



# Informe anual de calidad del aire La Paz, Baja California Sur 2021

Departamento de Salud y Calidad Ambiental

**Miércoles 9 de marzo de 2022**

Dra. Jaqueline Valenzuela Meza

Mtro. Israel Barreras Romero

Ing. Rodrigo Rangel Rodríguez

Centro de Energía Renovable y Calidad Ambiental, AC.



## Resumen Ejecutivo

Debido a la falta de información sobre la calidad del aire en la ciudad de La Paz, Baja California Sur y con el fin de conocer las concentraciones de los contaminantes criterio, se realizó un estudio de monitoreo de calidad del aire dentro de diferentes puntos la zona urbana de la ciudad de La Paz B.C.S. Esto desde principios de julio 2018, sin embargo, el presente documento muestra los resultados en el segundo reporte anual de monitoreo incluyendo fechas de enero a mayo 2021, por otro lado, en el capítulo 2 se mostrarán los datos recopilados del monitoreo realizado por Comisión Federal de Electricidad (CFE) de enero a diciembre 2021.

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

## Tabla de contenido

1	Introducción	7
1.2	Descripción de la zona de estudio (La Paz, Baja California Sur)	8
1.2.1	Ubicación zona geográfica	8
1.2.2	Demografía	8
1.2.3	Clima	8
1.3	Efectos en la salud	8
<b>1.4</b>	<b>Normatividad</b>	<b>9</b>
1.4.1	Normas oficiales mexicanas	9
1.4.2	Recomendaciones de la OMS y otras especificaciones	9
<b>2</b>	<b>Calidad del aire</b>	<b>10</b>
2.1	Red de monitoreo CERCA	10
2.1.1	Evaluación del material particulado (PM10)	11
2.1.2	Evaluación del material particulado (PM2.5)	15
	Figura 2.1.1.b Concentraciones de PM2.5 respecto a la dirección del viento en promedios horarios	18
<b>2.2</b>	<b>Monitoreo CFE</b>	<b>19</b>
2.2.1	Evaluación del material particulado (PM10)	20
2.2.2	Evaluación del material particulado (SO <sub>2</sub> )	22
<b>3</b>	<b>Meteorología</b>	<b>23</b>
3.1	Viento	24
3.2	Temperatura	24
3.3	Humedad	25
3.4	Radiación Solar	25
3.5	Presión barométrica	25
<b>4</b>	<b>Anexos (formato título 1)</b>	<b>26</b>
4.1	Anexo 1 (formato título 2)	26
4.2	Anexo 2 (formato título 2)	26
<b>5</b>	<b>Referencias</b>	<b>28</b>

## Tabla de figuras

Figura 1 Ejemplo de figura (CERCA, 2021)

6

## Tabla de tablas

Tabla 1 Ejemplo

6

## Tabla de ilustraciones de Anexos

## Tabla de tabla de Anexos

Tabla A 1

6

# 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 o de área, estas emiten diferentes sustancias que pueden provocar daños sobre los seres humanos y los ecosistemas, a estos se les conoce como contaminantes atmosféricos, a su vez, estos contaminantes se clasifican por sus impactos en la salud humana como contaminantes criterio, dentro de los cuales se encuentran el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), partículas sólidas totales (PST), monóxido de carbono (CO) y plomo (Pb) (COFEPRIS, 2017).

Se le denomina calidad del aire a la concentración de los contaminantes que han sido emitidos, transportados y difundidos en la atmósfera y que llegan a un receptor, así mismo también se pueden definir índices de calidad del aire que hagan referencia a una determinada concentración de contaminantes y a su afectación a la salud (Organización Mundial de la Salud, 2016; SEMARNAT, 2013). La emisión y dispersión de contaminantes afecta la calidad del aire no solo a nivel local, sino también a nivel regional y global, ya que debido a que las variaciones del clima afectan al movimiento y dispersión de estos. La Organización Mundial de la Salud 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 muy poca planeación urbana, de manera que se ha notado un incremento en emisiones dando resultado a la afectación de la calidad de aire, principalmente por la emisión de gases vehiculares, por la emisión de cenizas de las termoeléctricas locales (Central de

Combustión Interna, y Central Termoeléctrica Punta Prieta), y por la resuspensión de partículas del suelo por tracción vehicular (CICIMAR, 2013).

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

### 1.2.1 Ubicación zona geográfica

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.

### 1.2.2 Demografía

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.

### 1.2.3 Clima

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 Efectos en la salud

Parte de Salud y Calidad Ambiental (SCA)...

## 1.4 Normatividad

### 1.4.1 Normas oficiales mexicanas

**Tabla 1.1.** Especificaciones normativas para los contaminantes criterio

Contaminante	NOM	Especificaciones
Material particulado (PM10)	NOM-025-SSA1-2014	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Promedio 24 horas
		40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Promedio anual
Material particulado (PM2.5)	NOM-025-SSA1-2014	45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Promedio 24 horas
		12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Promedio anual
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	NOM-022-SSA1-2019	0.04 ppm - Promedio 24 horas

### 1.4.2 Recomendaciones de la OMS y otras especificaciones

**Tabla 1.2.** Especificaciones OMS para los contaminantes criterio (Solo se usan para CFE)

Contaminante	Recomendaciones	Especificaciones
Ozono (O <sub>3</sub> )	Niveles de guía de exposición de emergencia (EEGL)	24 horas: 0.1 ppm
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	Guías OMS	0.0076 ppm – Promedio 24 horas
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Niveles de orientación para emergencias públicas a corto plazo (SPEGL)	SPEGL de 24 horas: 0.04 ppm
Material particulado (PM10)	Guías OMS	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Promedio 24 horas
Material particulado (PM2.5)	Guías OMS	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Promedio 24 horas

## 2 Calidad del aire

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

### 2.1 Red de monitoreo CERCA

En la figura 2.1 se observa que la red de monitoreo de CERCA consta de 8 ubicaciones dentro de la ciudad, dentro de estas se encuentran instalados 7 monitores y 2 estaciones meteorológicas. Los monitores son de la marca PurpleAir PA-II-SD y monitorean material particulado PM10 y PM2.5. Se utilizaron las siglas “DI” para *datos inválidos* por no contar con el 75% de completación de datos o por ser atípicos, siglas “SD” *sin datos* debido a no contar con información.

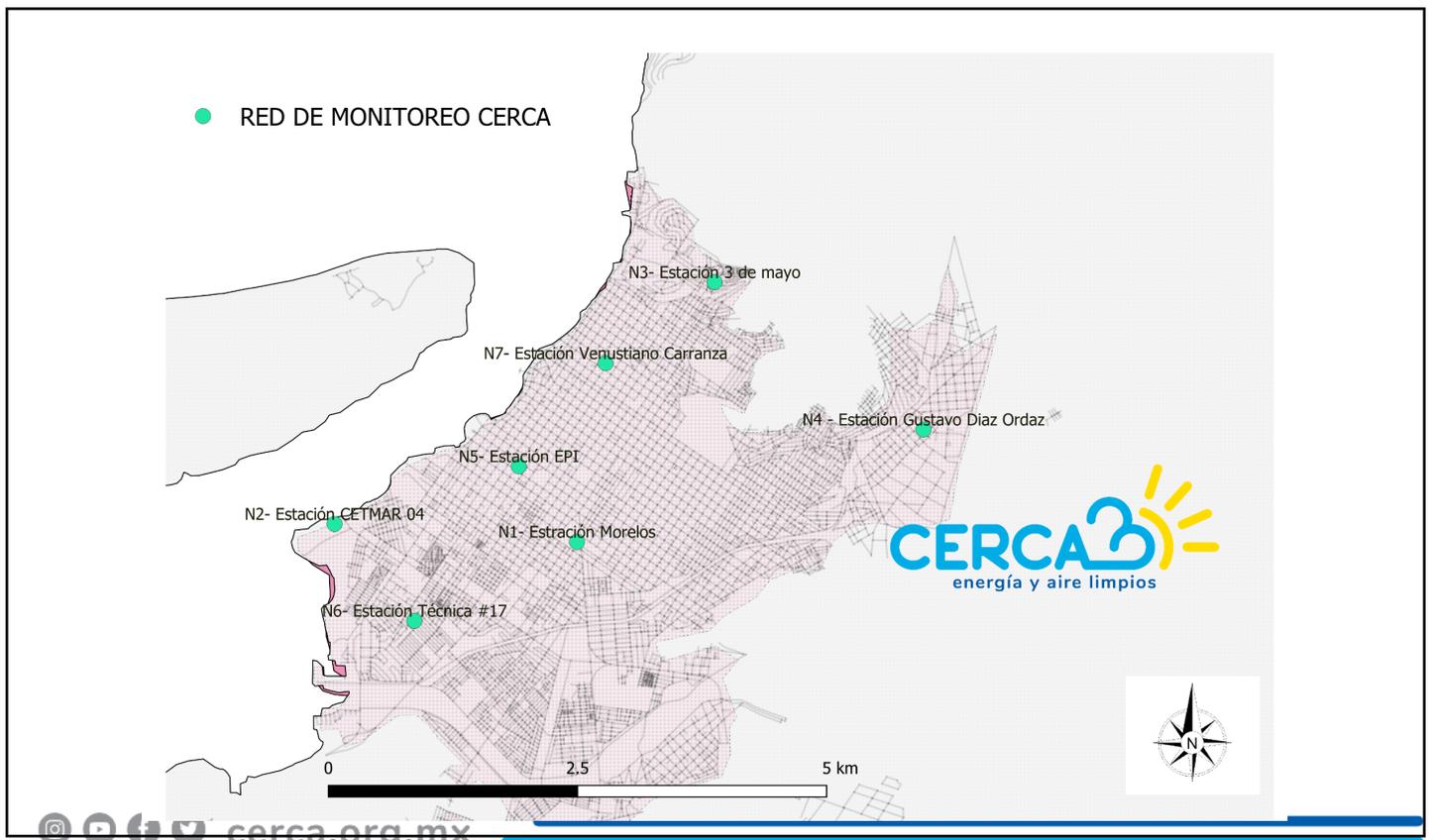


Figura 2.1. Ubicación red de monitoreo ciudadana

### 2.1.1 Evaluación del material particulado (PM10)

Tabla 2.1.1a Validación de los datos diarios monitoreados para PM10

Validación de los datos					
Datos diarios					
Días monitoreados			Válidos	Inválidos	
				Cantidad	Bandera
Estación	N1	342	342	0	-
	N2	351	351	0	-
	N3	187	187	0	-
	N4	265	262	3	DI
	N5	253	253	0	-
	N6	297	297	0	-
	N7	118	118	0	-
	N8	143	143	0	-

Tabla 2.1.1b Validación de los promedios anuales monitoreados para PM10

Validación de datos					
Promedio anual					
Días monitoreados			Validez	Bandera	Promedio
Estación	N1	342	Válido	-	7.5846
	N2	351	Válido	-	6.985
	N3	187	Inválido	DI	-
	N4	265	Válido	-	11.2208
	N5	253	Inválido	DI	-
	N6	297	Válido	-	8.0979
	N7	118	Invalido	DI	-
	N8	143	Invalido	DI	-

\*Un dato se considera válido cuando se evalúa con más del 75% de los datos base para obtener ese promedio.

Tabla 2.1.1c Validación de los datos diarios monitoreados para PM10

Estación	Cantidad de días evaluados	Cantidad de días válidos	Base de la evaluación		Días incumplidos
N1	342	342	NOM	Dato diario	0
			OMS		0
N2	351	351	NOM	Dato diario	0
			OMS		0
N3	187	187	NOM	Dato diario	0
			OMS		0
N4	265	262	NOM	Dato diario	0
			OMS		2
N5	253	253	NOM	Dato diario	0
			OMS		0
N6	297	297	NOM	Dato diario	0
			OMS		0
N7	118	118	NOM	Dato diario	0
			OMS		0
N8	143	143	NOM	Dato diario	0
			OMS		0

### Material Particulado - PM10

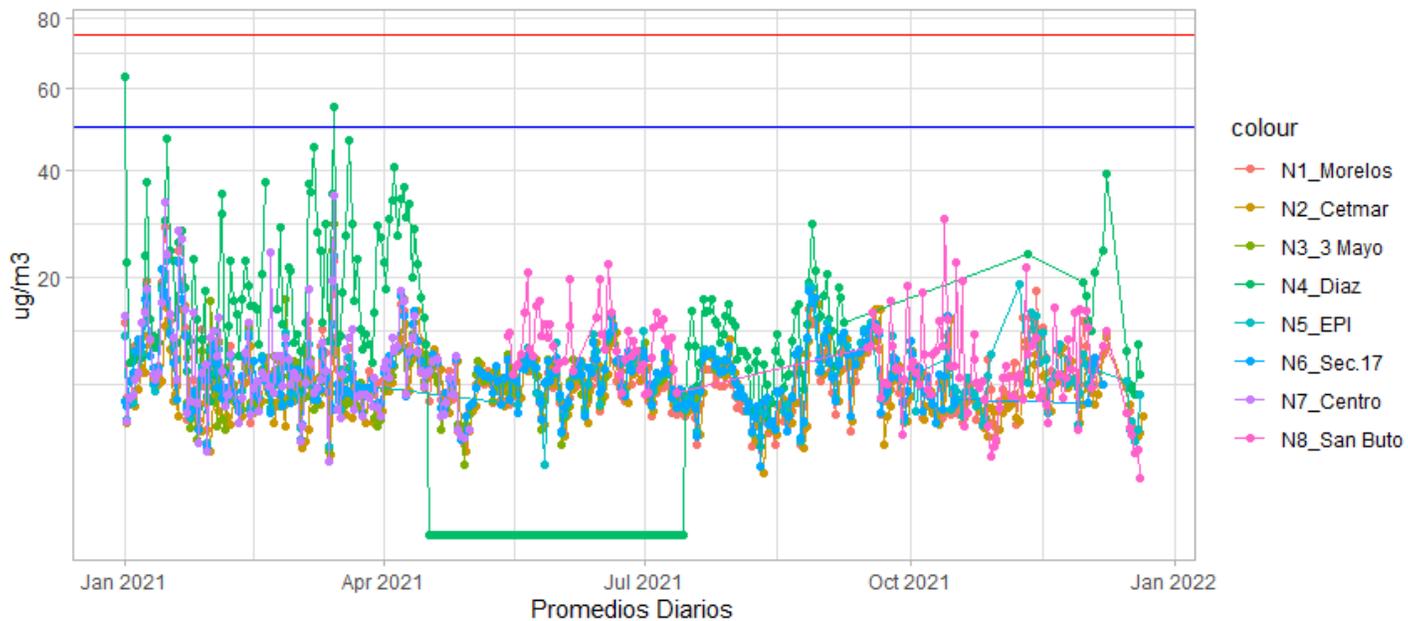


Figura 2.1.1a Serie de tiempo 2021 red de monitoreo ciudadana en promedios diarios

## Análisis de dirección de viento con PM10



Figura 2.1.1.b Concentraciones de PM10 respecto a la dirección del viento en promedios horarios

## 2.1.2 Evaluación del material particulado (PM2.5)

Validación de los datos					
Datos diarios					
Días monitoreados			Válidos	Inválidos	
				Cantidad	Bandera
Estación	N1	342	342	0	-
	N2	351	351	0	-
	N3	187	187	0	-
	N4	265	262	3	DI
	N5	253	253	0	-
	N6	297	297	0	-
	N7	118	118	0	-
	N8	143	143	0	-

Tabla 2.1.1b Validación de los promedios anuales monitoreados para PM2.5

Validación de datos					
Promedio anual					
Días monitoreados			Validez	Bandera	Promedio
Estación	N1	342	Válido	-	6.5357
	N2	351	Válido	-	5.5551
	N3	187	Inválido	DI	-
	N4	265	Válido	-	6.3505
	N5	253	Inválido	DI	-
	N6	297	Válido	-	6.3629
	N7	118	Invalido	DI	-
	N8	143	Invalido	DI	-

\*un dato se considera válido cuando se evalúa con más del 75% de los datos base para obtener ese promedio.

Tabla 2.1.1c Validación de los datos diarios monitoreados para PM2.5

Estación	Cantidad de días evaluados	Cantidad de días válidos	Base de la evaluación		Días incumplidos
N1	342	342	NOM	Dato diario	0
			OMS		1
N2	351	351	NOM	Dato diario	0
			OMS		0
N3	187	187	NOM	Dato diario	0
			OMS		0
N4	265	262	NOM	Dato diario	1
			OMS		2
N5	253	253	NOM	Dato diario	0
			OMS		0
N6	297	297	NOM	Dato diario	0
			OMS		0
N7	118	118	NOM	Dato diario	0
			OMS		3
N8	143	143	NOM	Dato diario	0
			OMS		0

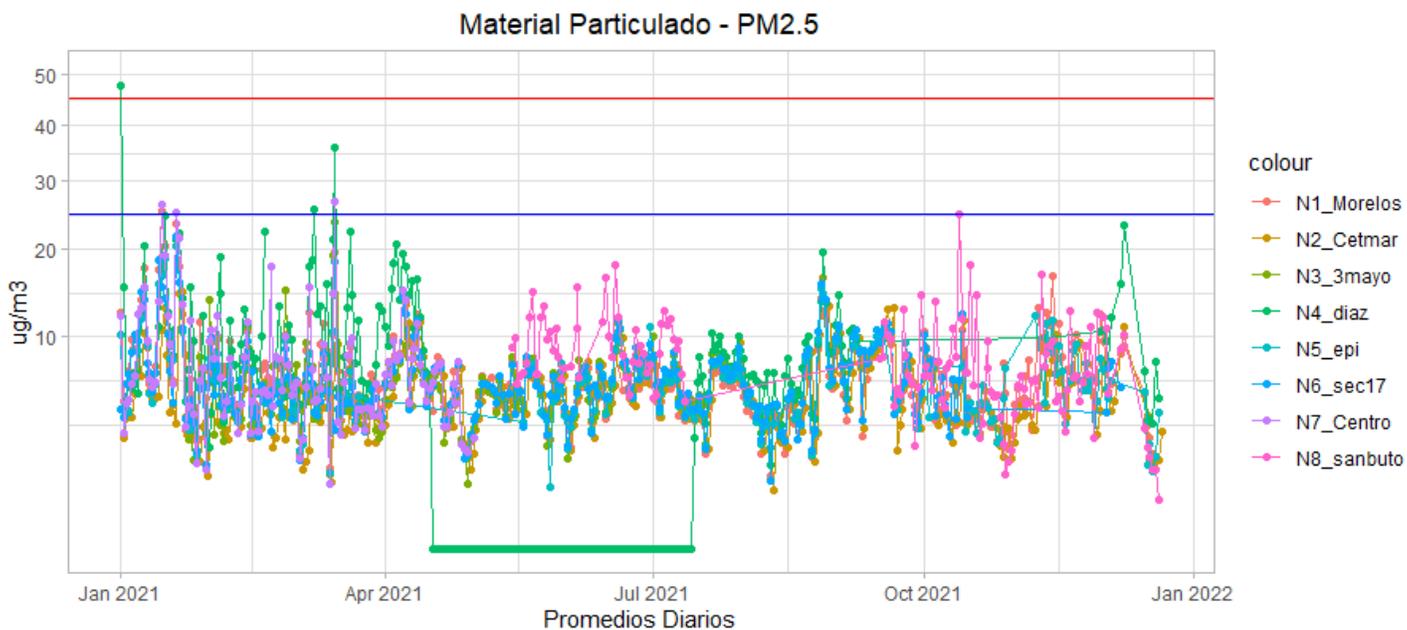


Figura 2.1.1a Serie de tiempo 2020 red de monitoreo ciudadana en promedios diarios

## Análisis de dirección de viento con PM2.5

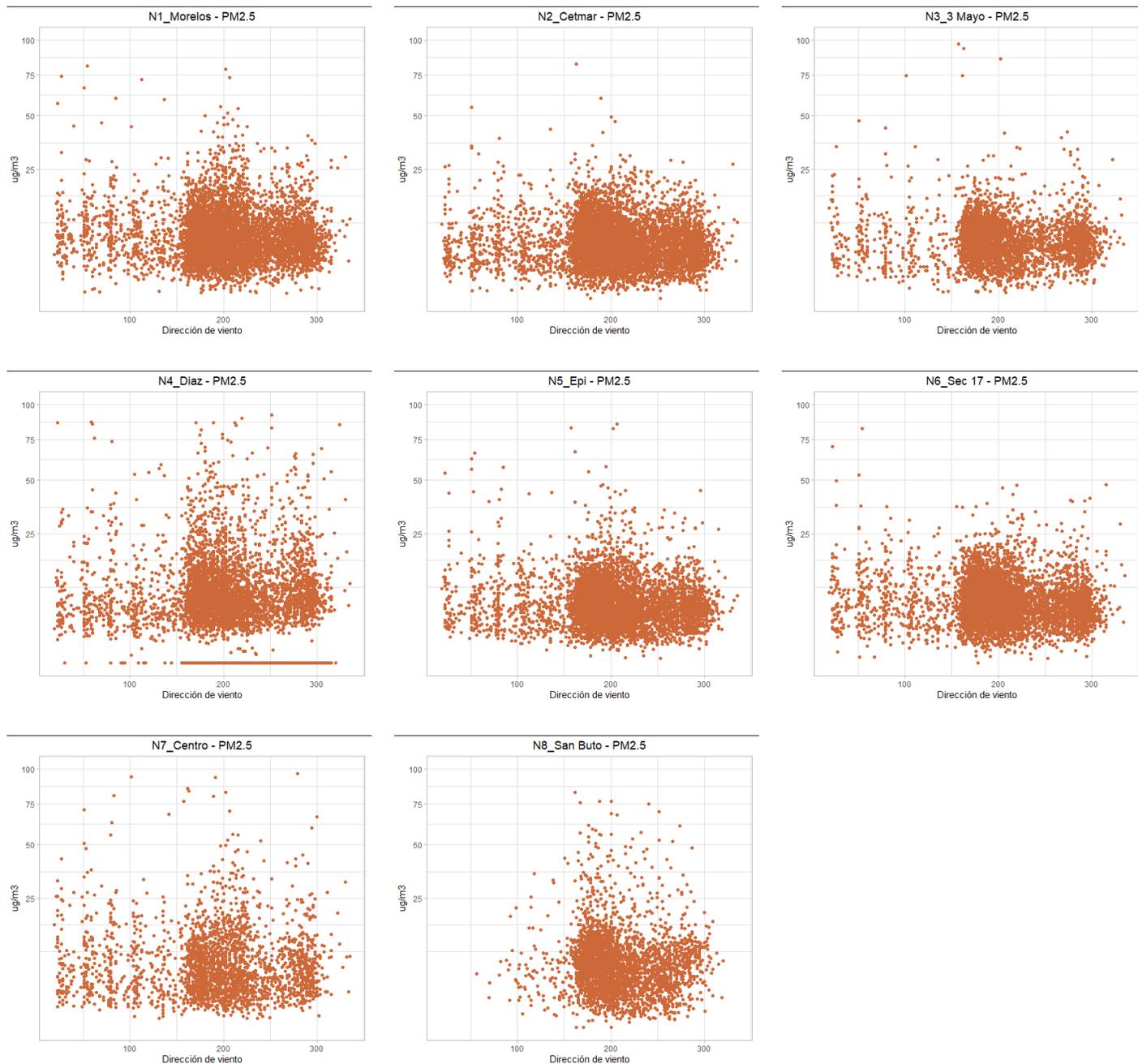


Figura 2.1.1.b Concentraciones de PM2.5 respecto a la dirección del viento en promedios horarios

## 2.2 Monitoreo CFE

Se realizó un resumen estadístico con información de las casetas de monitoreo de CFE, recopilada a través de herramientas de transparencia. La información data de enero a diciembre 2021, 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's) 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 en la ciudad de La Paz instaladas en 2005 y funcionando hasta la actualidad, estas estaciones miden constantemente SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y O<sub>3</sub>, así mismo, se cuenta con un equipo manual se miden partículas de tamaño menor o igual a 10 micras (PM<sub>10</sub>), 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 2.2.1).

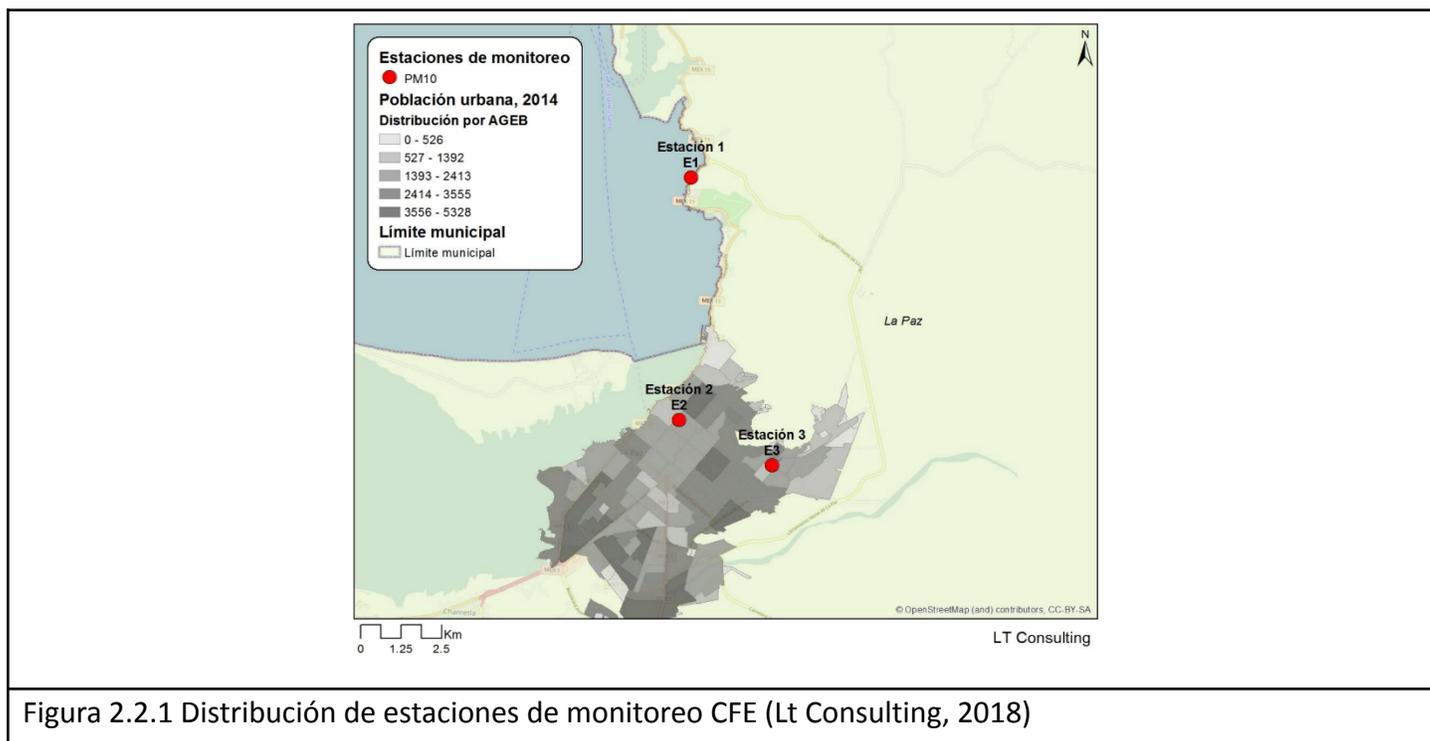


Figura 2.2.1 Distribución de estaciones de monitoreo CFE (Lt Consulting, 2018)

## 2.2.1 Evaluación del material particulado (PM10)

Tabla 2.2.1a Validación de los datos diarios monitoreados para PM10

Validación de los datos				
Datos diarios				
Días monitorea dos		Válidos	Inválidos	
			Cantidad	Bandera
E1	365	342	23	SD
E2	365	329	36	SD
E3	365	337	28	SD

Tabla 2.2.1.b Evaluación de incumplimientos de datos diarios para PM10

Estación	Cantidad de días evaluados	Cantida dde días válidos	Base de la evaluación		Días incumplidos
E1	365	342	NOM	Dato diario	0
			OMS		24
E2	365	329	NOM	Dato diario	0
			OMS		209
E3	365	337	NOM	Dato diario	4
			OMS		325

Tabla 2.2.1.c Evaluación de incumplimientos de promedio anual para PM10

Promedio anual					
Estación	Días evaluados	Cantidad de días válidos	Validez	Bandera	Promedio
E1	365	342	Válido	-	30.8091
E2	365	329	Válido	-	51.0985
E3	365	318	Válido	-	65.1556

2.2.2 Evaluación del dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)Tabla 2.2.2a Validación de los datos diarios monitoreados para SO<sub>2</sub>

Validación de los datos				
Datos diarios				
Días monitoreados		Válidos	Inválidos	
			Cantidad	Bandera
E1	365	347	18	SD
E2	365	350	15	SD
E3	365	348	17	SD

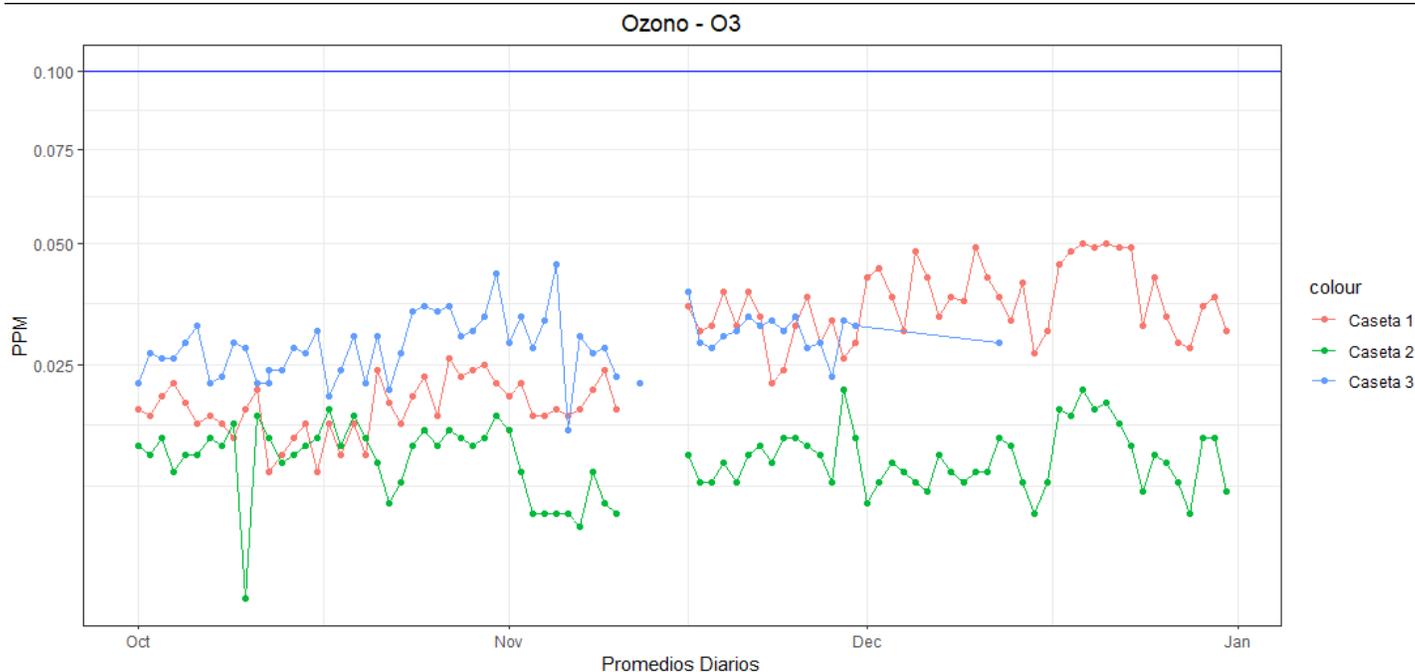
Tabla 2.2.2.b Evaluación de incumplimientos de datos diarios para SO<sub>2</sub>

Estación	Cantidad de días evaluados	Cantidad de días válidos	Base de la evaluación		Días incumplidos
E1	356	347	NOM	Dato diario	0
			OMS		141
E2	365	350	NOM	Dato diario	0
			OMS		5
E3	365	348	NOM	Dato diario	0
			OMS		246

### 2.2.3 Ozono (O3)

Tabla 2.2.3 Validación de los datos diarios monitoreados para O3

Validación de los datos				
Datos diarios				
Días monitoreados		Válidos	Inválidos	
			Cantidad	Bandera
E1	365	347	18	SD
E2	365	350	15	SD
E3	365	348	17	SD



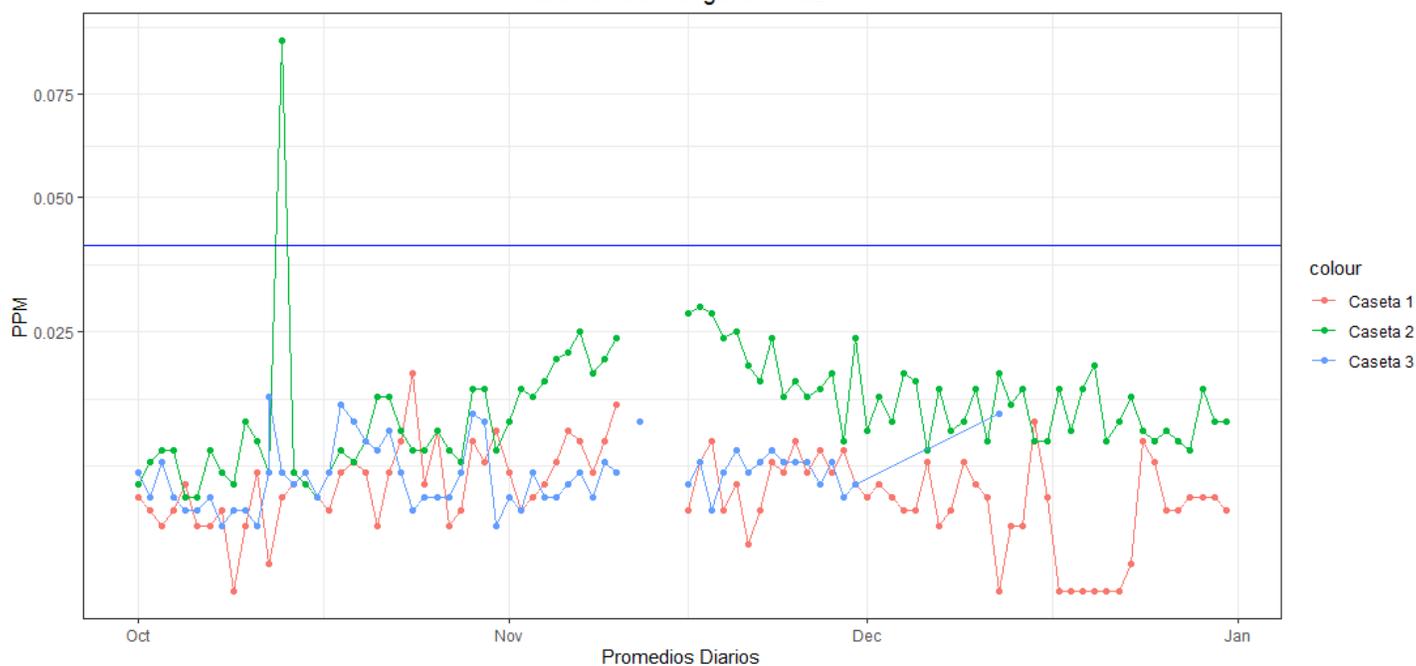
Fuente: Elaboración propia con datos de casetas de monitoreo CFE

## 2.2.4 Dióxido de Nitrógeno (NO2)

Tabla 2.2.4 Validación de los datos diarios monitoreados para NO2

Validación de los datos				
Datos diarios				
Días monitoreados		Válidos	Inválidos	
			Cantidad	Bandera
E1	365	347	18	SD
E2	365	350	15	SD
E3	365	348	17	SD

Dióxido de Nitrógeno - NO2



### 3 Meteorología

La contaminación atmosférica se ve afectada constantemente por las condiciones del clima y sus diferentes variables, sin embargo, el principal fenómeno meteorológico que afecta en la calidad del aire y que fue utilizado en el presente reporte técnico es el viento, debido a su afectación en la dispersión y trayectoria de los contaminantes. Por lo cual fue necesario el análisis de la velocidad (metros por segundo) y dirección del viento mediante el servicio web “Weather Underground”, la información histórica fue recolectada de la estación meteorológica denominada IBAJACAL119, ubicada en colonia centro de La Paz. En la figura 4.1 se presenta un gráfico rosa de los vientos, utilizado comúnmente para representar el comportamiento del viento tanto en su dirección como velocidad. Se puede visualizar una mayor tendencia de vientos predominantes del sur a excepción de invierno cuando los vientos predominantes son del Noreste

### 3.1 Viento

Para el análisis de viento se utilizó la denominada rosa de los vientos ( Fig. 3.1) en dónde se puede ver al igual que años anteriores que la mayor frecuencia de vientos se presenta de norte a sur con una velocidad máxima de 5 m/s.

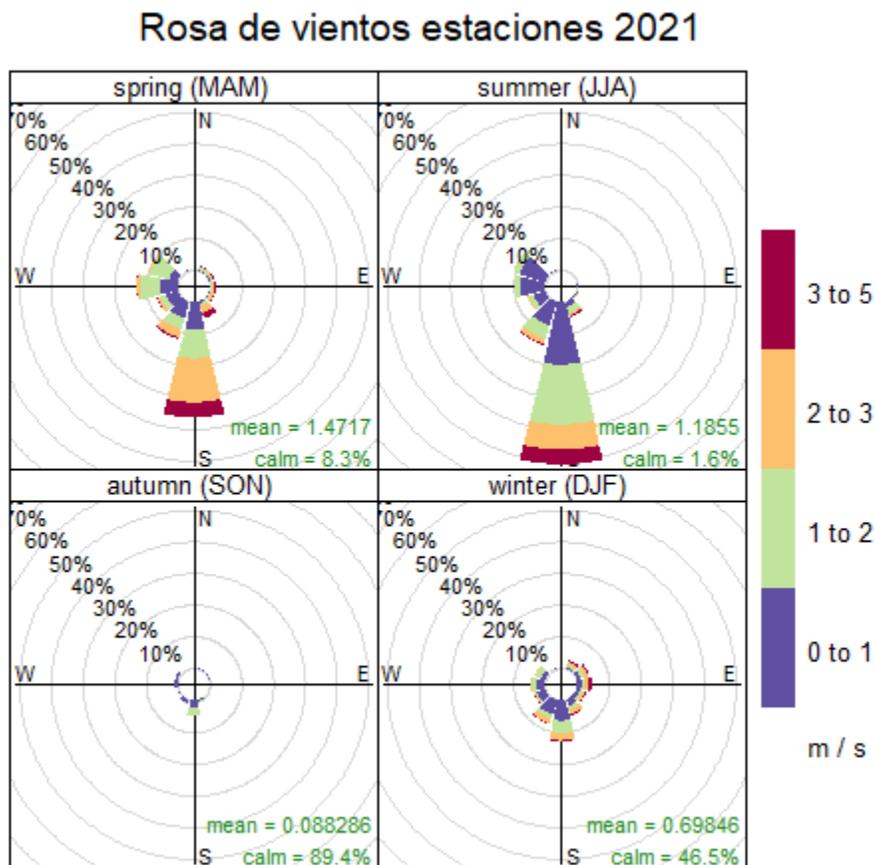


Figura 3.1 Comportamiento de viento 2021 en promedios diarios

### 3.2 Temperatura

El comportamiento del clima se presenta mayormente caluroso y la media durante de verano se muestra en figura 3.2 como 30 grados Celsius.

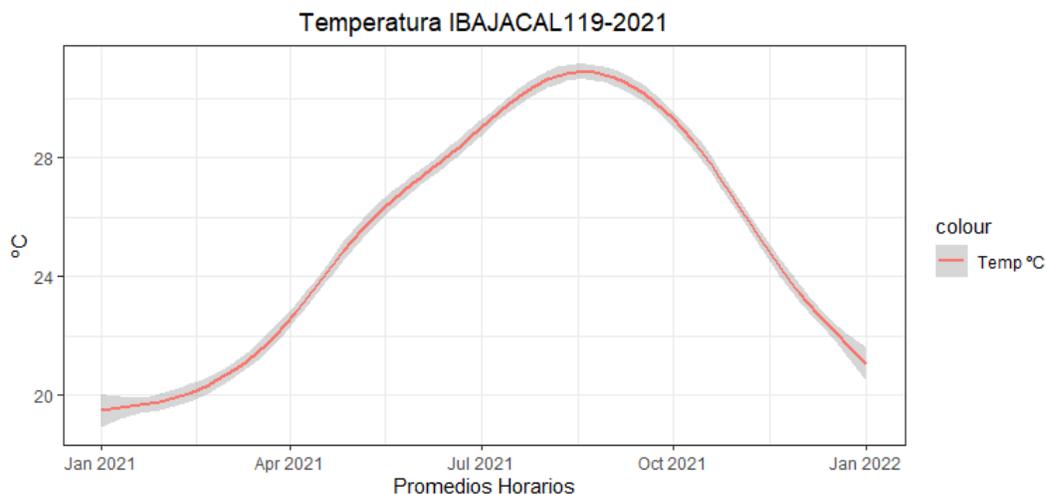


Figura 3.1 Comportamiento de viento 2021 en promedios diarios

### 3.3 Humedad

En figura 3.3 se muestra una humedad relativa diferente en el transcurso de los meses 2021, presentando mínimos de 30 % y máximos de hasta 70% y una tendencia positiva en el último trimestre.

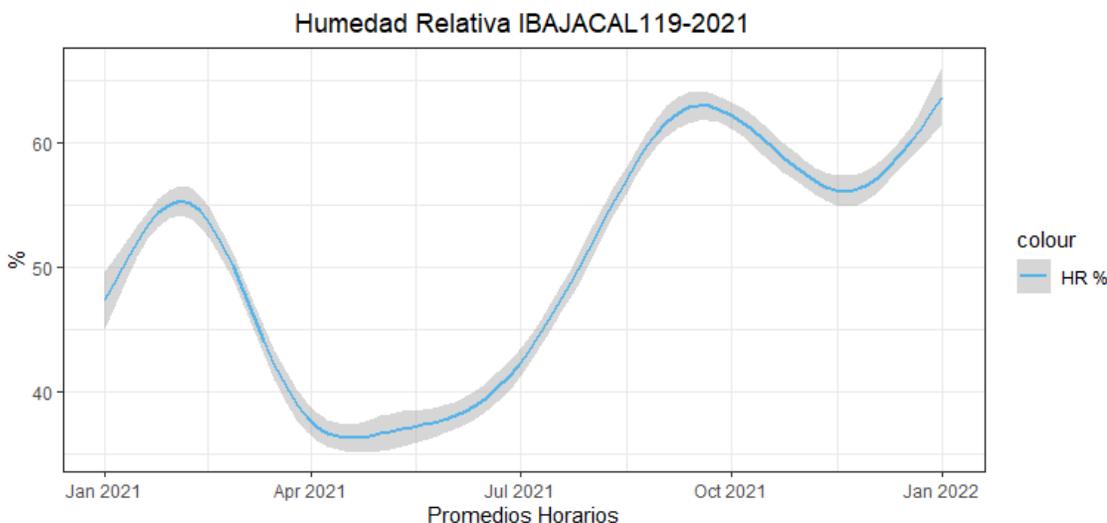


Figura 3.3. Comportamiento de humedad 2021 en promedios diarios

### 3.4 Radiación Solar

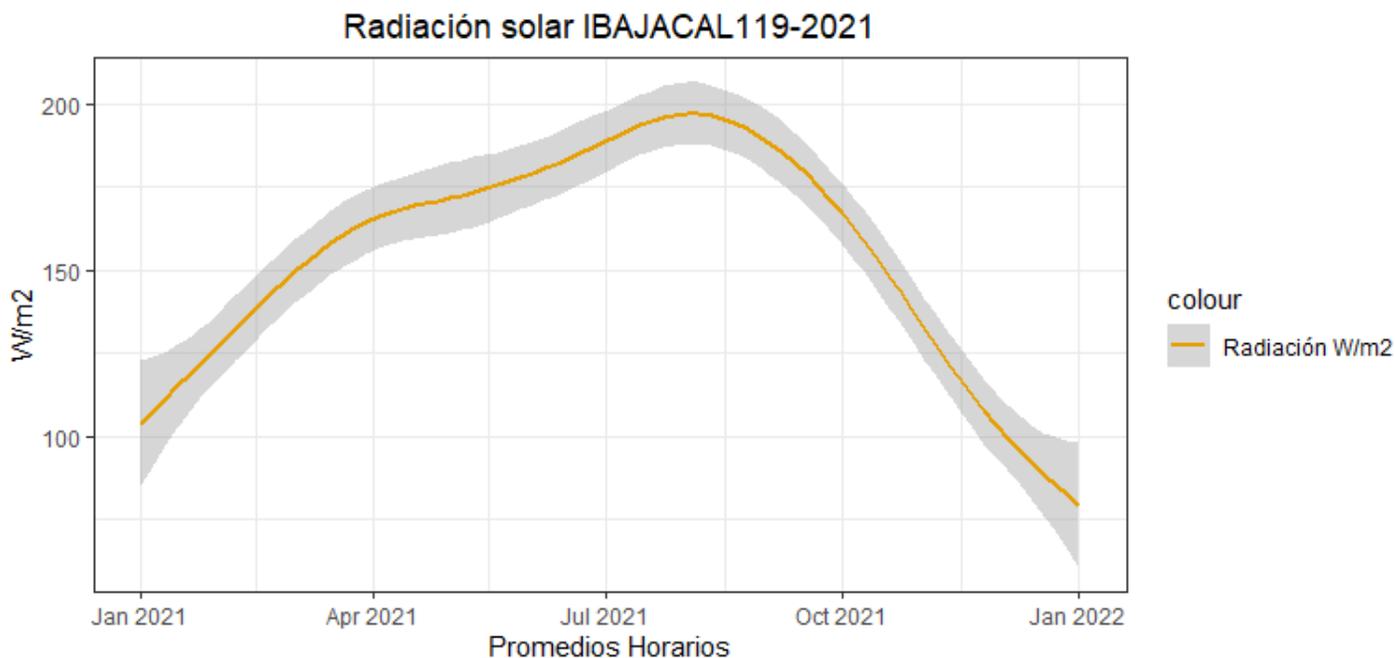


Figura 3.4. Comportamiento de radiación solar 2021 en promedios diarios

### 3.5 Presión barométrica

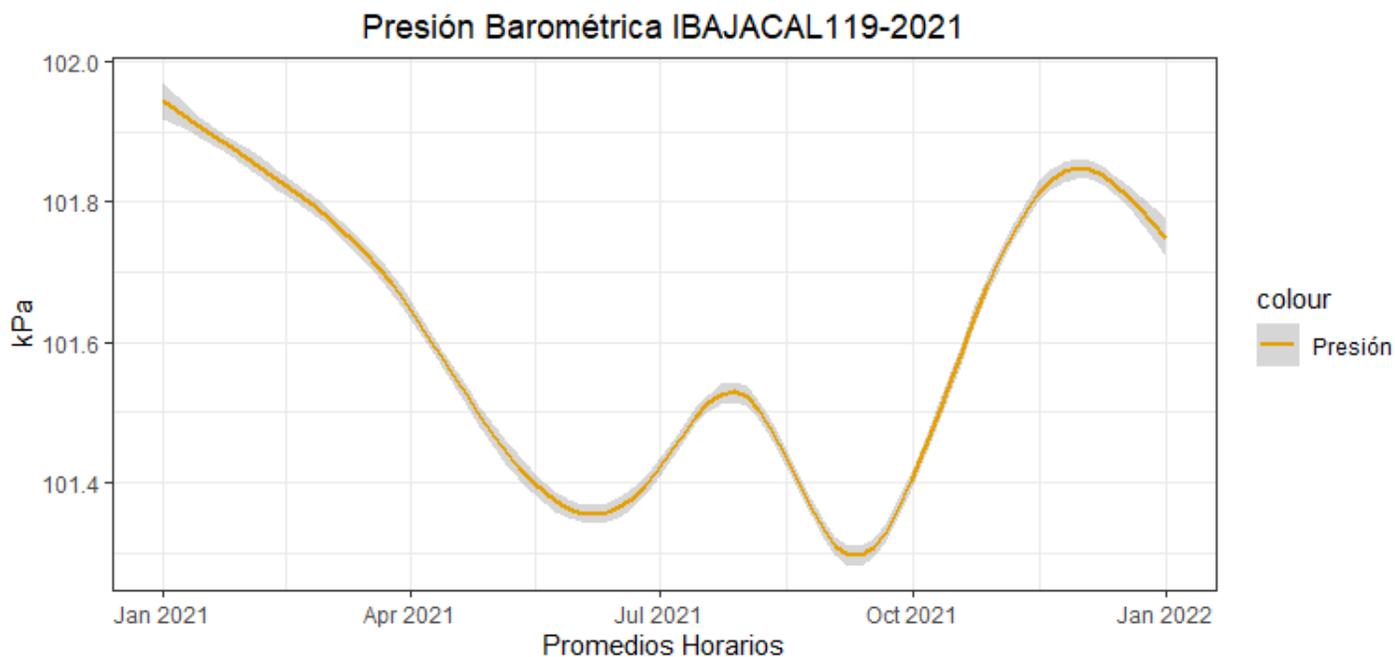


Figura 3.5. Comportamiento de presión atmosférica 2021 en promedios diarios

## 4 Anexos (formato título 1)

### 4.1 Anexo 1 (formato título 2)

Tabla A 1


### 4.2 Anexo 2 (formato título 2)

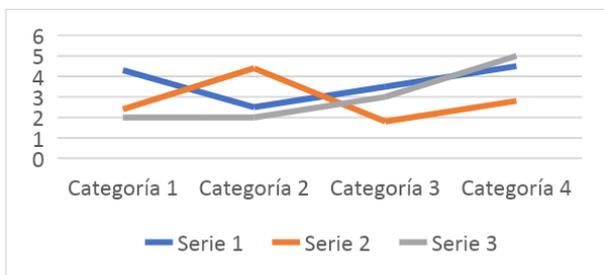


Ilustración 1 Ejemplo Ilustración Anexo

## 5 Referencias

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

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

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

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

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

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

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

Organización Mundial de la Salud. (2016). Calidad del aire ambiente (exterior) y salud. Retrieved October 17, 2019, from Nota descriptiva website: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

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

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

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

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