



Reporte anual de calidad del aire en La Paz B.C.S. 2022

Departamento de Salud y Calidad Ambiental

Junio de 2023
Ing. Rodrigo Rangel Rodríguez
Lic. Cristina Carolina Carbajal Aguilar

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 enero a diciembre de 2022, por lo tanto, en el presente documento se muestran los resultados del reporte anual de monitoreo de la calidad del aire de la red ciudadana, así como los datos recopilados de las casetas de monitoreo de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para el año 2022.

El estudio realizado contempla únicamente material particulado (PM10 y PM2.5), para el caso de la red de monitoreo de CERCA, por otro lado, se analizan los datos de las casetas de monitoreo pertenecientes a CFE, las cuales monitorean dióxido de azufre, ozono, material particulado y dióxido de nitrógeno.

Dicho estudio se llevó a cabo se llevó a cabo por la Asociación Civil: Centro de Energía Renovable y Calidad Ambiental (CERCA), ubicada sobre la colonia Las Palmas en La Paz, B.C.S. CERCA ha trabajado en temas de calidad del aire para la ciudad de La Paz, B.C.S. desde el año 2016, presentando la primera red de monitoreo ciudadana, participando en el inventario de emisiones y en el estudio ProAire BCS 2018-2027, convirtiéndose en una de las principales instituciones enfocadas en el monitoreo y supervisión de la contaminación atmosférica en la localidad.

Índice

1 Introducción	5
1.2 Descripción de la zona de estudio (La Paz, Baja California Sur).	6
1.3 Normatividad	6
1.3.1 Normas oficiales mexicanas	7
1.3.2 Recomendaciones de la OMS y otras recomendaciones	7
2.1 Red de monitoreo CERCA	8
2.1.1 Análisis y evaluación del PM10	9
2.1.2. Promedios anuales	10
2.1.3 Análisis y evaluación del PM2.5	10
2.1.3.1 Promedios anuales	11
2.2 Análisis de las estaciones de monitoreo de la red de CERCA.	12
2.2.1 Análisis de estación “N1”- Gustavo Diaz Ordaz	13
2.2.2. Análisis de estación “N2”- Libramiento Norte	16
2.2.3 Análisis de estación “N3”-ACMA	20
2.2.4 Análisis de estación “N4”-Jardín Domingo Carballo Felix	23
2.2.5. Análisis de estación “N5”- CBTIS 230	26
2.2.6. Análisis de estación “N6”- Marina La Paz	29
2.2.7. Análisis de estación “N7”- CETMAR	32
2.2.8. Análisis de estación “N8”- Centro	35
2.2.9. Análisis de estación “N9”- Pedregal	38
2.2.10. Análisis de estación “N10”- Jardín Fundación La Paz	41
2.2.11 Análisis de estación “N11”- Telesecundaria N°49	44
2.2.12. Análisis de estación “N12”- Preparatoria Morelos	47
2.2.13. Análisis de estación “N13”-Primaria Julieta Castro Hieras	50
2.2.14. Análisis de estación “N15”- Cabo Insurance	53
2.2.15. Análisis de estación “N16”- Interceramic	56
2.2.16. Análisis de estación “N17”- San Buto	59
2.2.17. Análisis de estación “N21”- Universidad Autónoma de Baja California Sur	62
2.3 Monitoreo CFE	65
2.3.1 Evaluación del material particulado (PM10)	66
2.3.2.1 Promedios diarios	66
2.3.1.2 Promedios anuales	66
2.3.2 Evaluación del dióxido de azufre (SO2).	68
2.3.2.1 Promedios diarios	68
2.3.3 Evaluación del ozono (O3)	70

2.3.2.1 Promedios diarios	70
2.2.4 Evaluación del dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	71
2.3.2.1 Promedios diarios	71
2.3.2.1 Promedios anuales	71
3 Incidencias	73
4 Meteorología	78
4.1 Viento	78
4.2 Temperatura	80
4.3 Humedad	80
4.4 Presión barométrica	81
5 Conclusión	81
6 Referencias	82

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1 Distribución de la red de monitoreo ciudadana	11
Ilustración 2 Time variation de promedios diarios PM10 y PM2.5 para N1	17
Ilustración 3 Viento vs concentración PM2.5 para N1	17
Ilustración 4 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N1	18
Ilustración 5 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N1	18
Ilustración 6 Calendario de PM2.5 para N1	18
Ilustración 7 Calendario de PM10 para N1	18
Ilustración 8 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N2	20
Ilustración 9 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N2	20
Ilustración 10 Calendario de PM2.5 para N2	20
Ilustración 11 Calendario de PM10 para N2	20
Ilustración 12 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N2.	21
Ilustración 13 Viento vs concentración PM2.5 Y PM10 para N2	21
Ilustración 14 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N3.	23
Ilustración 15 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N3.	23
Ilustración 16 Calendario de PM2.5 para N3.	23
Ilustración 17 Calendario de PM10 para N3.	23
Ilustración 18 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N2.	24
Ilustración 19 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N2.	24
Ilustración 20 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N4.	26
Ilustración 21 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N4.	26
Ilustración 22 Calendario de PM2.5 para N4.	26
Ilustración 23 Calendario de PM10 para N4.	26
Ilustración 24 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N4	27
Ilustración 25 Viento vs concentración PM2.5 para N4.	27
Ilustración 26 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N5.	29
Ilustración 27 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N5.	29
Ilustración 28 Calendario de PM2.5 para N5.	29
Ilustración 29 Calendario de PM10 para N5.	29
Ilustración 30 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N5.	30
Ilustración 31 Viento vs concentración PM2.5 y PM10 para N5.	30
Ilustración 32 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N6.	32
Ilustración 33 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N6.	32
Ilustración 34 Calendario de PM2.5 para N6.	32
Ilustración 35 Calendario de PM10 para N6.	32
Ilustración 36 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N6	33
Ilustración 37 Viento vs concentración PM2.5 y PM10 para N6	33
Ilustración 38 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N7.	35
Ilustración 39 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N7.	35
Ilustración 40 Calendario de PM2.5 para N7.	35
Ilustración 41 Calendario de PM10 para N7.	35
Ilustración 42 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N7.	36
Ilustración 43 Viento vs concentración PM2.5 y PM10 para N7	36

Ilustración 44 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N8.	38
Ilustración 45 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N8.	38
Ilustración 46 Calendario de PM2.5 para N8.	38
Ilustración 47 Calendario de PM0 para N8.	38
Ilustración 48 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N8.	39
Ilustración 49 Viento vs concentración PM2.5 y PM10 para N8.	39
Ilustración 50 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N9.	41
Ilustración 51 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N9.	41
Ilustración 52 Calendario de PM2.5 para N9.	41
Ilustración 53 Calendario de PM10 para N9.	41
Ilustración 54 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N9.	42
Ilustración 55 Viento vs concentración PM2.5 Y PM10 para N9.	42
Ilustración 56 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N10.	44
Ilustración 57 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N10.	44
Ilustración 58 Calendario de PM2.5 para N10.	44
Ilustración 59 Calendario de PM10 para N10.	44
Ilustración 60 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N10.	45
Ilustración 61 Viento vs concentración PM2.5 para N10.	45
Ilustración 62 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N11.	46
Ilustración 63 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N11.	47
Ilustración 64 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N11.	47
Ilustración 65 Calendario de PM2.5 para N11.	47
Ilustración 66 Calendario de PM10 para N11.	47
Ilustración 67 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N12.	49
Ilustración 68 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N12.	49
Ilustración 69 Calendario de PM2.5 para N12	49
Ilustración 70 Calendario de PM10 para N12.	49
Ilustración 71 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N12.	50
Ilustración 72 Viento vs concentración PM2.5 para N12.	50
Ilustración 73 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N13.	52
Ilustración 74 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N13.	52
Ilustración 75 Calendario de PM2.5 para N13.	52
Ilustración 76 Calendario de PM10 para N13.	52
Ilustración 77 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N13.	53
Ilustración 78 Viento vs concentración PM2.5 para N13.	53
Ilustración 79 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N15.	55
Ilustración 80 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N15.	55
Ilustración 81 Calendario de PM2.5 para N15.	55
Ilustración 82 Calendario de PM10 para N15.	55
Ilustración 83 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N15.	56
Ilustración 84 Viento vs concentración PM2.5 para N15.	56
Ilustración 85 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N16	58
Ilustración 86 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N16.	58
Ilustración 87 Calendario de PM2.5 para N16.	58

Ilustración 88 Calendario de PM10 para N16.	58
Ilustración 89 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N16.	59
Ilustración 90 Viento vs concentración PM2.5 y PM10 para N16.	59
Ilustración 91 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N17.	60
Ilustración 92 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N17.	61
Ilustración 93 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N17.	61
Ilustración 94 Calendario de PM2.5 para N17.	61
Ilustración 95 Calendario de PM10 para N17.	61
Ilustración 96 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N21.	63
Ilustración 97 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N21.	63
Ilustración 98 Calendario de PM2.5 para N21.	63
Ilustración 99 Calendario de PM10 para N21.	63
Ilustración 100 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N21.	64
Ilustración 101 Viento vs concentración PM2.5 para N21.	64
Ilustración 102 Distribución de estaciones de monitoreo CFE	65
Ilustración 103 Serie de tiempo de PM10	66
Ilustración 104 Calendario caseta 2 de PM10	67
Ilustración 105 Calendario caseta 1 de PM10	67
Ilustración 106 Calendario caseta 3 de PM10	67
Ilustración 107 Serie de tiempo de SO2	68
Ilustración 108 Calendario caseta 2 de SO2	69
Ilustración 109 Calendario caseta 1 de SO2	69
Ilustración 110 Calendario caseta 3 de SO2	69
Ilustración 111 Serie de tiempo de O3.	70
Ilustración 112 Serie de tiempo de NO2.	71
Ilustración 113 Calendario caseta 2 de NO2	72
Ilustración 114 Calendario caseta 1 de NO2	72
Ilustración 115 Calendario caseta 3 de NO2.	72
Ilustración 116 Fotografía tomada desde la bahía de La Paz, BCS.	73
Ilustración 117 Incendio de nave industrial de CFE (El sudcaliforniano, 2022).	73
Ilustración 118 Incendio de relleno sanitario de La Paz BCS (peninsulasurdigital,2022)	74
Ilustración 119 Incendio de relleno sanitario de La Paz BCS (diariohumano,2022).	74
Ilustración 120 Incendio de relleno sanitario de La Paz BCS (Roldán L. ,2022)	74
Ilustración 121 Incendio de relleno sanitario de La Paz BCS (Green R. ,2022)	75
Ilustración 122 Fotografía de incendio no identificado.	75
Ilustración 123 Fotografía de humo gris/negro de incendio no identificado.	75
Ilustración 124 Fotografía de incendio no identificado, humo gris.	76
Ilustración 125 Incendio de embarcación.	76
Ilustración 126 Incendio de negocio de negocio Modatelas (bcs noticias, 2022)	76
Ilustración 127 Incendio de negocio de negocio Modatelas (bcs noticias, 2022)	77
Ilustración 128 Comportamiento del viento primavera	78
Ilustración 129 Comportamiento del viento otoño	78
Ilustración 130 Comportamiento del viento verano	78
Ilustración 131 Comportamiento del viento invierno	78

Ilustración 132 Temperatura.	79
Ilustración 133 Humedad.	79
Ilustración 134 Presión barométrica	80

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 y estas emiten diferentes sustancias que pueden provocar daños sobre los seres vivos 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, debido a que las variaciones del clima (viento y temperatura) afectan el movimiento y la 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 rápido crecimiento poblacional y una planeación urbana deficiente, de manera que se ha observado un incremento en las emisiones, dando como resultado la afectación de la calidad de aire en la ciudad, principalmente por la emisión de gases vehiculares, 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 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)	NOM-020-SSA1-2021	0.090 ppm - promedio de 1 hora 0.065 ppm - promedio móvil de 8 horas
*Las especificaciones descritas en la tabla son únicamente las aplicables para los contaminantes y tipos de datos disponibles (promedios)		

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

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 las guías de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Posteriormente se presenta el análisis de los datos presentados en calendarios en los que se identifican los días en los que sobrepasan los valores de las NOM y las recomendaciones de la OMS, también se presentan análisis de los días y horas más relevantes, así como su relación con la dirección del viento.

2.1 Red de monitoreo CERCA

En la figura 1 se observa que la red de monitoreo de CERCA consta de 14 monitores instalados dentro de la ciudad de La Paz, dos en el municipio de Los Cabos y uno en el municipio de Comondú, dentro de estas se encuentran también, dos estaciones meteorológicas. Los monitores son de la marca PurpleAir PA-II-SD y LufDaten; estos dos modelos monitorean material particulado PM10 y PM2.5.

RED DE MONITOREO CIUDADANO DE LA CALIDAD DEL AIRE 2022

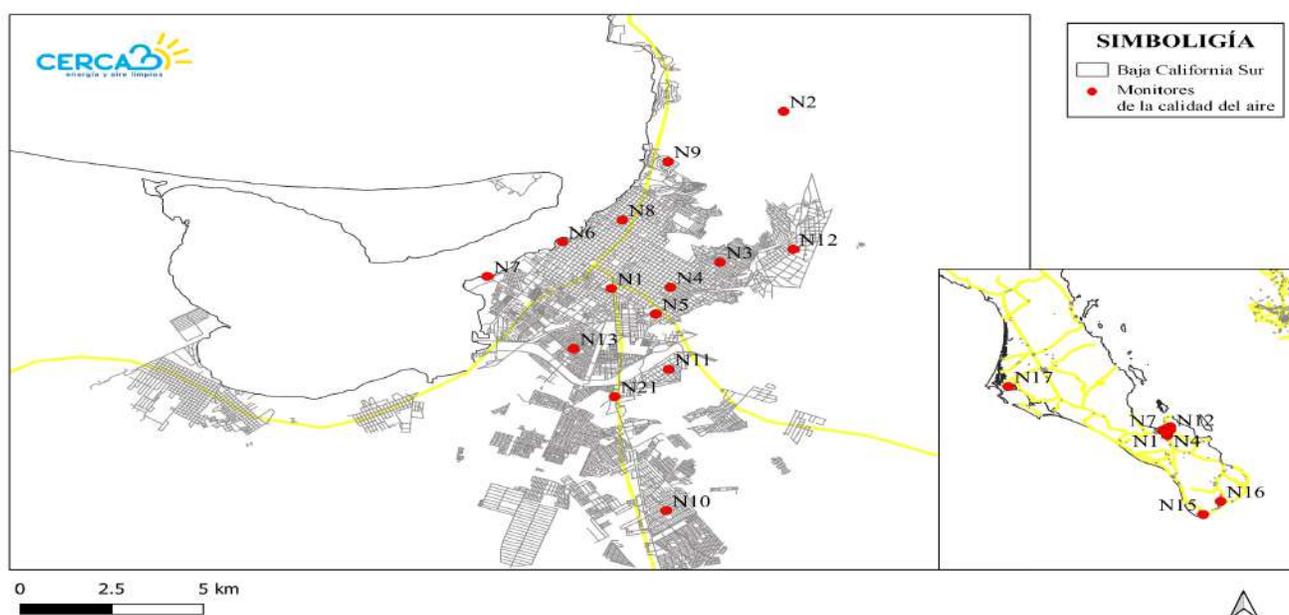


Ilustración 1 Distribución de la red de monitoreo ciudadana

2.1.1 Análisis y evaluación del PM10

A continuación, se presenta el análisis del contaminante criterio PM10, en donde se muestra la evaluación y análisis de la red de monitoreo ciudadano, tomando como base las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

2.1.1.1 Evaluación de promedios diarios

A partir de los datos diarios de 2022 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 (Tabla 2) para el mismo promedio.

En la Tabla 3 se puede observar que dos estaciones superaron los valores normados y 7 las recomendaciones de la OMS, sin embargo, hay que considerar que para algunas estaciones no se cuenta con el periodo completo.

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
N1- Gustavo DO	198	184	1	1
N2- Libramiento norte	166	154	0	0
N3- ACMA	110	95	0	0
N4- Carballo Felix	93	93	0	11
N5- CBTIS 230	93	83	0	0
N6- Marina	314	309	0	1
N7- CETMAR	176	160	0	1
N8- Centro	262	256	0	0
N9- Pedregal	353	345	1	1
N10- Jardín LPZ	282	275	0	0
N11- Sec 49	52	46	0	1

N12- Morelos	294	235	0	0
N13- Primaria Julieta Castro Hieras	205	204	0	0
N15- Cabo insurance	30	28	0	0
N16- Interceramic	10	8	0	0
N17 -San Buto	158	154	0	5
N21- UABCS	178	139	0	0

2.1.1.2 Evaluación de promedios anuales

A continuación, se presenta la evaluación de los promedios anuales para cada una de las estaciones de monitoreo de la red de CERCA para PM10, estas fueron evaluadas basados en las especificaciones presentadas en la NOM-025-SSA1-2021 (Tabla 1), en los que se evalúa sobre el criterio de completación de 75% por trimestre, tomando en cuenta únicamente el promedio anual si se cuenta con al menos tres trimestres válidos. En la Tabla 4 se presentan banderas identificatorias para los datos inválidos y para el caso en el que se cuenta con la información necesaria para la evaluación, se indica el número de trimestres válidos que se utilizaron, el promedio anual y su comparación contra la NOM y OMS.

Tabla 4. Evaluación de los promedios anuales de PM10 para cada estación

Estación	Validación	Promedio anual	Base de la evaluación	
			NOM	OMS
N1	DI	DI	NA	NA
N2	DI	DI	NA	NA
N3	DI	DI	NA	NA
N4	DI	DI	NA	NA
N5	DI	DI	NA	NA
N6	3 trimestres válidos	6.055	Por debajo del límite	Por debajo del límite
N7	DI	DI	NA	NA

N8	DI	DI	NA	NA
N9	4 trimestres válidos	14.635	Por debajo del límite	Por debajo del límite
N10	DI	DI	NA	NA
N11	DI	DI	NA	NA
N12	DI	DI	NA	NA
N13	DI	DI	NA	NA
N15	DI	DI	NA	NA
N16	DI	DI	NA	NA
N17	DI	DI	NA	NA
N21	DI	DI	NA	NA

*La bandera “DI” significa “dato invalido”, lo que significa que no cumple con el 75% de los datos necesarios para obtener el promedio y “NA” significa “no aplica”.

2.1.2 Análisis y evaluación del PM2.5

A continuación, se presenta el análisis del contaminante criterio PM2.5, en donde se muestra la evaluación y análisis de la red de monitoreo ciudadano, tomando como base las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

2.1.2.1 Evaluación de promedios diarios

A partir de los datos diarios de 2022 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 (Tabla 2) para el mismo promedio.

En la Tabla 5 se puede observar que 4 estaciones superaron los valores normados y 5 las recomendaciones de la OMS, sin embargo, hay que considerar que para algunas estaciones no se cuenta con el periodo completo.

Tabla 5. Evaluación de los promedios anuales de PM2.5 para cada estación

Estación	Cantidad de días evaluados	Cantidad de días válidos	Base de la evaluación	
			NOM	OMS
N1- Gustavo DO	198	184	1	37
N2- Libramiento norte	166	154	0	0
N3- ACMA	110	95	0	0
N4- Carballo Felix	93	93	0	0
N5- CBTIS 230	93	83	0	0
N6- Marina	314	309	1	2
N7- CETMAR	176	160	1	1
N8- Centro	262	256	0	0
N9- Pedregal	353	345	0	1
N10- Jardín LPZ	282	275	0	0
N11- Sec 49	52	46	0	0
N12- Morelos	294	235	0	0
N13- Primaria Julieta Castro Hieras	205	204	0	0
N15- Cabo insurance	30	28	0	0
N16- Interceramic	10	8	0	0
N17 -San Buto	158	154	4	22
N21- UABCS	178	139	0	0

2.1.2.2 Evaluación de promedios anuales

A continuación, se presenta la evaluación de los promedios anuales para cada una de las estaciones de monitoreo de la red de CERCA para PM10, estas fueron evaluadas basados en las especificaciones presentadas en la NOM-025-SSA1-2021 (Tabla 1), en los que se evalúa sobre el criterio de completación de 75% por trimestre, tomando en cuenta únicamente el promedio anual si se cuenta con al menos tres trimestres válidos. En la Tabla 6 se presentan banderas identificatorias para los datos inválidos y para el caso en el que se cuenta con la información necesaria para la evaluación, se indica el número de trimestres válidos que se utilizaron, el promedio anual y su comparación contra la NOM y OMS.

Tabla 6. Evaluación de los promedios anuales de PM2.5 para cada estación

Estación	Validación	Promedio anual	Base de la evaluación	
			NOM	OMS
N1	DI	DI	NA	NA
N2	DI	DI	NA	NA
N3	DI	DI	NA	NA
N4	DI	DI	NA	NA
N5	DI	DI	NA	NA
N6	3 trimestres válidos	5.475	Por debajo del límite	Por encima del límite
N7	DI	DI	NA	NA
N8	DI	DI	NA	NA
N9	4 trimestres válidos	3.0025	Por debajo del límite	Por debajo del límite
N10	DI	DI	NA	NA
N11	DI	DI	NA	NA
N12	DI	DI	NA	NA
N13	DI	DI	NA	NA
N15	DI	DI	NA	NA

N16	DI	DI	NA	NA
N17	DI	DI	NA	NA
N19	DI	DI	NA	NA
N21	DI	DI	NA	NA

*La bandera “DI” significa “dato invalido”, lo que significa que no cumple con el 75% de los datos necesarios para obtener el promedio y “NA” significa “no aplica.

2.2 Análisis de las estaciones de monitoreo de la red de CERCA.

A continuación se presenta el análisis estadístico de la red de monitoreo de CERCA para PM10 y PM2.5, la cual cuenta con 17 estaciones de monitoreo en el estado de Baja California Sur, así mismo se muestran los resultados por estación, primeramente la serie de tiempo y el calendario que muestra los días en que su superaron las recomendaciones de la OMS y la NOM, asimismo muestra un gráfico de variación de tiempo, y rosas de viento vs concentración, donde muestra desde donde se desplazó el material particulado.

2.2.1 Análisis de estación “N1”- Gustavo Diaz Ordaz

La estación “N1”, ubicada al lado este de la ciudad estuvo activa durante el periodo enero - octubre de 2022, esta estación presentó valores que superaron tanto la NOM como la OMS, en las figuras 2 y 3, se muestran los puntos que superan estos valores, de la misma manera se muestran los calendarios en donde se puede observar los días en los que se superaron los dos criterios, así como los días en los que no se registraron datos (figuras 4 y 5). Para el caso de esta estación, se puede observar que los días en los que se superaron los valores son mayores para el PM2.5, en donde se superó la OMS y la NOM, mientras que para PM10, se superó un solo día para los dos. En los dos contaminantes se puede observar que el día con la concentración más alta fue el 14 de febrero, día en el que se presentaron dos incidencias ambientales de contaminación atmosférica, primeramente, la falla en la Central de Combustión Interna Baja California Sur (CCI BCS) durante el 13 de febrero; por otro lado, la quema del relleno sanitario de la ciudad de La Paz, durante el mismo día y que continuará así durante al menos dos días (ver Tabla 13).

Para analizar a fondo el comportamiento de las concentraciones de PM, se hizo un análisis de tiempo (Figura 6), en donde se analizan las horas, días y meses en los que existen las concentraciones más elevadas. En este se puede observar que la hora en que las concentraciones se encuentran más elevadas son las 6:00 am - 7:00 am, sin embargo, esta tendencia es más marcada durante los días lunes, viernes y domingo; el resto de los días presentan este comportamiento de una manera significativa menor. El comportamiento semanal muestra como los días lunes presentan la mayor concentración, disminuyendo conforme avanzan los días de la semana y presentando su menor concentración el día miércoles, para incrementar el el fin de semana. Los meses en los que se presentó mayor concentración fueron mayo, julio y octubre.

La relación entre la dirección del viento y las concentraciones de un contaminante, se relacionan como un indicador de cuál es su posible fuente de origen o emisión, o si existe alguna fuente que la esté afectando principalmente, incluso si algún evento tuvo repercusiones específicas. En la figura 7 se puede observar el comportamiento de la concentración del PM10 y PM2.5 respecto a la dirección del viento, en donde la mayor cantidad de concentraciones se encuentran entre sur-sureste y oeste-suroeste (170° - 250°), sin embargo, las concentraciones más altas se encuentran entre este-sureste y oeste-suroeste (100° - 250°).

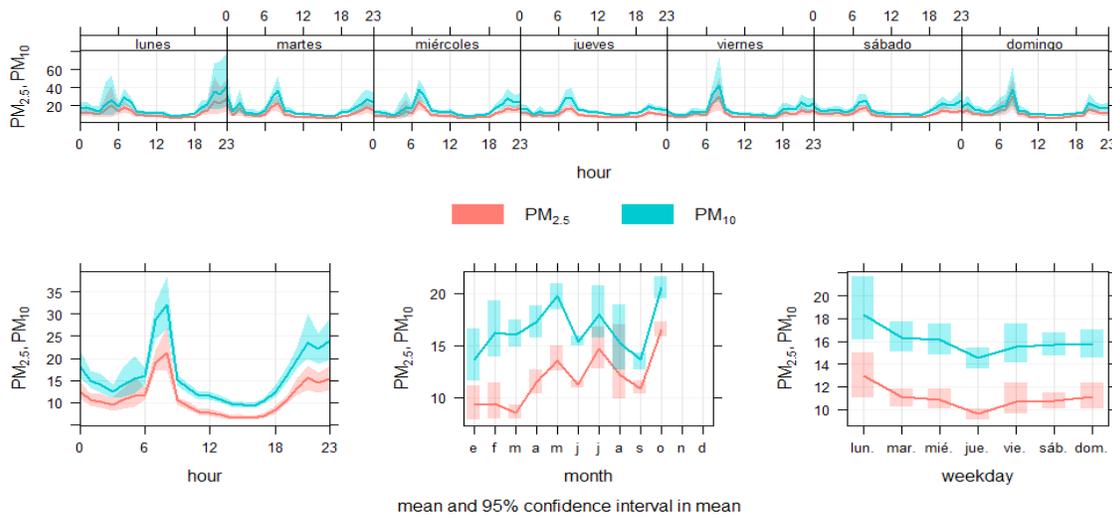


Ilustración 2 Time variation de promedios diarios PM10 y PM2.5 para N1.

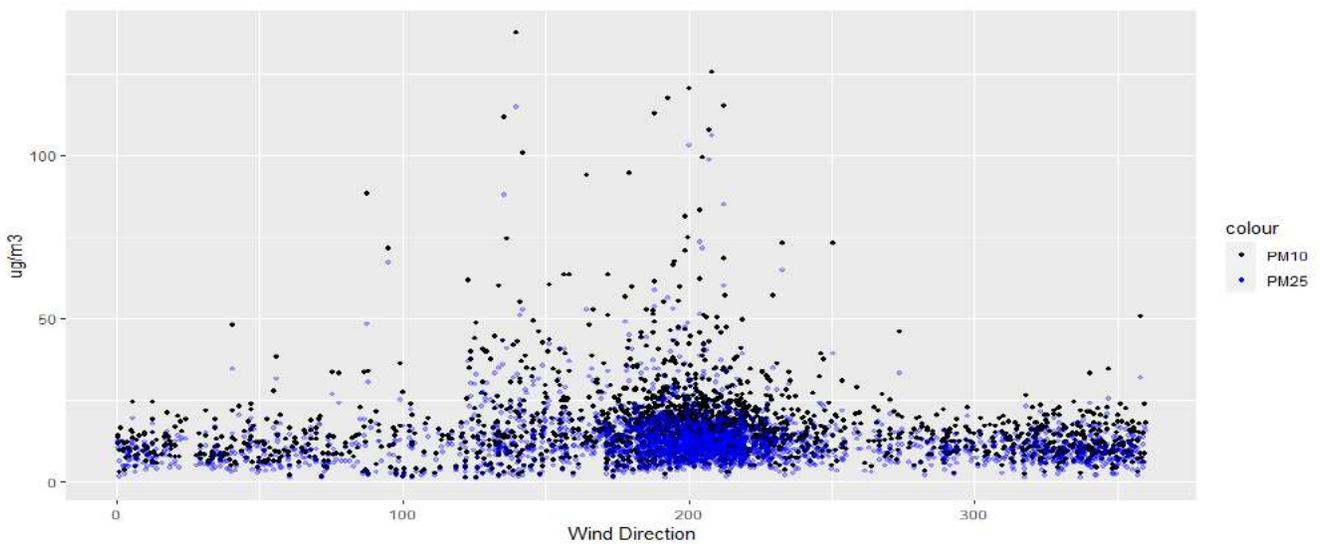


Ilustración 3 Viento vs concentración PM2.5 para N1

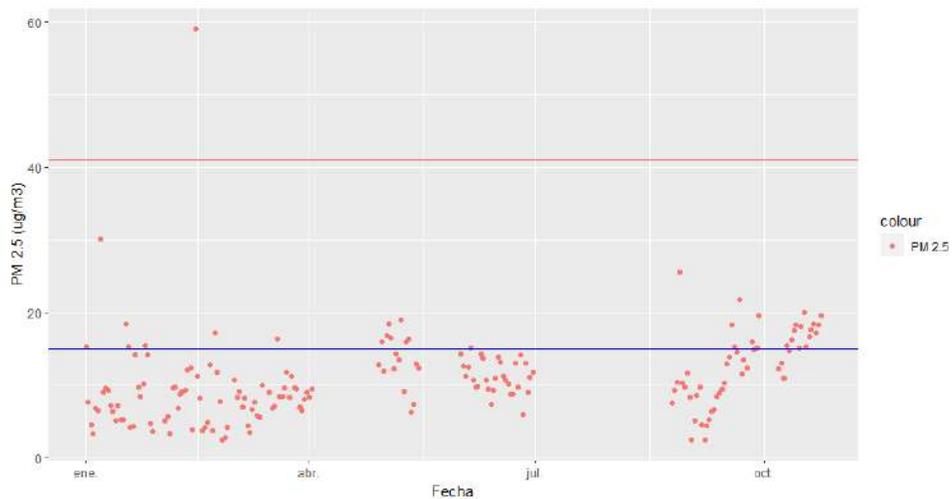


Ilustración 4 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N1

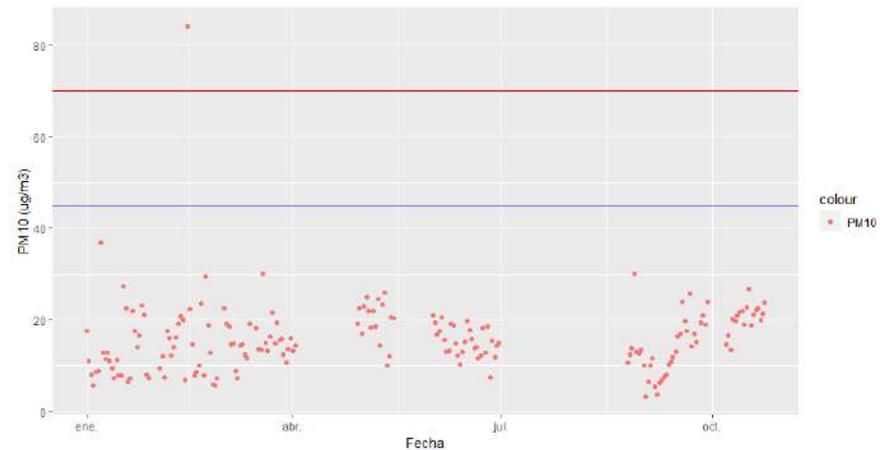


Ilustración 5 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N1

Estación N1 para PM_{2.5}

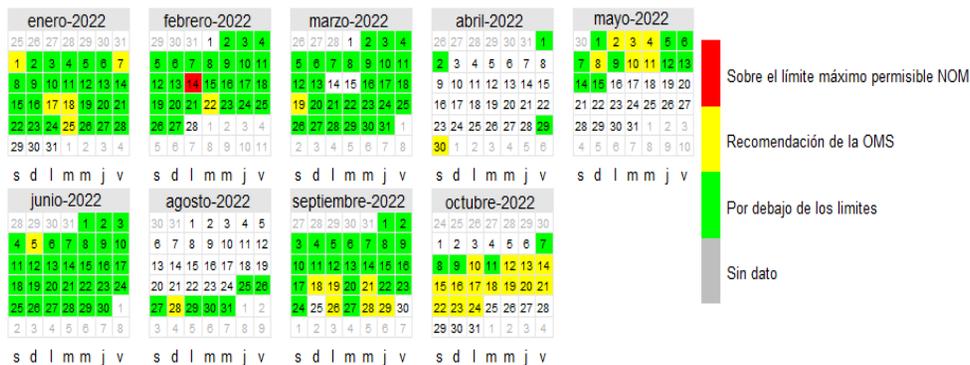


Ilustración 6 Calendario de PM2.5 para N1

Estación N1 para PM₁₀

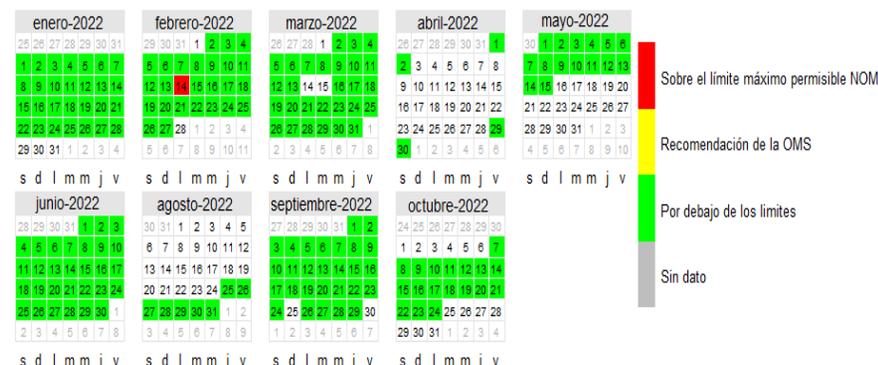


Ilustración 7 Calendario de PM10 para N1

2.2.2. Análisis de estación “N2”- Libramiento Norte

La estación “N2” estuvo activa durante el periodo mayo a diciembre de 2022, esta estación no presentó valores que superaran tanto la NOM como la OMS, en las figuras 8 y 9, se muestran los puntos de las concentraciones, de la misma manera se muestran los calendarios en donde se registran los datos de los días activos e inactivos (figuras 10 y 11). Para el caso de esta estación, se puede observar que ningún día superaron los valores recomendados por la OMS y los límites máximos permisibles por la NOM, tanto para PM10 y PM 2.5

Para analizar a fondo el comportamiento de las concentraciones de PM, se hizo un análisis de tiempo (figura 12), en donde se analizan las horas, días y meses en los que existen las concentraciones más elevadas. En este se puede observar que la hora en que las concentraciones se encuentran más elevadas son las 6:00 am - 8:00 am, sin embargo, esta tendencia se marca durante los días lunes y martes; el resto de los días presentan este comportamiento de una manera menos significativa. El comportamiento semanal muestra como los días jueves presentan la mayor concentración, disminuyendo conforme a los demás días y presentando su menor concentración en domingo y lunes. Los meses en los que se presentó mayor concentración fueron noviembre y diciembre.

La relación entre la dirección del viento y las concentraciones de un contaminante, pueden dar un indicador de cuál es su posible fuente, o si existe alguna fuente que la esté afectando principalmente, incluso si algún evento tuvo repercusiones específicas. En la figura 13 se puede observar el comportamiento de la concentración del PM10 y PM2.5 respecto a la dirección del viento, en donde la mayor cantidad de concentraciones se encuentran entre sur-sureste y oeste-suroeste (180° - 240°), sin embargo, las concentraciones más altas se encuentran entre sur-sureste y oeste-suroeste (150° - 200°).

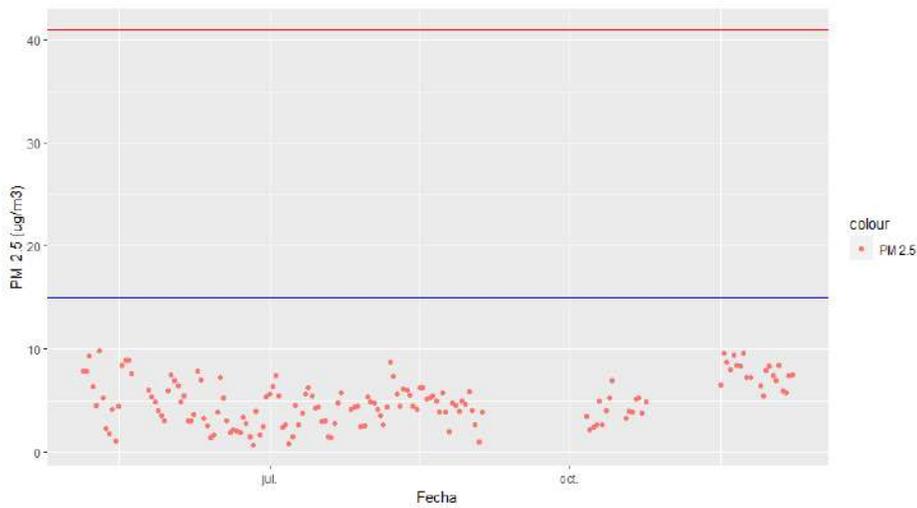


Ilustración 8 Serie de tiempo de promedios diarios de PM_{2.5} para N2

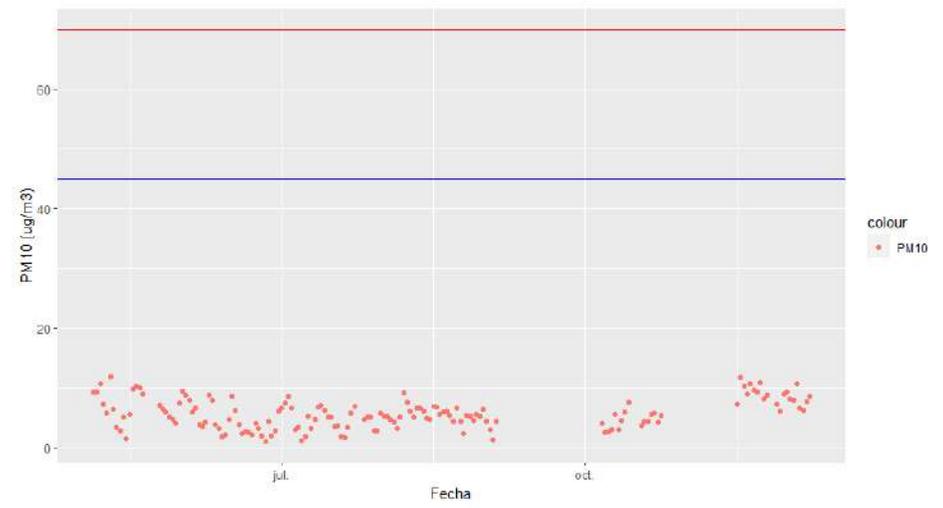


Ilustración 9 Serie de tiempo de promedios diarios de PM₁₀ para N2

Estación N2 para PM_{2.5}



Ilustración 10 Calendario de PM_{2.5} para N2

Estación N2 para PM₁₀

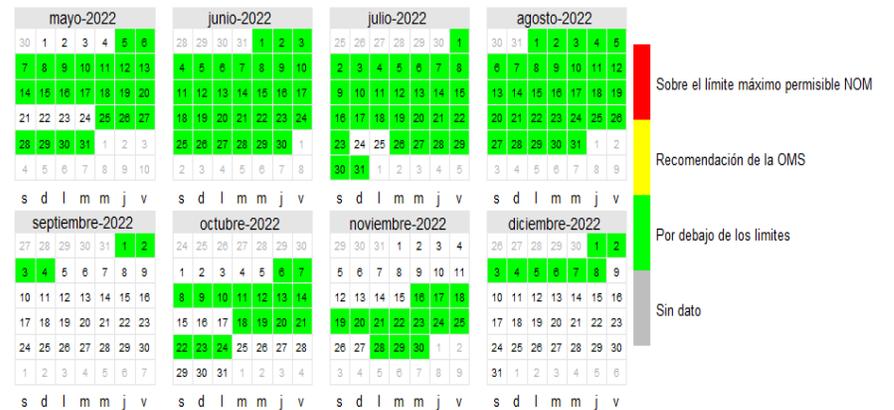


Ilustración 11 Calendario de PM₁₀ para N2

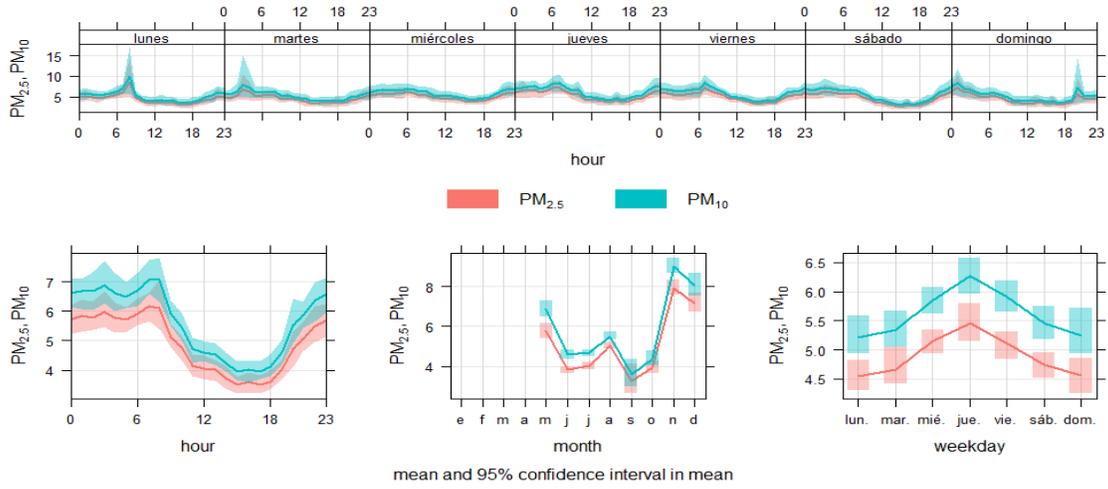


Ilustración 12 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N2.

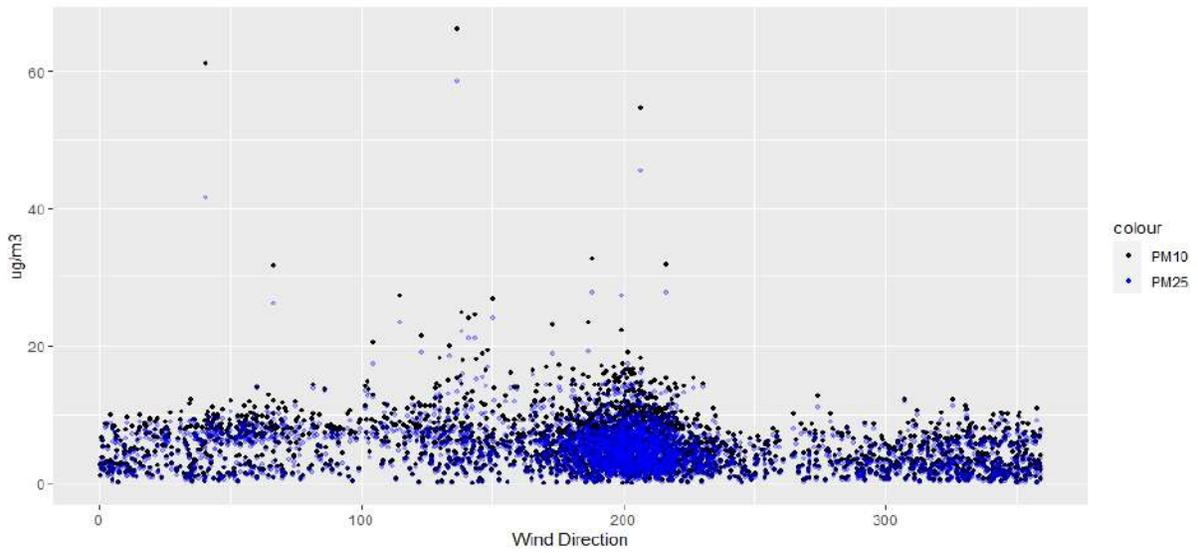


Ilustración 13 Viento vs concentración PM2.5 Y PM10 para N2

2.2.3 Análisis de estación “N3”-ACMA

La estación “N3” estuvo activa durante el periodo mayo a diciembre de 2022, esta estación no presentó valores que superaran tanto la NOM como la OMS, en las figuras 14 y 15, se muestran los puntos de las concentraciones, de la misma manera se muestran los calendarios en donde se registran los datos de los días activos e inactivos (figuras 16 y 17). Para el caso de esta estación, se puede observar que ningún día superaron los valores recomendados por la OMS y los límites máximos permisibles por la NOM, tanto para PM10 y PM 2.5

Para analizar a fondo el comportamiento de las concentraciones de PM, se hizo un análisis de tiempo (figura 18), en donde se analizan las horas, días y meses en los que existen las concentraciones más elevadas. En este se puede observar que la hora en que las concentraciones se encuentran más elevadas son las 6:00 am - 9:00 am, sin embargo, esta tendencia es más marcada durante los días lunes, martes y miércoles; el resto de los días presentan este comportamiento de una manera menos significativa. El comportamiento semanal muestra como los días lunes presentan la mayor concentración, disminuyendo conforme a los demás días y presentando su menor concentración en jueves y sábado. Los meses en los que se presentó mayor concentración fueron mayo, junio y diciembre.

La relación entre la dirección del viento y las concentraciones de un contaminante, pueden dar un indicador de cuál es su posible fuente, o si existe alguna fuente que la esté afectando principalmente, incluso si algún evento tuvo repercusiones específicas. En la figura 19 se puede observar el comportamiento de la concentración del PM10 y PM2.5 respecto a la dirección del viento, en donde la mayor cantidad de concentraciones se encuentran entre sur-sureste y oeste-suroeste (130° - 250°), sin embargo, las concentraciones más altas se encuentran en el sur-sureste (130° - 170°).

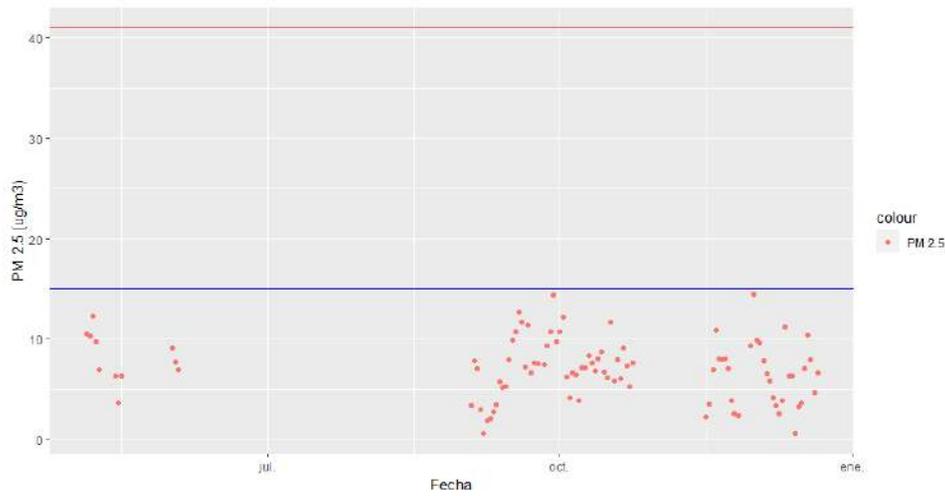


Ilustración 14 Serie de tiempo de promedios diarios de PM_{2.5} para N3.

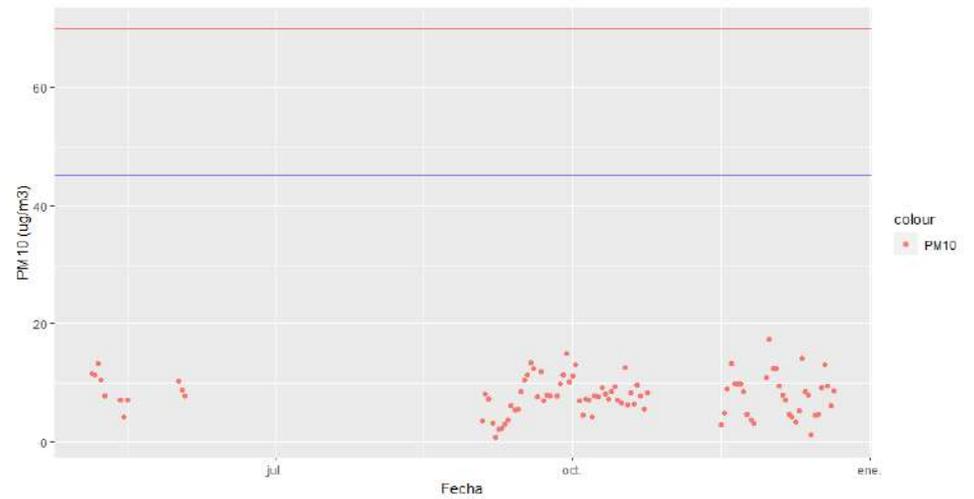


Ilustración 15 Serie de tiempo de promedios diarios de PM₁₀ para N3.

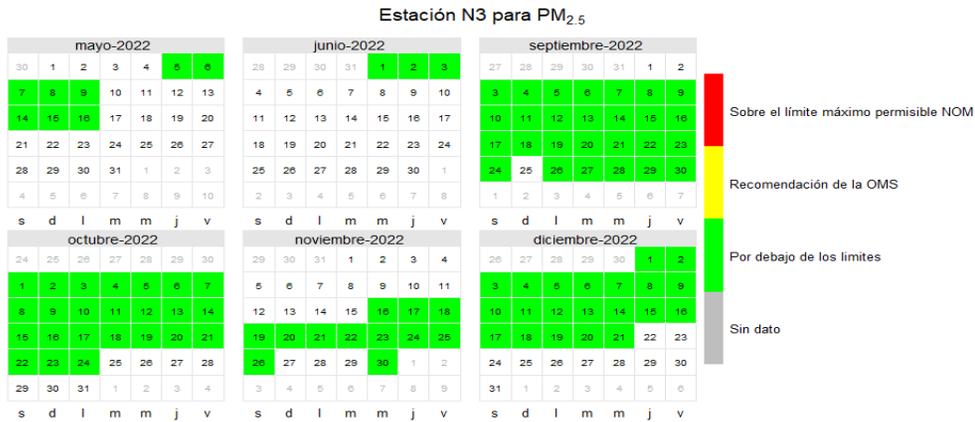


Ilustración 16 Calendario de PM_{2.5} para N3.



Ilustración 17 Calendario de PM₁₀ para N3.

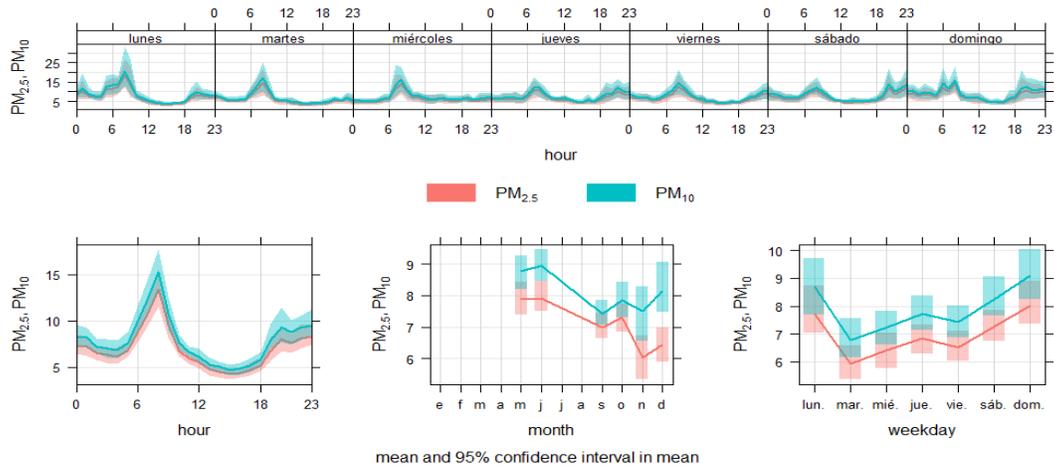


Ilustración 18 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N2.

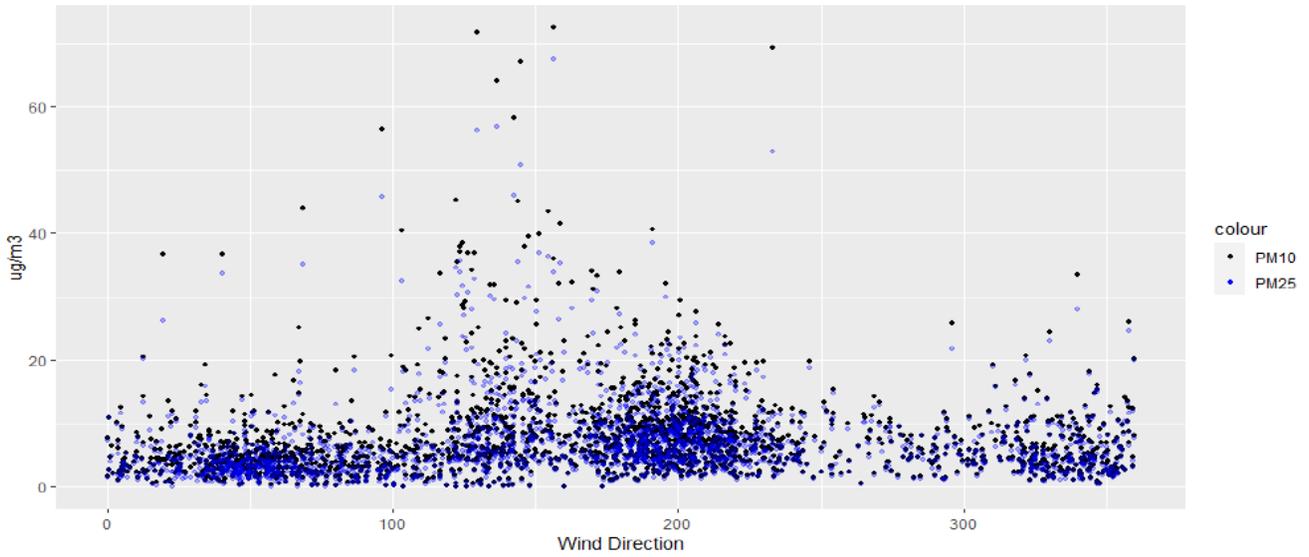


Ilustración 19 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N2.

2.2.4 Análisis de estación “N4”-Jardín Domingo Carballo Felix

La estación “N4” estuvo activa durante el periodo marzo a junio de 2022, esta estación no presentó valores que superaran la NOM, pero si la OMS, en las figuras 20 y 21, se muestran los puntos de las concentraciones. En la figura 21 se superó 11 días lo recomendado por la OMS para PM10 y en la figura 23, se muestra el calendario de los días en los que supero, de la misma manera en la figura 20 y 21 se muestran las concentraciones y el calendario en donde se registran los datos de los días activos e inactivos para PM2.5.

Para analizar más a fondo el comportamiento de las concentraciones de PM, se hizo un análisis de tiempo (figura 24), en donde se analizan las horas, días y meses en los que existen las concentraciones más elevadas. En este se puede observar que la hora en que las concentraciones se encuentran más elevadas son las 6:00 am - 11:00 am, sin embargo, esta tendencia se marca durante los días martes, miércoles, jueves y viernes; el resto de los días presentan este comportamiento de una manera significativamente menor. El comportamiento semanal muestra como los días martes y miércoles presentan la mayor concentración, disminuyendo conforme a los demás días y presentando su menor concentración el día domingo. El mes en el que se presentó mayor concentración fue en febrero.

La relación entre la dirección del viento y las concentraciones de un contaminante, pueden dar un indicador de cuál es su posible fuente, o si existe alguna fuente que la esté afectando principalmente, incluso si algún evento tuvo repercusiones específicas. En la figura 25 se puede observar el comportamiento de la concentración del PM10 y PM2.5 respecto a la dirección del viento, en donde la mayor cantidad de concentraciones y las concentraciones más altas se encuentran entre sur-sureste y oeste-suroeste (180° - 220°).

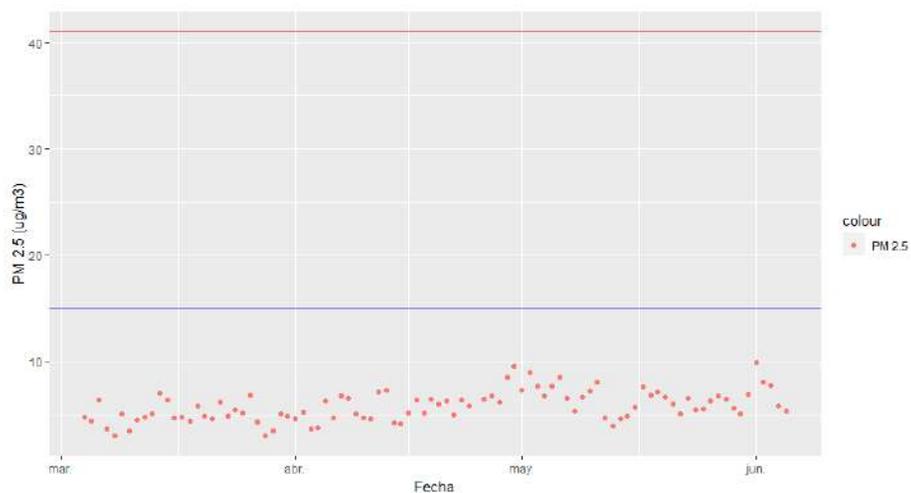


Ilustración 20 Serie de tiempo de promedios diarios de PM_{2.5} para N4.

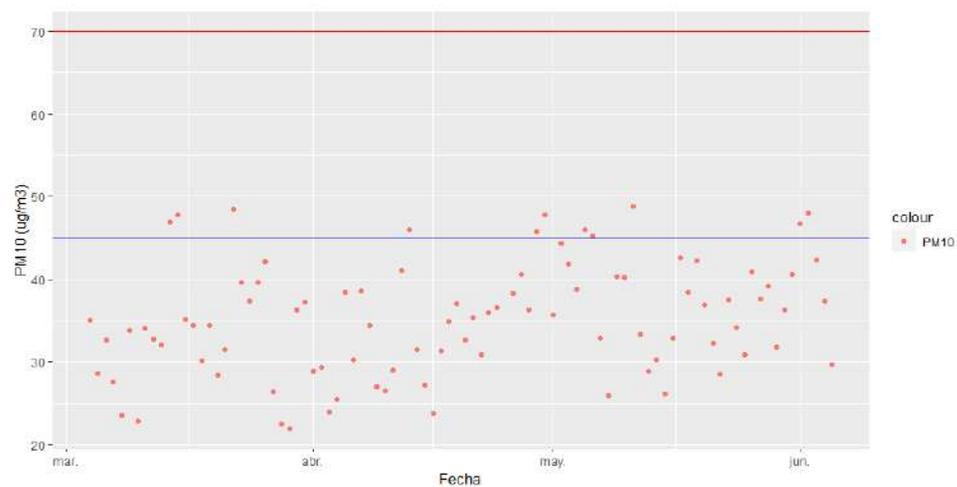


Ilustración 21 Serie de tiempo de promedios diarios de PM₁₀ para N4.



Ilustración 22 Calendario de PM_{2.5} para N4.

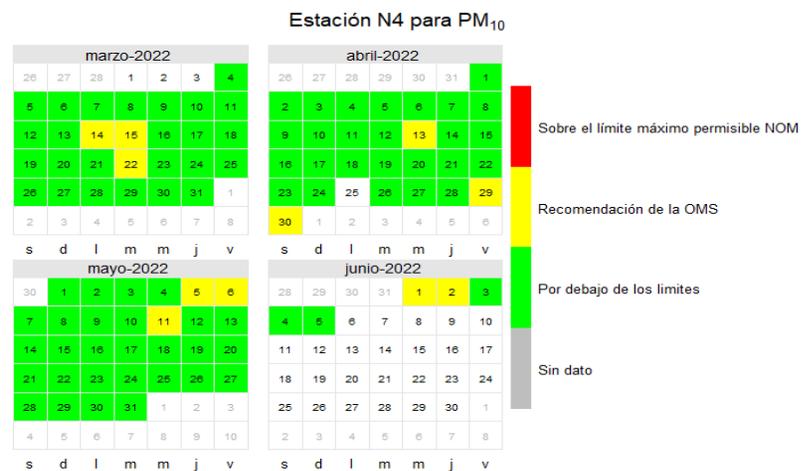


Ilustración 23 Calendario de PM₁₀ para N4.

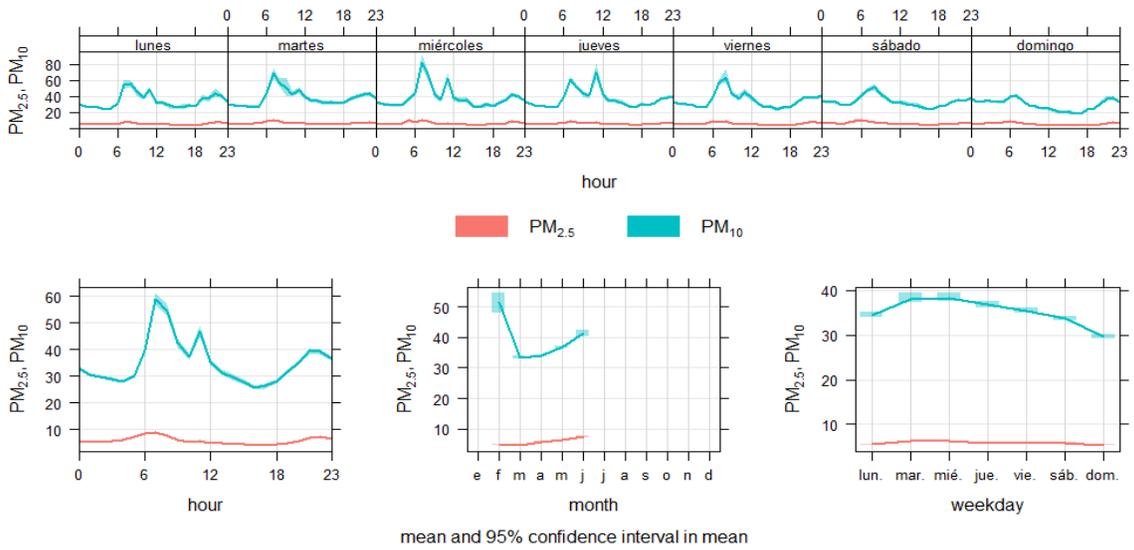


Ilustración 24 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N4

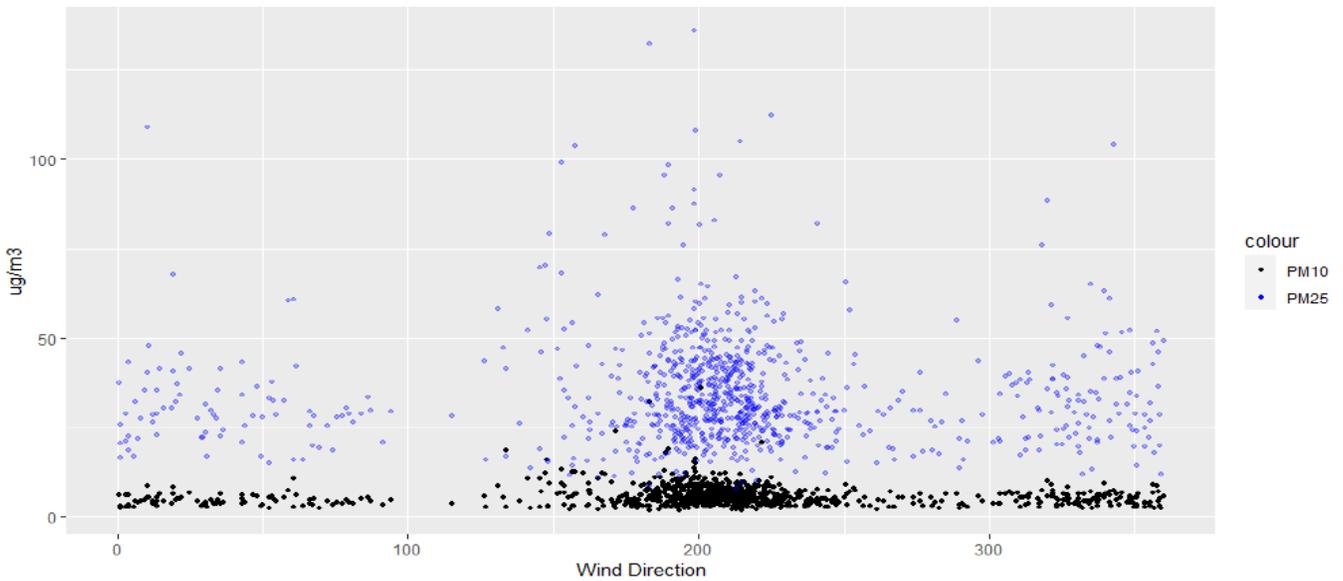


Ilustración 25 Viento vs concentración PM2.5 para N4.

2.2.5. Análisis de estación “N5”- CBTIS 230.

La estación “N5” estuvo activa durante el periodo de agosto a diciembre de 2022, esta estación no presentó valores que superaran tanto la NOM como la OMS, en las figuras 26 y 27, se muestran los puntos de las concentraciones, de la misma manera se muestran los calendarios en donde se registran los datos de los días activos e inactivos (figuras 28 y 29). Para el caso de esta estación, se puede observar que ningún día superaron los valores recomendados por la OMS y los límites máximos permisibles por la NOM, tanto para PM10 y PM 2.5

Para analizar más a fondo el comportamiento de las concentraciones de PM, se hizo un análisis de tiempo (figura 30), en donde se analizan las horas, días y meses en los que existen las concentraciones más elevadas. En este se puede observar que la hora en que las concentraciones se encuentran más elevadas son las 6:00 am - 10:00 am, sin embargo, esta tendencia se marca durante los días lunes, martes y viernes; el resto de los días presentan este comportamiento de una manera menos significativa. El comportamiento semanal muestra como los días lunes presentan la mayor concentración, disminuyendo conforme a los demás días y presentando su menor concentración en miércoles. Los meses en los que se presentó mayor concentración fueron noviembre y diciembre.

La relación entre la dirección del viento y las concentraciones de un contaminante, pueden dar un indicador de cuál es su posible fuente, o si existe alguna fuente que la esté afectando principalmente, incluso si algún evento tuvo repercusiones específicas. En la figura 31 se puede observar el comportamiento de la concentración del PM10 y PM2.5 respecto a la dirección del viento, en donde la mayor cantidad de concentraciones se encuentran entre norte- noreste y sureste por el sur (20° - 150°), sin embargo, las concentraciones más altas se encuentran en el sureste por el este y sureste por el sur (130° - 150°).

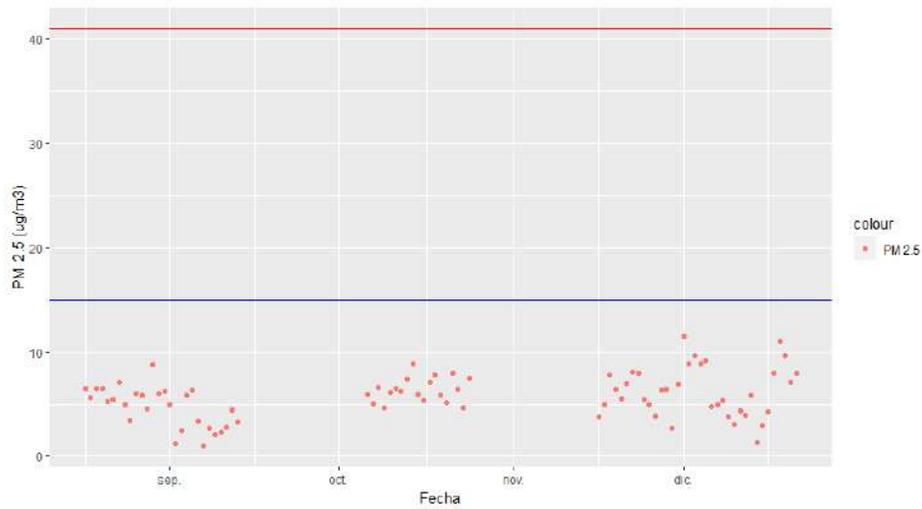


Ilustración 26 Serie de tiempo de promedios diarios de PM_{2.5} para N5.

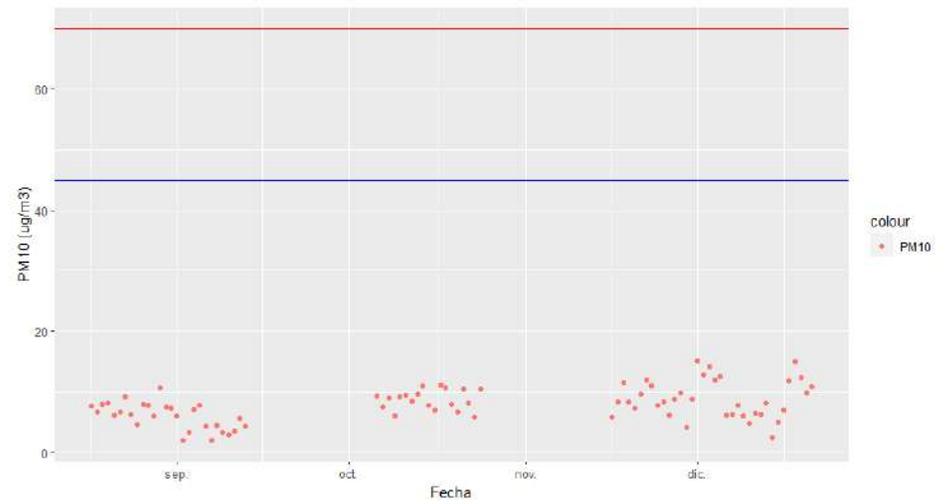


Ilustración 27 Serie de tiempo de promedios diarios de PM₁₀ para N5.

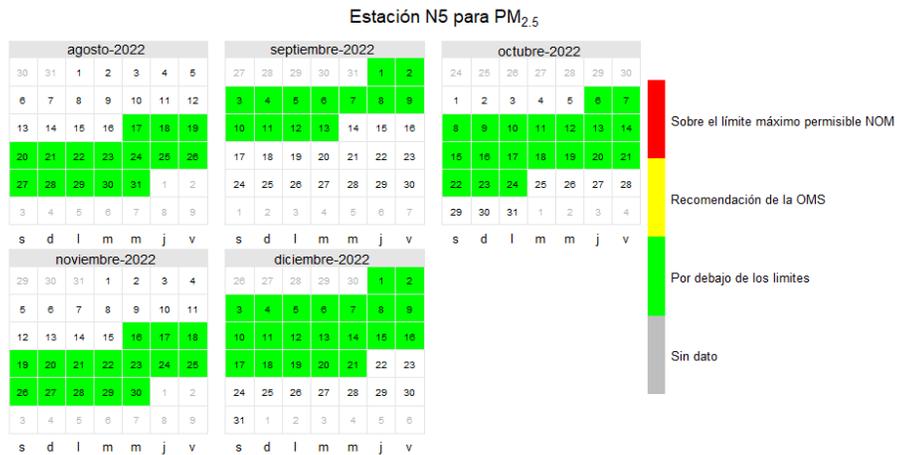


Ilustración 28 Calendario de PM_{2.5} para N5.



Ilustración 29 Calendario de PM₁₀ para N5.

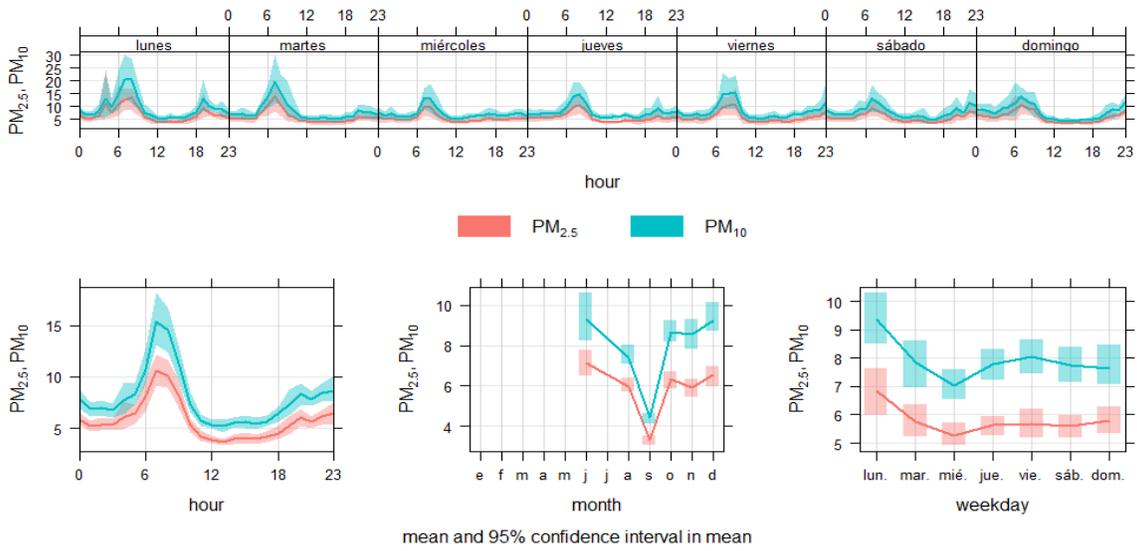


Ilustración 30 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N5.

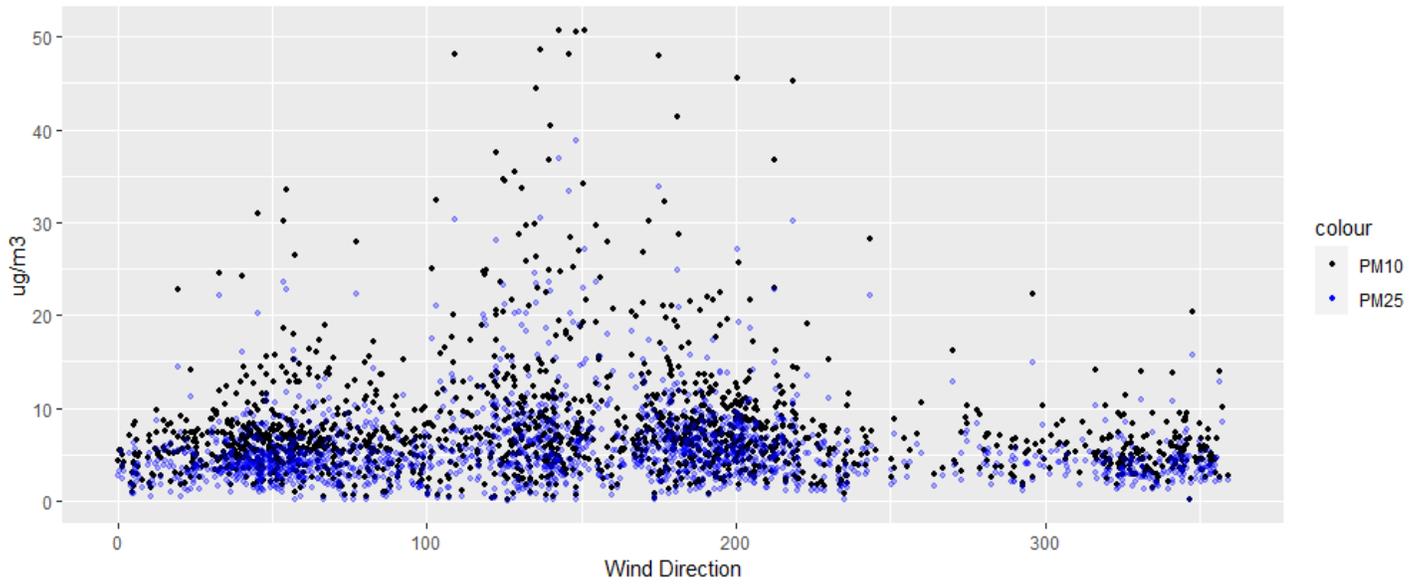


Ilustración 31 Viento vs concentración PM2.5 y PM10 para N5.

2.2.6. Análisis de estación “N6”- Marina La Paz

La estación “N6” estuvo activa durante el periodo de enero a diciembre de 2022, esta estación presentó valores que superaron tanto la NOM como la OMS, en las figuras 32 y 33, se muestran los puntos de las concentraciones, de la misma manera se muestran los calendarios en donde se registran los días en los que se superó lo recomendando por la OMS y por la NOM (figuras 34 y 35). Para el caso de esta estación, se puede observar que para PM2.5 se superaron los días 13 y 14, y para PM10 se superó el día 14, todos los días que se superaron fueron del mes de febrero.

Para analizar más a fondo el comportamiento de las concentraciones de PM, se hizo un análisis de tiempo (Figura 36), en donde se analizan las horas, días y meses en los que existen las concentraciones más elevadas. En este se puede observar que la hora en que las concentraciones se encuentran más elevadas son las 5:00 am - 09:00 am, sin embargo, esta tendencia es más marcada durante los días lunes y sábado; el resto de los días presentan este comportamiento de una manera menos significativa. El comportamiento semanal muestra como los días lunes presentan la mayor concentración, disminuyendo conforme a los demás días y presentando su menor concentración en miércoles. Los meses en los que se presentó mayor concentración fueron febrero y mayo.

La relación entre la dirección del viento y las concentraciones de un contaminante, pueden dar un indicador de cuál es su posible fuente, o si existe alguna fuente que la esté afectando principalmente, incluso si algún evento tuvo repercusiones específicas. En la figura 37 se puede observar el comportamiento de la concentración del PM10 y PM2.5 respecto a la dirección del viento, en donde la mayor cantidad de concentraciones se encuentran entre sur y suroeste ($180^\circ - 230^\circ$), sin embargo las concentraciones más altas se encuentran en el sur-sureste y sur ($160^\circ - 180^\circ$).

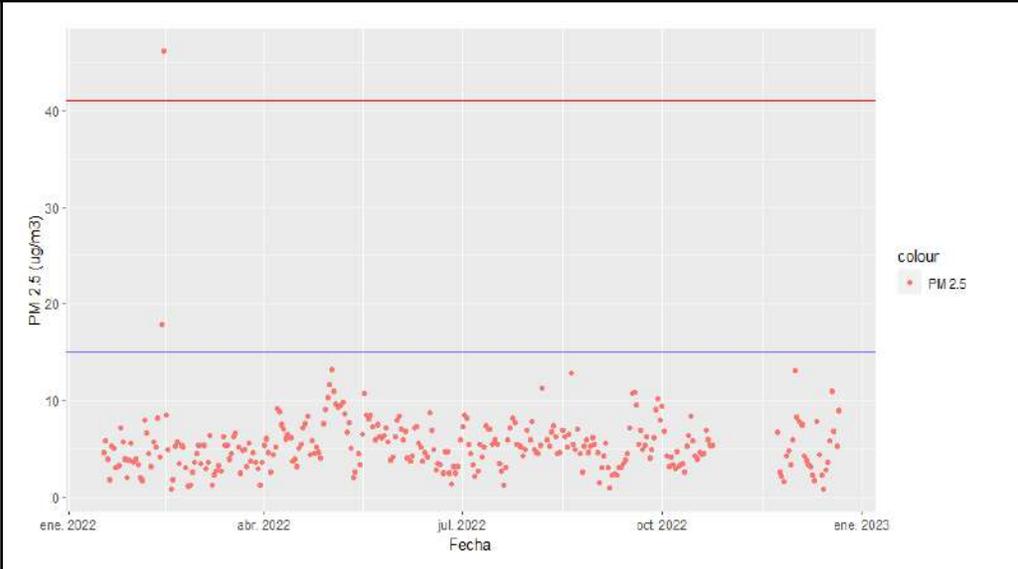


Ilustración 32 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N6.

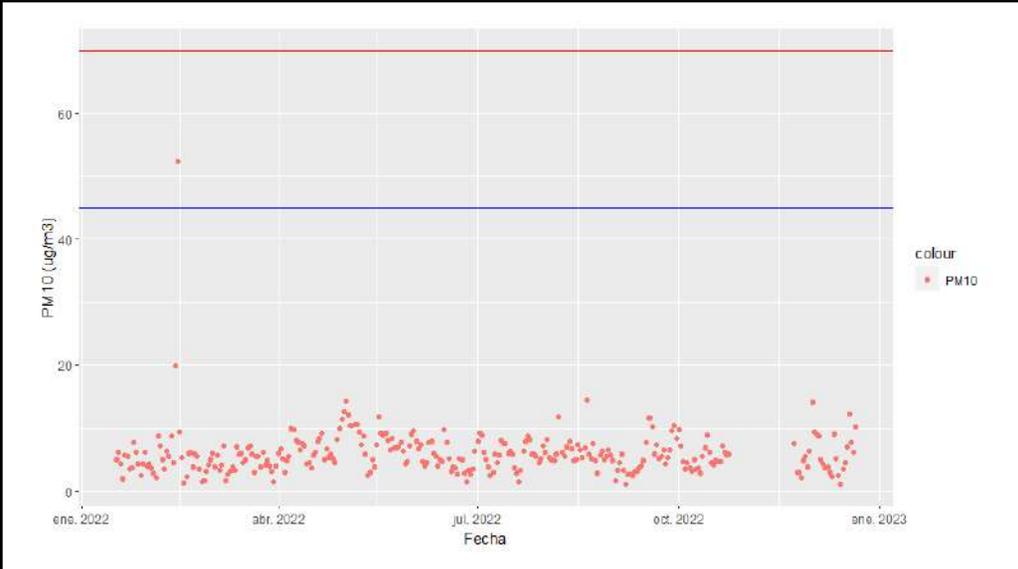


Ilustración 33 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N6.

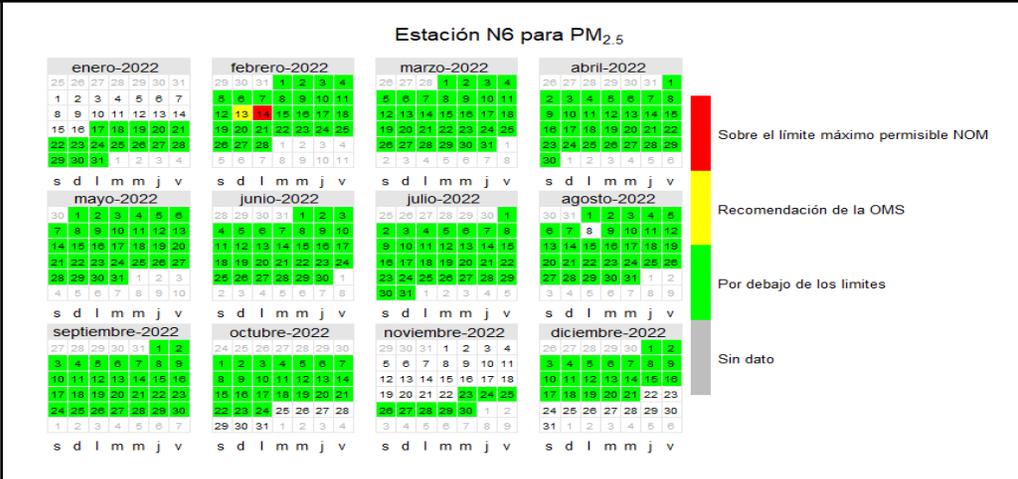


Ilustración 34 Calendario de PM2.5 para N6.

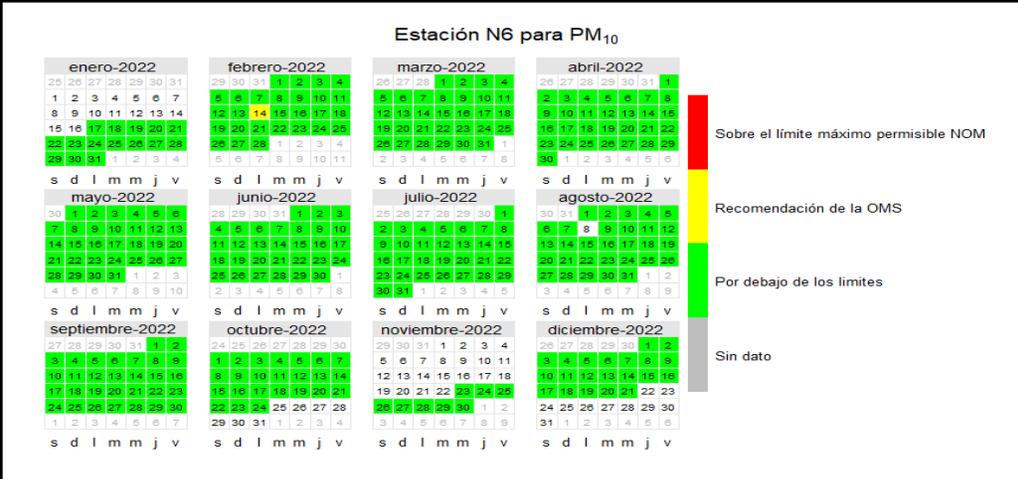


Ilustración 35 Calendario de PM10 para N6.

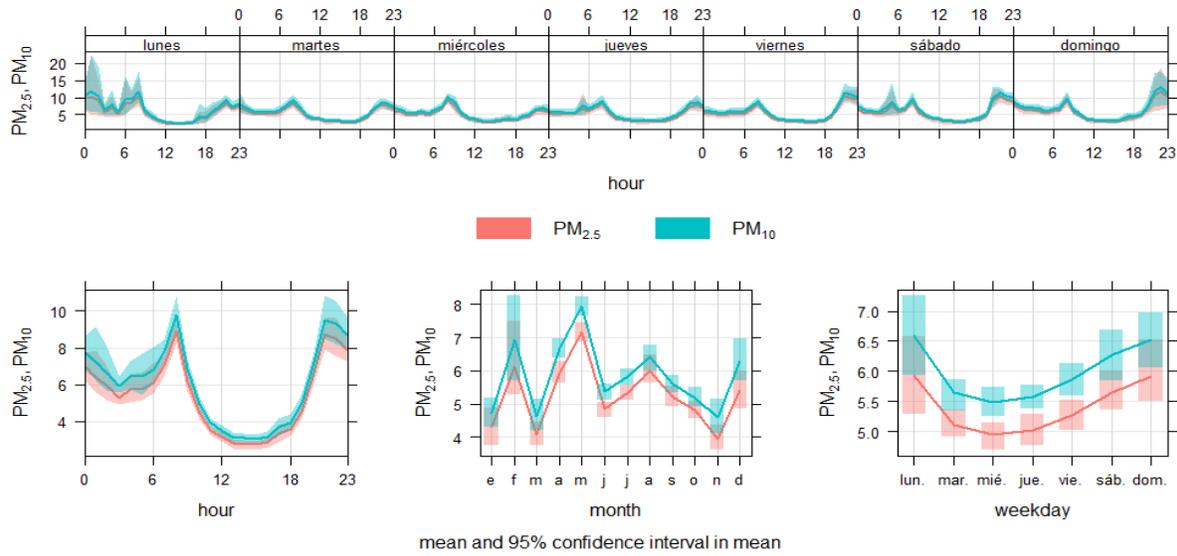


Ilustración 36 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N6

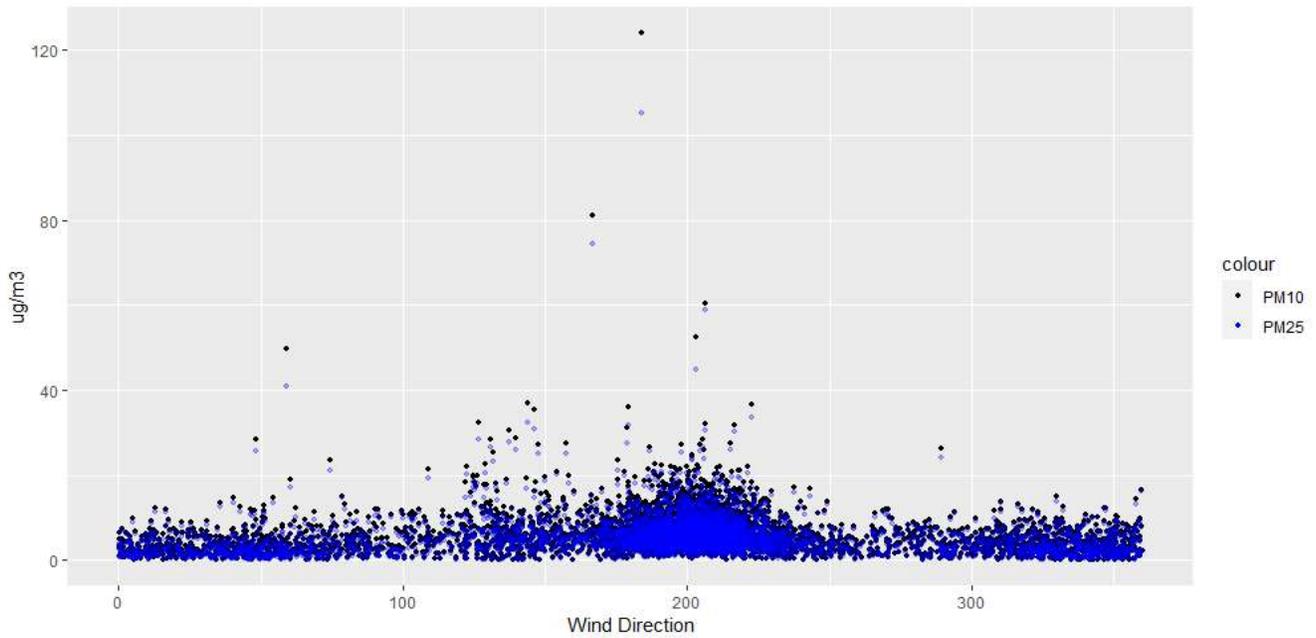


Ilustración 37 Viento vs concentración PM2.5 y PM10 para N6

2.2.7. Análisis de estación “N7”- CETMAR

La estación “N7” estuvo activa durante 7 meses de 2022, esta estación no presentó valores que superaron tanto la NOM como la OMS, en las figuras 38 y 39, se muestran los puntos de las concentraciones, de la misma manera se muestran los calendarios en donde se registran los días en los que se superó lo recomendando por la OMS y por la NOM (figuras 40 y 41). Para el caso de esta estación, se puede observar que para PM_{2.5} y PM₁₀ se superó el día 14 de febrero.

Para analizar más a fondo el comportamiento de las concentraciones de PM, se hizo un análisis de tiempo (Figura 42), en donde se analizan las horas, días y meses en los que existen las concentraciones más elevadas. En este se puede observar que la hora en que las concentraciones se encuentran más elevadas son las 12:00 am - 05:00 am, sin embargo, esta tendencia se marca durante los días lunes; el resto de los días presentan este comportamiento de una manera menos significativa. El comportamiento semanal muestra como los días lunes presentan la mayor concentración, disminuyendo conforme a los demás días y presentando su menor concentración en jueves. Los meses en los que se presentó mayor concentración fueron mayo y septiembre.

La relación entre la dirección del viento y las concentraciones de un contaminante, pueden dar un indicador de cuál es su posible fuente, o si existe alguna fuente que la esté afectando principalmente, incluso si algún evento tuvo repercusiones específicas. En la figura 43 se puede observar el comportamiento de la concentración del PM₁₀ y PM_{2.5} respecto a la dirección del viento, en donde la mayor cantidad de concentraciones se encuentran entre sur- sureste y suroeste por el sur (170° - 220°), sin embargo, las concentraciones más altas se encuentran en el sur-sureste y sur (110° - 140°).

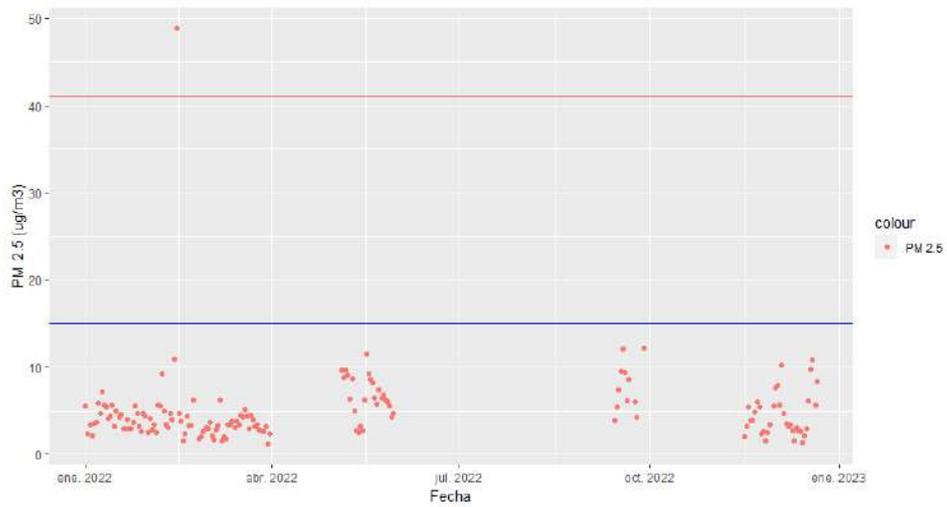


Ilustración 38 Serie de tiempo de promedios diarios de PM_{2.5} para N7.

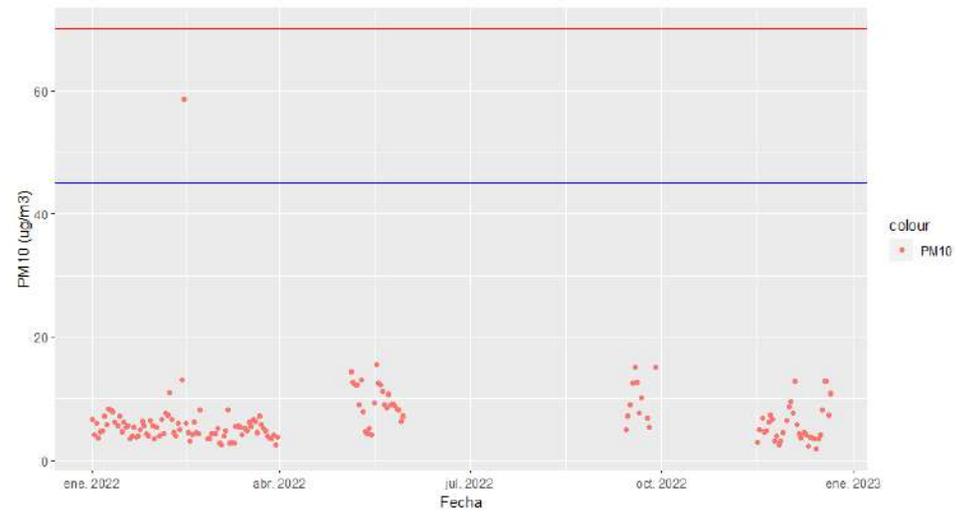


Ilustración 39 Serie de tiempo de promedios diarios de PM₁₀ para N7.

Estación N7 para PM_{2.5}



Ilustración 40 Calendario de PM_{2.5} para N7.

Estación N7 para PM₁₀



Ilustración 41 Calendario de PM₁₀ para N7.

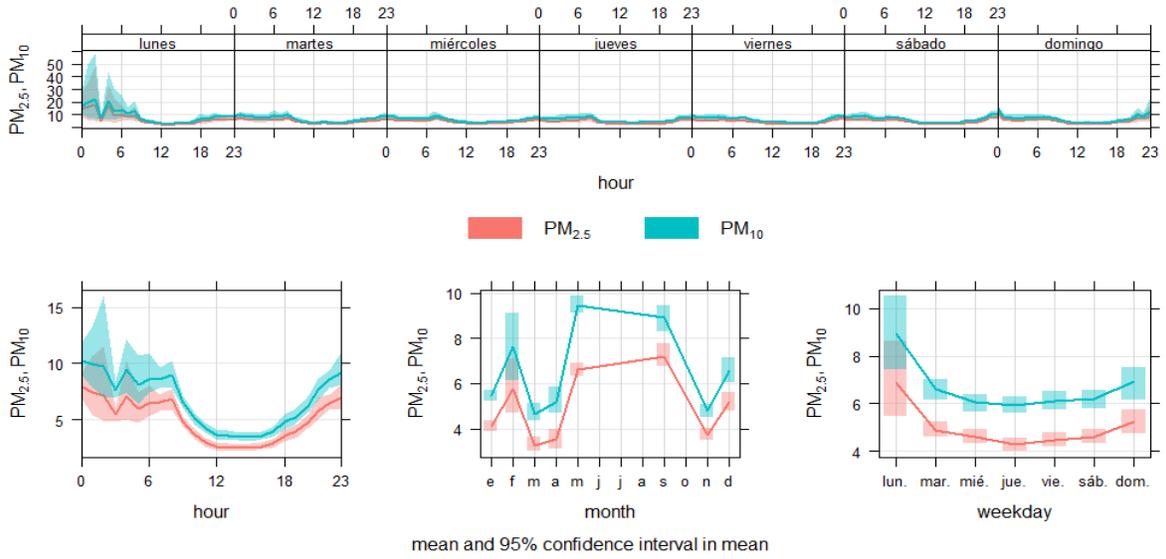


Ilustración 42 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N7.

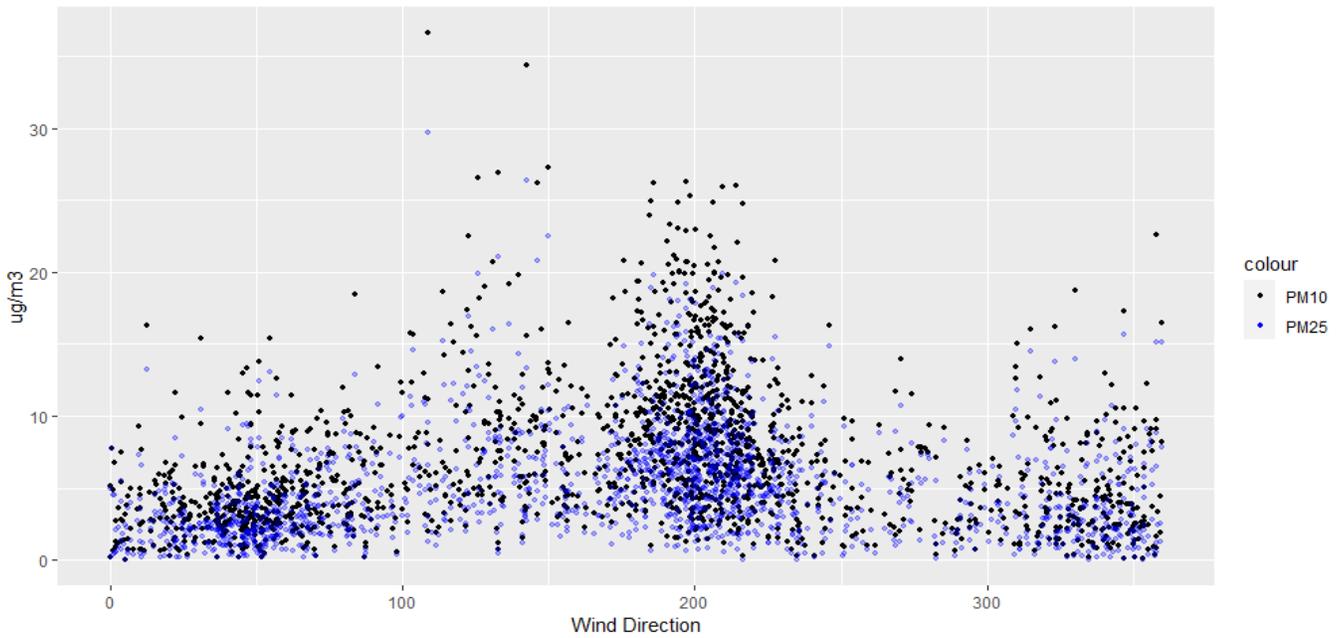


Ilustración 43 Viento vs concentración PM2.5 y PM10 para N7

2.2.8. Análisis de estación “N8”- Centro

La estación “N8” estuvo activa durante el periodo de marzo a diciembre de 2022, esta estación no presentó valores que superaron tanto la NOM como la OMS, en las figuras 44 y 45, se muestran los puntos de las concentraciones, de la misma manera se muestran los calendarios en donde se registran los días en los que se superó lo recomendando por la OMS y por la NOM (figuras 46 y 47). Para el caso de esta estación, no se superó ningún día conforme al periodo muestreado.

Para analizar a fondo el comportamiento de las concentraciones de PM, se hizo un análisis de tiempo (figura 47), en donde se analizan las horas, días y meses en los que existen las concentraciones más elevadas. En este se puede observar que la hora en que las concentraciones se encuentran más elevadas son las 06:00 am - 08:00 am, sin embargo, esta tendencia es más marcada durante los días martes; el resto de los días presentan este comportamiento de una manera menos significativa. El comportamiento semanal muestra como los días martes y domingo presentan la mayor concentración, disminuyendo conforme a los demás días y presentando su menor concentración en miércoles. Los meses en los que se presentó mayor concentración fueron abril y mayo.

La relación entre la dirección del viento y las concentraciones de un contaminante, pueden dar un indicador de cuál es su posible fuente, o si existe alguna fuente que la esté afectando principalmente, incluso si algún evento tuvo repercusiones específicas. En la figura 49 se puede observar el comportamiento de la concentración del PM10 y PM2.5 respecto a la dirección del viento, en donde la mayor cantidad de concentraciones se encuentran entre sur- sureste y suroeste por el sur (160° - 230°), sin embargo, las concentraciones más altas se encuentran en el sur-sureste (110°).

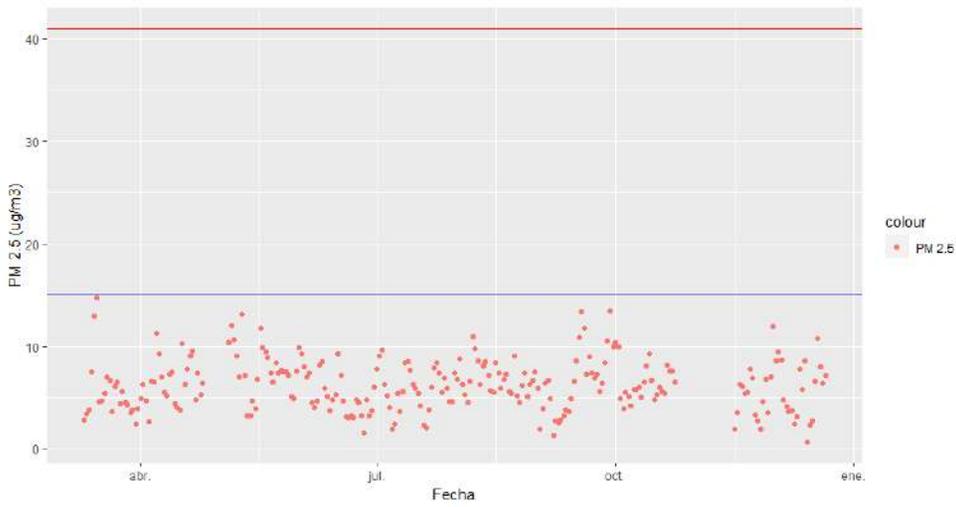


Ilustración 44 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N8.

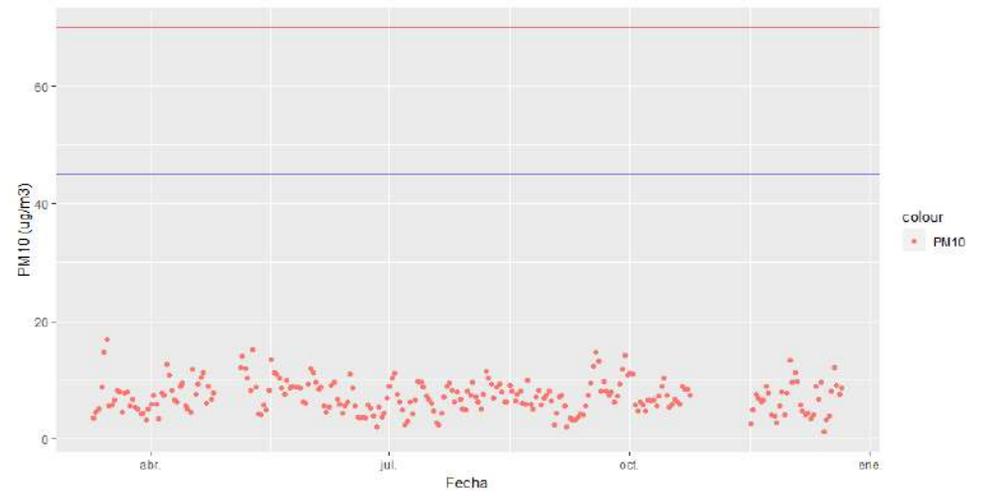
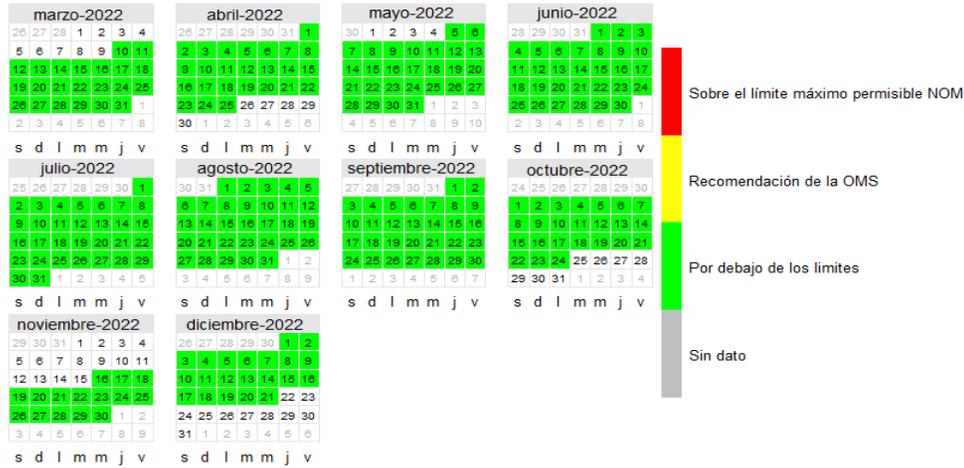


Ilustración 45 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N8.

Estación N8 para PM_{2.5}



Estación N8 para PM₁₀

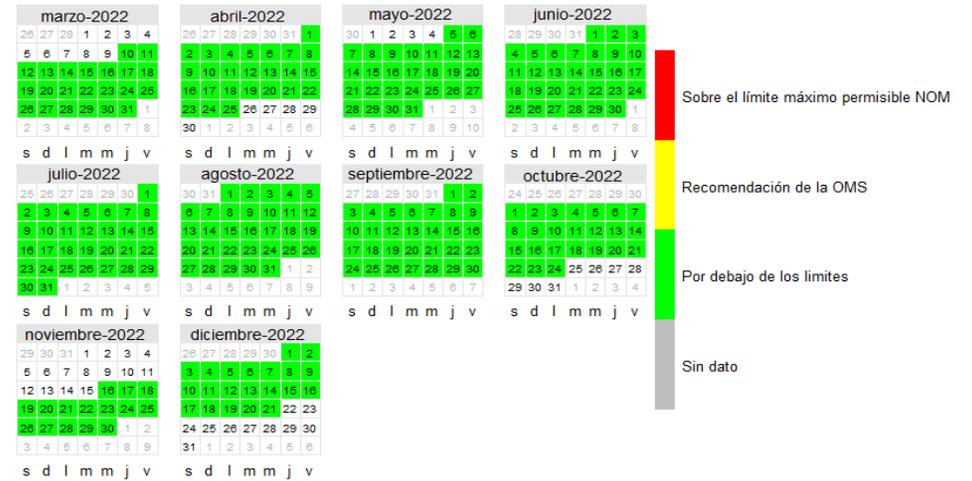


Ilustración 46 Calendario de PM_{2.5} para N8.

Ilustración 47 Calendario de PM₁₀ para N8.

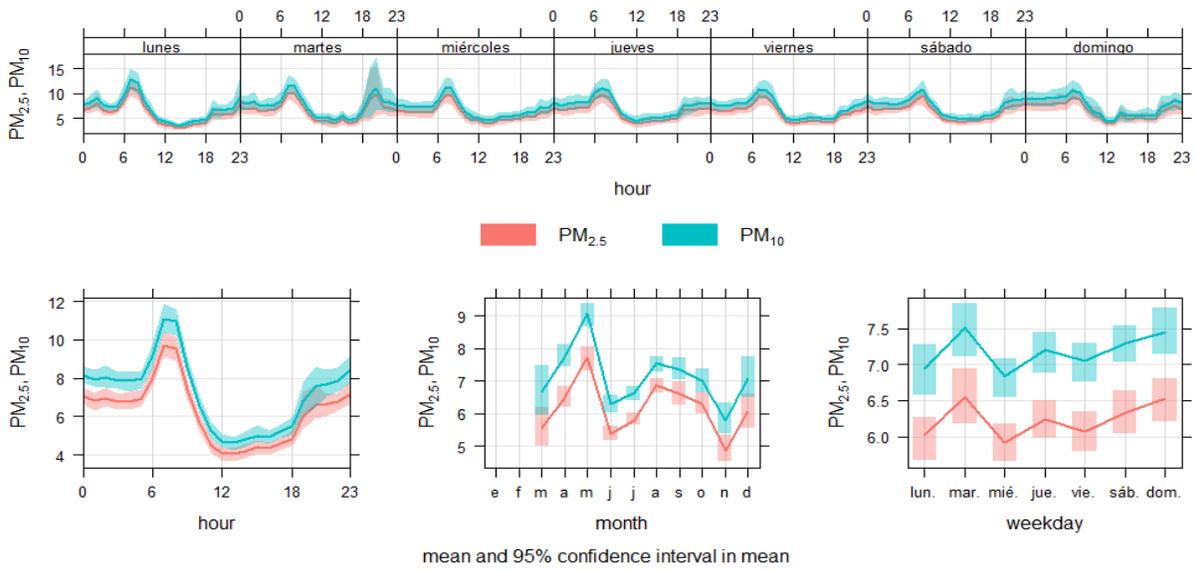


Ilustración 48 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N8.

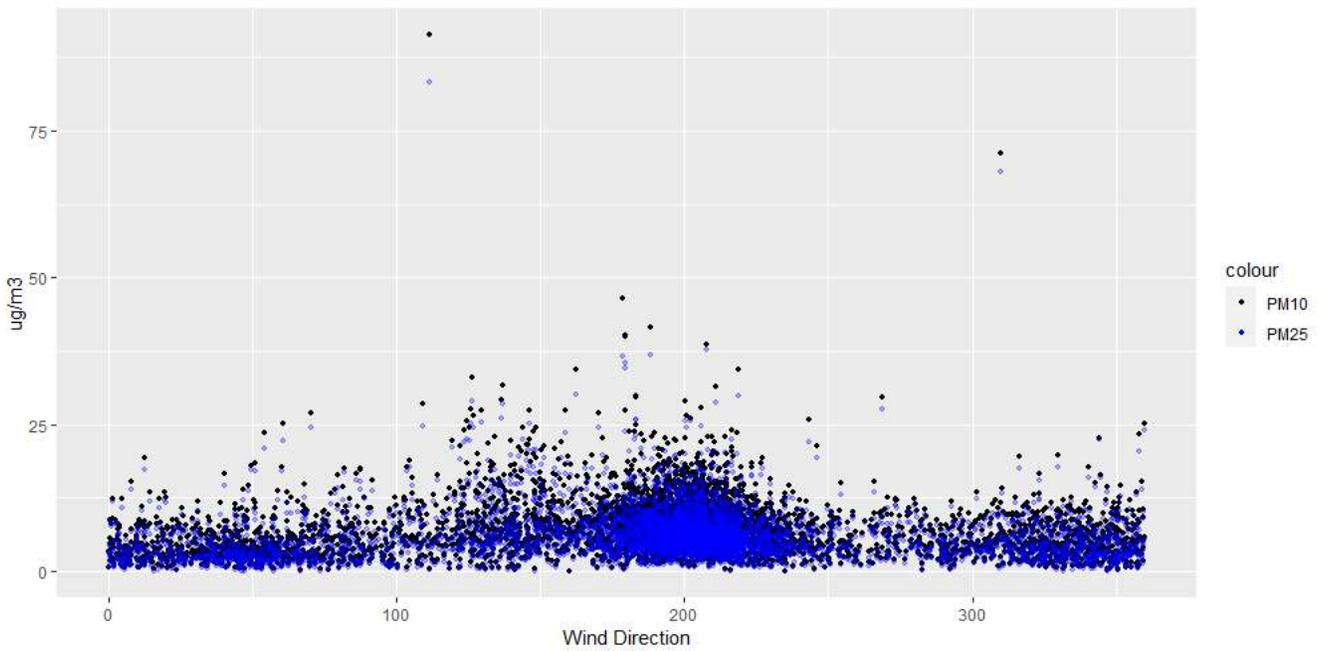


Ilustración 49 Viento vs concentración PM2.5 y PM10 para N8.

2.2.9. Análisis de estación “N9”- Pedregal.

La estación “N9” estuvo activa durante el periodo de enero a diciembre de 2022, esta estación presentó valores que superaron tanto la NOM como la OMS. En las figuras 50 y 51, se muestran los puntos de las concentraciones de la misma manera se muestran los calendarios en donde se registran los días en los que se superó lo recomendado por la OMS y por la NOM (figuras 52 y 53). Para el caso de esta estación, se puede observar que para PM_{2.5} y PM₁₀ se superó el día 14 de febrero.

Para analizar a fondo el comportamiento de las concentraciones de PM, se hizo un análisis de tiempo (figura 54), en donde se analizan las horas, días y meses en los que existen las concentraciones más elevadas. En este se puede observar que la hora en que las concentraciones se encuentran más elevadas son las 12:00 am - 09:00 am, sin embargo, esta tendencia se marca durante los días martes, miércoles y viernes; el resto de los días presentan este comportamiento de una manera menos significativa. El comportamiento semanal muestra como los días lunes, jueves y viernes presentan la mayor concentración, disminuyendo conforme a los demás días y presentando su menor concentración en miércoles. Los meses en los que se presentó mayor concentración fueron febrero, abril y mayo.

La relación entre la dirección del viento y las concentraciones de un contaminante, pueden dar un indicador de cuál es su posible fuente, o si existe alguna fuente que la esté afectando principalmente, incluso si algún evento tuvo repercusiones específicas. En la figura 55 se puede observar el comportamiento de la concentración del PM₁₀ y PM_{2.5} respecto a la dirección del viento, en donde la mayor cantidad de concentraciones se encuentran entre sur- sureste y suroeste (160° - 230°), sin embargo, las concentraciones más altas se encuentran en el sur-suroeste y suroeste (200° - 230°).

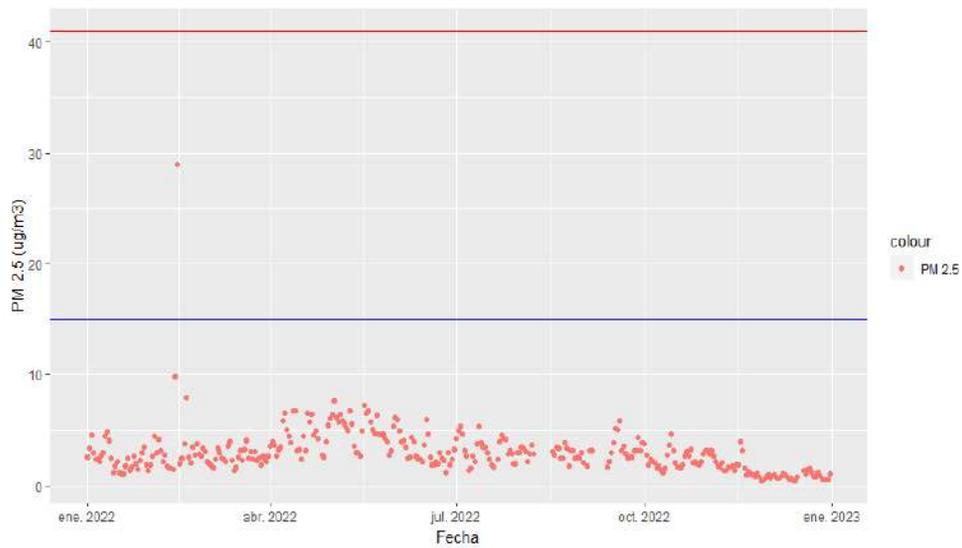


Ilustración 50 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N9.

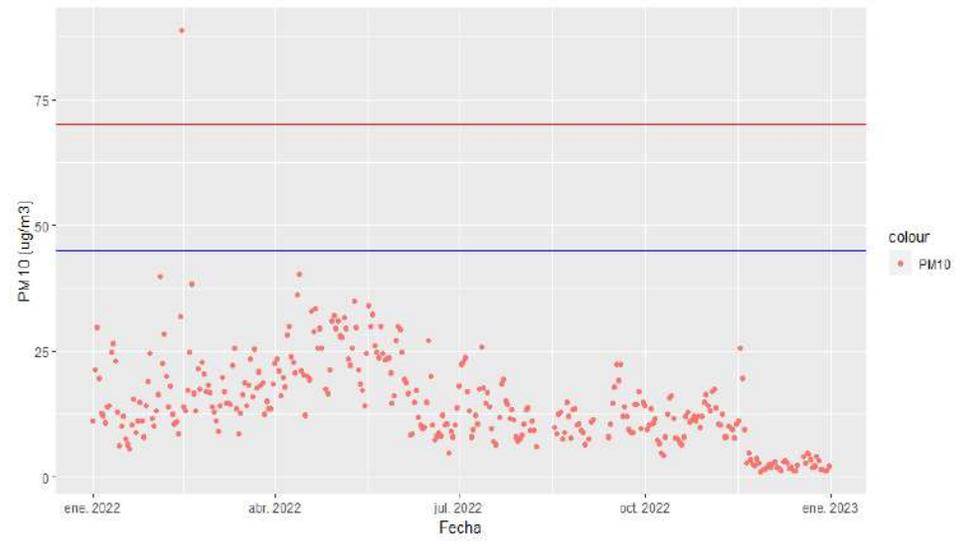


Ilustración 51 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N9.

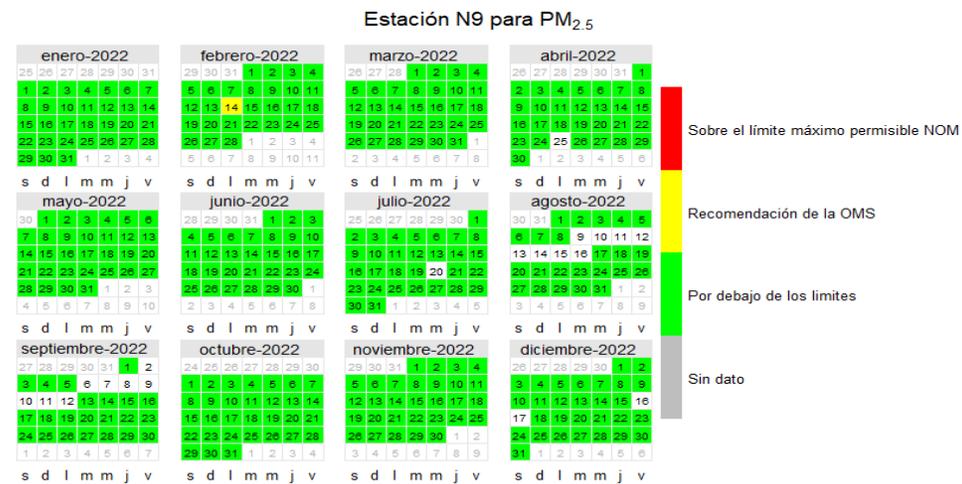


Ilustración 52 Calendario de PM2.5 para N9.

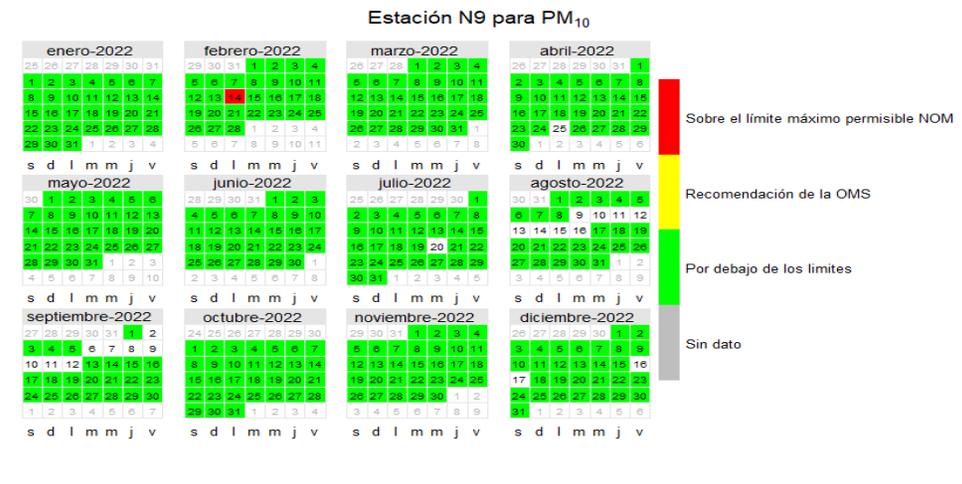


Ilustración 53 Calendario de PM10 para N9.

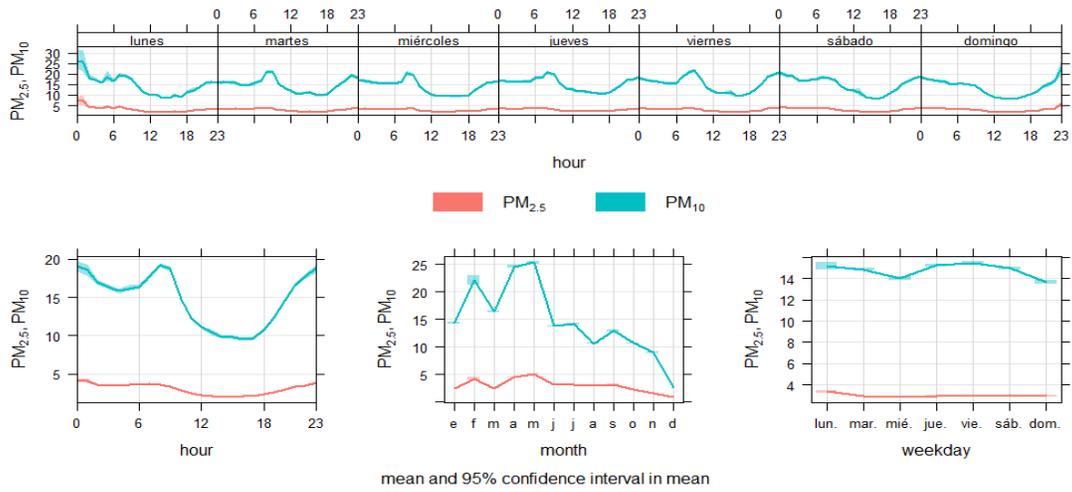


Ilustración 54 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N9.

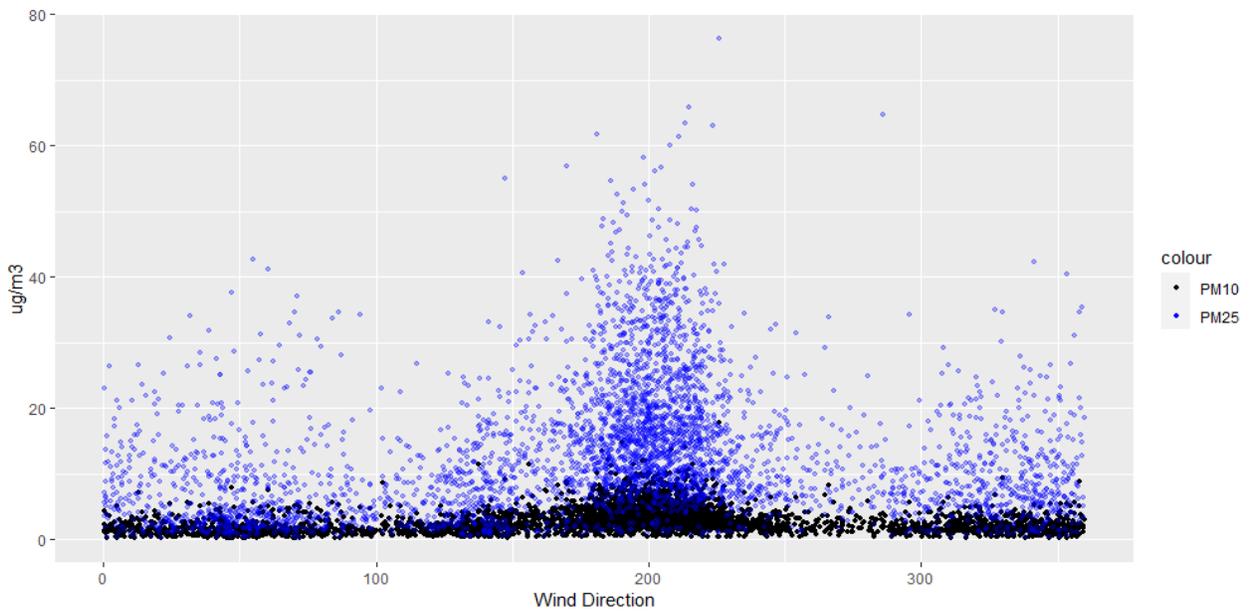


Ilustración 55 Viento vs concentración PM2.5 Y PM10 para N9.

2.2.10. Análisis de estación “N10”- Jardín Fundación La Paz.

La estación “N10” estuvo activa durante el periodo de febrero a diciembre de 2022. En las figuras 56 y 57, se muestran los puntos de las concentraciones, de la misma manera se muestran los calendarios en donde se registran los días en los que se superó lo recomendado por la OMS y por la NOM (figuras 58 y 59). Para el caso de esta estación, no se superó ningún día conforme al periodo muestreado.

Para analizar a fondo el comportamiento de las concentraciones de PM, se hizo un análisis de tiempo (figura 60), en donde se analizan las horas, días y meses en los que existen las concentraciones más elevadas. En este se puede observar que la hora en que las concentraciones se encuentran más elevadas son las 06:00 am - 10:00 am, sin embargo, esta tendencia se marca durante los días lunes, martes y miércoles; el resto de los días presentan este comportamiento de una manera menos significativa. El comportamiento semanal muestra como los días martes presentan la mayor concentración, disminuyendo conforme a los demás días y presentando su menor concentración en domingo. Los meses en los que se presentó mayor concentración fueron marzo, mayo y diciembre.

La relación entre la dirección del viento y las concentraciones de un contaminante, pueden dar un indicador de cuál es su posible fuente, o si existe alguna fuente que la esté afectando principalmente, incluso si algún evento tuvo repercusiones específicas. En la figura 61 se puede observar el comportamiento de la concentración del PM10 y PM2.5 respecto a la dirección del viento, en donde la mayor cantidad de concentraciones se encuentran entre sur- sureste y suroeste por el sur (160° - 230°), sin embargo, las concentraciones más altas se encuentran en el sur-sureste y sur (160° - 180°).

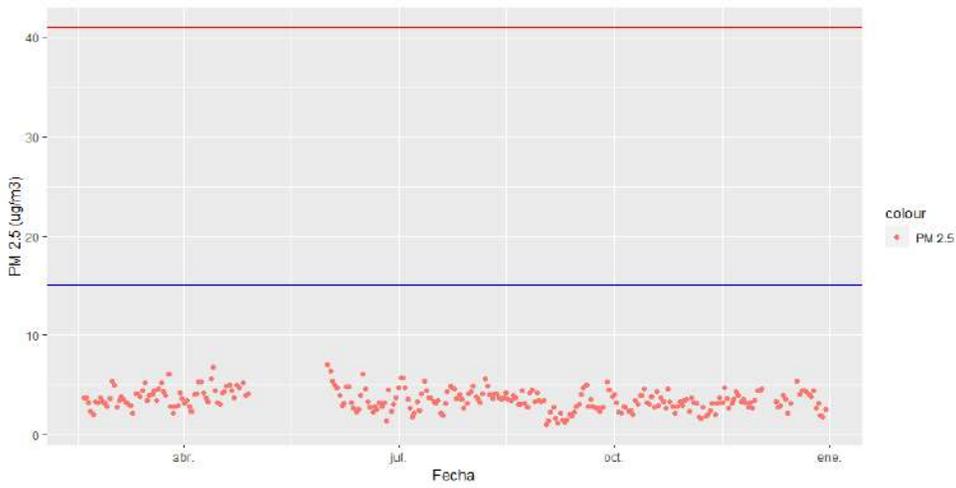


Ilustración 56 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N10.

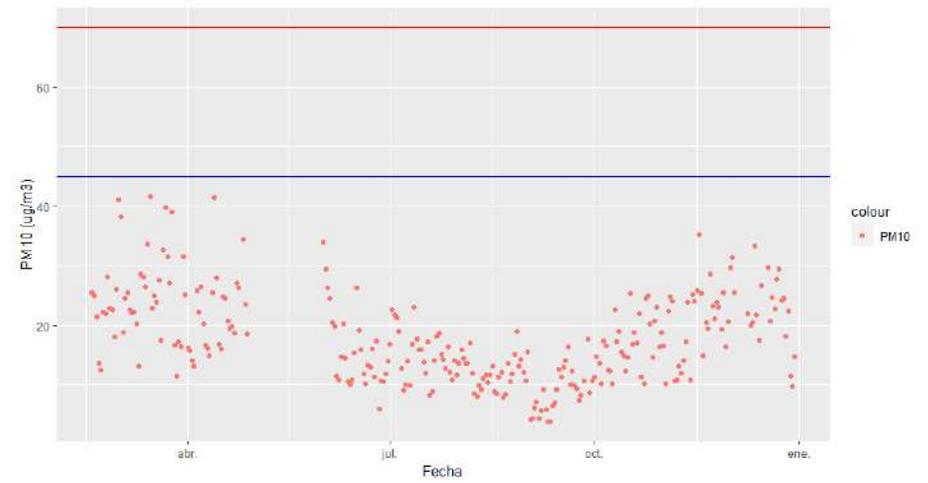


Ilustración 57 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N10.

Estación N10 para PM_{2.5}



Ilustración 58 Calendario de PM2.5 para N10.

Estación N10 para PM₁₀



Ilustración 59 Calendario de PM10 para N10.

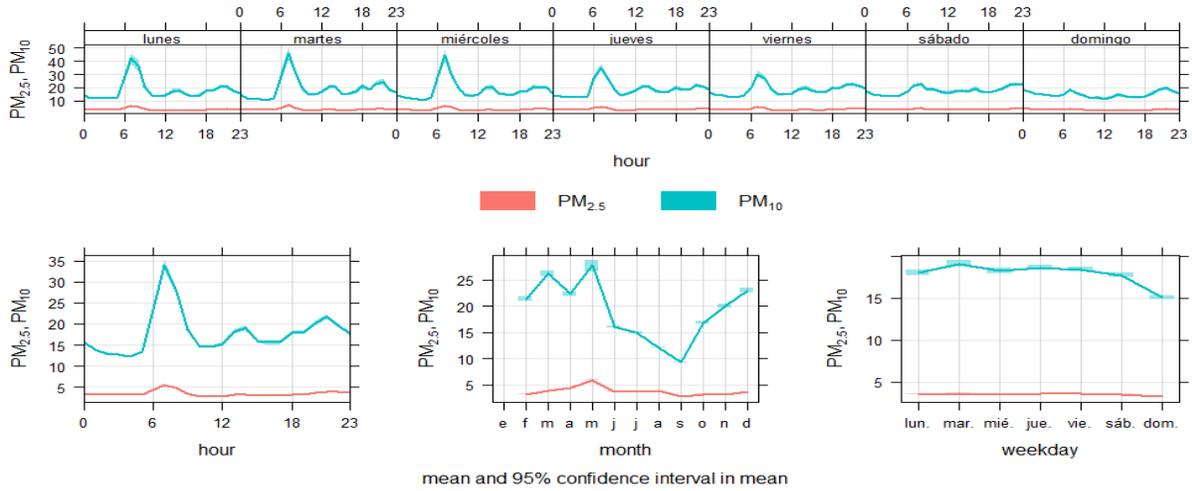


Ilustración 60 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N10.

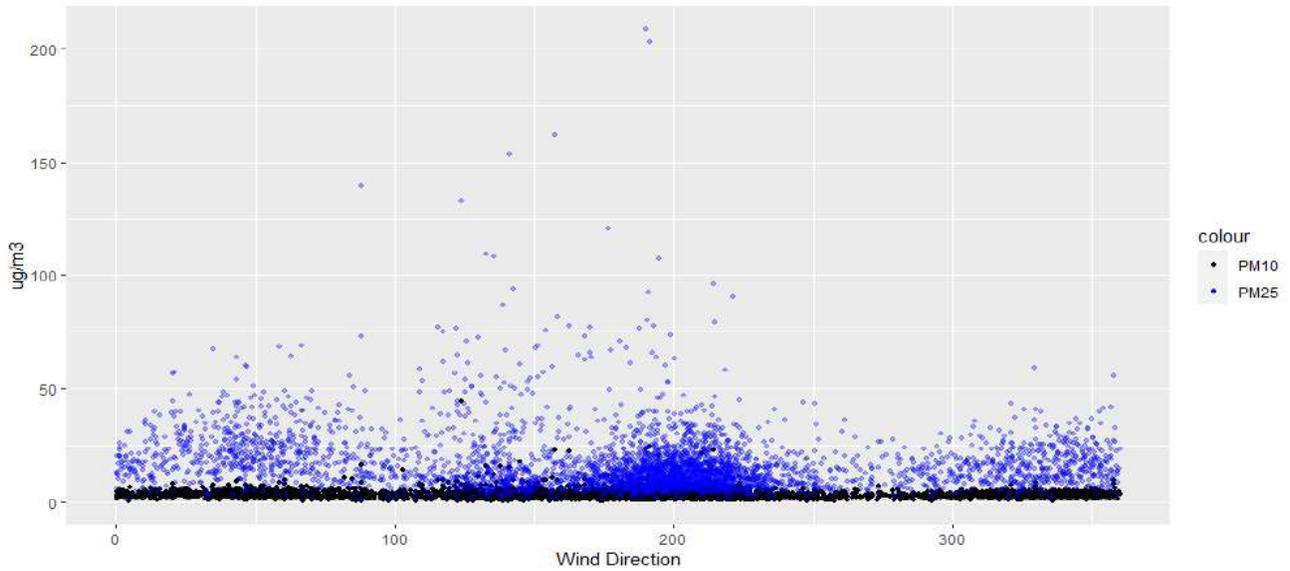


Ilustración 61 Viento vs concentración PM2.5 para N10.

2.2.11 Análisis de estación “N11”- Telesecundaria N°49

La estación “N11” estuvo activa durante el periodo de enero a marzo de 2022, esta estación no presentó valores que superaron tanto la NOM como la OMS. En las figuras 63 y 64, se muestran los puntos de las concentraciones, de la misma manera los calendarios en donde se registran los días en los que se superó lo recomendado por la OMS y por la NOM (figuras 65 y 66). Para el caso de esta estación, no se superó ningún día conforme al periodo muestreado.

Para analizar a fondo el comportamiento de las concentraciones de PM, se hizo un análisis de tiempo (figura 62), en donde se analizan las horas, días y meses en los que existen las concentraciones más elevadas. En este se puede observar que la hora en que las concentraciones se encuentran más elevadas son las 06:00 am - 09:00 am, sin embargo, esta tendencia es más marcada durante los días martes y miércoles; el resto de los días presentan este comportamiento de una manera menos significativa. El comportamiento semanal muestra como los días martes presentan la mayor concentración, disminuyendo conforme a los demás días y presentando su menor concentración en jueves. El mes en el que se presentó mayor concentración fue en marzo.

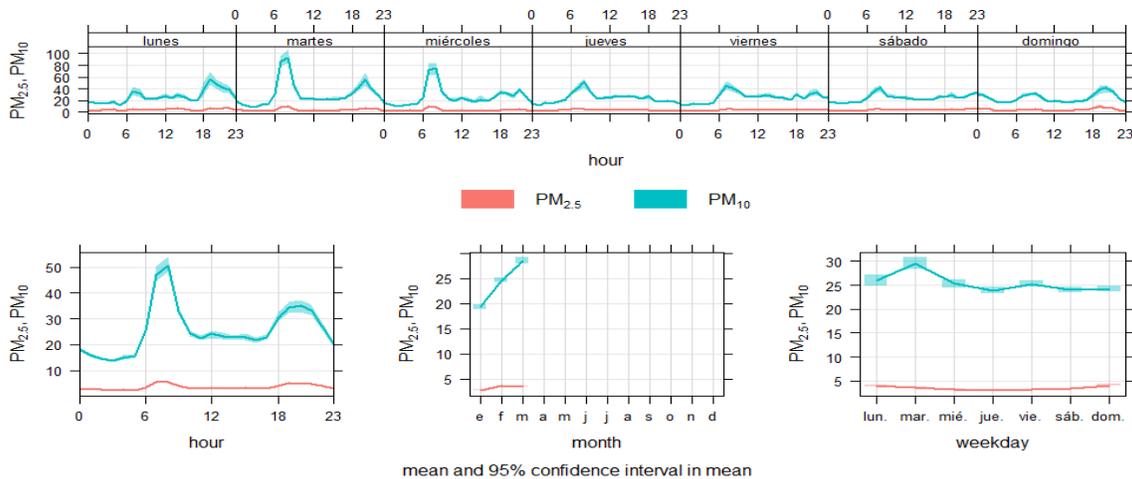


Ilustración 62 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N11

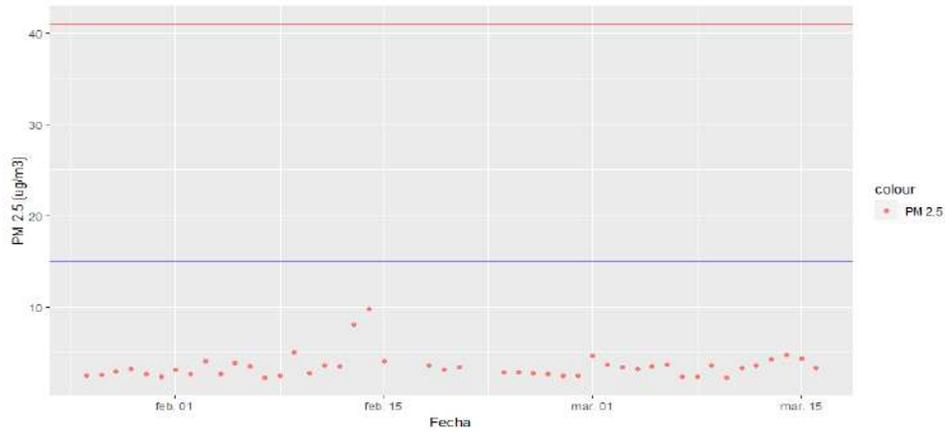


Ilustración 63 Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para N11.

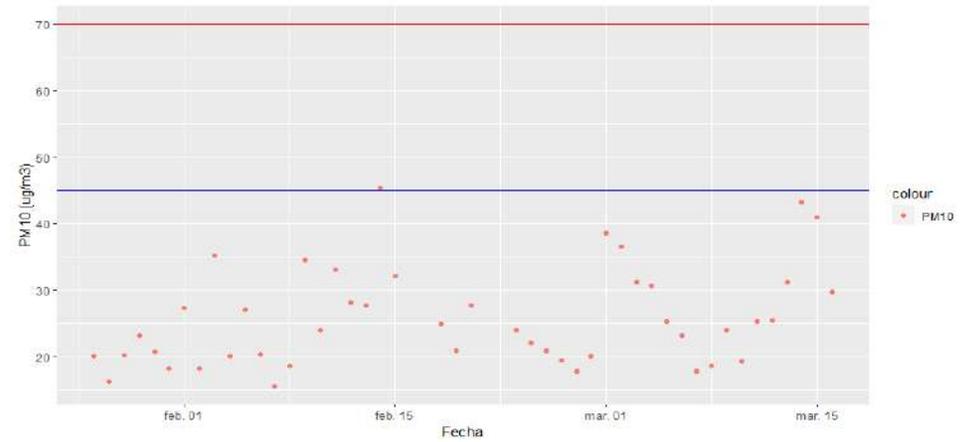


Ilustración 64 Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para N11.

Estación N11 para PM_{2.5}



Ilustración 65 Calendario de PM2.5 para N11.

Estación N11 para PM_{2.5}



Ilustración 66 Calendario de PM10 para N11.

2.2.12. Análisis de estación “N12”- Preparatoria Morelos

La estación “N12” estuvo activa durante el periodo de enero a diciembre de 2022. En las figuras 67 y 68, se muestran los puntos de las concentraciones, de la misma manera se muestran los calendarios en donde se registran los días en los que se superó lo recomendado por la OMS y por la NOM (figuras 69 y 70). Para el caso de esta estación, no se superó ningún día conforme al periodo muestreado.

Para analizar a fondo el comportamiento de las concentraciones de PM, se hizo un análisis de tiempo (Figura 71), en donde se analizan las horas, días y meses en los que existen las concentraciones más elevadas. En este se puede observar que la hora en que las concentraciones se encuentran más elevadas son las 06:00 am - 11:00 am, sin embargo, esta tendencia se marca durante los días martes, miércoles y jueves; el resto de los días presentan este comportamiento de una manera menos significativa. El comportamiento semanal muestra como los días martes y sábado presentan la mayor concentración, disminuyendo conforme a los demás días y presentando su menor concentración en viernes. Los meses en los que se presentó mayor concentración fueron enero y mayo.

La relación entre la dirección del viento y las concentraciones de un contaminante, pueden dar un indicador de cuál es su posible fuente, o si existe alguna fuente que la esté afectando principalmente, incluso si algún evento tuvo repercusiones específicas. En la figura 72 se puede observar el comportamiento de la concentración del PM10 y PM2.5 respecto a la dirección del viento, en donde la mayor cantidad de concentraciones se encuentran entre sur- sureste y suroeste por el sur (160° - 230°), sin embargo, las concentraciones más altas se encuentran en el sur y suroeste por el sur (180° - 210°).

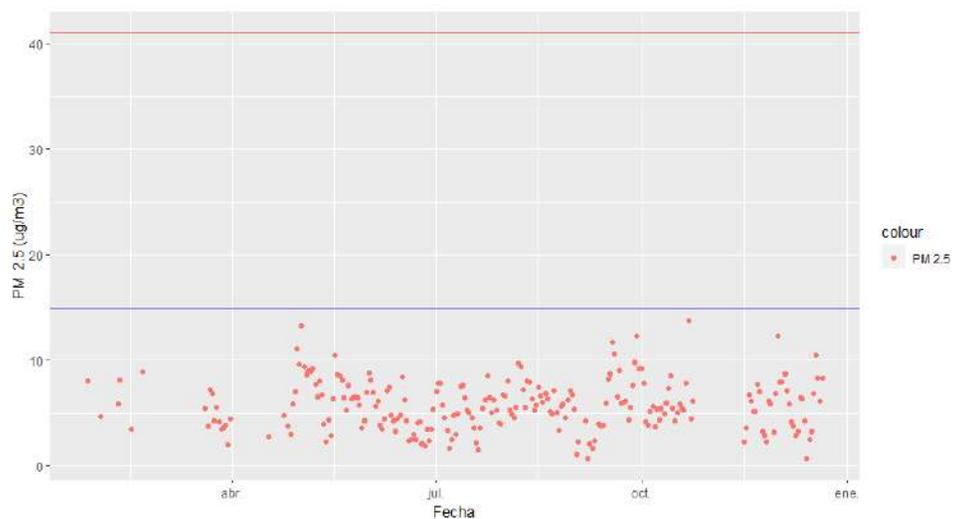


Ilustración 67 Serie de tiempo de promedios diarios de PM_{2.5} para N12.

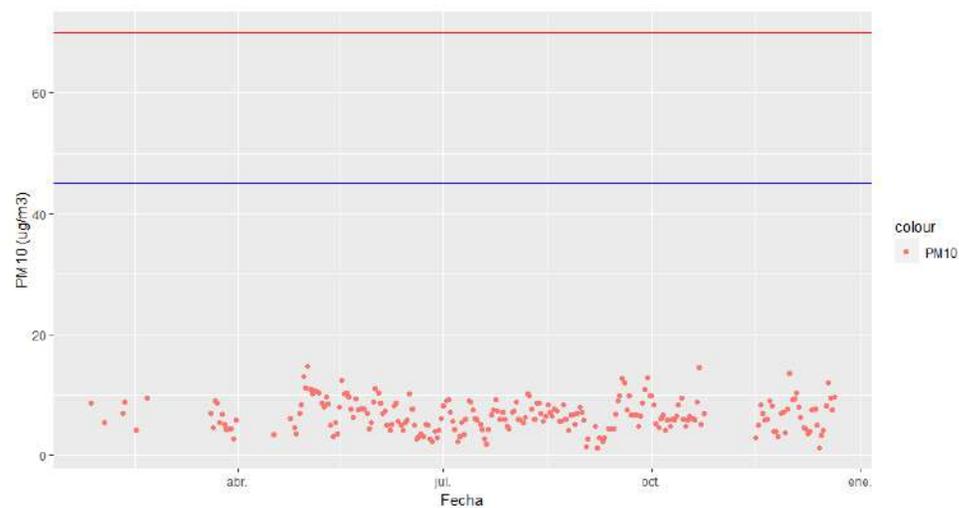


Ilustración 68 Serie de tiempo de promedios diarios de PM₁₀ para N12.

Estación N12 para PM_{2.5}

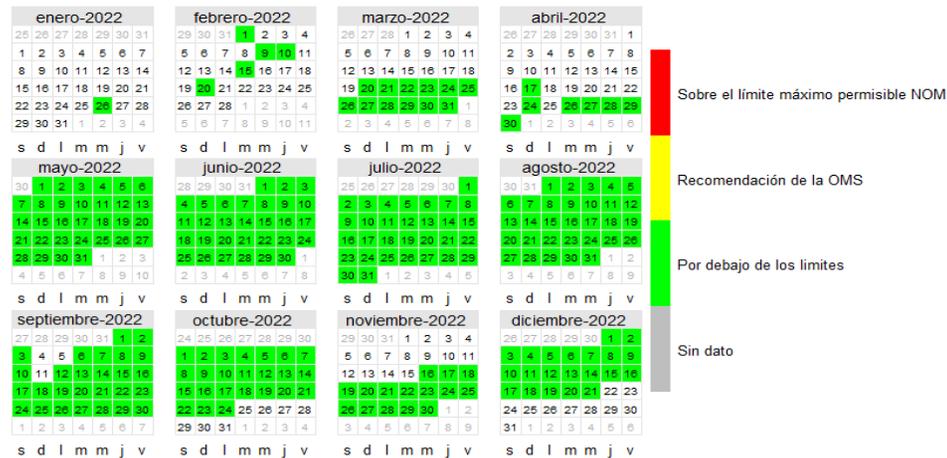


Ilustración 69 Calendario de PM_{2.5} para N12

Estación N12 para PM₁₀

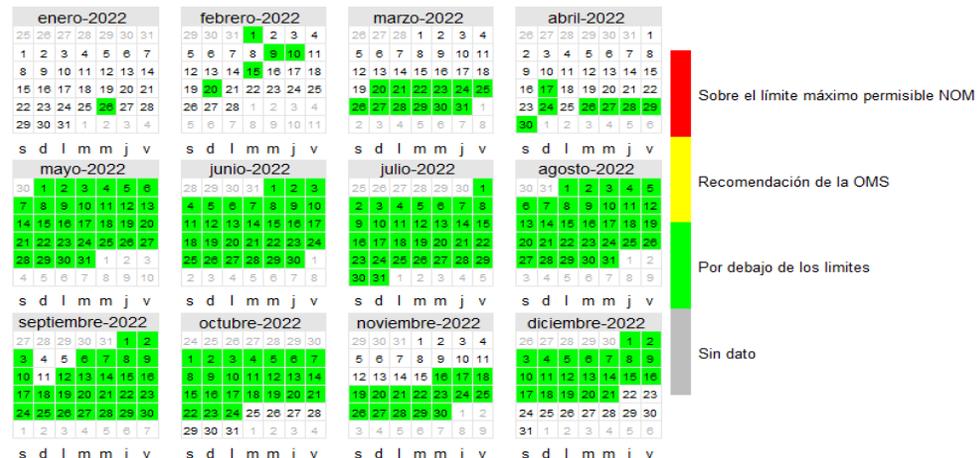


Ilustración 70 Calendario de PM₁₀ para N12.

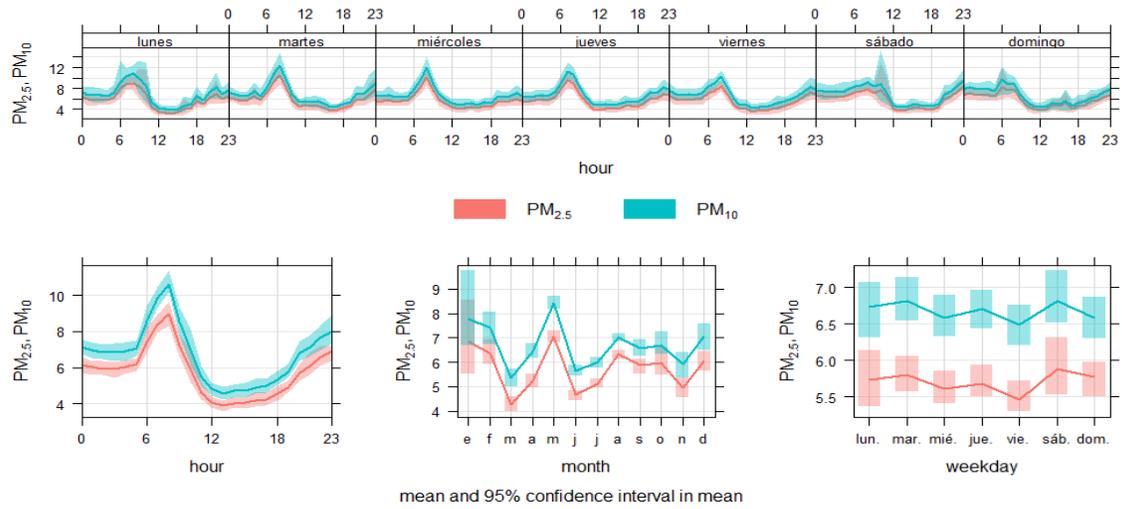


Ilustración 71 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N12.

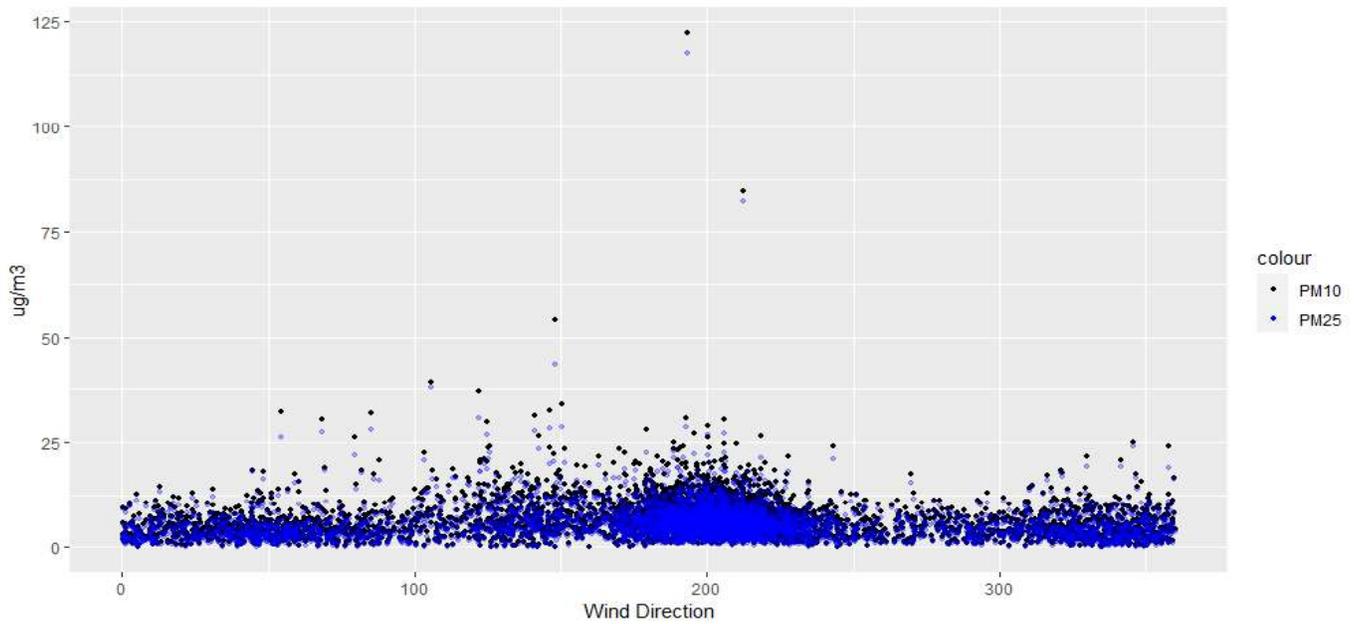


Ilustración 72 Viento vs concentración PM2.5 para N12.

2.2.13. Análisis de estación “N13”-Primaria Julieta Castro Hieras

La estación “N13” estuvo activa durante el periodo de mayo a diciembre de 2022. En las figuras 73 y 74, se muestran los puntos de las concentraciones, de la misma manera se muestran los calendarios en donde se registran los días en los que se superó lo recomendado por la OMS y por la NOM (figuras 75 y 76). Para el caso de esta estación, no se superó ningún día conforme al periodo muestreado.

Para analizar a fondo el comportamiento de las concentraciones de PM, se hizo un análisis de tiempo (figura 77), en donde se analizan las horas, días y meses en los que existen las concentraciones más elevadas. En este se puede observar que la hora en que las concentraciones se encuentran más elevadas son las 12:00 pm - 15:00 pm, sin embargo, esta tendencia se marca durante los días lunes, martes, sábado y domingo; el resto de los días presentan este comportamiento de una manera menos significativa. El comportamiento semanal muestra como los días jueves y domingo presentan la mayor concentración, disminuyendo conforme a los demás días y presentando su menor concentración en miércoles. Los meses en los que se presentó mayor concentración fueron mayo y octubre.

La relación entre la dirección del viento y las concentraciones de un contaminante, pueden dar un indicador de cuál es su posible fuente, o si existe alguna fuente que la esté afectando principalmente, incluso si algún evento tuvo repercusiones específicas. En la figura 78 se puede observar el comportamiento de la concentración del PM10 y PM2.5 respecto a la dirección del viento, en donde la mayor cantidad de concentraciones se encuentran entre sur- sureste y suroeste por el sur (170° - 230°), sin embargo, las concentraciones más altas se encuentran en el este- nordeste y este-suroeste por el sur (70° - 100°).

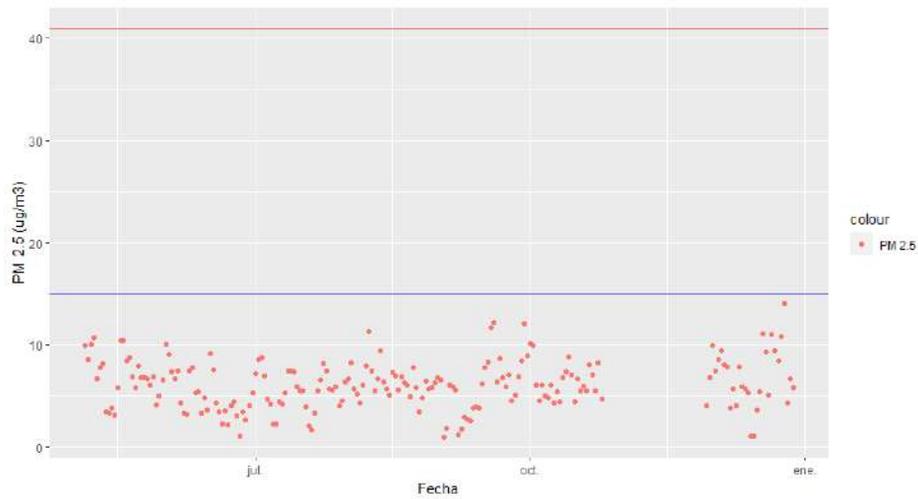


Ilustración 73 Serie de tiempo de promedios diarios de PM_{2.5} para N13.

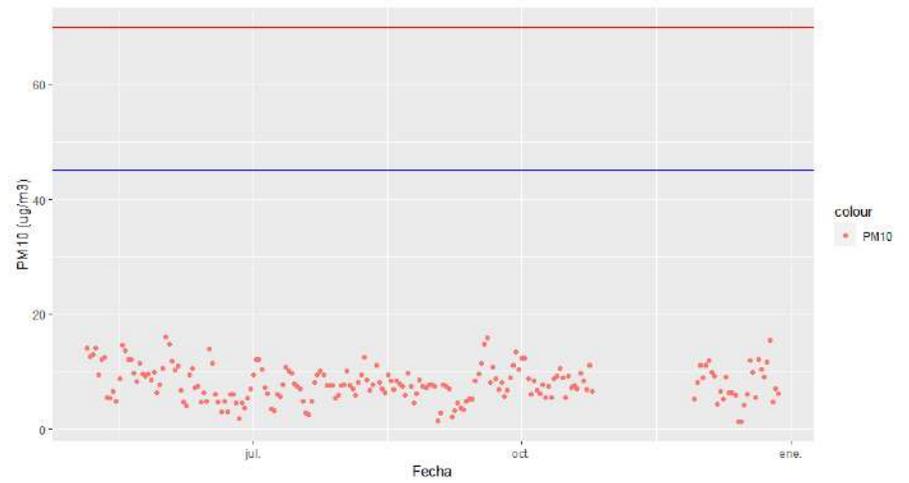


Ilustración 74 Serie de tiempo de promedios diarios de PM₁₀ para N13.

Estación N13 para PM_{2.5}

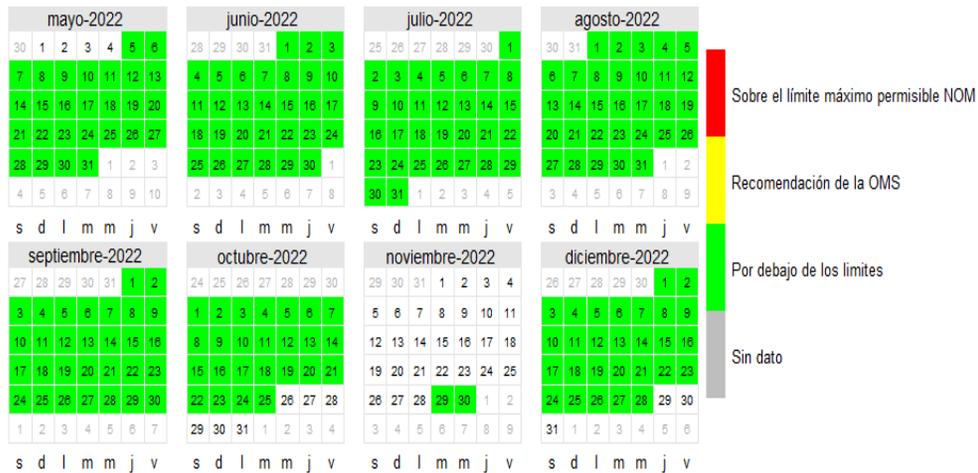


Ilustración 75 Calendario de PM_{2.5} para N13.

Estación N13 para PM₁₀

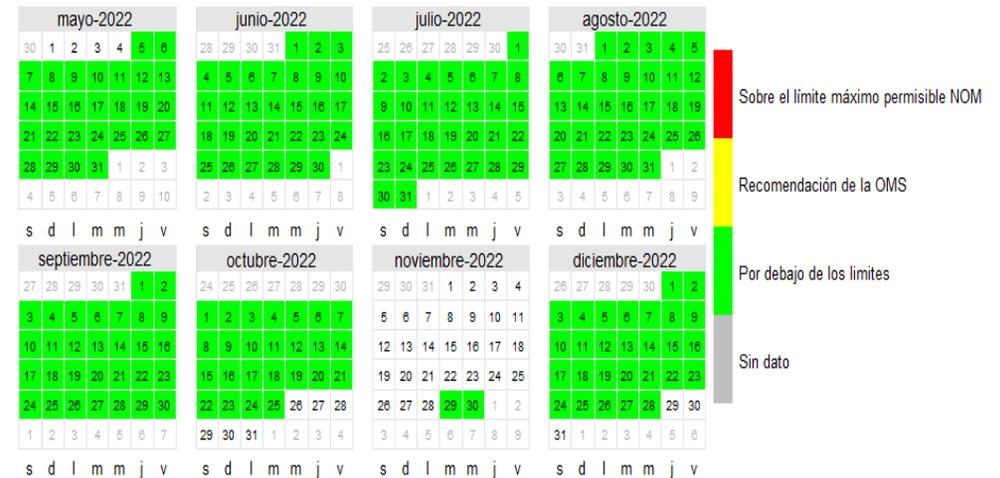


Ilustración 76 Calendario de PM₁₀ para N13.

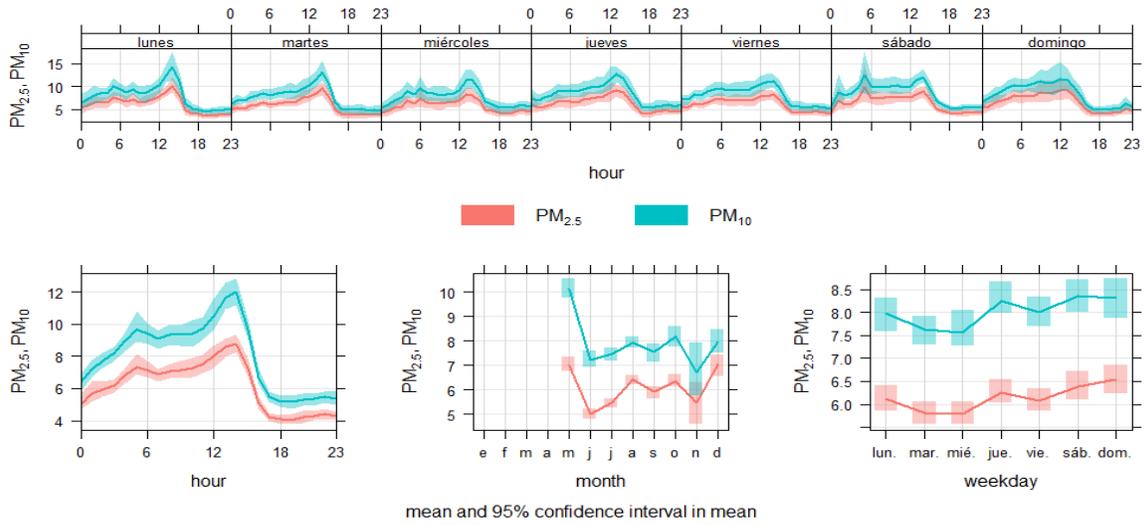


Ilustración 77 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N13.

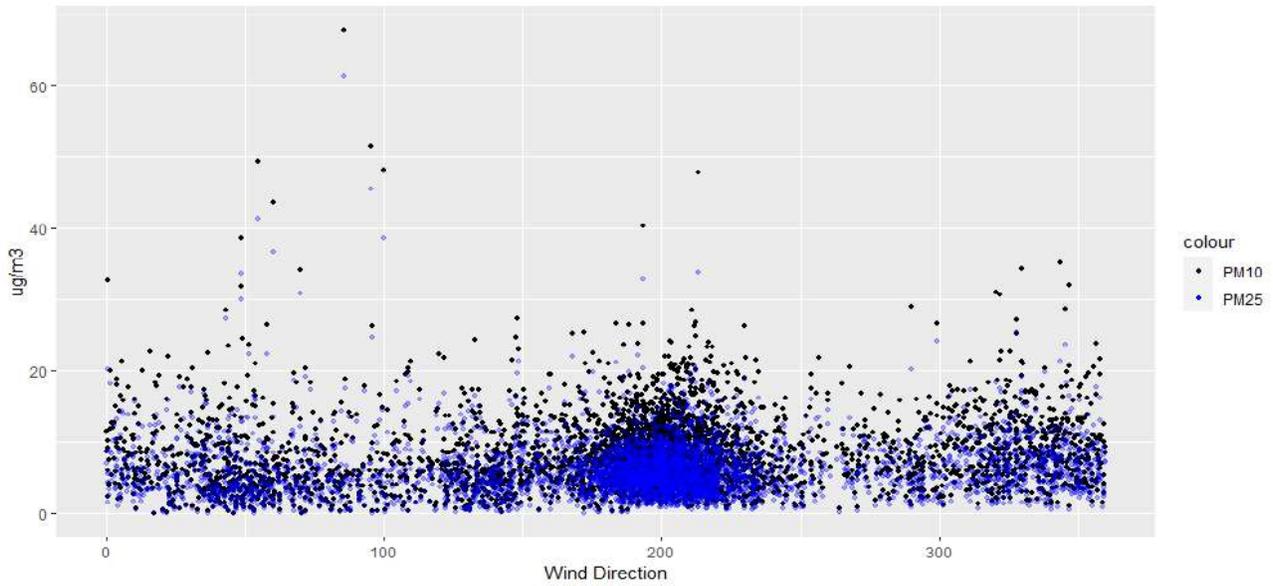


Ilustración 78 Viento vs concentración PM2.5 para N13.

2.2.14. Análisis de estación “N15”- Cabo Insurance

La estación “N15” estuvo activa durante el periodo de noviembre a diciembre de 2022. En las figuras 79 y 80, se muestran los puntos de las concentraciones, de la misma los calendarios en donde se registran los días en los que se superó lo recomendado por la OMS y por la NOM (figuras 81 y 82). Para el caso de esta estación, no se superó ningún día conforme al periodo muestreado.

Para analizar a fondo el comportamiento de las concentraciones de PM, se hizo un análisis de tiempo (figura 83), en donde se analizan las horas, días y meses en los que existen las concentraciones más elevadas. En este se puede observar que la hora en que las concentraciones se encuentran más elevadas son las 18:00 pm - 21:00 pm, sin embargo, esta tendencia se marca durante los días martes y viernes; el resto de los días presentan este comportamiento de una manera menos significativa. El comportamiento semanal muestra como los días viernes presentan la mayor concentración, disminuyendo conforme a los demás días y presentando su menor concentración en sábado. El mes en que se presentó mayor concentración fue en diciembre.

La relación entre la dirección del viento y las concentraciones de un contaminante, pueden dar un indicador de cuál es su posible fuente, o si existe alguna fuente que la esté afectando principalmente, incluso si algún evento tuvo repercusiones específicas. En la figura 84 se puede observar el comportamiento de la concentración del PM10 y PM2.5 respecto a la dirección del viento, en donde la mayor cantidad de concentraciones y las concentraciones más altas se encuentran entre el norte- sureste y nordeste por el norte (360° - 40°).

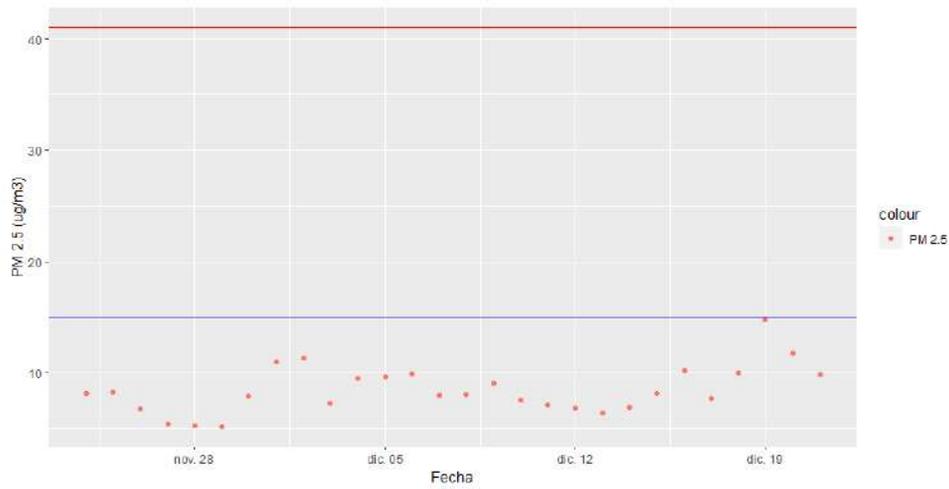


Ilustración 79 Serie de tiempo de promedios diarios de PM_{2.5} para N15.

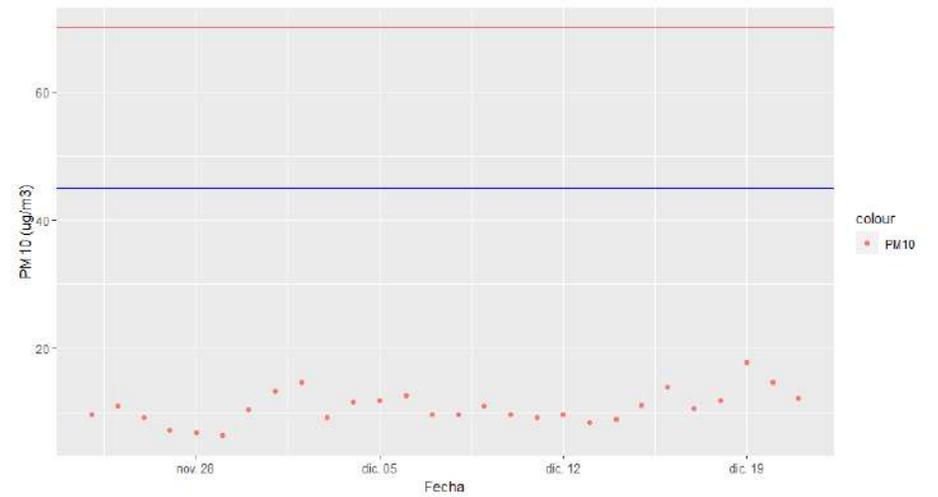


Ilustración 80 Serie de tiempo de promedios diarios de PM₁₀ para N15.

Estación N15 para PM_{2.5}



Ilustración 81 Calendario de PM_{2.5} para N15.

Estación N15 para PM₁₀

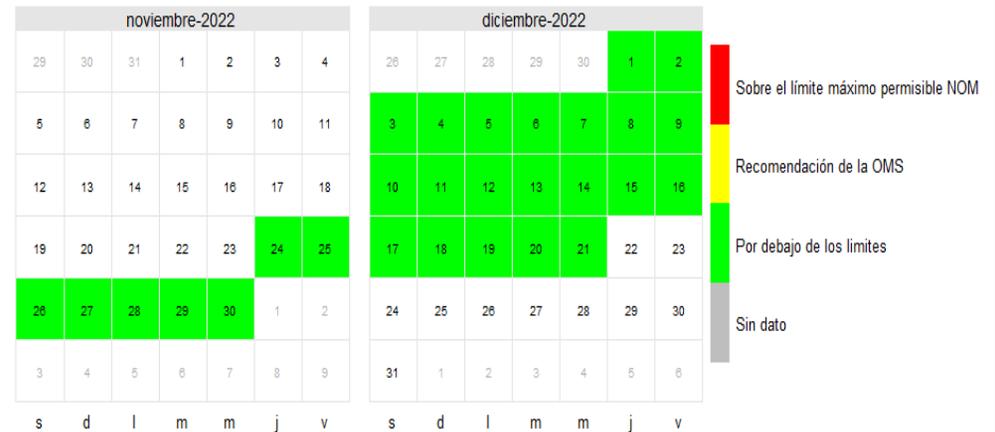


Ilustración 82 Calendario de PM₁₀ para N15.

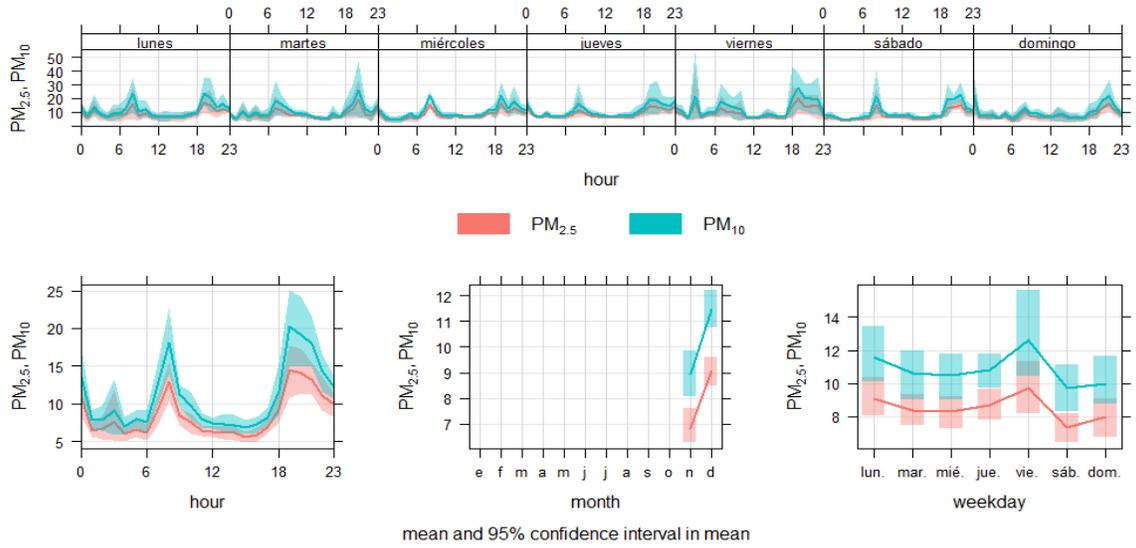


Ilustración 83 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N15.

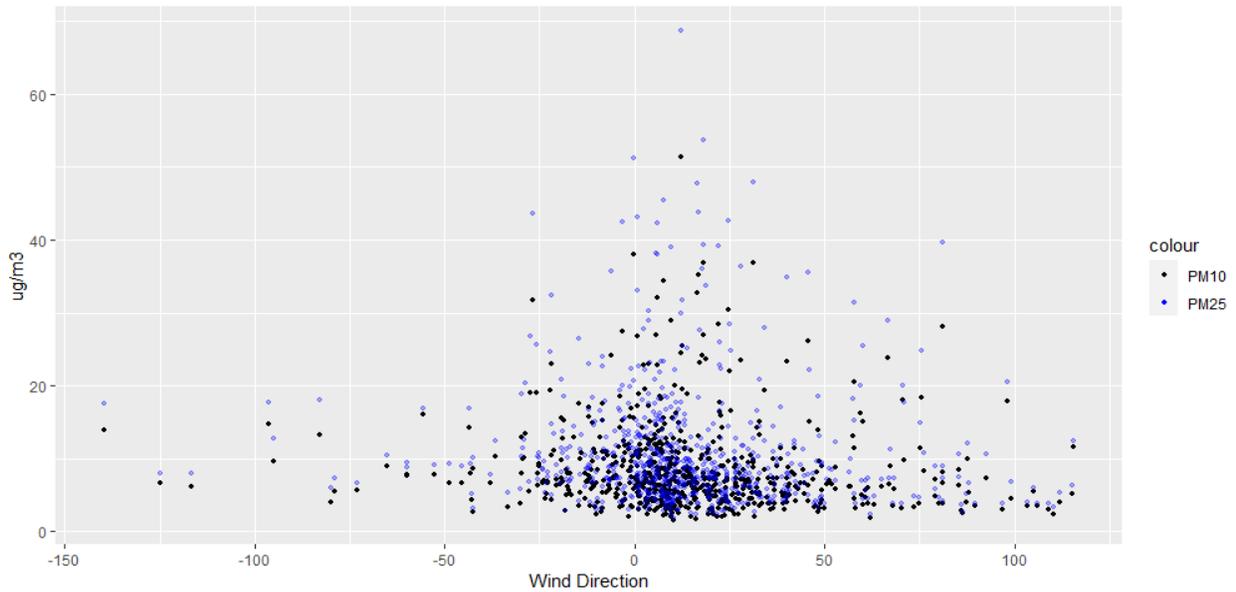


Ilustración 84 Viento vs concentración PM2.5 para N15.

2.2.15. Análisis de estación “N16”- Interceramic

La estación “N16” estuvo activa durante diciembre de 2022. En las figuras 85 y 86, se muestran los puntos de las concentraciones, de la misma los calendarios en donde se registran los días en los que se superó lo recomendado por la OMS y por la NOM (figuras 87 y 88). Para el caso de esta estación, no se superó ningún día conforme al periodo muestreado.

Para analizar a fondo el comportamiento de las concentraciones de PM, se hizo un análisis de tiempo (figura 89), en donde se analizan las horas, días y meses en los que existen las concentraciones más elevadas. En este se puede observar que la hora en que las concentraciones se encuentran más elevadas son las 18:00 pm - 21:00 pm, sin embargo, esta tendencia se marca durante los días miércoles y domingo; el resto de los días presentan este comportamiento de una manera menos significativa. El comportamiento semanal muestra como los días miércoles presentan la mayor concentración, disminuyendo conforme a los demás días y presentando su menor concentración en viernes.

La relación entre la dirección del viento y las concentraciones de un contaminante, pueden dar un indicador de cuál es su posible fuente, o si existe alguna fuente que la esté afectando principalmente, incluso si algún evento tuvo repercusiones específicas. En la figura 84 se puede observar el comportamiento de la concentración del PM10 y PM2.5 respecto a la dirección del viento, en donde la mayor cantidad de concentraciones y las concentraciones más altas se encuentran entre el norte- sureste y norte- nordeste (360° - 20°).

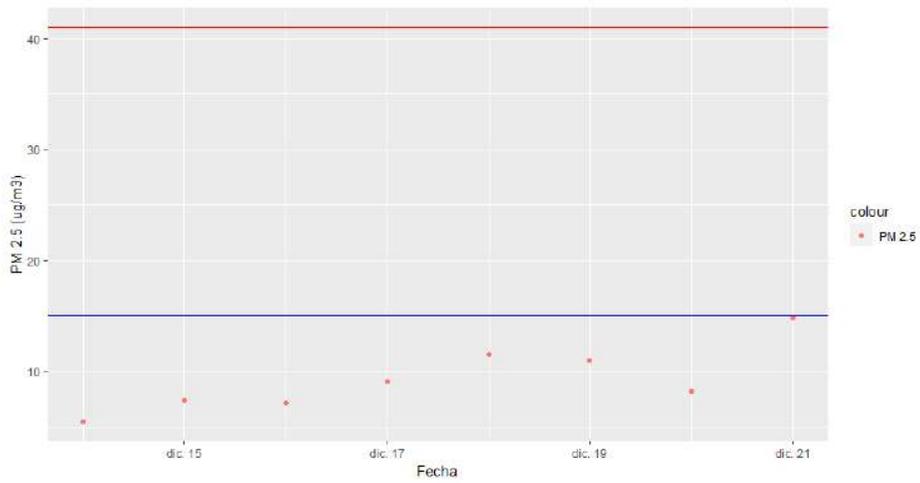


Ilustración 85 Serie de tiempo de promedios diarios de PM_{2.5} para N16

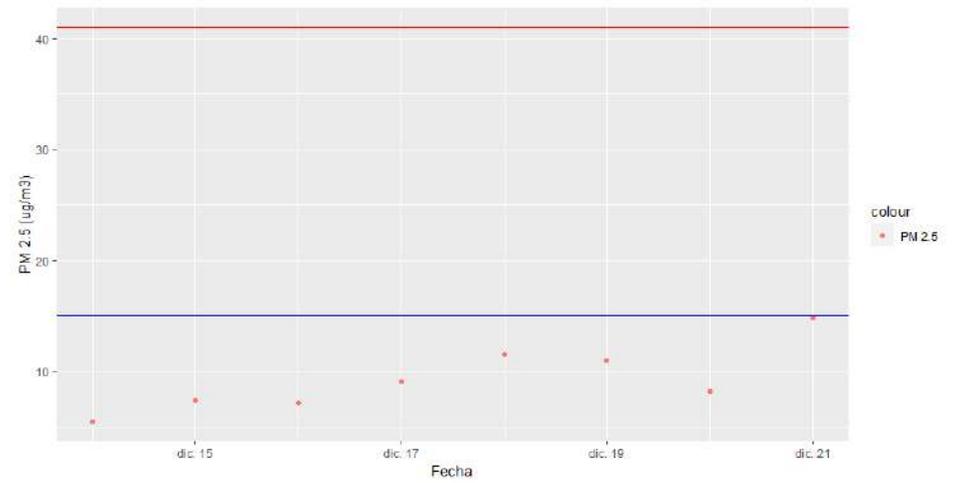


Ilustración 86 Serie de tiempo de promedios diarios de PM₁₀ para N16.

Estación N16 para PM_{2.5}

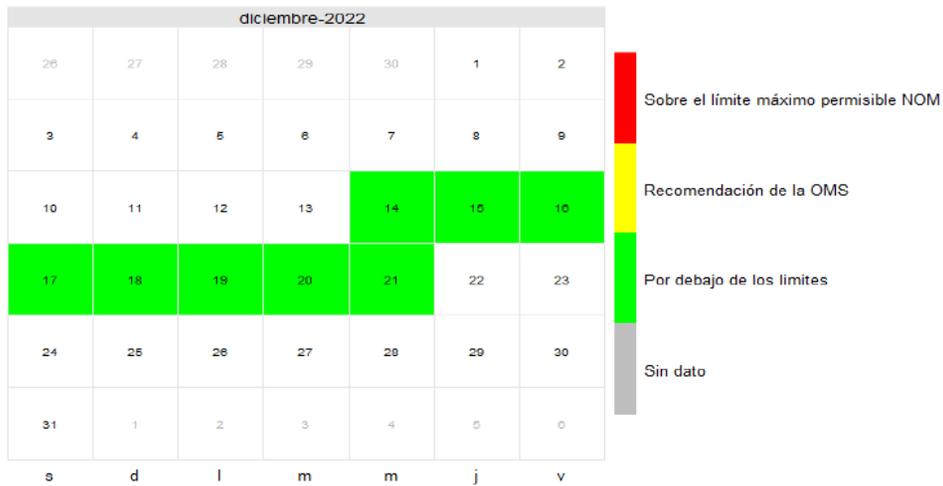


Ilustración 87 Calendario de PM_{2.5} para N16.

Estación N16 para PM₁₀



Ilustración 88 Calendario de PM₁₀ para N16.

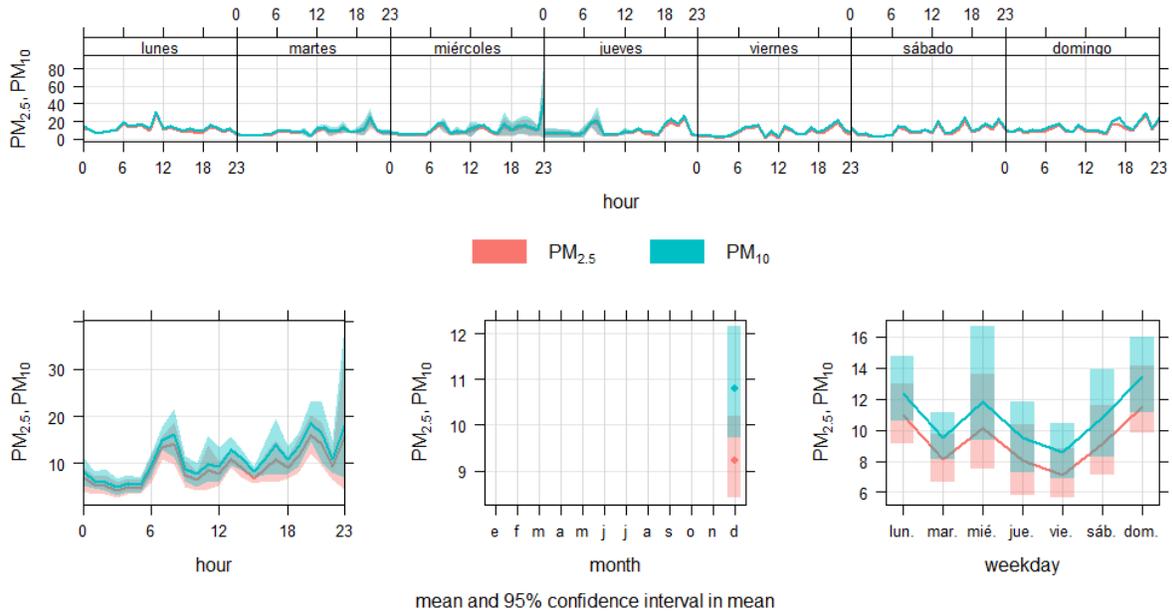


Ilustración 89 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N16.

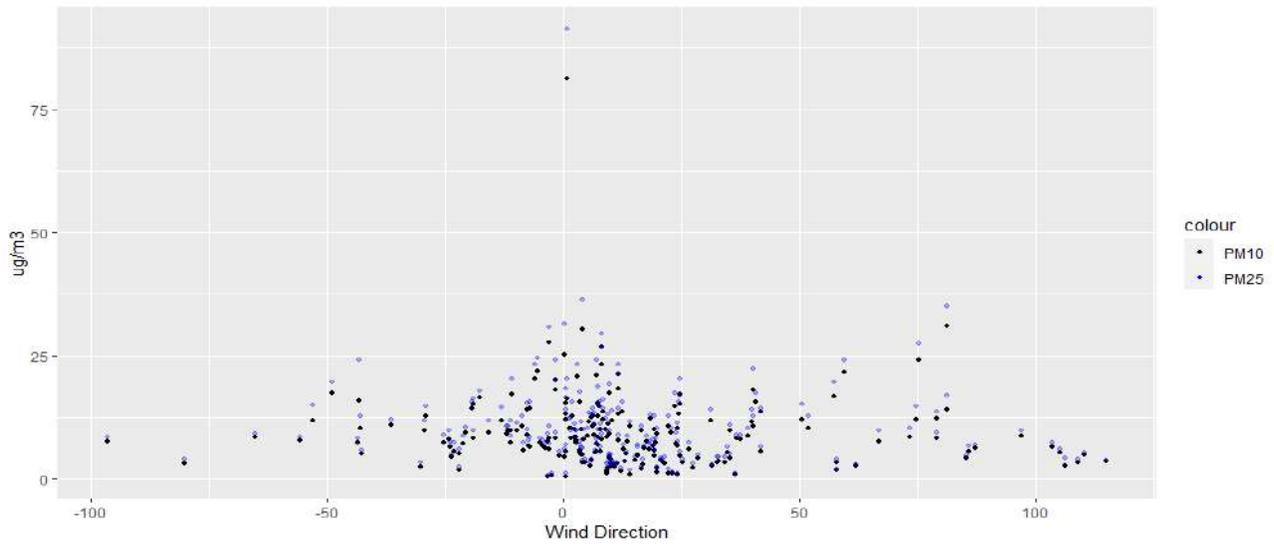


Ilustración 90 Viento vs concentración PM2.5 y PM10 para N16.

2.2.16. Análisis de estación “N17”- San Buto

La estación “N17” estuvo activa durante el periodo marzo- septiembre de 2022. En las figuras 92 y 93, se muestran los puntos de las concentraciones, de la misma los calendarios en donde se registran los días en los que se superó lo recomendado por la OMS y por la NOM (figuras 94 y 95). Para el caso de esta estación, se superaron para PM_{2.5} 22 días y para PM₁₀ 5 días.

Para analizar a fondo el comportamiento de las concentraciones de PM, se hizo un análisis de tiempo (figura 91), en donde se analizan las horas, días y meses en los que existen las concentraciones más elevadas. En este se puede observar que la hora en que las concentraciones se encuentran más elevadas son las 06:00 am - 10:00 am, sin embargo, esta tendencia es más marcada durante los días lunes, martes, miércoles y jueves; el resto de los días presentan este comportamiento de una manera menos significativa. El comportamiento semanal muestra como los días jueves presentan la mayor concentración, disminuyendo conforme a los demás días y presentando su menor concentración en domingo.

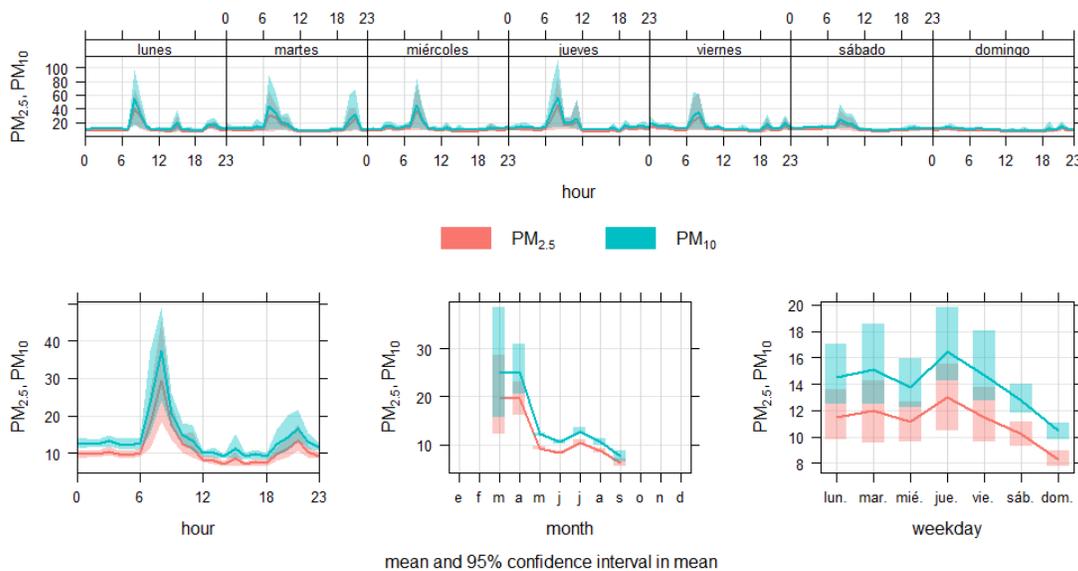


Ilustración 91 Time variation de promedios diarios de PM₁₀ y PM_{2.5} para N17.

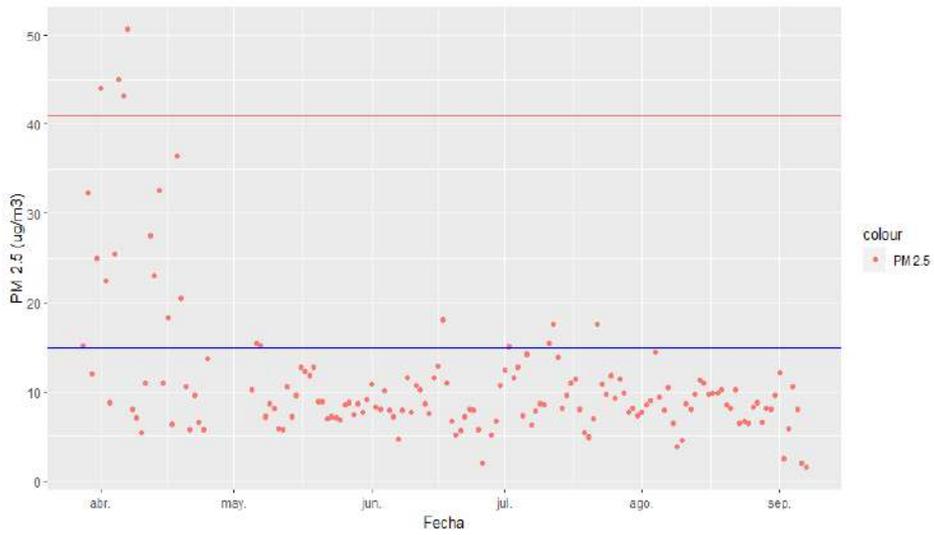


Ilustración 92 Serie de tiempo de promedios diarios de PM_{2.5} para N17.

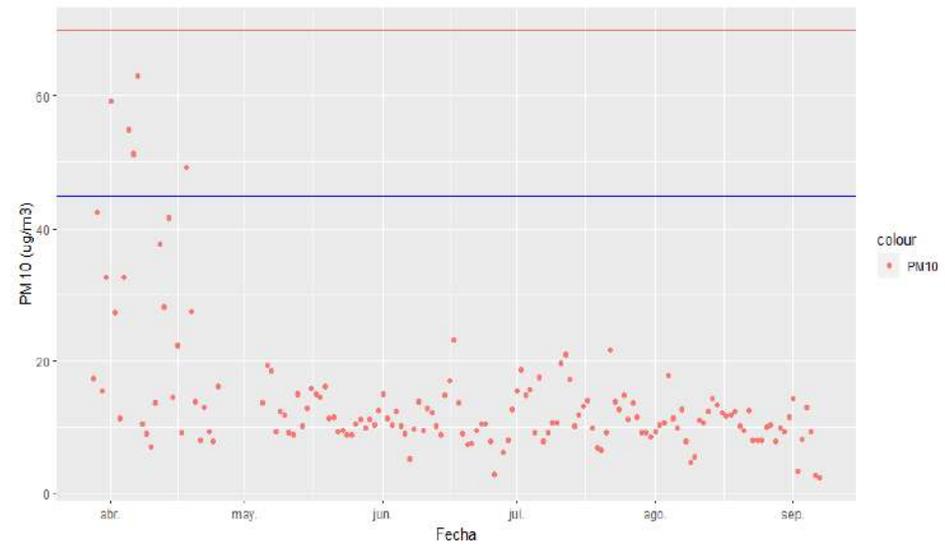
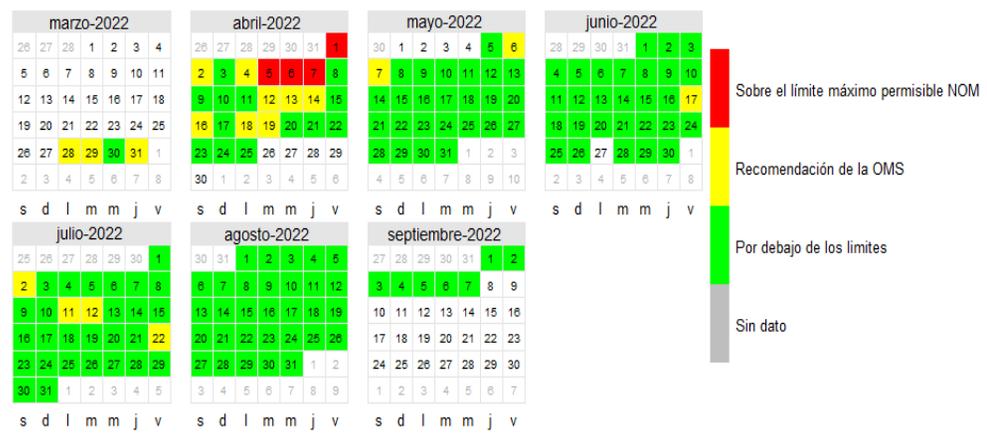


Ilustración 93 Serie de tiempo de promedios diarios de PM₁₀ para N17.

Estación N17 para PM_{2.5}



Estación N17 para PM₁₀

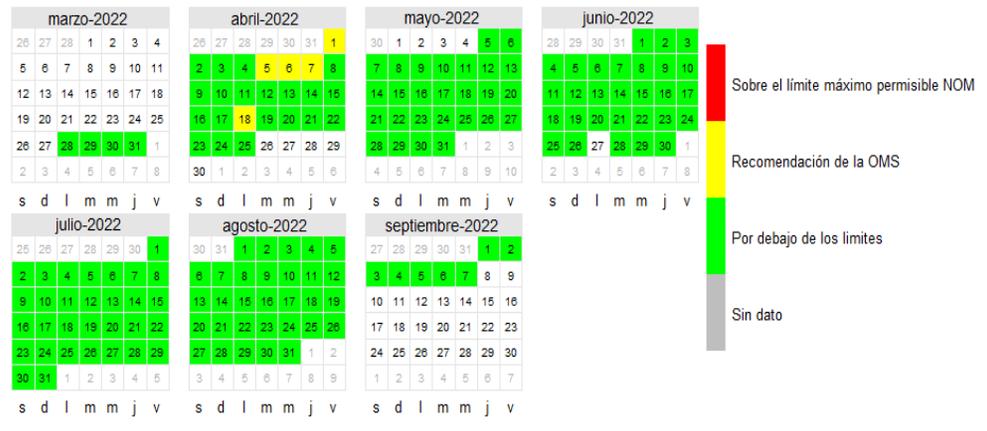


Ilustración 94 Calendario de PM_{2.5} para N17.

Ilustración 95 Calendario de PM₁₀ para N17.

2.2.17. Análisis de estación “N21”- Universidad Autónoma de Baja California Sur

La estación “N21” estuvo activa durante el periodo marzo- octubre de 2022. En las figuras 96 y 97, se muestran los puntos de las concentraciones, de la misma los calendarios en donde se registran los días en los que se superó lo recomendado por la OMS y por la NOM (figuras 98 y 99). Para el caso de esta estación, no se superó ningún día.

Para analizar a fondo el comportamiento de las concentraciones de PM, se hizo un análisis de tiempo (figura 100), en donde se analizan las horas, días y meses en los que existen las concentraciones más elevadas. En este se puede observar que la hora en que las concentraciones se encuentran más elevadas son las 06:00 am - 11:00 am, sin embargo, esta tendencia se marca durante los días miércoles y jueves; el resto de los días presentan este comportamiento de una manera menos significativa. El comportamiento semanal muestra como los días miércoles y jueves presentan la mayor concentración, disminuyendo conforme a los demás días y presentando su menor concentración en domingo.

La relación entre la dirección del viento y las concentraciones de un contaminante, pueden dar un indicador de cuál es su posible fuente, o si existe alguna fuente que la esté afectando principalmente, incluso si algún evento tuvo repercusiones específicas. En la figura 101 se puede observar el comportamiento de la concentración del PM10 y PM2.5 respecto a la dirección del viento, en donde la mayor cantidad de concentraciones y las concentraciones más altas se encuentran entre el sur- suroeste y suroeste por el oeste (160° - 240°).

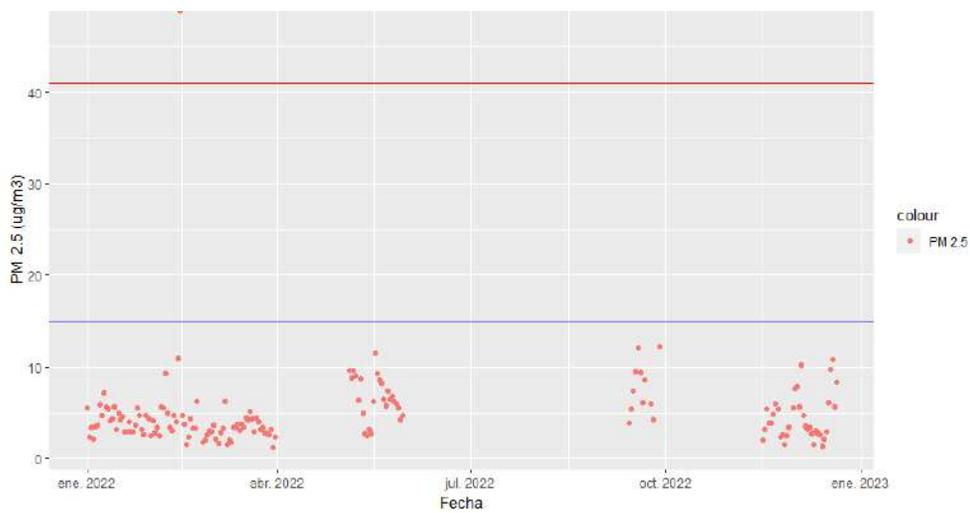


Ilustración 96 Serie de tiempo de promedios diarios de PM_{2.5} para N21.

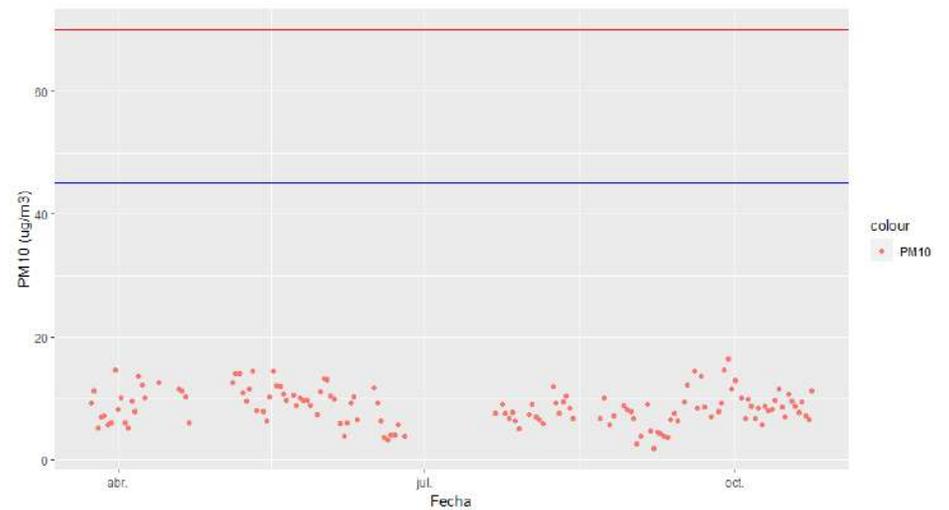


Ilustración 97 Serie de tiempo de promedios diarios de PM₁₀ para N21.

Estación N21 para PM_{2.5}

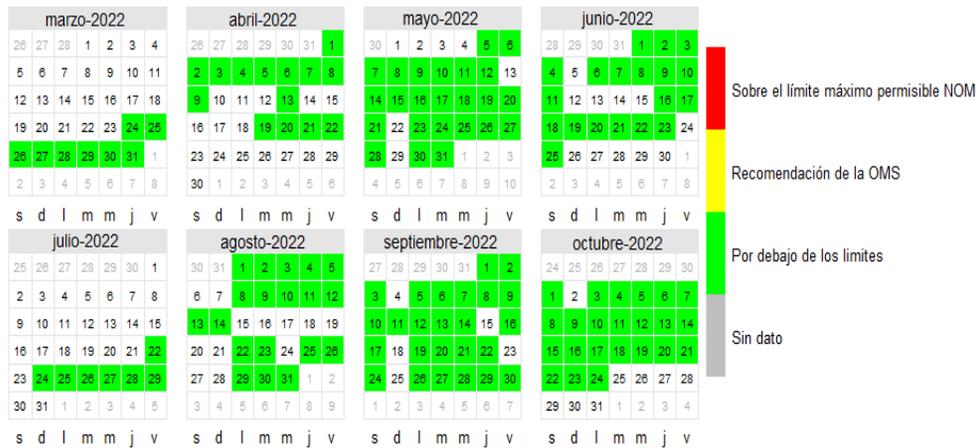


Ilustración 98 Calendario de PM_{2.5} para N21.

Estación N21 para PM₁₀



Ilustración 99 Calendario de PM₁₀ para N21.

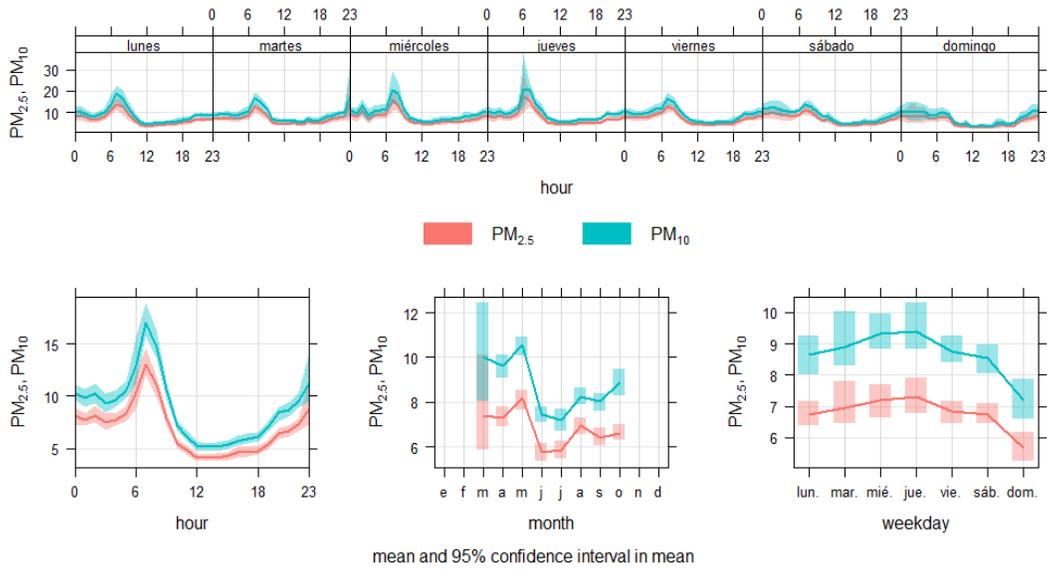


Ilustración 100 Time variation de promedios diarios de PM10 y PM2.5 para N21.

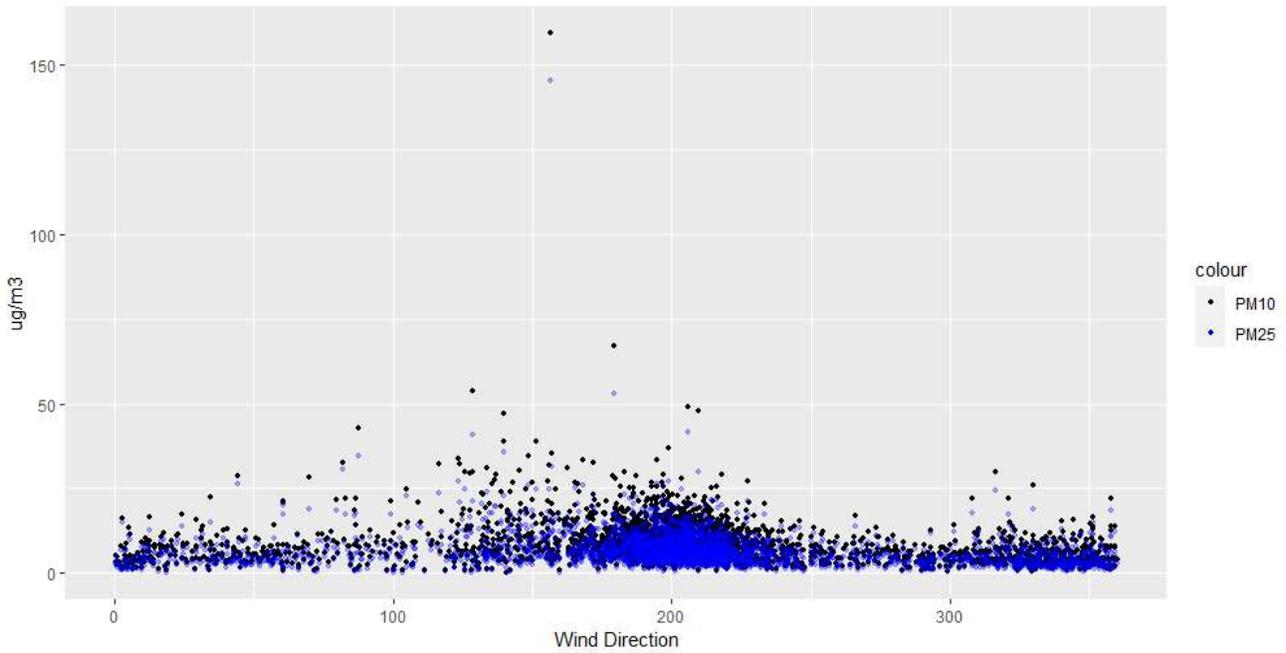


Ilustración 101 Viento vs concentración PM2.5 para N21.

2.3 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 de enero a diciembre 2022, 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, 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 es 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 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 102).

Estaciones de monitoreo de CFE



Ilustración 102 Distribución de estaciones de monitoreo CFE

2.3.1 Evaluación del material particulado (PM10)

En la tabla 7 se muestra la cantidad de días evaluados en las 3 casetas de monitoreo de CFE, asimismo en las 3 estaciones de monitoreo se superaron las recomendaciones de la OMS y en la E2 y E3 superaron los valores normados, asimismo en la Tabla 8 se superó el promedio anual para la recomendación de la OMS y de la NOM. En la figura 122, se muestra la serie de tiempo de PM10 para cada estación de monitoreo de CFE, asimismo el límite máximo permisible (línea de color morado) y lo recomendado por la OMS (línea de color amarillo).

2.3.2.1 Promedios diarios

Tabla 7. Evaluación para PM10 de cada estación

Estación	Cantidad de días evaluados	Evaluación	
		NOM	OMS
E1	336	0	15
E2	335	3	300
E3	337	99	334

2.3.1.2 Promedios anuales

Tabla 8. Evaluación de los promedios anuales para PM10 de cada estación

Estación	Cantidad de días evaluados	Promedio anual	Evaluación	
			NOM	OMS
E1	336	30.4619	Bajo el límite	Sobre el límite
E2	335	53.67901	Sobre el límite	Sobre el límite
E3	337	66.29598	Sobre el límite	Sobre el límite

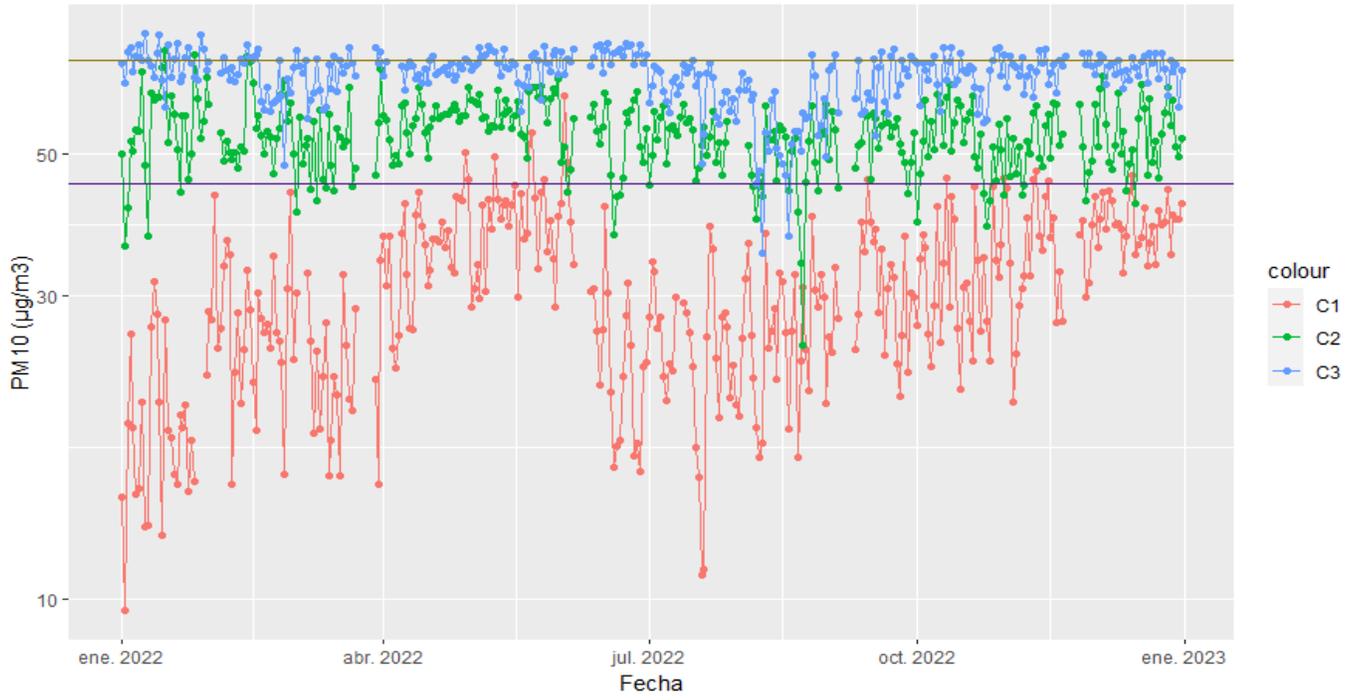
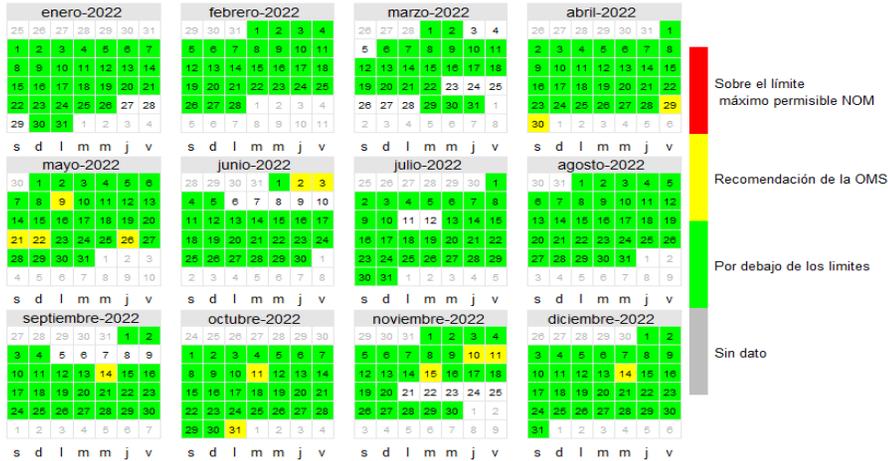


Ilustración 103 Serie de tiempo de PM10

Caseta 1 PM₁₀



Caseta 2 PM₁₀

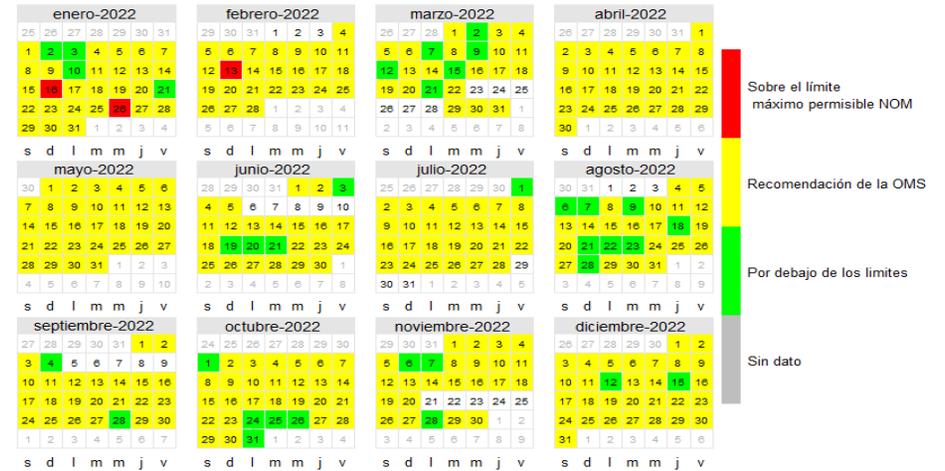
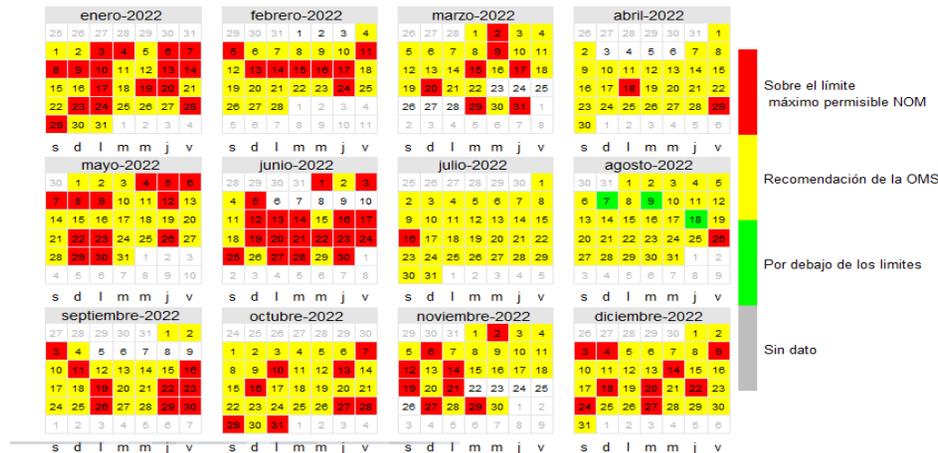


Ilustración 105 Calendario caseta 1 de PM₁₀

Caseta 3 PM₁₀



2.3.2 Evaluación del dióxido de azufre (SO₂).

En la Tabla 9 se muestra la cantidad de días evaluados en las 3 casetas de monitoreo de CFE, asimismo en las 3 estaciones de monitoreo se superaron las recomendaciones de la OMS y en la E1 y E2 superaron los valores normados. En la figura 123, se muestra la serie de tiempo de SO₂ para cada estación de monitoreo de CFE, asimismo el límite máximo permisible (línea de color morado) y lo recomendado por la OMS (línea de color amarillo).

2.3.2.1 Promedios diarios

Tabla 9. Evaluación de los promedios anuales para SO₂ de cada estación

Estación	Cantidad de días evaluados	Evaluación	
		NOM	OMS
E1	344	1	3
E2	338	1	1
E3	338	0	6

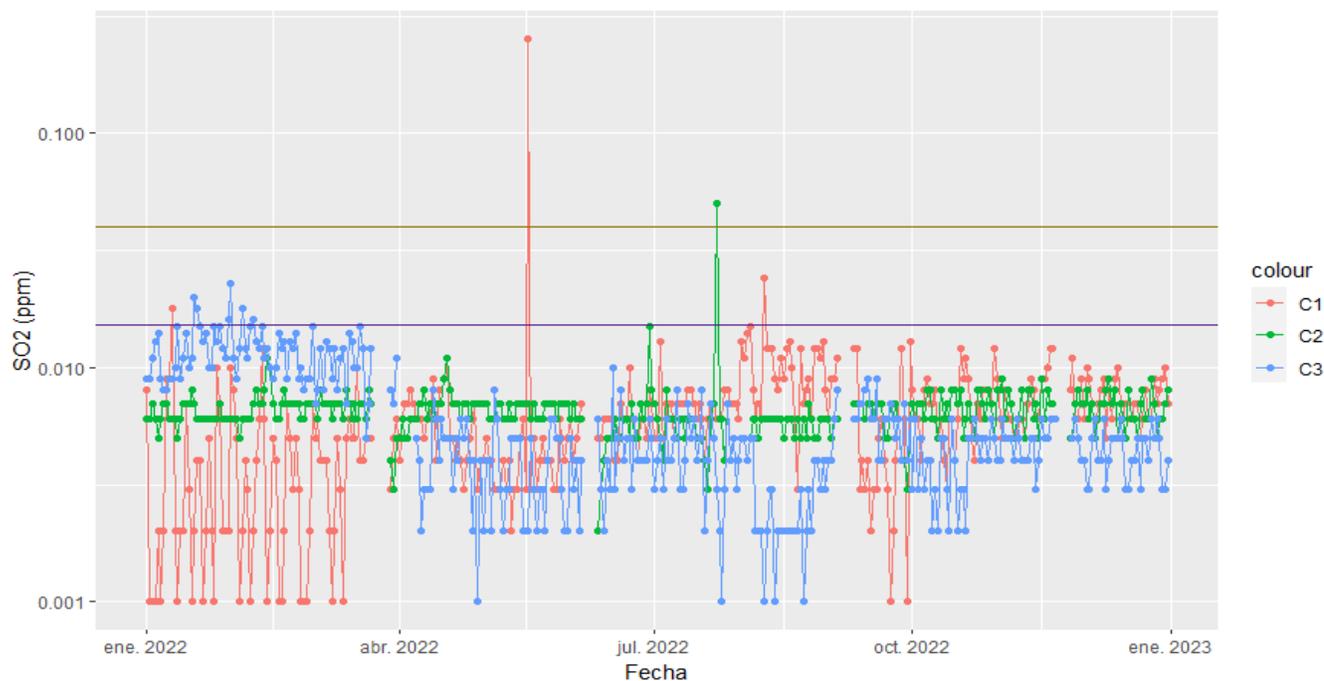


Ilustración 107 Serie de tiempo de SO₂

Caseta 1 SO₂



Caseta 2 SO₂



Ilustración 109 Calendario caseta 1 de SO₂

Caseta 3 SO₂



2.3.3 Evaluación del ozono (O3)

En la Tabla 10 se muestra la cantidad de días evaluados en las 3 casetas de monitoreo de CFE, asimismo en las 3 estaciones de monitoreo se superaron las recomendaciones de la OMS, mientras que para la NOM no se superó ningún día. En la figura 124, se muestra la serie de tiempo de O3 para cada estación de monitoreo de CFE, asimismo el límite máximo permisible (línea de color morado) y lo recomendado por la OMS (línea de color amarillo)

2.3.2.1 Promedios diarios

Tabla 10. Evaluación de incumplimientos en datos diarios para O3

Estación	Cantidad de días evaluados	Días que rebasan los niveles	
		NOM	OMS
E1	343	0	134
E2	338	0	4
E3	340	0	120

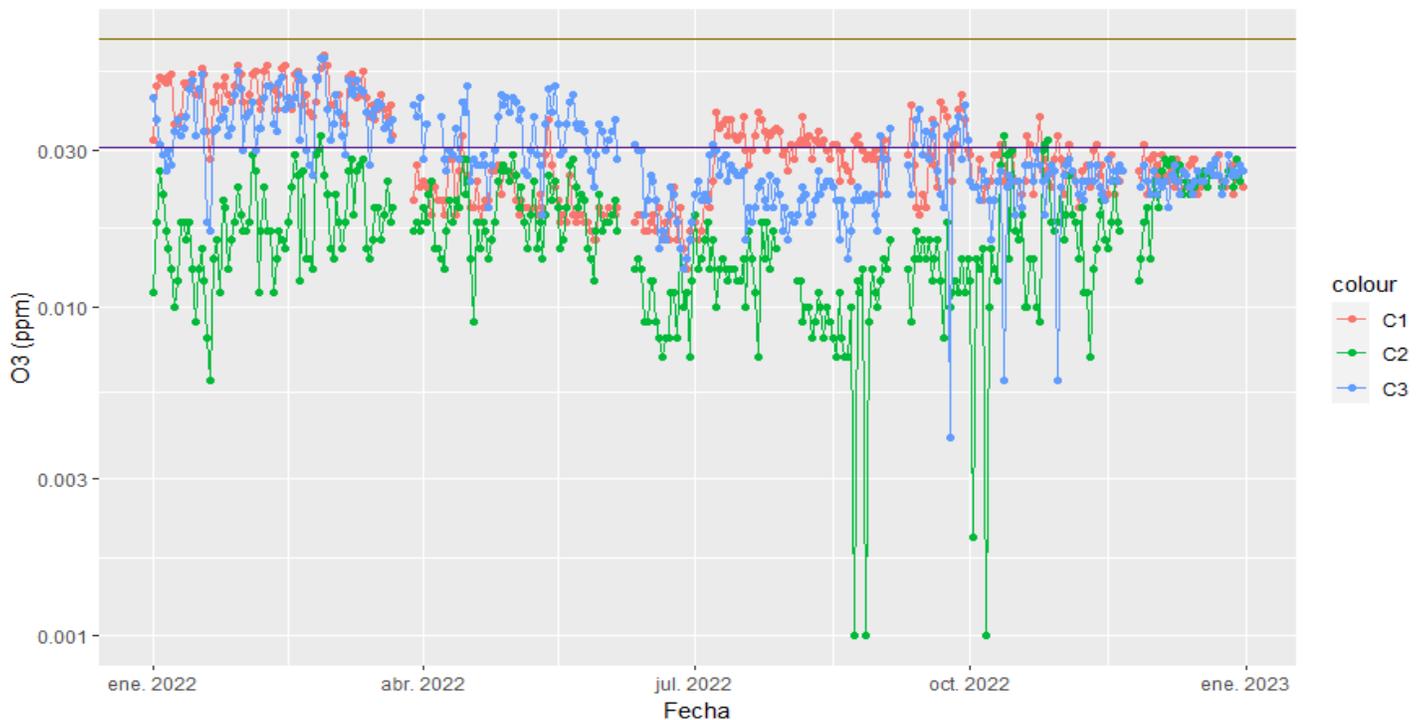


Ilustración 111 Serie de tiempo de O3.

2.2.4 Evaluación del dióxido de Nitrógeno (NO₂)

En la Tabla 11 se muestra la cantidad de días evaluados en las 3 casetas de monitoreo de CFE, asimismo en las 3 estaciones de monitoreo se superaron las recomendaciones de la OMS.

En la Tabla 12 se muestran los promedios anuales y si rebasan lo recomendado por la OMS y la NOM, en la cual se rebasaron en todas las estaciones lo recomendado por la OMS y en la estación 2 superó el límite máximo permisible por la NOM. En la figura 125, se muestra la serie de tiempo de NO₂ para cada estación de monitoreo de CFE, asimismo el límite máximo permisible (línea de color morado) y lo recomendado por la OMS (línea de color amarillo)

2.3.2.1 Promedios diarios

Tabla 11. Evaluación de incumplimientos en datos diarios para NO₂

Estación	Cantidad de días evaluados	Días que rebasan los niveles
		OMS
E1	344	179
E2	338	294
E3	340	289

2.3.2.1 Promedios anuales

Tabla 12. Evaluación de los promedios anuales para NO₂ de cada estación

Estación	Cantidad de días evaluados	Promedio anual	Evaluación	
			NOM	OMS
E1	344	0.01519477	Bajo el límite	Sobre el límite
E2	338	0.0214645	Sobre el límite	Sobre el límite
E3	340	0.02068235	Bajo el límite	Sobre el límite

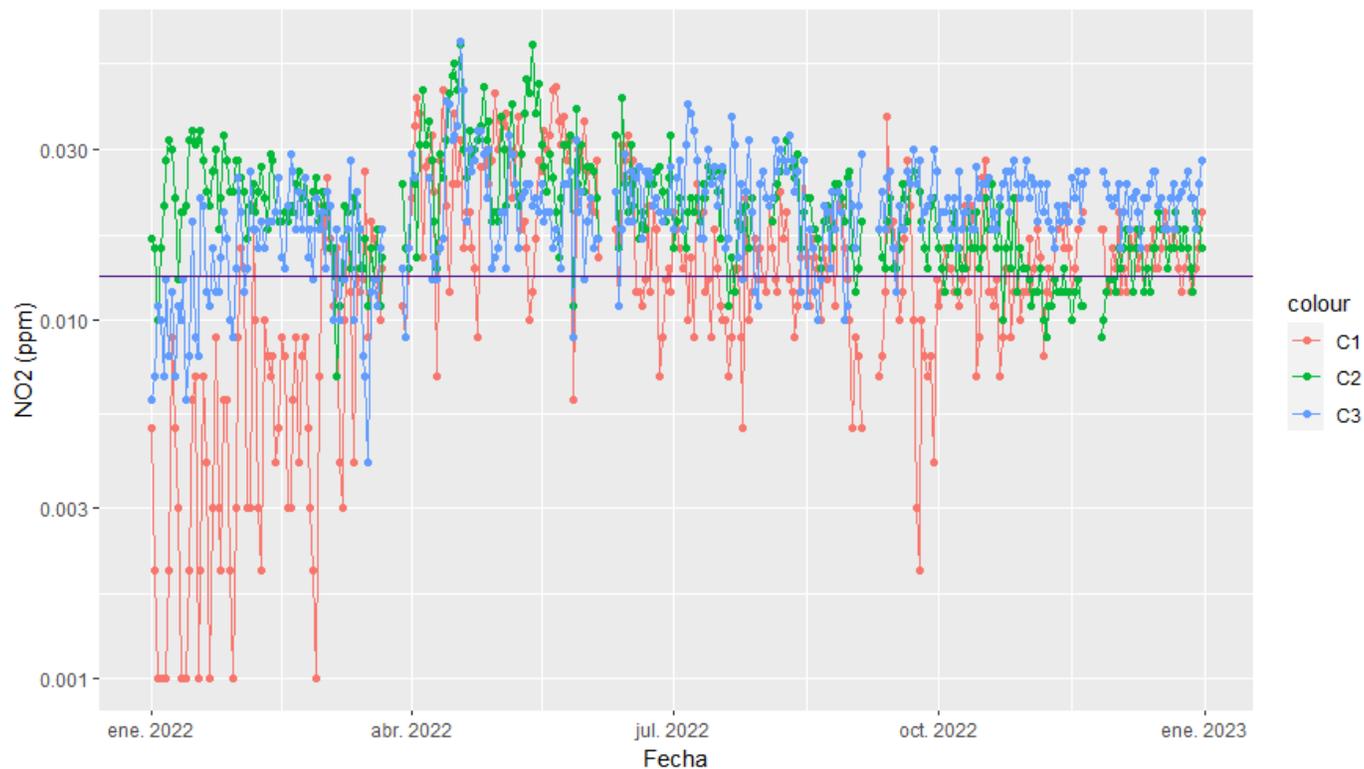


Ilustración 112 Serie de tiempo de NO2.

3 Incidencias

En 2022 se capturó información sobre las incidencias ambientales con la finalidad de monitorear los sucesos “anormales” que impacten la calidad del aire, con ello se contemplaron los sucesos “normales” , es decir, lo que ocurre normalmente como la actividad industrial que existe en La Paz, Baja California Sur. Una vez determinado esto, se desarrolló una bitácora de incidencias ambientales en donde se muestran los sucesos que impactaron negativamente la calidad del aire.

A continuación, se presenta la bitácora de incidencias ambientales:

Tabla 13. Bitácora de incidencias de 2022

13 de febrero de 2022
Incendio en nave industrial No. 5 de la Central de Combustión Interna en La Paz, BCS.

<i>Ilustración 116 Fotografía tomada desde la bahía de La Paz, BCS.</i>

<i>Ilustración 117. Incendio de nave industrial de CFE (El sudcaliforniano, 2022).</i>

14 de febrero de 2022

Incendio en la trinchera 3 del relleno sanitario en La Paz, BCS.



Ilustración 118 Incendio de relleno sanitario de La Paz BCS (peninsulasurdigital,2022)



Ilustración 119 Incendio de relleno sanitario de La Paz BCS (diariohumano,2022).

4 de marzo de 2022

Incendio en el relleno sanitario en La Paz, BCS.



Ilustración 120. Incendio de relleno sanitario de La Paz BCS (Roldán L. ,2022)

6 de marzo de 2022

Incendio en el relleno sanitario en La Paz, BCS.



Ilustración 121. Incendio de relleno sanitario de La Paz BCS (Green R. ,2022)

14 de marzo de 2022

Incendio no identificado visto desde Pino Payas y 5 de febrero en La Paz, BCS.



Ilustración 122. Fotografía de incendio no identificado.



Ilustración 123. Fotografía de humo gris/negro de incendio no identificado.

Incendio no identificado, ubicado en Chametla en La Paz, BCS.



Ilustración 124. Fotografía de incendio no identificado, humo gris.

Incendio de embarcación anclada en la bahía en La Paz, BCS.



Ilustración 125. Incendio de embarcación.

25 de abril de 2022

Incendio de negocio Modatelas, ubicado en plaza “Mi plaza” en La Paz, BCS.

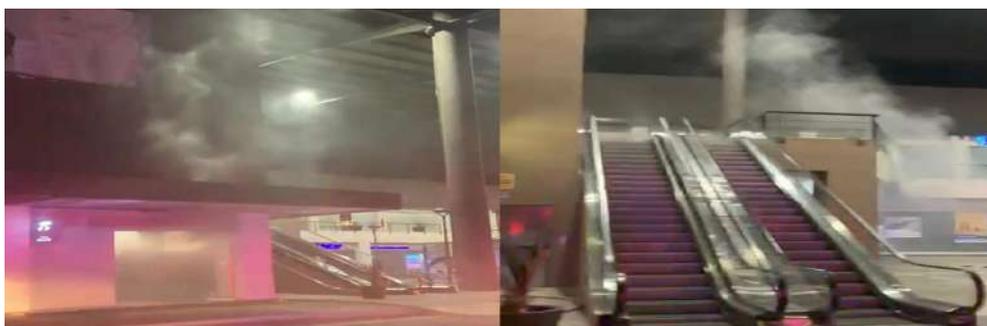


Ilustración 126. Incendio de negocio de negocio Modatelas (bcs noticias, 2022)

30 de septiembre de 2022

Incendio de neumáticos en Colonia Agua Escondida, en La Paz, BCS.

*Ilustración 127. Incendio de negocio de negocio Modatelas (bcs noticias, 2022)*

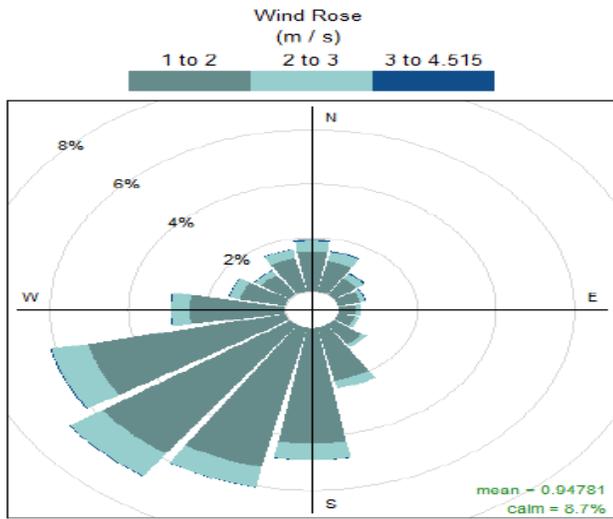
4 Meteorología

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 las figuras 147,148, 149,150 se presentan gráficos de rosas de los vientos por estaciones del año.

4.1 Viento

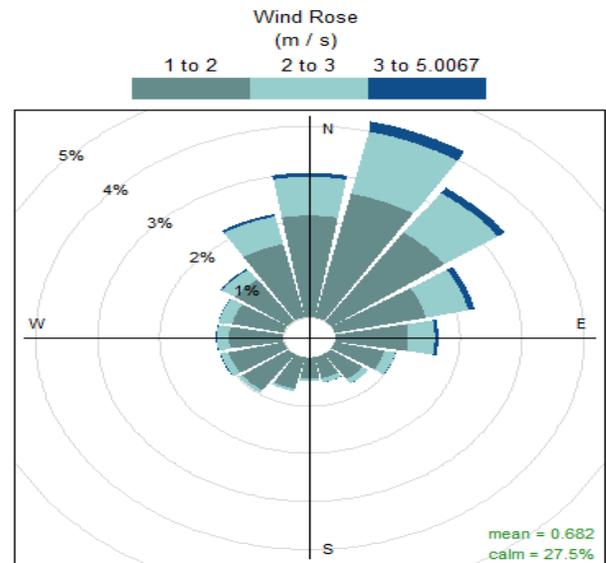
Para el análisis de viento se utilizó la denominada rosa de los vientos, ya que esta define la dirección y velocidad del viento. La velocidad del viento puede afectar la concentración de contaminantes en un área y mientras mayor sea la velocidad del viento, menor será la concentración de contaminantes, porque el viento diluye y dispersa rápidamente los contaminantes en el área circulante.

A continuación, se presentan las rosas de los vientos por estaciones del año 2022, asimismo cabe resaltar que para la temporada de invierno, solo se lograron obtener datos meteorológicos del mes de diciembre.



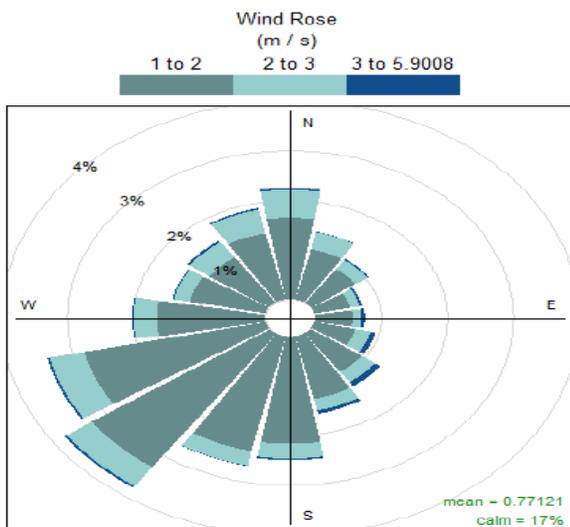
Frequency of counts by wind direction (%)

Ilustración 128 Comportamiento del viento primavera



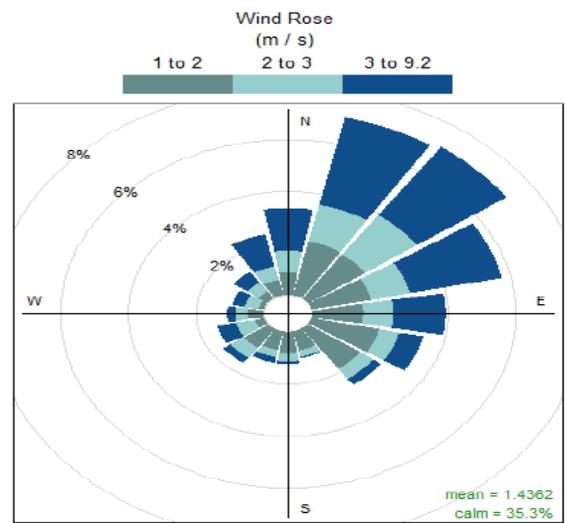
Frequency of counts by wind direction (%)

Ilustración 129 Comportamiento del viento otoño



Frequency of counts by wind direction (%)

Ilustración 130 Comportamiento del viento verano



Frequency of counts by wind direction (%)

Ilustración 131 Comportamiento del viento invierno

4.2 Temperatura

El comportamiento de la temperatura (figura 143) que se presenta durante el periodo anual 2022 en la ciudad de La Paz, presenta una mínima de 9.38°C en invierno, una máxima de 41.774°C en verano y una media de 26 °C que se presenta durante todo el año. Con respecto a la tendencia se observa un incremento para verano y descendiende en otoño e invierno.

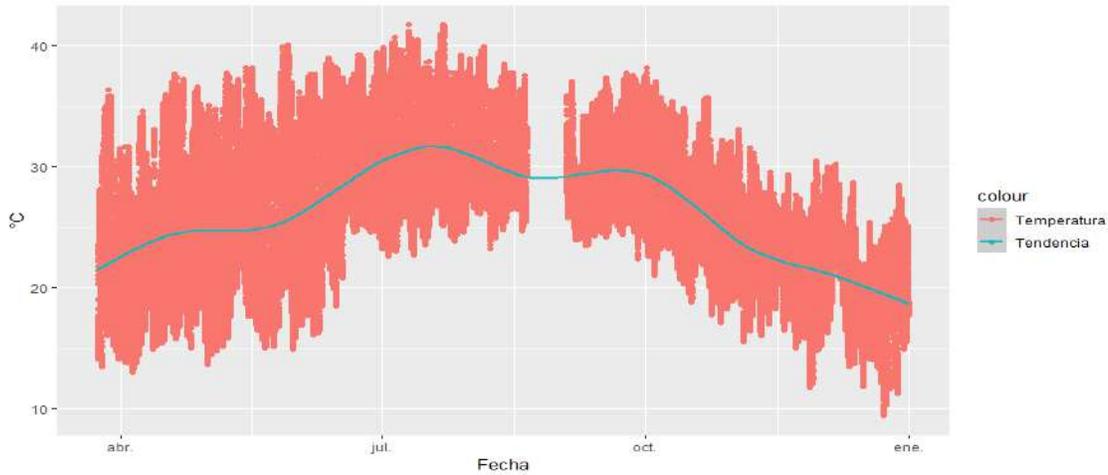


ilustración 132 Temperatura

4.3 Humedad

En la figura 144 se muestra la humedad relativa del periodo 2022 presentando mínimos de 10 % en invierno y máximos de hasta 99% en verano, asimismo se presenta un incremento en tendencia en verano y otoño.

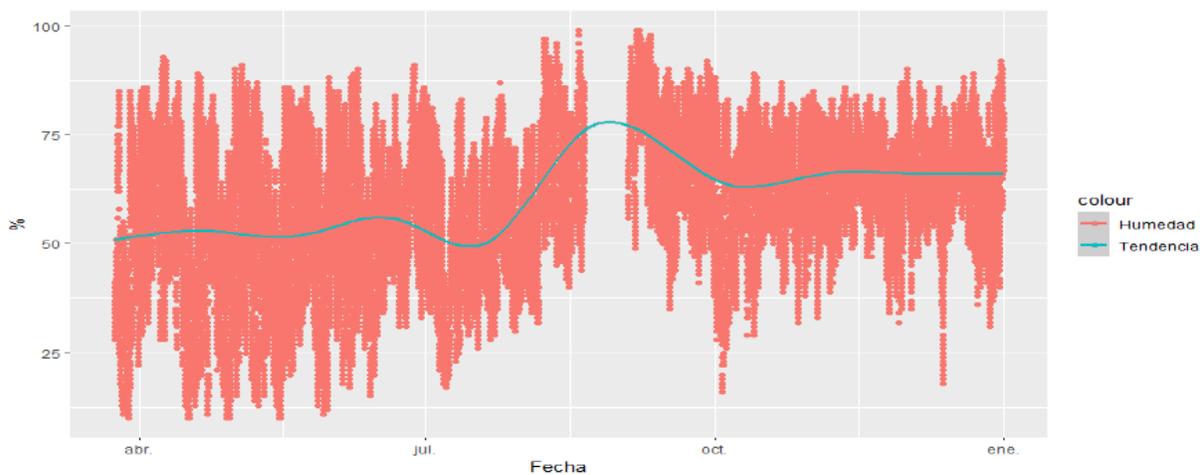


Ilustración 133 Humedad.

4.4 Presión barométrica

El comportamiento de la presión barométrica para el periodo 2022, presenta una mínima de 29.60 inHg en otoño y máxima de 30.10 inHg en invierno, con respecto a la tendencia fue en aumento para otoño e invierno.

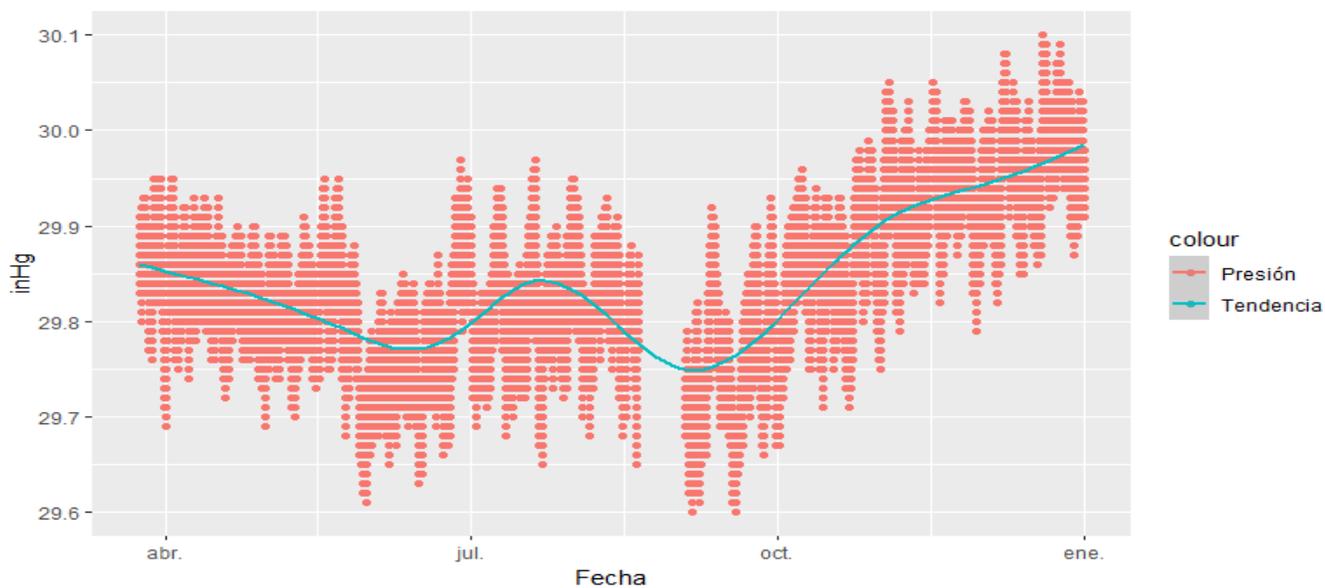


Ilustración 134 Presión barométrica

5 Conclusión

Tras realizar el presente reporte y analizar los resultados obtenidos se muestra que durante el periodo anual 2022, estuvieron monitoreando 17 estaciones de la red de monitoreo de ciudadano de CERCA; de las cuales, en 7 estaciones se superaron las recomendaciones criterio: 2 superaron el límite máximo permisible de la NOM y 5 estaciones lo recomendado por la OMS. Para PM_{2.5} se presentaron 5 estaciones de monitoreo que superaron las recomendaciones, 4 estaciones superaron el límite máximo permisible por la NOM y 5 estaciones las recomendaciones por la OMS. Para los promedios anuales, la estación N6 (Marina) superó la recomendación de la OMS. Asimismo de cada una de las estaciones se realizaron los gráficos de variación del tiempo donde el comportamiento general fue que las concentraciones más altas de los contaminantes criterio se presentaron en un horario de 06:00 a.m. - 10:00 a.m. y los días con mayor concentración fueron los días lunes, martes y viernes. De igual manera en los gráficos de viento versus concentración, la concentración se presentó mayormente entre los 160° y 240°, es decir, entre el sur-sureste y suroeste.

Con respecto al monitoreo de las casetas de CFE, para PM₁₀ en la estación E2 y E3 se observaron que superaron en un total de 102 días los límites máximos permisibles de la NOM y un total de 649 días superaron lo recomendado por la OMS. La estación E1 presentó 15 días por arriba de los niveles de referencia, E2 300 días y E3 224 días. Con respecto a los promedios anuales, solo la estación E1 presentó valores por debajo del límite establecido en la NOM, mientras que para lo establecido en la OMS superó el límite, al igual que las estaciones E2 y E3. Para el dióxido de azufre (SO₂), la estación E1 y E2, superaron 1 día los criterios establecidos por la NOM; mientras que para la OMS las 3 estaciones (E1, E2 y E3) superaron lo recomendado por la OMS, dado un total de 10 días. En el caso del ozono (O₃), en todas las estaciones se superó lo recomendado por la OMS dando un total de 258 días; mientras que para lo establecido por la NOM, no se superó ningún día el límite máximo permisible. En cuanto al dióxido de nitrógeno (NO₂), se superaron en las tres estaciones lo recomendado por la OMS y para los promedios anuales, la estación E2 presentó valores sobre el límite máximo permisible para la NOM; mientras que para los criterios establecidos en la OMS todas las estaciones superaron lo recomendado por la OMS para NO₂.

Aunado a lo anterior, se reportaron una serie de sucesos “anormales” que se concedieran en dicho reporte como incidencias ambientales, en la Tabla 13 se pueden observar las incidencias que se presentaron, presentándose el día 13 de febrero 2022 un incendio en la nave industrial de la central de combustión interna (CCI), y el día 14 de febrero 2022 un incendio en el relleno sanitario de La Paz, siendo ambos fenómenos factores importantes para afectar la calidad del aire (información detallada en los calendario de las estaciones de CFE y estaciones de CERCA), este suceso fue significativo durante el transcurso del año pudiéndose observar la “pluma” de contaminación aérea en toda la ciudad de La Paz, así mismo se presentaron 7 incendios durante el año.

Cabe resaltar que en 2022 se incumplieron las Normas Oficiales Mexicanas considerando los datos reportados por las casetas de CFE para los contaminantes PM₁₀, O₂, NO₂ y SO₂, así como para PM₁₀ y PM_{2.5} se incumplieron las NOM y lo recomendado por la OMS en algunas de las estaciones de monitoreo de la red

ciudadana de CERCA, por lo tanto, es importante mantener informada a la ciudadanía de dichas observaciones y continuar con el monitoreo de la calidad del aire.

6 Referencias

- BCS Noticias. (2022). Incendio de negocio de telas en La Paz. From: <https://www.bcsnoticias.mx/se-incendia-negocio-de-telas-en-la-paz-mas-de-la-mitad-de-la-mercancia-se-consu-mio-por-el-fuego-7/>
- 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>
- Cota Alberto. (2022). El Sudcaliforniano. Se registra fuerte incendio de neumáticos en La Paz. From: <https://www.elsudcaliforniano.com.mx/policiaca/se-registra-fuerte-incendio-de-neumaticos-en-la-paz-8968224.html>
- Diario Humano (2022). Protégete: se incendió basurero el La Paz y humo negro cubre las colonias. From: [Humano](#)
- El Sudcaliforniano. (2022). Se registra incendio en planta de CFE de La Paz. From: <https://www.elsudcaliforniano.com.mx/local/registran-incendio-en-planta-de-la-cfe-en-la-paz-7858563.html>
- Green Rene. (2022). Incendio de relleno sanitario. From: <https://www.facebook.com/rene.green.940/videos/328004546058015/?d=n>
- 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)
- Peninsular digital.(2022). Provocó contingencia ambiental el incendio en el relleno sanitario. From: <https://peninsular digital.com/2022/02/14/provoco-contingencia-ambiental-el-incendio-en-el-relleno-sanitario/>
- 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](https://setuesbcs.gob.mx/sustentabilidad/25_proaire_baja_california_sur.pdf)
- Roldán Luis. (2022). Incendio del relleno sanitario. From: <https://twitter.com/luismroldan/status/1499908557407457284?s=21>

- 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

