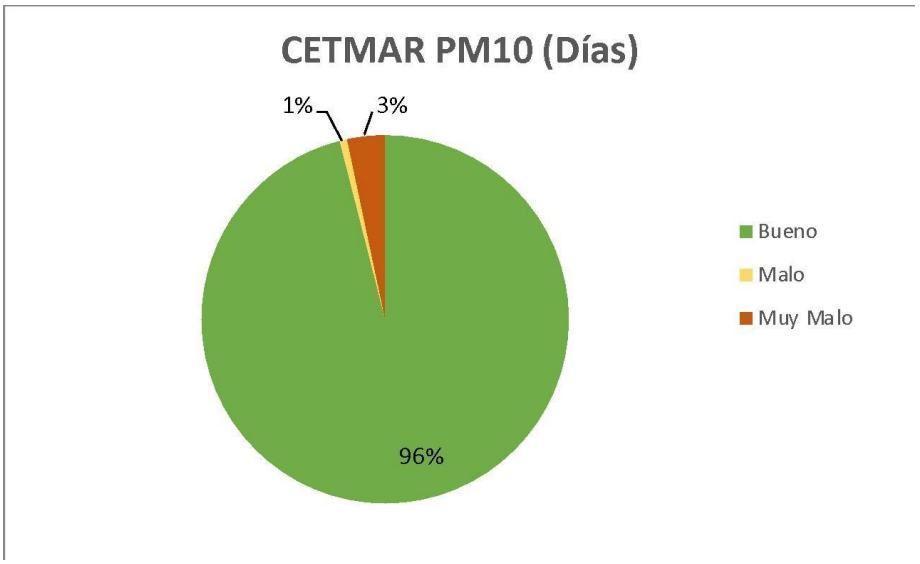


Figura 3.3.3 Resultados de monitoreo en estación preparatoria CETMAR 04 categorizado por días malos y muy malos de PM10, Fechas: 20-nov-19 al 19-mar-20

De los 150 días monitoreados en la preparatoria Morelos, se detectó que 1 día en que el promedio diario de PM10 sobrepasó la recomendación de la OMS (malo), y 5 días dónde tuvo valores más altos que la NOM (muy malo), por se tuvieron 144 promedios diarios en que no hubo ningún valor que sobrepasa ninguno de los dos límites (fig 3.3.3).

1.4 Estación AD3 – Primaria 3 de Mayo

Tercera estación fija colocada por CERCA, colocada el 21 de noviembre de 2018 y ubicada en Calle José, And. Refugio A. Cota, Colonia Pedregal del Cortez. Estación compuesta por un sistema Sparrow de la marca Ambience Data y actualmente cuenta con 2 sensores: CO, PMs. Para el presente reporte se contó con un monitoreo de 120 días, en los cuáles no se detectaron valores que pudiesen llegar afectar la salud, esto con base en las Normas Oficiales Mexicanas y las recomendaciones de la OMS.

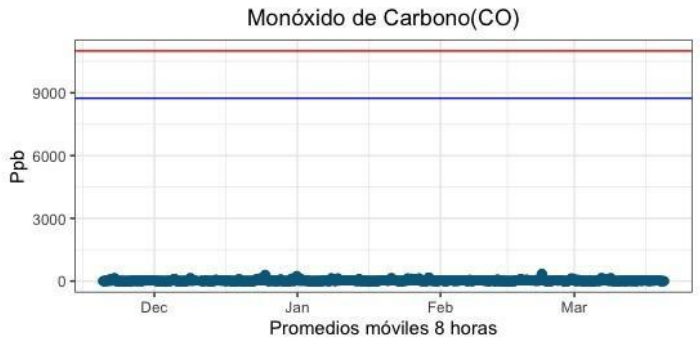
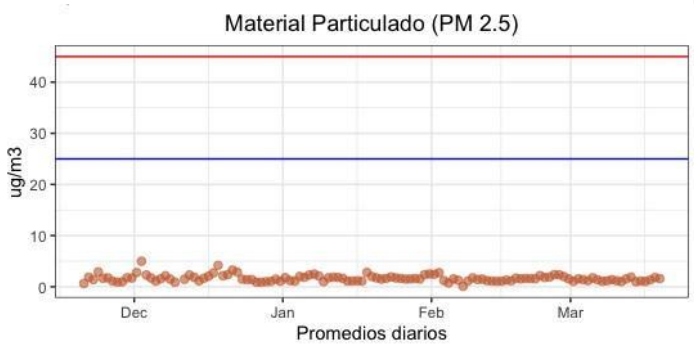
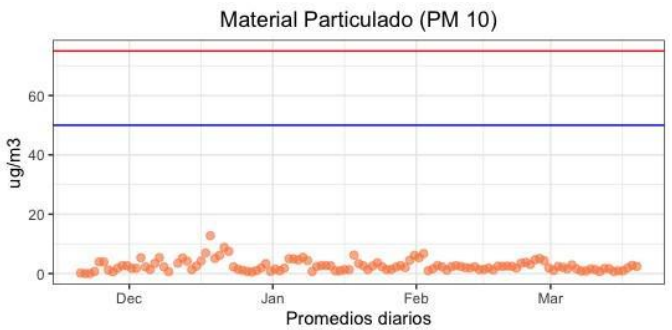


Figura 3.4.1 Resultados de monitoreo en estación primaria 3 de mayo para monóxido de carbono. Fechas: 20-nov-19 al 19-mar-20

En el caso de la figura 3.4.1. se observa que los valores de CO se mantienen bajos, o al menos no considerablemente dañinos para la salud, esto puede deberse a la ubicación en los inicios de la ciudad y así mismo los vientos en el transcurso del año no indican una tendencia hacia esta estación , por lo tanto la contaminación de fuentes móviles no termina siendo abundante.



a) *Serie de tiempo PM 2.5 en ug/m3*



b) *Serie de tiempo PM 10 en ug/m3*

Figura 3.4.2 Resultados de monitoreo en estación primaria 3 de mayo para material particulado. Fechas: 20-nov-19 al 19-mar-20

Lo mismo sucede con el material particulado (PM2.5 y PM10), al no contar con tendencias meteorológicas hacía la región, los valores se encuentran relativamente bajos.

1.5 Estación AD5 – Primaria Gustavo Díaz Ordaz

Quinta estación fija colocada por CERCA e instalada el 4 de diciembre de 2019, ubicación: Calle Arroyo San Cristóbal y Arroyo San Batolo, Colonia Márquez de León. Estación compuesta por un sistema Sparrow de la marca Ambience Data y actualmente cuenta con 1 sensor: Dióxido de Azufre (SO2).

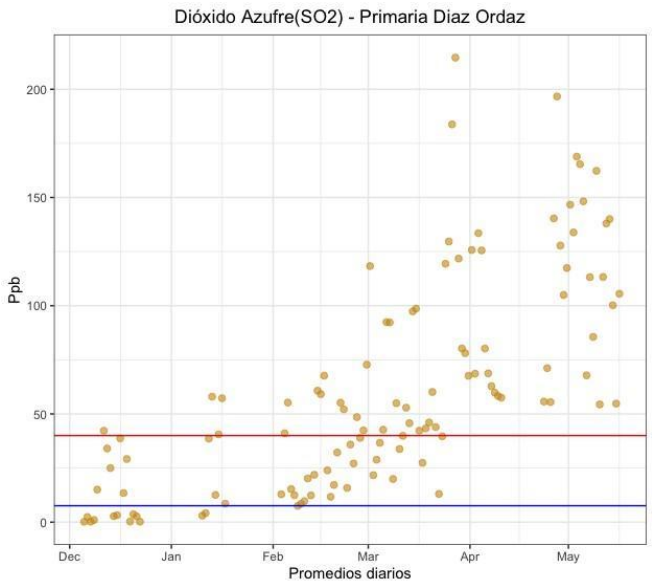


Figura 3.5.1 Resultados de monitoreo en estación primaria Gustavo Diaz Ordaz para dióxido de azufre. Fechas: 04-dic-19 al 16-may-20

Estación colocada con el fin de monitorear la contaminación emitida por las plantas de generación de energía eléctrica ubicadas a afueras de la ciudad. En la figura 3.5.1 se visualiza como aumentan los valores a partir del mes marzo, incluso sobrepasando tanto la recomendación OMS como la NOM-022-SSA1-2019 varios días en sus promedios diarios.

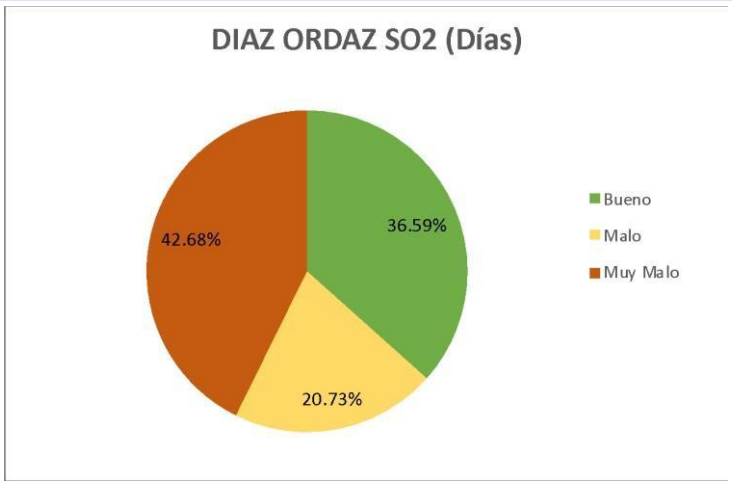


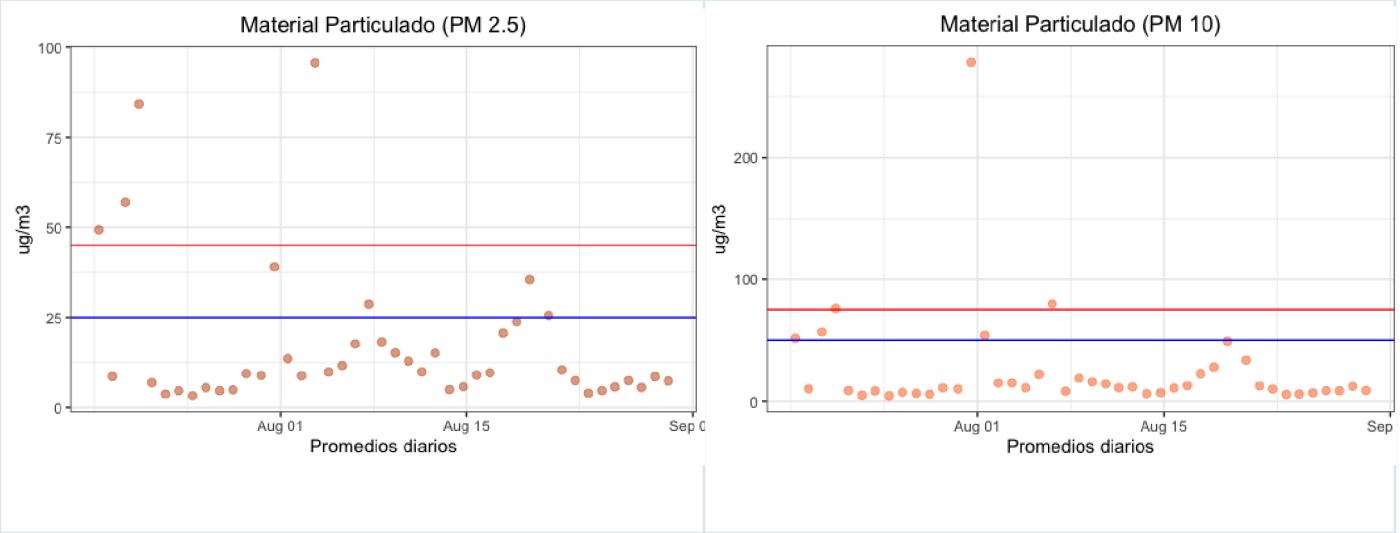
Figura 3.5.1 Resultados de monitoreo categorizado en relación a días en estación primaria Gustavo Diaz

Ordaz para dióxido de azufre. Fechas: 04-dic-19 al 16-may-20

De los 164 días monitoreados en la primaria Gustavo Díaz Ordaz, **se detectó que 34 día en que el promedio diario de SO_2 sobrepasó la recomendación de la OMS (malo), y 70 días dónde tuvo valores más altos que la NOM (muy malo)**, por se tuvieron 60 promedios diarios en que no hubo ningún valor que sobrepasa ninguno de los dos límites (fig 3.3.3).

1.6 Estación ASL1 – Libramiento Norte

Primera estación fija desarrollada y colocada por CERCA, instalada el 6 de abril de 2019 con ubicación en Lib. Nte. de La Paz Km 7, La Paz, B.C.S. Cercano a la central de generación eléctrica CCI B.C.S. Estación compuesta por un monitor desarrollado por CERCA, A.C. el cual monitorea material particulado, PM10 y PM2.5, así mismo, cuenta con una estación meteorológica Davis Vantage Pro2 Plus, la cual monitorea la dirección y velocidad del viento, temperatura, humedad, presión, radiación solar y precipitación para futuros proyectos.



a) *Serie de tiempo PM 2.5 en ug/m3* | ***b)*** *Serie de tiempo PM 10 en ug/m3*

Figura 3.6.1 Resultados de monitoreo en estación Libramiento norte para material particulado. Fechas: 18-jun-19 al 29-ago-19

Para el caso de PM2.5 (fig 3.6.1a) 4 malos es decir que sobrepasó la recomendación de la OMS y 4 muy malos en que superó el límite de NOM-025-SSA1-2014 y obtuvo un valor máximo de 95 ug/m3, para las PM10 (fig 3.6.1b) 3 malos y 3 muy malos teniendo como valor máximo 278 ug/m3, los valores encontrados en esta estación se deben a la planta de generación CCI ubicada a sólo unos metros, siendo que se encuentra fuera ciudad, no se detectaron otras posibles fuentes.

ESTACIÓN METEREOLÓGICA

La contaminación atmosférica se ve afectada constantemente por las condiciones del clima y sus diferentes variables, sin embargo, el principal fenómeno meteorológico que afecta en la calidad del aire y que fue utilizado en el presente reporte técnico es el viento, debido a su afectación en la dispersión y trayectoria de los contaminantes. Por lo cual fue necesario el análisis de la velocidad (metros por segundo) y dirección del viento mediante el servicio web

"Weather Underground", la información histórica fue recolectada de la estación meteorológica denominada IBAJACAL119, ubicada en colonia centro de La Paz. En la figura 4.1 se presenta un gráfico de rosa de los vientos, utilizado comúnmente para representar el comportamiento del viento tanto en su dirección como velocidad. Se puede visualizar una mayor tendencia de vientos predominantes del sur a excepción de invierno cuando los vientos predominantes son del Noreste.

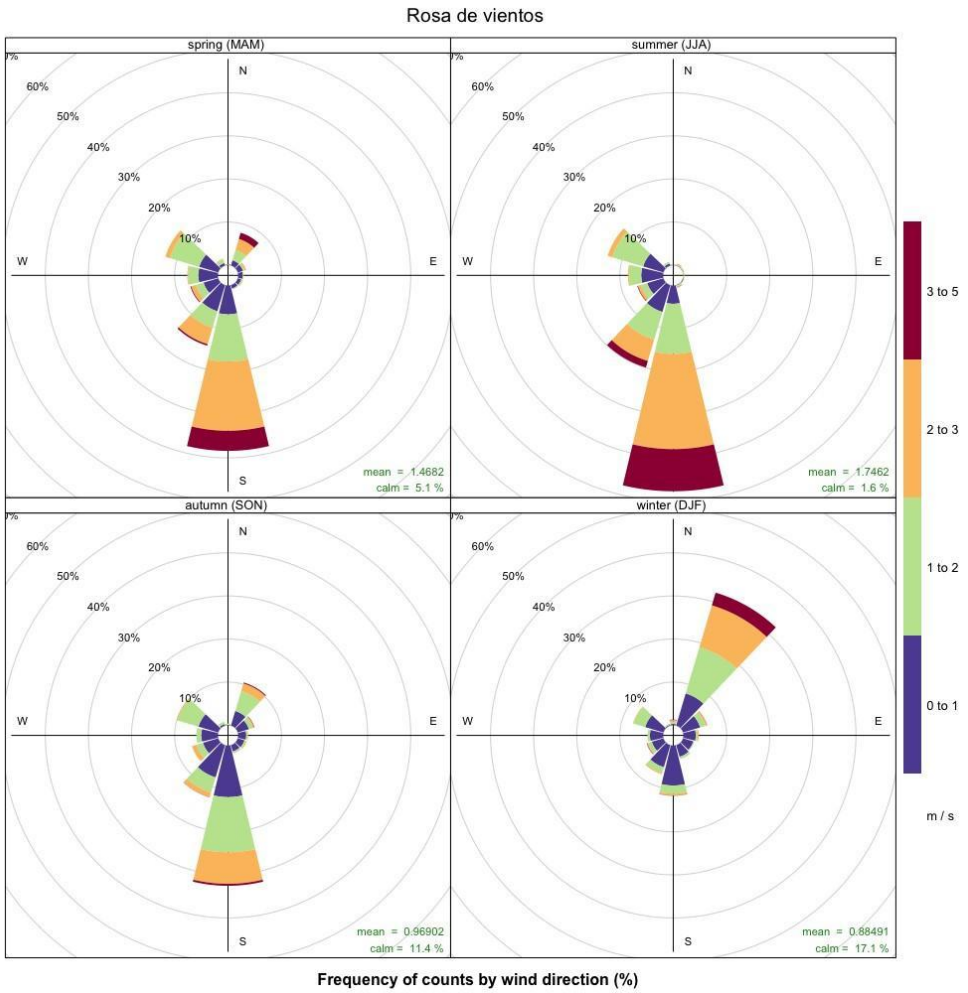


Figura 4.1 Rosa de los vientos por estación del año, datos de 01-07-2019 al 30-06-2020

CALENDARIO DE DÍAS CONTAMINADOS POR AL MENOS UN CONTAMINANTE EN ALGUNA ESTACIÓN

Calendario de días contaminados en el Reporte Anual de la Red de Monitoreo de CERCA

01/Sep/2019 al 31/May/2020

2019

Septiembre 2019

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

Octubre 2019

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

Noviembre 2019

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

Diciembre 2019

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

2020

Enero 2020

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Febrero 2020

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	

Marzo 2020

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

Abril 2020

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

Mayo 2020

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

Cantidad de estaciones rebasando los límites

1 2 3 o más

Superó la Recomendación de la Organización Mundial de la Salud

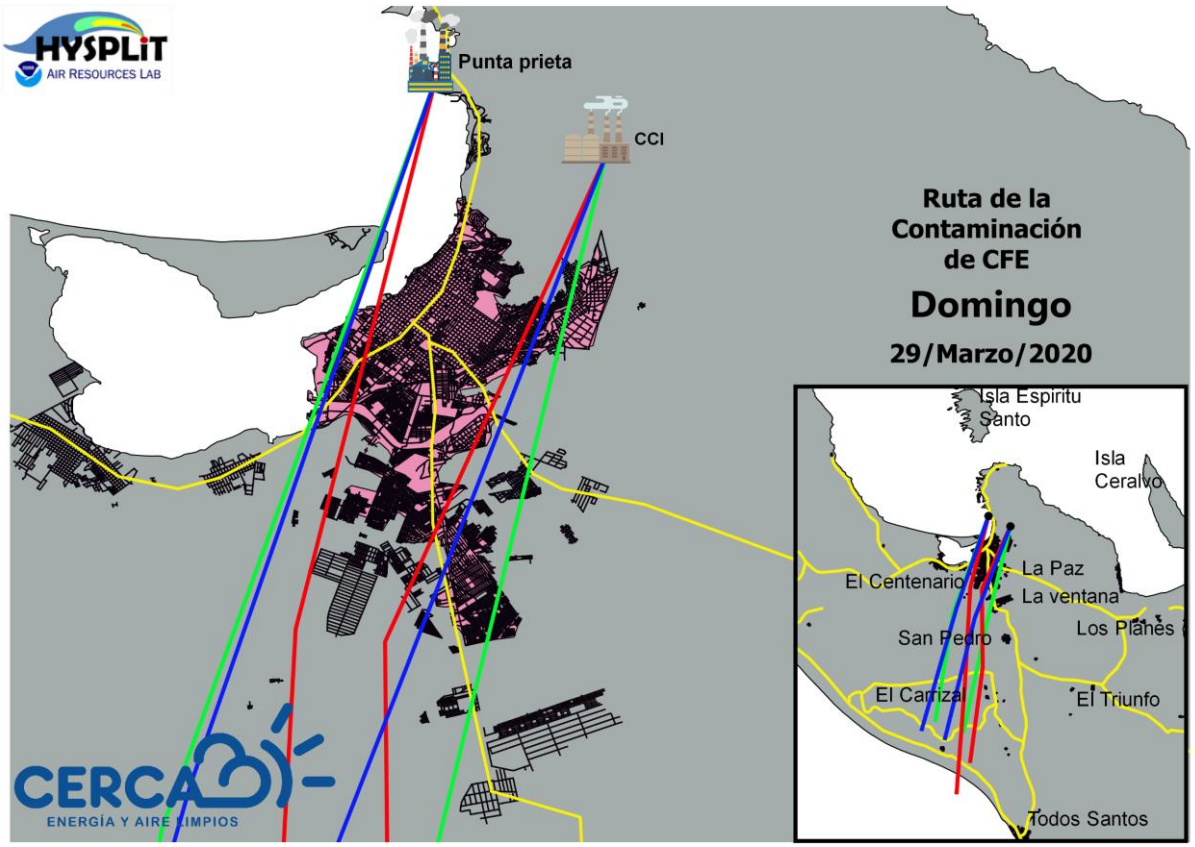
Superó la Norma Oficial Mexicana

Días con contaminación en La Paz, BCS.

Calidad de aire

CERCA ENERGÍA Y AIRE LIMPIOS

DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES SOBRE LA CIUDAD DE LA PAZ, BCS



CASETAS DE MONITOREO DE LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD PM10

Año	Estación 1			Estación 2			Estación 3		
	Diario 75µg/m³	Anual 40µg/m³	¿Cumple?	Diario 75µg/m³	Anual 40µg/m³	¿Cumple?	Diario 75µg/m³	Anual 40µg/m³	¿Cumple?
2008	117	41	No	91	49	No	247	116	No
2009	59	32	Sí	161	53	No	175	93	No
2010	85	32	No	84	42	No	182	89	No
2011	68	29	Sí	87	42	No	119	81	No
2012	SM	SM	NA	88	50	No	115	80	No
2013	SM	SM	NA	80	43	No	96	62	No
2014	DI	DI	DI	85	47	No	100	69	No
2015	51	24	Sí	58	36	Sí	DI	DI	DI

DI= Datos Insuficientes

SM= Sin Medicion

NA= No se Aplica

Fuente: PROAIREBCS 2018-2027

Año	Estación 1			Estación 2			Estación 3		
	Diario 75µg/m³	Anual 40µg/m³	¿Cumple?	Diario 75µg/m³	Anual 40µg/m³	¿Cumple?	Diario 75µg/m³	Anual 40µg/m³	¿Cumple?
2016	86.86	DI	No	76.38	DI	No	98	DI	No
2017	75.65	DI	No	78.34	DI	No	89.35	57.69	No
2018	61.43	DI	No	66.38	DI	No	85.35	64.09	No

DI= Datos Insuficientes

SM= Sin Medicion

NA= No se Aplica

Fuente: Elaboración propia con datos de solicitud por transparencia Casetas de CFE

AZUFRE CASETAS FIJAS CFE

Evaluacion de la NOM-022-SSA1-2019 de SO2 en Baja California Sur (2008 - 2015

Año	Estación 1			Estación 2			Estación 3		
	Diario 0.04 ppm	Media Max 0.075ppm	¿Cumple?	Diario 0.04 ppm	Media Max 0.075ppm	¿Cumple?	Diario 0.04 ppm	Media Max 0.075ppm	¿Cumple?
2008	0.029	DI	Sí	0.06	DI	No	0.023	DI	No
2009	0.098	DI	No	0.036	DI	No	0.027	DI	No
2010	0.042	DI	No	0.031	DI	No	0.022	DI	No
2011	0.035	DI	Sí	0.024	DI	No	0.023	DI	No
2012	0.057	DI	No	0.028	DI	No	0.012	DI	No
2013	0.019	DI	Sí	0.03	DI	No	0.023	DI	No
2014	0.043	DI	No	0.082	DI	No	0.031	DI	No
2015	0.056	DI	No	0.03	DI	Sí	0.078	DI	DI
2016	0.021	DI	Sí	0.086	DI	No	0.03	DI	No
2017	0.038	DI	Sí	0.04	DI	No	0.06	DI	No
2018	0.02	DI	Sí	0.026	DI	No	0.021	DI	No

DI= Datos Insuficientes

Fuente: Elaboración propia con datos de solicitud por transparencia Casetas de CF

RED DE MONITOREO MÓVIL

La empresa Aclima inició el monitoreo móvil en la ciudad de La Paz durante el 2018. Los datos que han reportado muestran la concentración de la contaminación de manera geolocalizada en zonas urbanas mediante un levantamiento de datos calle por calle. La información recopilada ha sido relevante en la toma de decisiones y en la caracterización de los contaminantes en la ciudad. A continuación, se muestran las colonias con mayor concentración de contaminantes de acuerdo a los datos acumulados para el periodo de abril de 2019 a mayo de 2020. Los datos fueron recopilados de la red de monitoreo móvil de Aclima. La Figura 1 muestra las Colonias más contaminadas por Carbono negro y CO, la Figura 2 muestra las colonias contaminadas por NOx y Ozono, por último, la Figura 3 muestra las colonias contaminadas por PM 2.5.

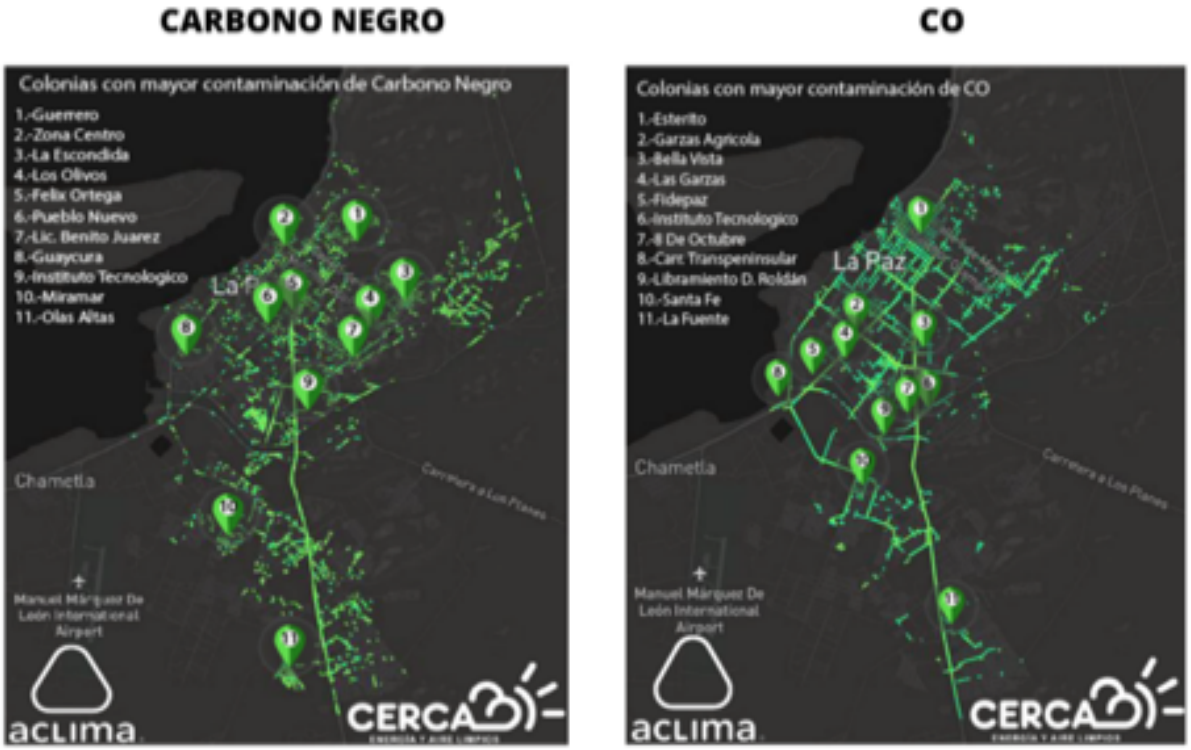


Figura 1. Colonias más contaminadas por Carbono negro y Co en la Cd. de La Paz

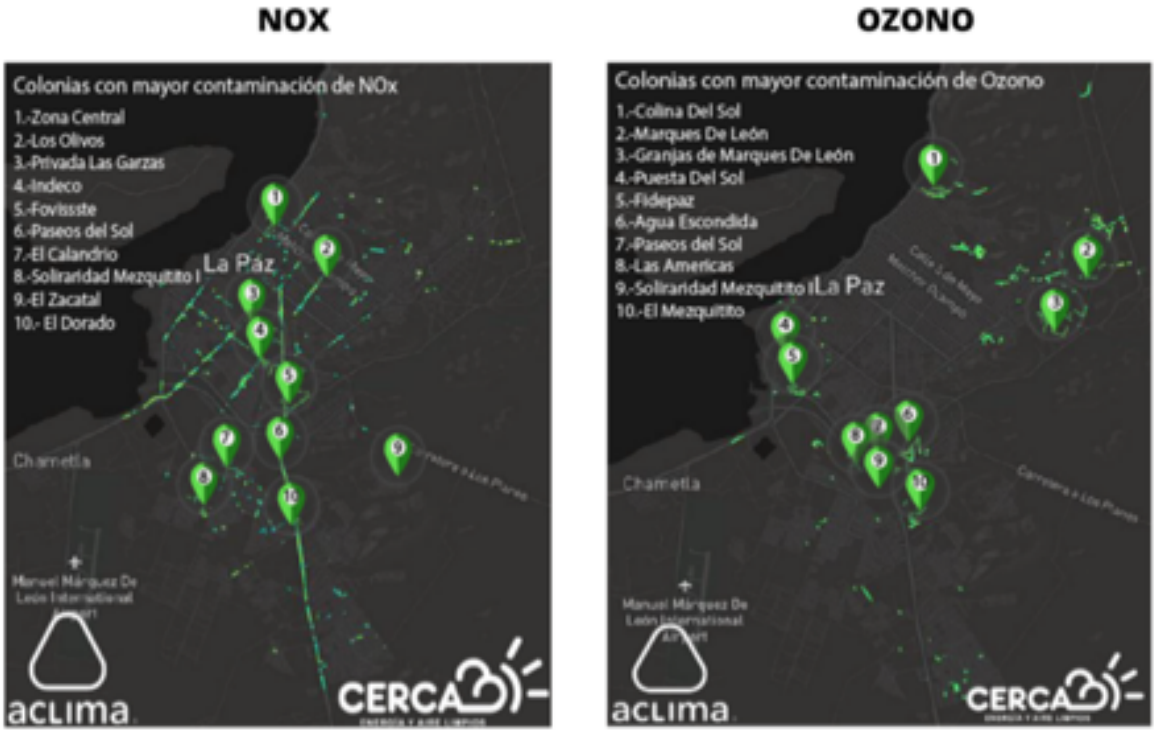


Figura 2. Colonias más contaminadas por NOx y Ozono en la Cd. de La Paz

Figura 3. Colonias más contaminadas por PM 2.5 en la Cd. de La Paz

Las vialidades principales, primordialmente Av. Forjadores y su ampliación, así como la colonia Manuel Márquez de León, presentan altas concentraciones de contaminantes. Adicionalmente,

las elevadas concentraciones de contaminantes registradas en la salida a Los Cabos pueden relacionarse con el alto aforo vehicular, mientras que para el caso de la colonia Márquez de León, su cercanía con las centrales eléctricas puede ser la posible causa del reporte de contaminación.

CONCLUSIONES

Con la información presentada en este reporte se confirma que los días contaminados en La Paz han crecido en 300% en concentración de azufre (SO_2) desde nuestras primeras mediciones en 2018, contaminante relacionado en un 92% con la generación de electricidad basada en combustóleo como principal insumo y con una concentración de más del 4% de SO2 Por otro lado, se aprecia de manera alarmantemente que no está contemplando ninguna media de mitigación para los proyectos contaminantes que actualmente ya está operando la Comisión Federal de Electricidad en el municipio de La Paz, BCS.

De igual manera en este reporte se puede observar la afectación a la ciudad por las emisiones de las centrales eléctricas mediante el modelo Hysplit que se corre de manera diaria para obtener datos de la ruta de la contaminación.

Tanto los monitoreos ciudadanos como los datos de las casetas de la Comisión Federal de Electricidad muestran una concentración superior a los límites permisibles de las Normas Oficiales de salud principalmente en NO_2, SO_2, PM_{10} y Ozono, lo que puede afectar de manera grave la salud de la población diariamente expuesta a estos niveles de contaminación.

REFERENCIAS

Mukherjee, A. (2002). *Perspectives of the Silent Majority: Air Pollution, Livelihood and Food Security.* Concept Publishing Company.

Bermúdez, C. A., Ivanova Boncheva, A., de la Peña-Barron, A., Bermudez, A., Casillas, E., Landa, P., ... Lucero, B. (2016). Inventario de emisiones para la ciudad de La Paz, Baja California Sur.

SEMARNAT 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.

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. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (co). valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO)

NOM-022-SSA1-2019. DOF, NORMA Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2019, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO2)