



Reporte trimestral de calidad del aire en La Paz B.C.S.

Enero - Marzo de 2023

Departamento de Salud y Calidad Ambiental

Junio de 2023

Ing. Rodrigo Rangel Rodriguez

Lic. Cristina Carolina Carbajal Aguilar

Índice

1	Introducción	3
1.3	Normatividad	4
1.3.1	Normas oficiales mexicanas	5
1.3.2	Recomendaciones de la OMS y otras recomendaciones	5
2	Calidad del aire	6
2.1	Red de monitoreo CERCA	6
2.1.1	Análisis y evaluación del PM10	7
2.2	Monitoreo CFE	15
2.2.1	Evaluación del material particulado (PM10)	16
2.2.2	Evaluación del dióxido de azufre (SO2)	17
2.2.3	Evaluación del ozono (O3)	18
2.2.4	Evaluación del dióxido de Nitrógeno (NO2)	19
3	Meteorología	20
3.1	Viento	20
3.2	Temperatura	21
3.3	Humedad	21
3.4	Presión	22
4	Referencias	23

1 Introducción

La contaminación presenta uno de los principales problemas en la actualidad ya que afecta a todo el planeta de manera crítica. La contaminación atmosférica es producida por fuentes que pueden ser fijas, móviles, de área o naturales. Estas emiten diferentes sustancias que pueden provocar daños sobre los seres humanos y los ecosistemas, a estos se les conoce como contaminantes atmosféricos, a su vez, estos contaminantes se clasifican por sus impactos en la salud humana como contaminantes criterio, dentro de los cuales se encuentran el dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂), ozono (O₃), material particulado con diámetro aerodinámico de 10 y 2.5 micras (PM₁₀ y PM_{2.5}), monóxido de carbono (CO) y plomo (Pb) (COFEPRIS, 2017).

Se le denomina calidad del aire a la concentración de los contaminantes que han sido emitidos, transportados y difundidos en la atmósfera y que llegan a un receptor, así mismo también se pueden definir índices de calidad del aire que hagan referencia a una determinada concentración de contaminantes y a su afectación a la salud (Organización Mundial de la Salud, 2016; SEMARNAT, 2013). La emisión y dispersión de contaminantes afecta la calidad del aire no solo a nivel local, sino también a nivel regional y global, ya que debido a que las variaciones del clima afectan al movimiento y dispersión de estos. La Organización Mundial de la Salud (OMS) 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 (ProAire, 2018). En la Ciudad de La Paz, durante las últimas décadas se ha visto un crecimiento poblacional y una planeación urbana deficiente, de manera que se han incrementado las emisiones originadas, dando como resultado la afectación de la calidad de aire, principalmente por la emisión de gases vehiculares, por la emisión de cenizas de las termoeléctricas locales (Central de Combustión Interna, y Central Termoeléctrica Punta Prieta), y por la resuspensión de partículas del suelo por tracción vehicular (CICIMAR, 2013).

1.2 Descripción de la zona de estudio (La Paz, Baja California Sur).

La Paz, Baja California Sur, es la capital del estado y está ubicada al sur de la península de Baja California a 210 km al sur de Ciudad Constitución, municipio de Comondú y 202 km al norte de San Lucas, municipio de Los Cabos, en 24°09' latitud norte y 110°19'' longitud oeste.

De acuerdo al último censo de INEGI, la población de la ciudad de La Paz al 15 de marzo de 2020 es de 292, 241 habitantes, de los cuales 145, 828 (49.9%) corresponde a la población femenina y 146, 413 (50.1%) a masculina (INEGI, 2020). Es el segundo municipio con mayor población del estado de Baja California Sur.

La ciudad de La Paz se caracteriza por ser una zona con muy poca precipitación, aproximadamente 216 mm al año, donde la temporada de lluvia se presenta durante julio, agosto y septiembre, también se presentan pequeñas lluvias durante los meses de diciembre y enero (Bermúdez, 2017).

El comportamiento del viento durante los meses de abril a octubre por las mañanas predomina la dirección sureste y por la tarde dirección suroeste, durante el resto del año las direcciones predominantes son con dirección noroeste y sur (Velasco García 2009). La temperatura media más alta en la bahía de La Paz fluctúa entre los 27 y 30°C, esto durante los meses de agosto y septiembre, la media más baja es de 17°C durante el mes de enero y febrero (SDEMARN 2016).

1.3 Normatividad

A continuación se presentan las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) aplicables a la evaluación de los datos de calidad del aire, así como de las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), para cada contaminante. Los valores presentados en la Tabla 1 y 2 son las especificaciones presentadas por las NOM y la OMS, sin embargo, se tomaron en cuenta únicamente las especificaciones aplicables al material particulado (PM) para el caso de la red CERCA y las especificaciones aplicables para los promedios diarios en el caso de las casetas de CFE.

1.3.1 Normas oficiales mexicanas

Tabla 1. Especificaciones normativas para los contaminantes criterio

Contaminante	NOM	Especificaciones
Material particulado (PM10)	NOM-025-SSA1-2021	70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Promedio 24 horas 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Promedio anual
Material particulado (PM2.5)	NOM-025-SSA1-2021	41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Promedio 24 horas 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Promedio anual
Dióxido de azufre (SO₂)	NOM-022-SSA1-2019	0.04 ppm - Promedio 24 horas 0.075 ppm - Promedio de 1 hora
Dióxido de nitrógeno (NO₂)	NOM-023-SSA1-2021	0.106 ppm - promedio de 1 hora 0.021 ppm - promedio anual
Ozono (O₃)		0.090 ppm - promedio de 1 hora 0.065 ppm - promedio móvil de 8 horas

1.3.2 Recomendaciones de la OMS y otras recomendaciones

Tabla 2. Especificaciones de la OMS y otras recomendaciones para los contaminantes criterio

Contaminante	Recomendaciones	Especificaciones
Dióxido de azufre (SO₂)	Guías OMS	0.01529 ppm – Promedio 24 horas
Dióxido de nitrógeno (NO₂)	Guías OMS	0.01331 ppm – Promedio 24 horas 0.005325 ppm – Promedio anual
Material particulado (PM10)	Guías OMS	45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Promedio 24 horas 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Promedio anual
Material particulado (PM2.5)	Guías OMS	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Promedio 24 horas 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Promedio anual
Ozono (O₃)	Guías OMS	0.03062 ppm - Promedio de 8 horas

*Las recomendaciones que no pertenecen a las NOM, ni a la OMS, son utilizadas ya que los datos obtenidos para las casetas de la CFE únicamente se encuentran en promedios diarios y los principales niveles no poseen especificaciones para estos.

2 Calidad del aire

En los siguientes puntos se muestran los resultados por estación, primeramente, su comparación con su respectiva Norma Oficial Mexicana (NOM) y con la recomendación por parte de la Organización Mundial de la Salud (OMS), esto en formato serie de tiempo. Seguido se realizó un cálculo para conocer cuántos días al menos un promedio sobrepasaba la recomendación OMS clasificándose como día malo y cuando al menos un promedio sobrepasaba la NOM clasificándose como un día “muy malo”, esto sólo para cada uno de los contaminantes monitoreados en dónde se encontraron valores que sobrepasan dichos criterios.

2.1 Red de monitoreo CERCA

En la figura 1 se observa que la red de monitoreo de CERCA consta en este periodo reportado un total de 14 monitores activos de la calidad del aire, dentro de los cuales se encuentran 11 monitores y 2 estaciones meteorológicas dentro de la ciudad de La Paz y 3 monitores en el municipio de Los Cabos. Los monitores son de la marca PurpleAir PA-II-SD y monitorean material particulado PM10 y PM2.5.

RED DE MONITOREO CIUDADANO DE LA CALIDAD DEL AIRE



Figura 1. Red de monitoreo ciudadano de CERCA

2.1.1 Análisis y evaluación del PM10

A partir de los datos del periodo trimestral enero - marzo 2023 y considerando las estaciones activas durante el periodo, en la Tabla 3, se presenta la validación de los datos para PM10, considerando el criterio de completación de al menos 75%, así también se presenta su evaluación considerando el límite máximo permisible presentado en la NOM-025-SSA1-2021(Tabla 1) para promedios diarios y la recomendación de la OMS para el mismo promedio.

En la Tabla 3 se puede observar que ninguna estación superó los valores normados, y 3 estaciones superaron las recomendaciones de la OMS, sin embargo, hay que considerar que para algunas estaciones no se cuenta con el periodo completo de datos para los tres meses.

Tabla 3. Validación y evaluación de datos diarios monitoreados para PM10

Estación	Cantidad de días evaluados	Cantidad de días válidos	Días que rebasan los niveles	
			NOM	OMS
N2 - Libramiento Norte	75	68	0	0
N3- Jardín Ángel César Mendoza Arámburo	56	51	0	0
N4- Jardín Domingo Carballo Félix	17	16	0	0
N5- CBTIS 230	36	31	0	0
N6- Marina La Paz	89	87	0	0
N7- Cetmar 04	89	78	0	0
N9- Pedregal	31	30	0	2
N10- Jardín Fundación La Paz	90	90	0	5
N11- Escuela Telesecundaria N°49	48	45	0	3
N12- Preparatoria Morelos	89	88	0	0
N13- Primaria Julieta Castro Hieras	89	89	0	0
N15- Cabo Insurance	89	86	0	0
N16- Interceramic Los Cabos	64	57	0	0
N18- AMC Medical Center	28	27	0	0

A continuación se presentan los gráficos de series de tiempo para cada una de las estación, en donde se coloca el límite máximo permisible (NOM) (línea color rojo), y lo recomendado por la OMS (línea color azul). Asimismo el periodo de los datos (fecha) y las concentraciones de PM 10.

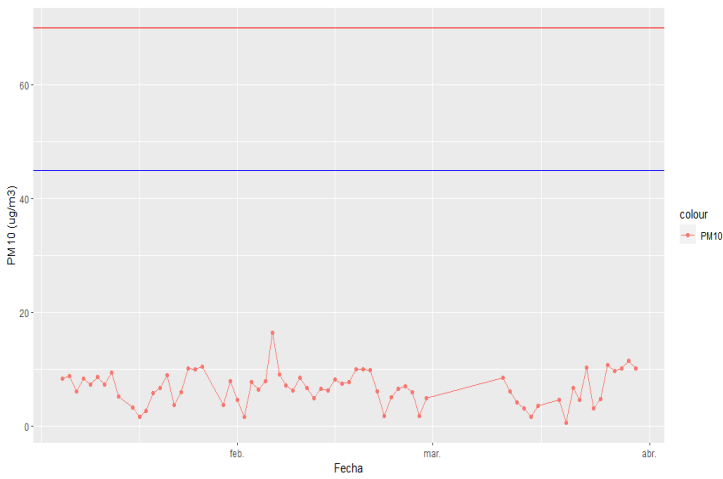


Figura 2. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N2 - Libramiento norte

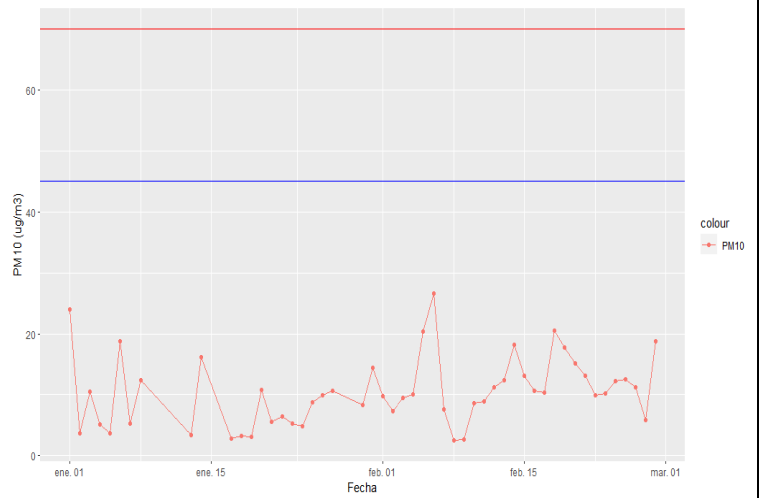


Figura 3. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N3 - Jardín Angel Cesar M. A.

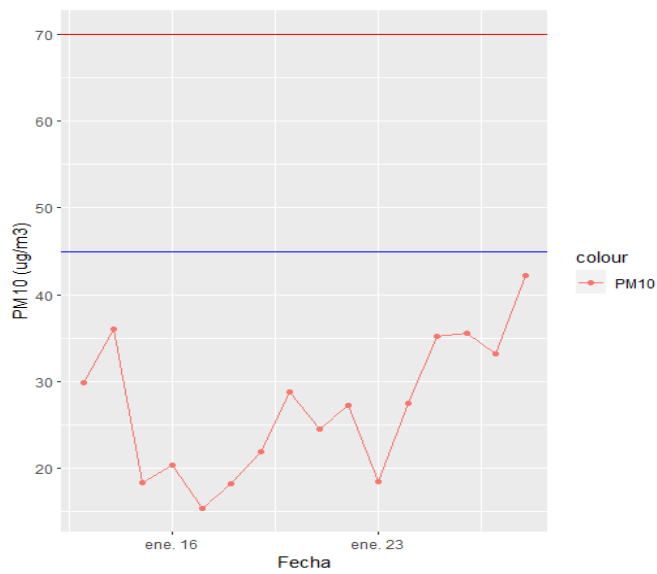


Figura 4. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N4 - Jardín Domingo Carballo Felix

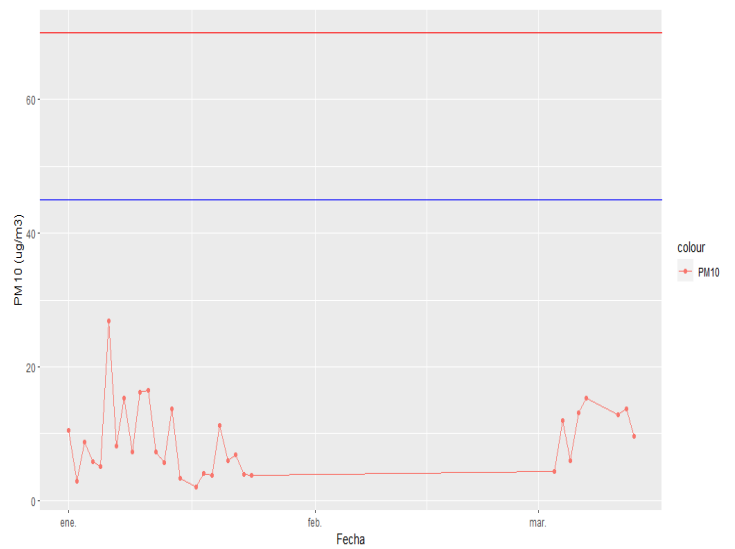


Figura 5. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N5 - Preparatoria CBTIS 230

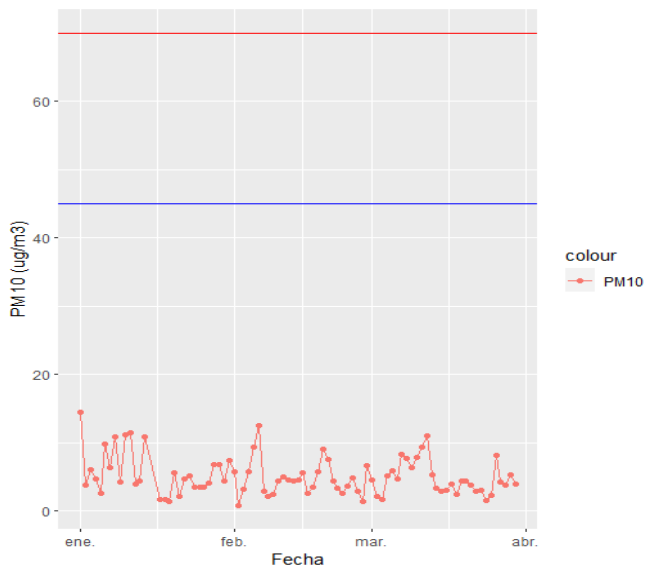


Figura 6. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N6 - Marina La Paz

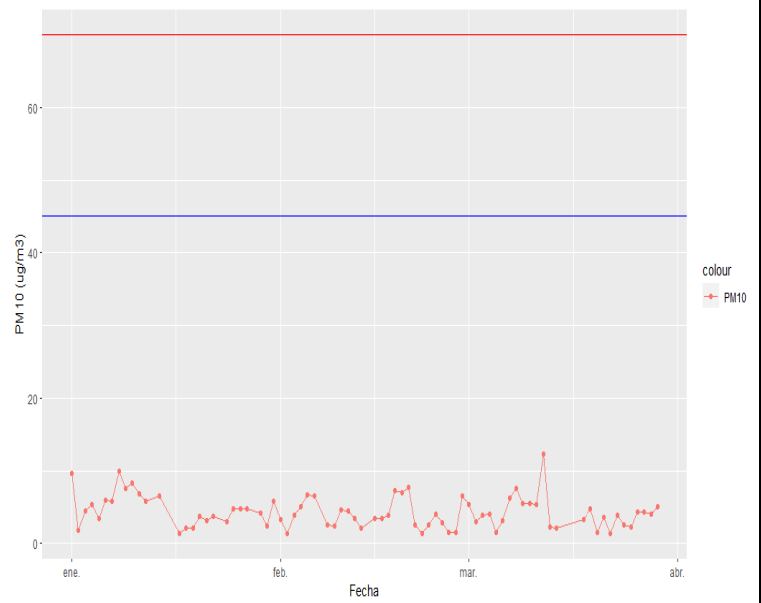


Figura 7. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N7 - Preparatoria CETMAR

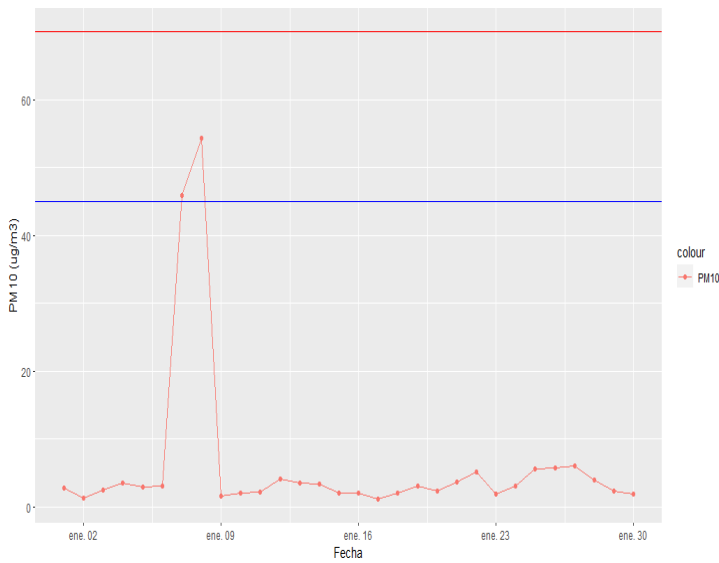


Figura 8. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N9 - Pedregal



Figura 9. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N10 - Jardín Fundación La Paz

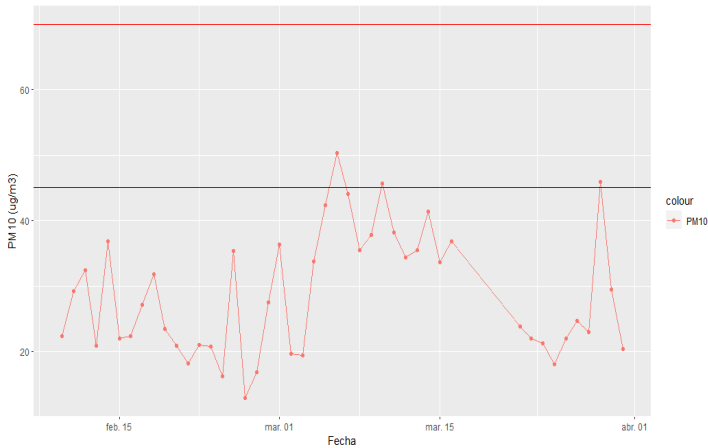


Figura 10. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N11 - Telesecundaria N°49

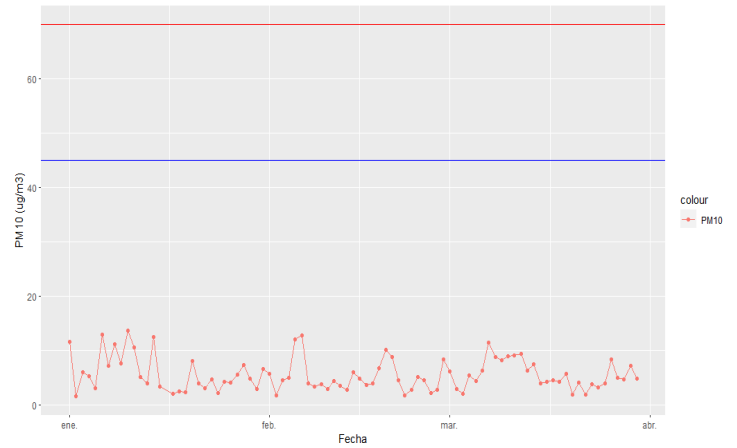


Figura 11. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N12 - Preparatoria Morelos

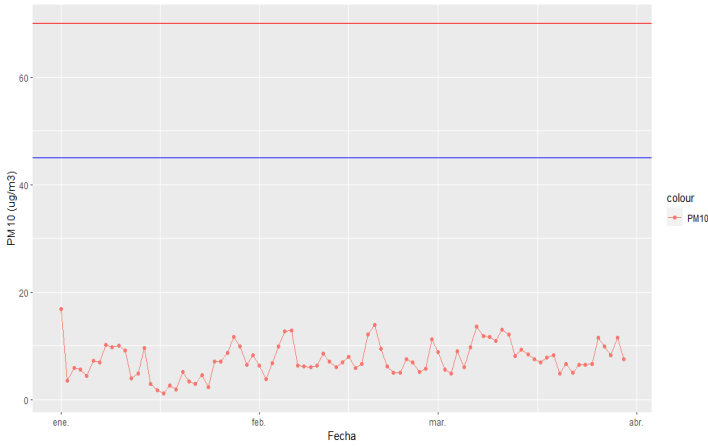


Figura 12. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N13 - Primaria Julieta Castro Hieras

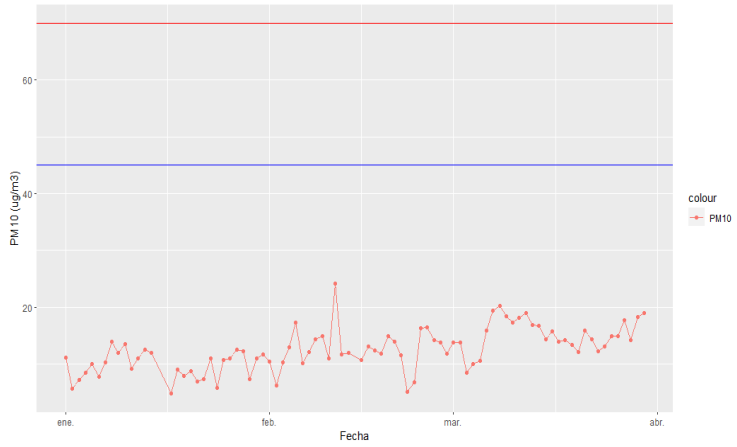


Figura 13. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N15 - Cabo Insurance

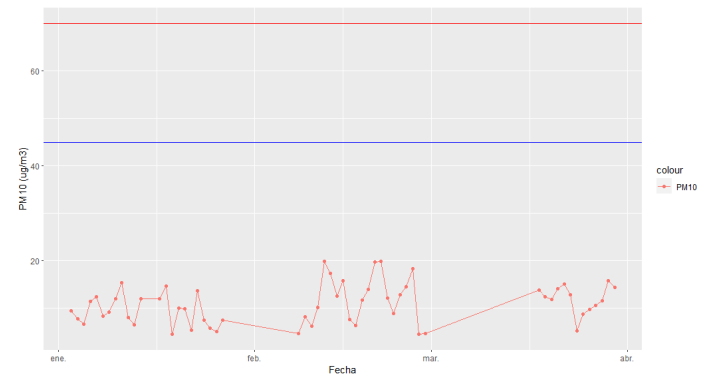


Figura 14. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N16 - Interceramic Los Cabos

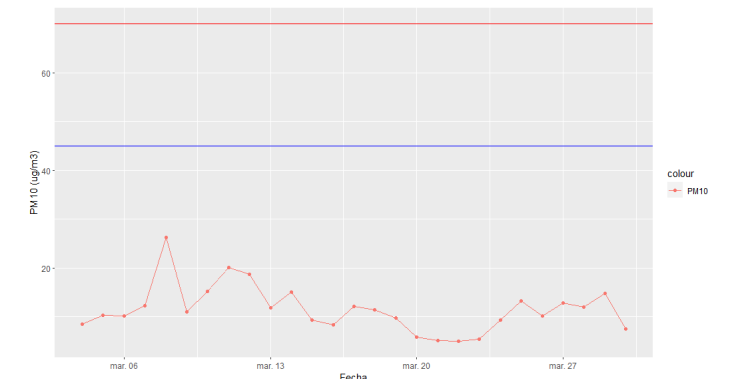


Figura 15. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N18 - AMC

2.1.2 Análisis y evaluación del PM2.5

A partir de los datos del periodo trimestral enero- marzo 20223 y considerando las estaciones activas durante el periodo, en la Tabla 4, se presenta la validación de los datos de PM2.5, considerando el criterio de compleción de al menos 75%, así también se presenta su evaluación considerando el límite máximo permisible presentado en la NOM-025-SSA1-2021 (Tabla 1) para promedios diarios y la recomendación de la OMS para el mismo promedio.

En la Tabla 4 se puede observar que una estación superó los valores normados, y 7 estaciones las recomendaciones de la OMS, sin embargo hay que considerar que en algunas estaciones no se evaluó el periodo completo.

Tabla 4. Validación y evaluación de datos diarios monitoreados para PM2.5

Estación	Cantidad de días evaluados	Cantidad de días válidos	Días que rebasan los niveles	
			NOM	OMS
N2 - Libramiento Norte	75	68	0	0
N3- Jardín Ángel César Mendoza Arámburo	56	51	0	6
N4- Jardín Domingo Carballo Félix	17	16	0	0
N5- CBTIS 230	36	31	0	1
N6- Marina La Paz	89	87	0	0
N7- Cetmar 04	89	78	0	0
N9- Pedregal	31	30	2	2
N10- Jardín Fundación La Paz	90	90	0	0
N11- Escuela Telesecundaria N°49	48	45	0	0
N12- Preparatoria Morelos	89	88	0	0
N13- Primaria Julieta Castro Hieras	89	89	0	1
N15- Cabo Insurance	89	86	0	2
N16- Interceramic Los Cabos	64	57	0	3
N18- AMC Medical Center	28	27	0	2

A continuación se presentan los gráficos de series de tiempo para cada una de las estación, en donde se coloca el límite máximo permisible (NOM) (línea color rojo), y lo recomendado por la OMS (línea color azul). Asimismo el periodo de los datos (fecha) y las concentraciones de PM 2.5.

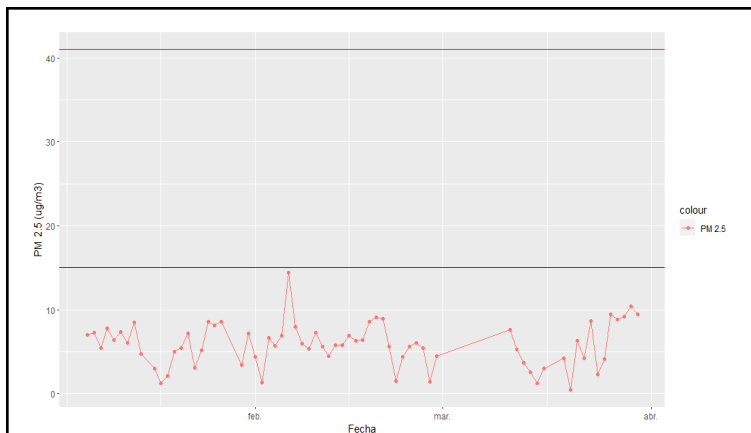


Figura 16. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N2 - Libramiento norte

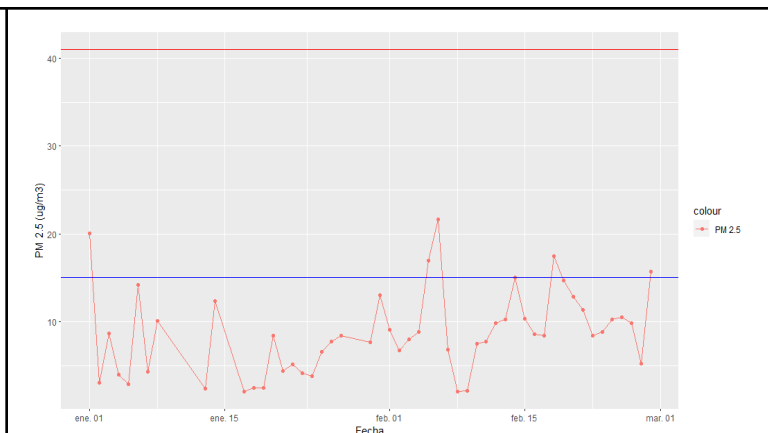


Figura 17. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N3 - Jardín Angel Cesar M. A.

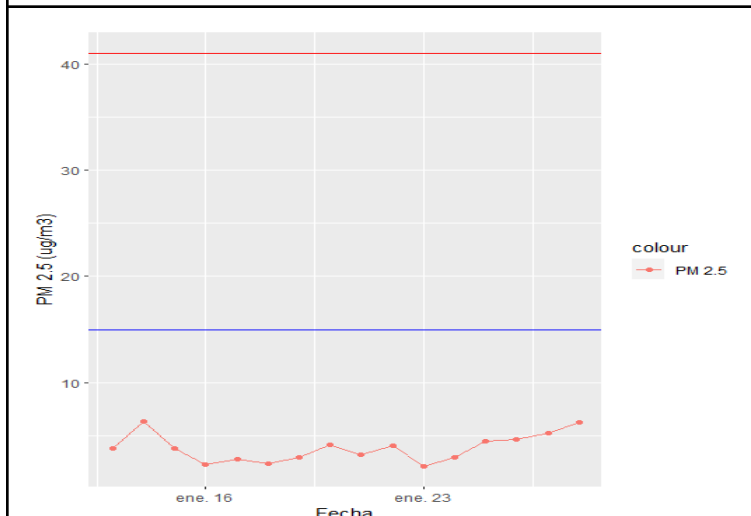


Figura 18. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N4 - Jardín Domingo Carballo Felix

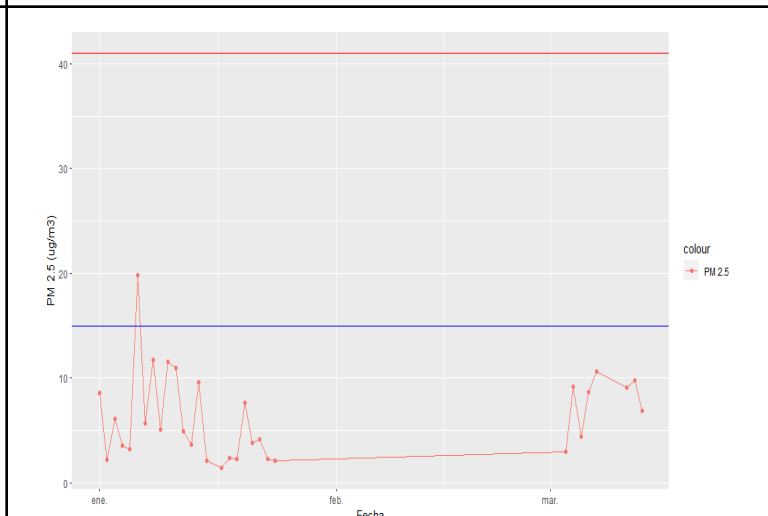


Figura 19. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N5 - Preparatoria CBTIS 230

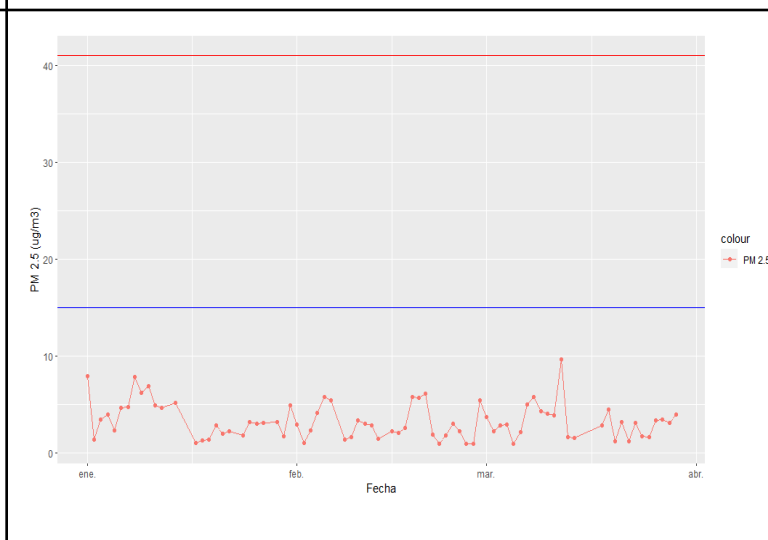
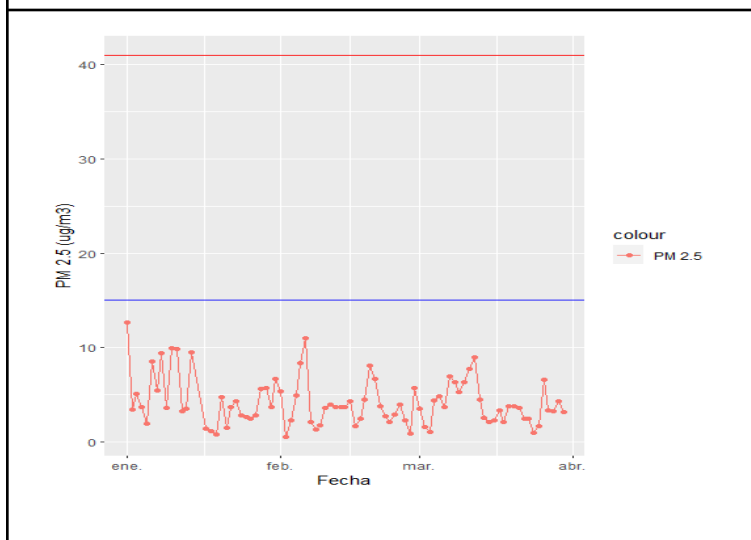


Figura 20. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N6 - Marina La Paz

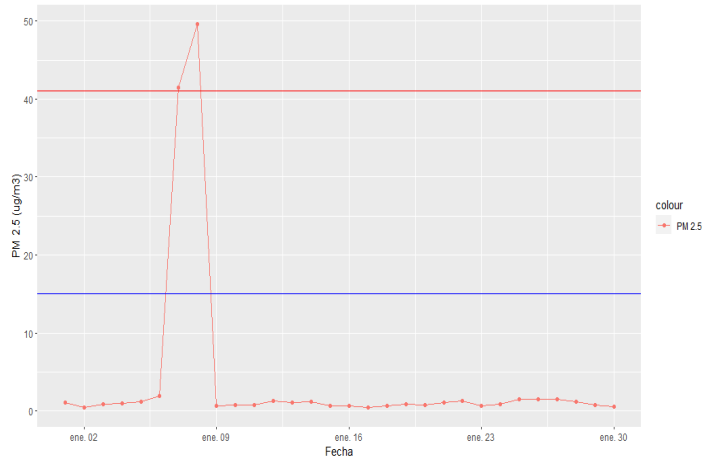


Figura 22. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N9 - Pedregal

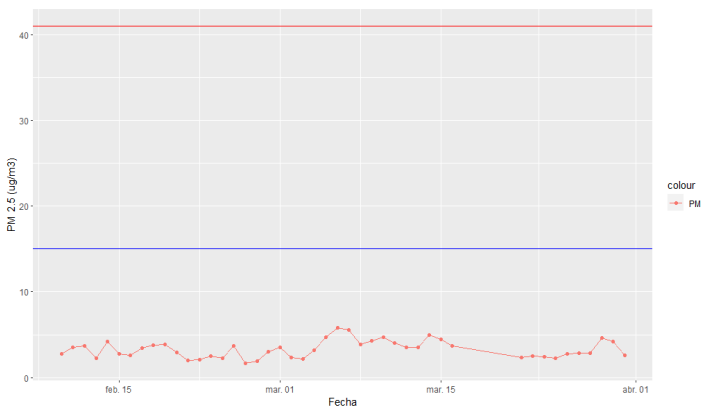


Figura 24. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N11 - Telesecundaria N°49

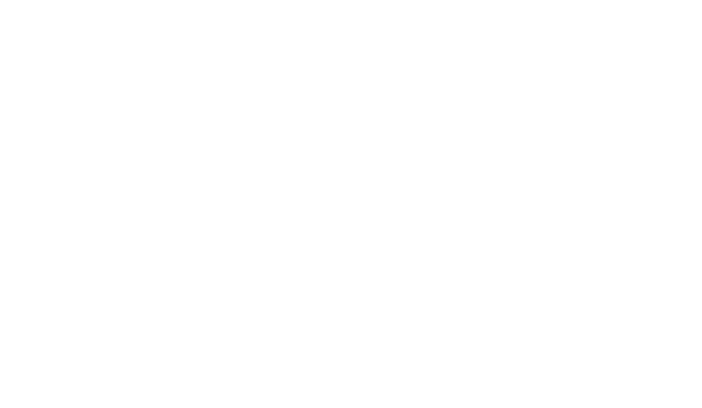


Figura 21. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N7 - Preparatoria CETMAR

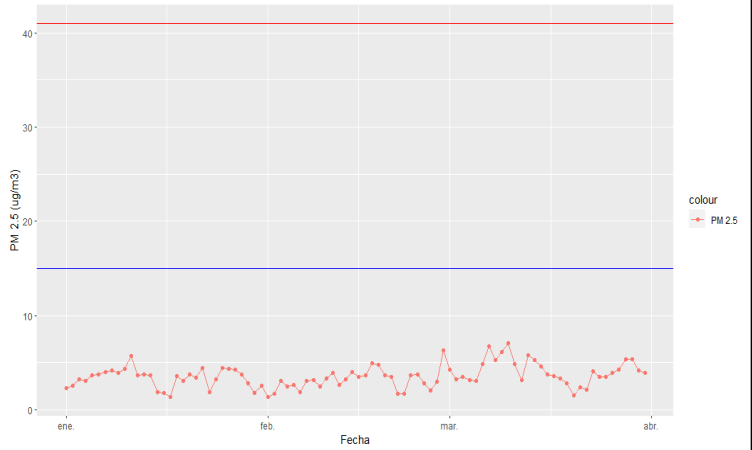


Figura 23. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N10 - Jardín Fundación La Paz

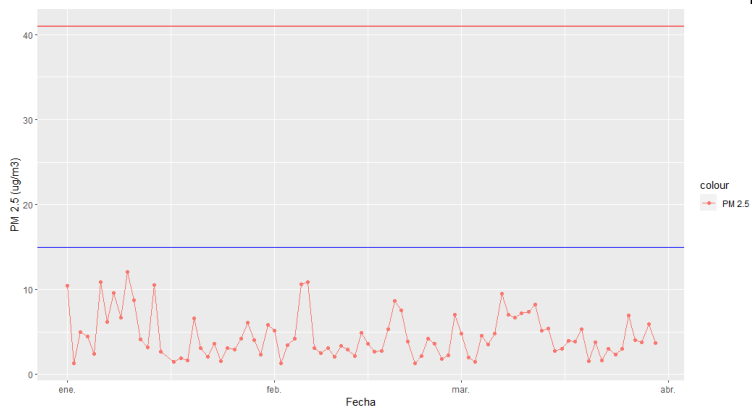


Figura 25. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N12 - Preparatoria Morelos





Figura 26. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N13 - Primaria Julieta Castro Hieras

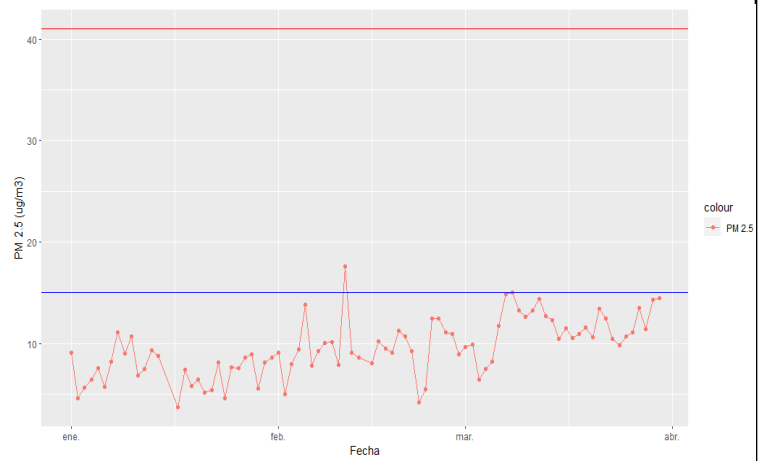


Figura 27. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N15 - Cabo Insurance

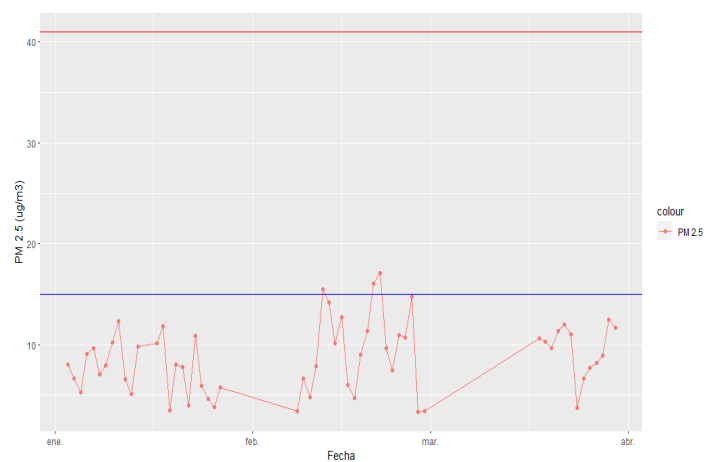


Figura 28. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N16 - Interceramic Los Cabos

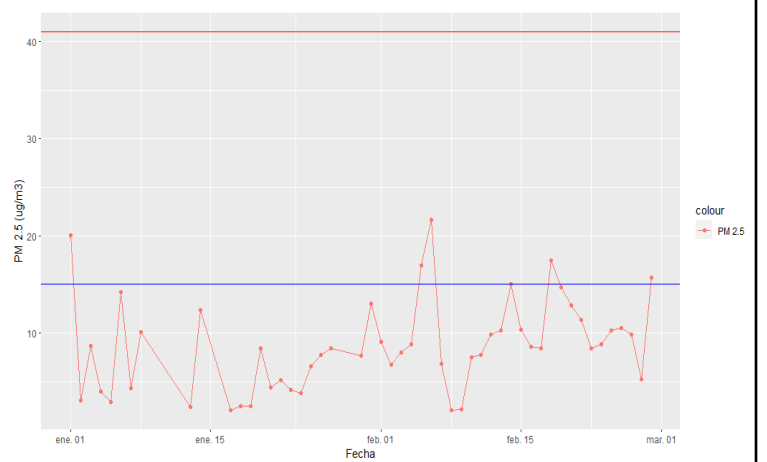


Figura 29. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación N 18 - AMC

2.2 Monitoreo CFE

Se realizó un resumen estadístico con información de las casetas de monitoreo de CFE, recopilada a través de herramientas de transparencia. La información data del período enero - marzo del 2023, con un total de 3 casetas ubicadas en diferentes puntos de la ciudad, sin embargo, el presente documento analizará la información en dos partes: primeramente, comparar las concentraciones con las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y sus lineamientos, y como segunda etapa se analizará la tendencia de datos históricos, con el fin de ver pendientes positivas o negativas a futuro.

Actualmente Comisión Federal de Electricidad (CFE), cuenta con 3 estaciones de monitoreo en la ciudad de La Paz instaladas en 2005 y funcionando hasta la actualidad, estas estaciones miden constantemente SO₂, NO_x y O₃, así mismo, se cuenta con un equipo manual en el que se miden partículas de tamaño menor o igual a 10 micras (PM₁₀), la estación 1 (E1) se encuentra al lado norte de la central termoeléctrica Punta Prieta, las estaciones 2 (E2) y 3 (E3), se encuentran dentro de la zona urbana de la ciudad de La Paz (figura 6).

Estaciones de monitoreo de CFE

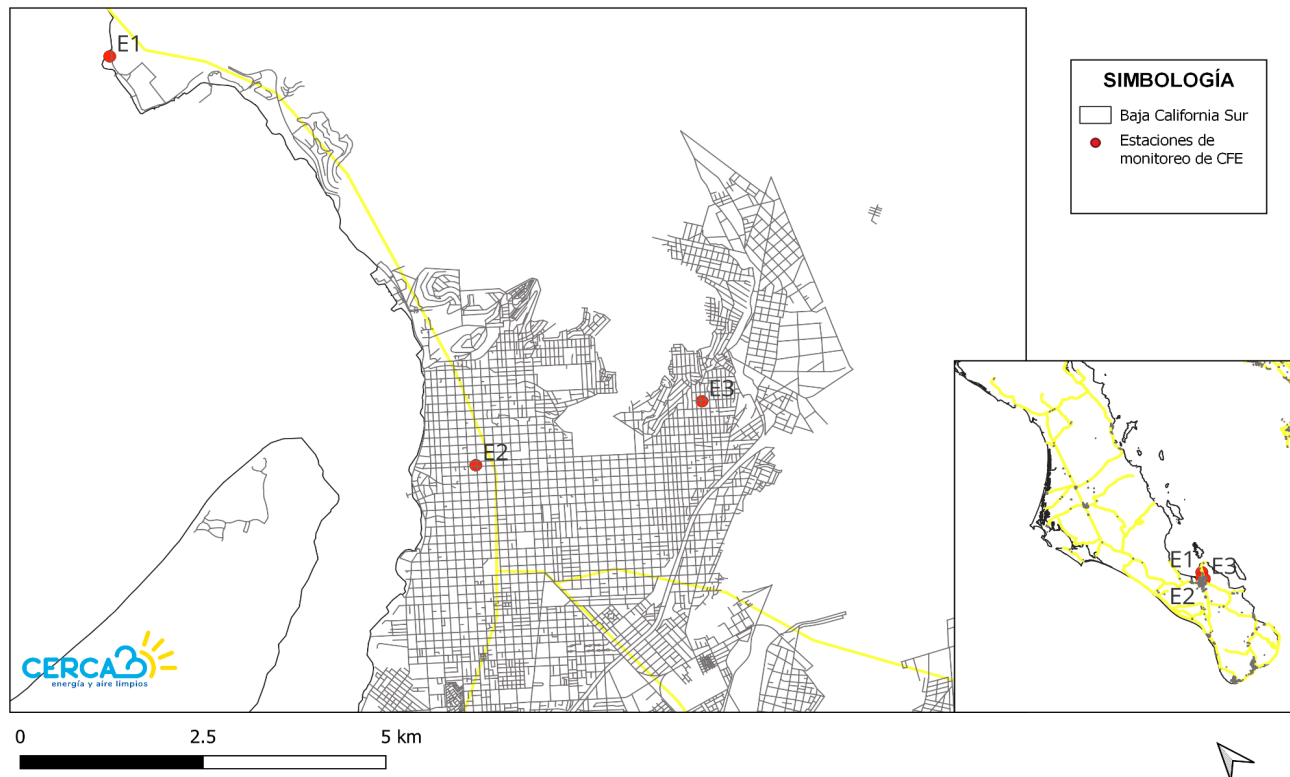


Figura 30. Distribución de estaciones de monitoreo CFE (Lt. Consulting, 2018)

2.2.1 Evaluación del material particulado (PM10)

Tabla 5. Evaluación de incumplimientos en datos diarios para PM10

Estación	Cantidad de días evaluados	Días que rebasan los niveles	
		NOM	OMS
E1	106	0	5
E2	108	2	84
E3	106	28	106

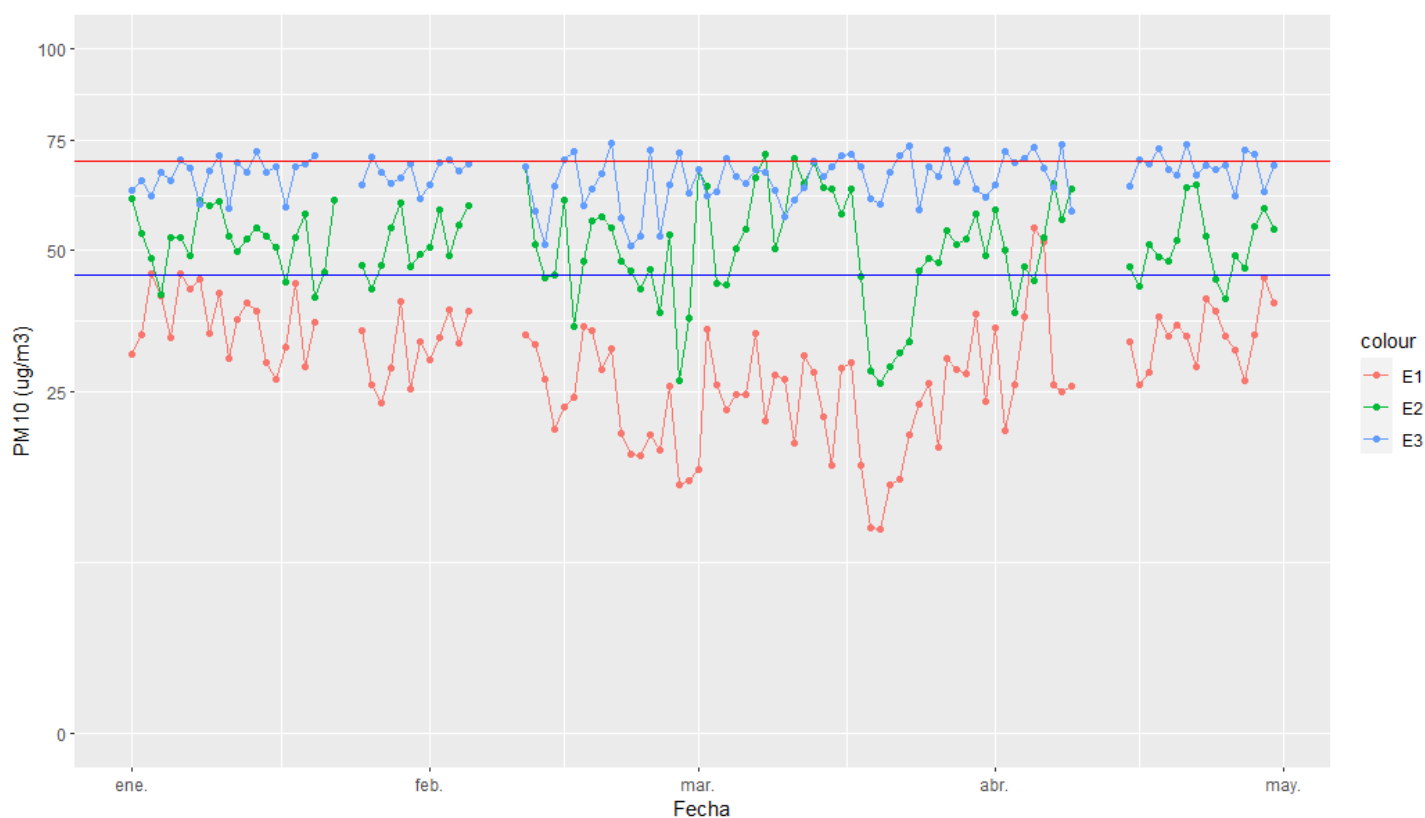


Figura 31. Serie de tiempo de PM10 para las tres estaciones de CFE

2.2.2 Evaluación del dióxido de azufre (SO₂)

Tabla 6. Evaluación de incumplimientos en datos diarios para SO₂

Estación	Cantidad de días evaluados	Días que rebasan los niveles	
		NOM	OMS
E1	110	0	5
E2	110	0	9
E3	110	0	0



Figura 32. Serie de tiempo de SO₂ para las tres estaciones de CFE

2.2.3 Evaluación del ozono (O3)

Tabla 7. Evaluación de incumplimientos en datos diarios para O3

Estación	Cantidad de días evaluados	Días que rebasan los niveles	
		NOM	OMS
E1	110	0	12
E2	110	0	3
E3	110	0	56



Figura 33. Serie de tiempo de O3 para las tres estaciones de CFE

2.2.4 Evaluación del dióxido de Nitrógeno (NO2)

Tabla 8. Evaluación de incumplimientos en datos diarios para NO2

Estación	Cantidad de días evaluados	Días que rebasan los niveles
		OMS
E1	110	39
E2	110	98
E3	110	70



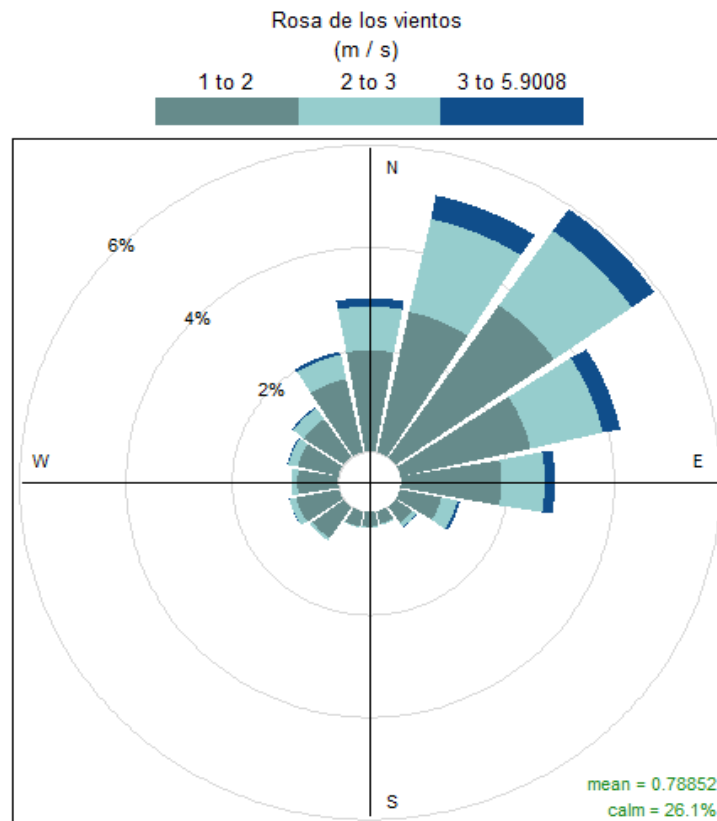
Figura 34. Serie de tiempo del NO2 para las tres estaciones de CFE

3 Meteorología

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 “Ambient Weather Network”, la información histórica fue recolectada de la estación meteorológica denominada “La Paz”, ubicada en la colonia Agua escondida de La Paz. En la figura 35 se presenta un gráfico rosa de los vientos, utilizado comúnmente para representar el comportamiento del viento tanto en su dirección como velocidad.

3.1 Viento

Para el análisis de viento se utilizó la denominada rosa de los vientos (figura 35) en dónde se puede ver que la mayor frecuencia de vientos se presentó al noroeste con una velocidad máxima de 5.9 m/s en el periodo enero - marzo.



Frequency of counts by wind direction (%)

Figura 35. Comportamiento del viento para el trimestre octubre- diciembre 2022

3.2 Temperatura

El comportamiento del clima que se presentó de enero a marzo del 2023 en la ciudad de La Paz, presentó una mínima de 8.49°C, una máxima de 33.99°C en el mes de marzo y una media de 19.74°C en el trimestre enero-febrero-marzo, se presenta una tendencia alcista.

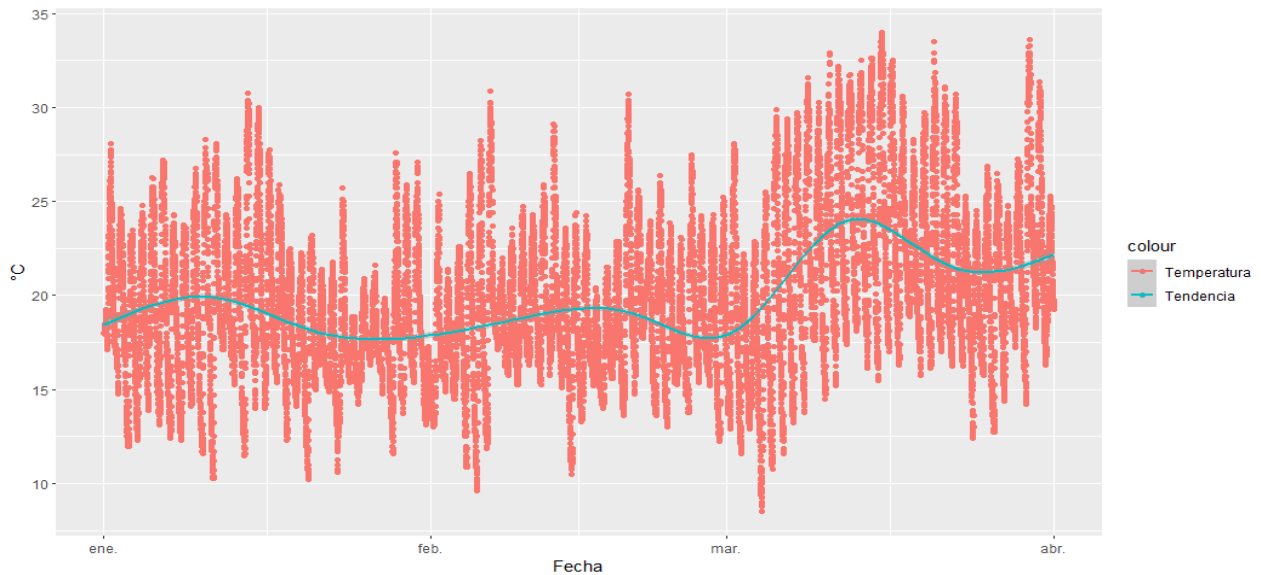


Figura 36. Comportamiento de la temperatura para el trimestre octubre- diciembre de 2022

3.3 Humedad

En la figura 37 se muestra la humedad relativa presentándose mínimos de 14 % y máximos de hasta 98% , y una tendencia bajista en el periodo enero-marzo 2023.

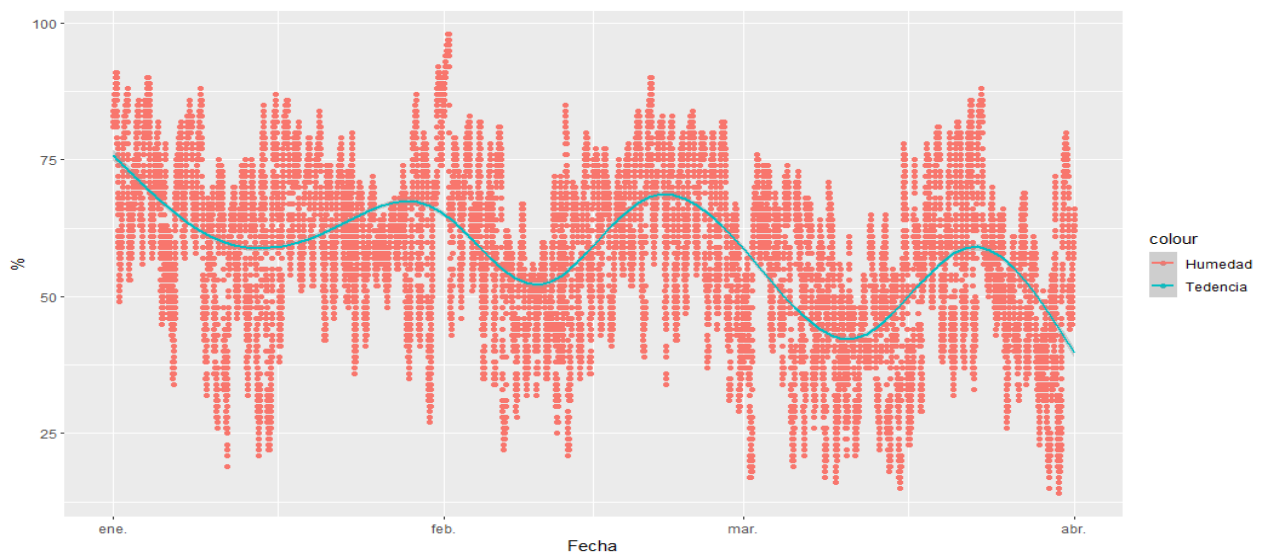


Figura 37. Comportamiento de la humedad para el trimestre octubre- diciembre de 2022

3.4 Presión

En la figura 38 se muestra la presión absoluta, presentándose mínimos de 29.77 inHg y máximos de hasta 30.17 inHg en el periodo de tiempo analizado, con una tendencia a decrecer, esto puede deberse a los cambios de temperatura.



Figura 38. Comportamiento de la presión en el trimestre julio-septiembre de 2022

4 Referencias

Bermúdez- Contreras, A., Ivanova, A., & Martínez, J. TO. (2017). Polluting Emissions in the City of La Paz, Mexico: Emissions Inventory and Monitoring Data. *Current Urban Studies*, 5, 54-67.

CICIMAR-IPN, 2013. Reporte SIP20113161. Evaluación geoquímica del material eólico de la ciudad de La Paz, como posible fuente de aporte a la cuenca sedimentaria marina Alfonso, Bahía de la paz, BCS, México

COFEPRIS. (2017). Clasificación de los contaminantes del aire ambiente. Retrieved June 2, 2021, from <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/2-clasificacion-de-los-contaminantes-del-aire-ambiente>

INEGI. (2020). Población. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/#Tabulados>

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

National Research Council. (n.d.). CDC - Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations (IDLH): Nitrogen dioxide - NIOSH Publications and Products. Retrieved June 21, 2021, from <https://www.cdc.gov/niosh/idlh/10102440.html>

Council, N. R. (n.d.). CDC - Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations (IDLH): Ozone - NIOSH Publications and Products. Retrieved June 21, 2021, from <https://www.cdc.gov/niosh/idlh/10028156.html>

Organización Mundial de la Salud. (2016). Calidad del aire ambiente (exterior) y salud. Retrieved October 17, 2019, from Nota descriptiva website: [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)

ProAire (2018) Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Baja California Sur, México; Baja California Sur . Recuperado el 05 mayo de 2021 a partir de https://setuesbcs.gob.mx/sustentabilidad/25_proaire_baja_california_sur.pdf

SDEMARN (2016). Datos básicos de Baja California Sur. Gobierno del Estado de Baja California Sur.

SEMARNAT. (2013). Calidad del aire: Una práctica de vida. In Cuadernos de divulgación ambiental (Vol. 39).

Velasco García, JA (2009). Ambientes geológicos costeros del litoral de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. CICIMAR - Instituto Politécnico Nacional