



# Reporte técnico de calidad del aire - UABCS

*Grupo de investigación interna Naturaleza y Sociedad*

Dra. Jaqueline Valenzuela Meza  
Dra. Deneb Peredo Mancilla  
Dra. Karen Velázquez Pedroza  
Dra. María Z. Flores López  
Dr. Gregorio Lucero Vega  
Ing. Rodrigo Rangel Rodríguez  
Lic. Estefanía López Zamudio

---

---

---

# Tabla de contenido

1	Introducción	3
2	Normatividad aplicable	4
3	Monitoreo de la calidad del aire en la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS)	4
3.1	Análisis y evaluación de estación “Caseta”	5
3.2	Análisis y evaluación de estación “La Posta”	8
3.3	Recomendaciones	12
4	Conclusiones	12
5	Referencias	13

## 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>), material particulado con diámetro aerodinámico de 10 y 2.5 micras (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>), 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).

La Red de Monitoreo Ciudadano CERCA comenzó como un esfuerzo para conocer a mayor profundidad las emisiones contaminantes en Baja California Sur, comenzando por el municipio de La Paz. A partir de la necesidad de generar información confiable para conocer cómo es la calidad del aire en la ciudad de La Paz, se comenzaron a instalar sensores de contaminación atmosférica en lugares que podrían estar recibiendo influencia de fuentes de emisiones móviles, fijas o de área. Desde 2018, la red de monitoreo se ha expandido hacia distintos puntos clave dentro de la ciudad, y a partir de los datos obtenidos, se ha generado información acerca del estado actual de la calidad del aire en La Paz.

Durante el año 2022, se instalaron dos monitores de calidad de aire en las instalaciones de la UABCS. Uno de los monitores, instalado durante el mes de marzo, fue colocado en la caseta de la entrada principal del plantel, con autorización de la secretaría general de la Universidad y el enlace directo con la jefatura del departamento de pesquerías; el segundo monitor fue instalado en el campo pecuario de la UABCS, denominado La Posta zootécnica, a finales del mes de agosto, como parte del proyecto "Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales y aprovechamiento de biogás en granjas porcinas: caso de estudio en el campo pecuario de la UABCS", en el cual se construyeron tres biodigestores de geomembrana para la producción de energía a partir de desechos orgánicos. Los dos monitores fueron instalados con diferentes objetivos; sin embargo, ambos se encuentran expuestos a emisiones contaminantes, aunque provenientes de orígenes distintos.

El sensor ubicado en la caseta de entrada, monitorea fuentes cercanas, entre las que se encuentran las fuentes móviles. Por otra parte, el monitor instalado en La Posta, fue incluido en el proyecto de biodigestores, con el objetivo de monitorear la cantidad de partículas provenientes de los desechos porcinos que se descargan frecuentemente del área de maternidad.

Durante el mes de noviembre y diciembre del 2022, fueron retirados ambos monitores. El monitor instalado en la caseta de entrada fue desinstalado a finales de noviembre, mientras que el sensor de La Posta fue retirado durante la primera semana de diciembre. A partir de los datos obtenidos por los monitores, se realizó un análisis de resultados, recopilando y rescatando la información más relevante registrada durante ambos periodos, la cual se encuentra plasmada en este reporte.

## 2 Normatividad aplicable

Para la evaluación de los datos presentados en este reporte, se tomó como base de la primeramente las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) vigentes al año 2022, así como las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Tabla 1), las cuales marcan bases de evaluación para promedios diarios y anuales, de los cuales únicamente se consideraron los promedios diarios debido al periodo del estudio.

Tabla 1. Especificaciones normativas para los contaminantes criterio

Contaminante	Base de la evaluación		Especificaciones
Material particulado (PM10)	NOM-025-SSA1-2021	Promedio 24 horas	70 µg/m <sup>3</sup>
	Guías OMS	Promedio 24 horas	50 µg/m <sup>3</sup>
Material particulado (PM2.5)	NOM-025-SSA1-2021	Promedio 24 horas	41 µg/m <sup>3</sup>
	Guías OMS	Promedio 24 horas	25 µg/m <sup>3</sup>

## 3 Monitoreo de la calidad del aire en la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS)

En los siguientes apartados se muestran los resultados para los dos puntos de monitoreo que se encuentran dentro de la UABCS, las cuales corresponden a las estaciones denominadas como estación “Caseta” y estación “La Posta”, las cuales estuvieron activas durante el periodo marzo-octubre de 2022 y agosto-diciembre 2022, respectivamente.

En la Figura 1 se observa la red de monitoreo de CERCA, la cual consta de 10 ubicaciones dentro de la ciudad, de las cuales 2 se encuentran dentro del área de la UABCS. Las instalaciones de la UABCS se encuentran en el Km 5.5, Carretera Transpeninsular al Sur, dentro del municipio de La Paz, BCS (24.1008° , -110.3151°). Los equipos utilizados para el monitoreo son de la marca PurpleAir, serie PA-II-SD, los cuales monitorean material particulado PM10 y PM2.5.



Figura 1. Distribución de la red de monitoreo ciudadana

### 3.1 Análisis y evaluación de estación “Caseta”

A partir de los datos del periodo marzo-octubre 2022, se presenta en la Tabla 2, la validación de datos, considerando el total de datos diarios (base de la evaluación), los datos válidos, que son aquellos que cumplen con el criterio de completación del 75% y finalmente los días que superan los valores límites máximos permisibles, para el caso de las NOM y las recomendaciones de la OMS. Así mismo se presenta en la Tabla 3, un resumen estadístico para el periodo correspondiente a esta estación.

Tabla 2. Validación y evaluación de datos diarios monitoreados para PM10 y PM2.5 para estación “Caseta”

Estación	Cantidad de días evaluados	Cantidad de días válidos	Días que rebasan los niveles	
			NOM	OMS
PM10	178	139	0	0
PM2.5	178	139	0	0

Tabla 3. Resumen estadístico para PM10 y PM2.5 con base en promedios diarios para la estación “Caseta”

Contaminante	Mínimo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Máximo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media	Mediana
PM2.5	1.004	29.606	6.898	6.364
PM10	1.791	37.189	8.854	8.379

Para la estación Caseta, fueron monitoreados 178 días, de los cuales solo 139 se declararon como válidos por el criterio de completación. De entre estos valores, no se encontró ninguno que excediera los valores máximos permisibles ni las recomendaciones de la OMS. El valor máximo de PM2.5 fue de 29.606  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que para el PM10 fue de 37.189  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , quedando muy por debajo de los valores límite (Figura 2 y 4).

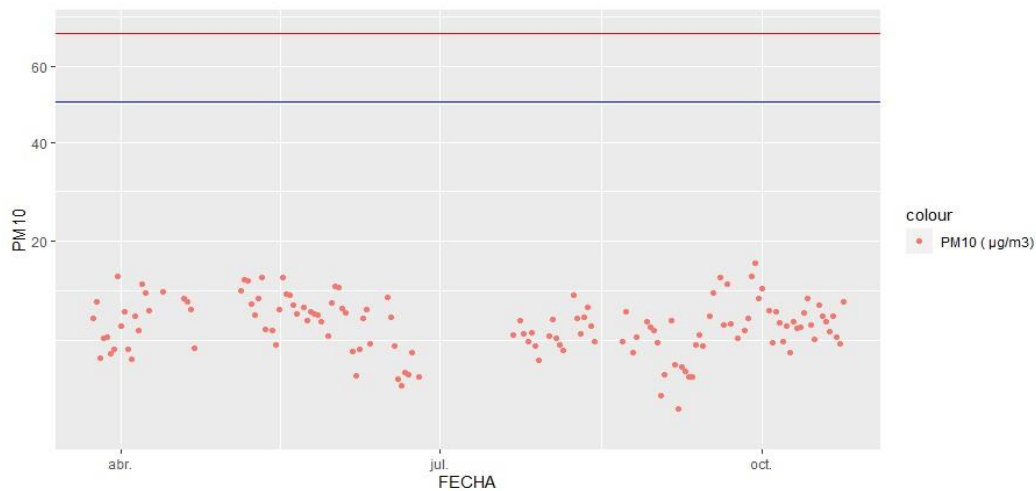


Figura 2. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación “Caseta”

\*La línea azul representa la recomendación de la OMS y la línea roja el límite máximo permisible especificado por la NOM

En la Figura 3, se muestra un análisis de tendencias horarias, diarias y mensuales para el PM10. En este, se observa como las concentraciones más elevadas se encuentran durante las 6:00 y 8:00 de la mañana, mostrando un pico que se eleva por encima de los 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Esta tendencia se mantiene los primeros cuatro días de la semana y varía durante el fin de semana, disminuyendo la tendencia de los picos. Esto puede deberse a que el monitor está instalado en la caseta de la entrada de la universidad, por lo que la concentración puede verse afectada por el tráfico de vehículos que ingresan y salen del plantel, disminuyendo los fines de semana, cuando el tráfico es menor. Se puede observar también que las horas de mayor concentración se encuentran entre las 12:00 y las 6:00 de la tarde.

Para el análisis de tendencias diarias y mensuales, se puede observar que los días en los que las concentraciones son más elevadas son miércoles y jueves, mostrando un incremento a partir del lunes, y un decremento posterior al jueves, siendo las concentraciones más bajas los domingos. Al igual que las tendencias horarias el comportamiento de los días se puede atribuir al tráfico vehicular, que en el caso de esta tendencia, las concentraciones más bajas aparecen cuando la concurrencia de vehículos en la universidad es muy baja.

Para el caso de las tendencias mensuales, se observa como los meses de marzo, abril y mayo son los que tienen las concentraciones más elevadas, disminuyendo hacia los meses con las concentraciones más bajas en junio y julio, y tendiendo a elevarse de nuevo en los meses de agosto, septiembre y octubre. Esto último puede atribuirse a los periodos vacacionales de la institución, en los cuales, similar a como ocurre en las tendencias semanales, el tráfico vehicular dentro de las instalaciones es mucho menor.

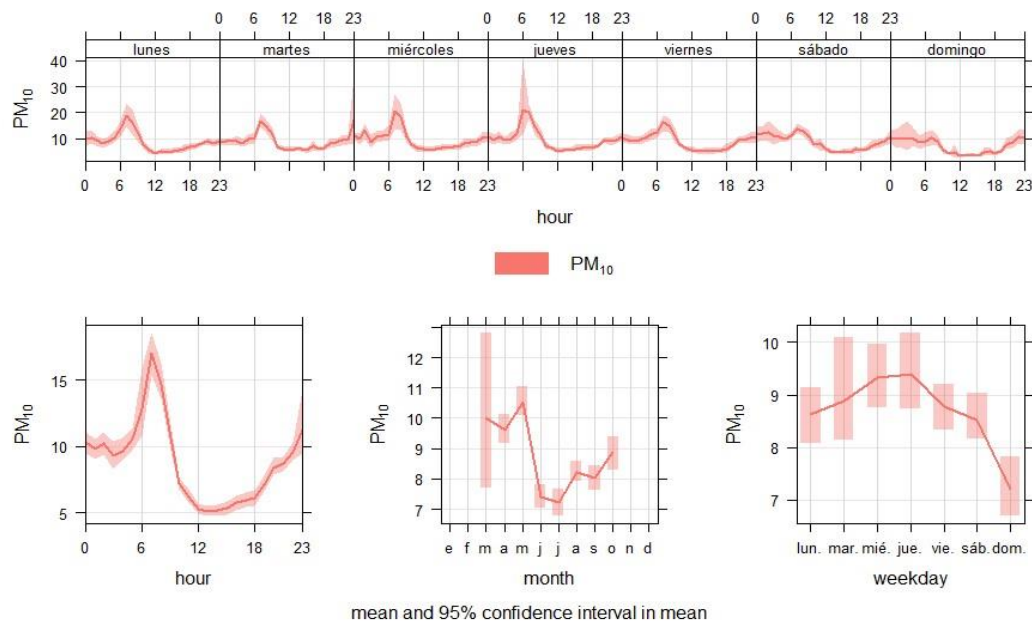


Figura 3. Análisis de tendencias de PM10 para la estación “Caseta”

Para el PM2.5, según lo analizado en las tablas 2 y 3, esta no rebasa ningún día los límites máximos permisibles ni las recomendaciones de la OMS. Sin embargo, este valor se encuentra levemente por encima de los valores de PM10, tomando como referencia las recomendaciones de la OMS. Las tendencias que se observan en la Figura 5 para el PM2.5, muestran comportamientos similares a los descritos anteriormente para el PM10, siguiendo la tendencia del tráfico vehicular de la universidad, por lo tanto se recomienda la colocación de un monitor de monóxido de carbono de forma permanente ubicado de manera estratégica, ya que una alta concentración del mismo puede tener implicaciones en la salud a largo plazo y en el corto plazo se puede presentar dolores de cabeza y en casos de tiempo prolongado de exposición, mareos e incluso en algunas ocasiones pueden presentarse desmayos, como lo muestra la Imagen 1.

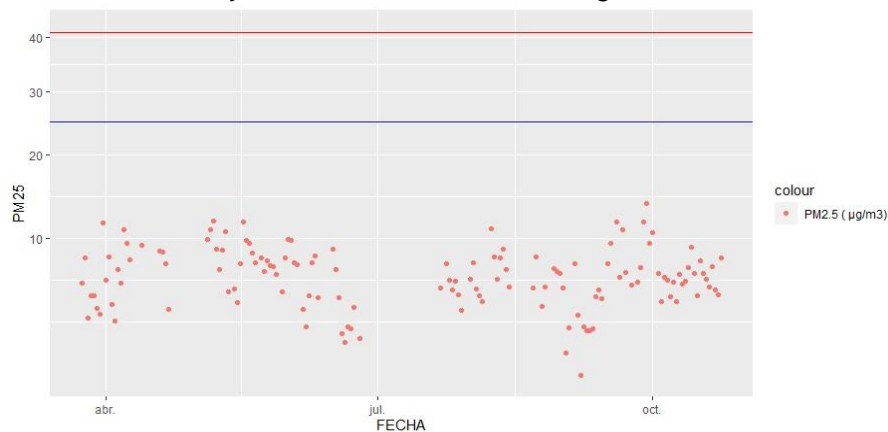


Figura 4. Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para la estación “Caseta” \*La línea azul representa la recomendación de la OMS y la línea roja el límite máximo permisible especificado por la NOM

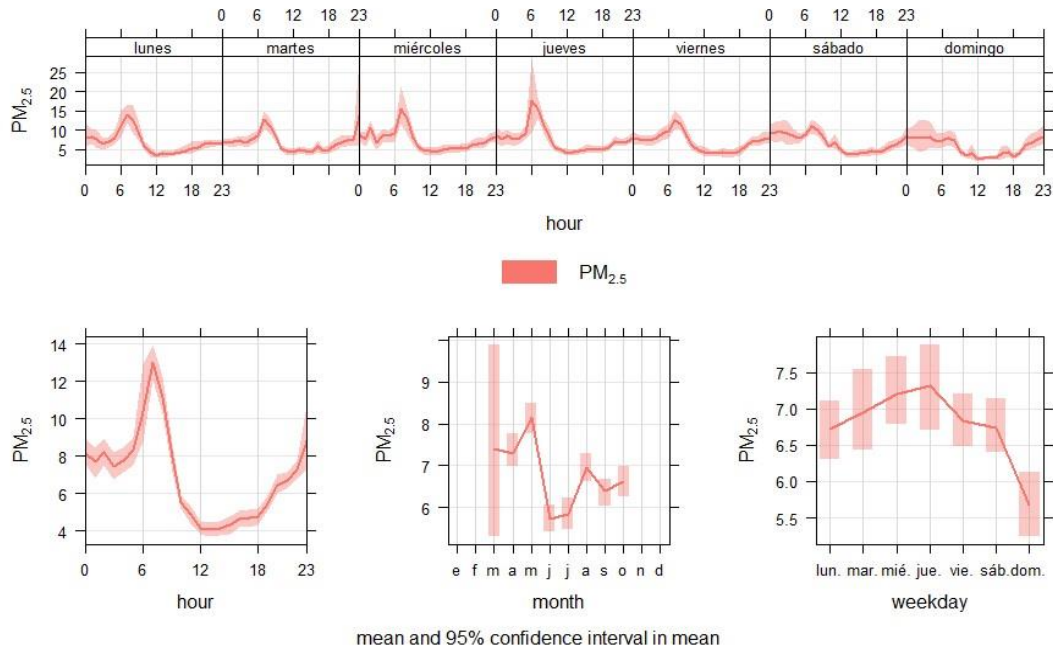


Figura 5. Análisis de tendencias de PM<sub>2.5</sub> para la estación “Caseta”

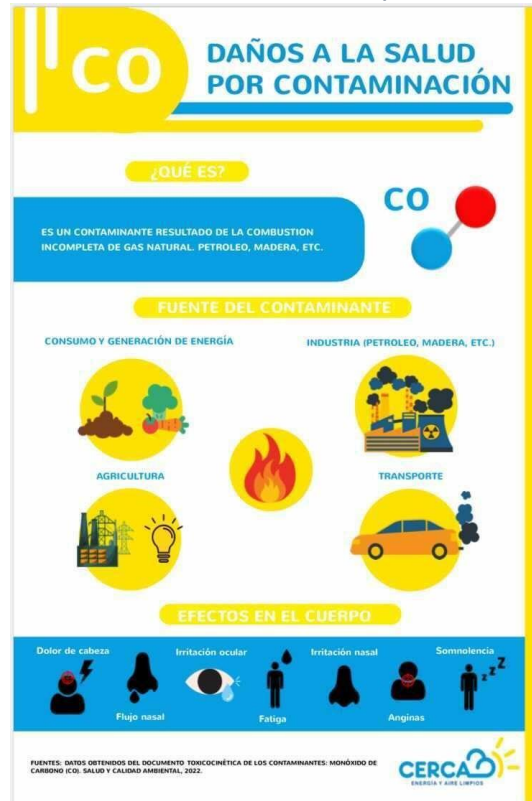


Figura 6. Daños a la salud por exposición a CO

### 3.2 Análisis y evaluación de estación “La Posta”

A partir de los datos del periodo agosto-diciembre 2022, se presenta en la Tabla 4 la validación de datos se considera el total de datos diarios, los datos válidos y los días que superan los valores límites máximos permisibles, para el caso de las NOM y las recomendaciones de la OMS. Así mismo, se presenta en la Tabla 5 un resumen estadístico para el periodo correspondiente a esta estación.



Tabla 4. Validación y evaluación de datos diarios monitoreados para PM2.5 y PM10 para estación "La Posta"

Estación	Cantidad de días evaluados	Cantidad de días válidos	Días que rebasan los niveles	
			NOM	OMS
PM10	103	103	0	0
PM2.5	103	103	0	0

Tabla 5. Resumen estadístico para PM10 y PM2.5 con base en promedios diarios para la estación "La Posta"

Contaminante	Mínimo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Máximo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media	Mediana
PM2.5	0.444	12.677	5.239	5.048
PM10	0.7482	13.2891	6.1416	5.8743

Para la estación La Posta, fueron monitoreados un total de 103 días, de los cuales todos se declararon como válidos. De estos, no se encontró ninguno que supere los valores máximos permisibles, ni las recomendaciones de la OMS. El valor máximo de PM2.5 fue de 12.667  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , y de 13.2891  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para el PM10, quedando muy por debajo de los valores límite (Figura 2 y 4).

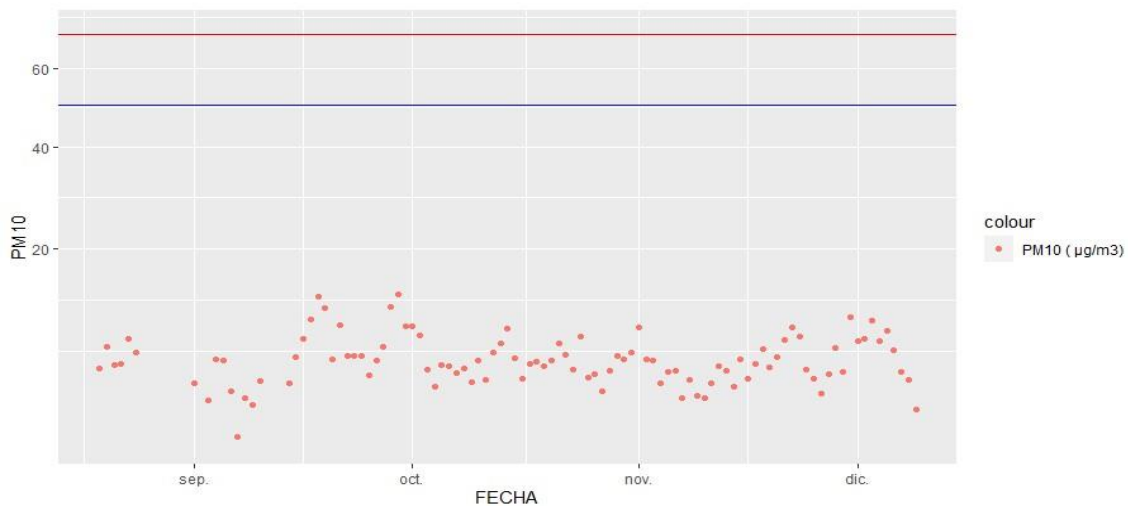


Figura 7. Serie de tiempo de promedios diarios de PM10 para la estación "La Posta"

\*La línea azul representa la recomendación de la OMS y la línea roja el límite máximo permisible especificado por la NOM

En la Figura 7, se muestra el análisis de tendencias para PM10 en la estación La Posta, dentro de los cuales se muestran las tendencias horarias, diarias y mensuales. Para las tendencias horarias se puede observar como las máximas concentraciones se encuentran entre las 6:00 y 7:00 de la mañana, formando un pico que está presente todos los días de la semana.

Por otra parte, las concentraciones más bajas de cada día se encuentran entre las 5:00 y 6:00 de la tarde, presentando los valores más bajos entre los días domingo y lunes.

En cuanto a las tendencias diarias, se puede observar como las concentraciones disminuyen drásticamente en el transcurso de lunes a viernes, recuperando la tendencia al alza el sábado y domingo. El comportamiento mensual muestra cómo los dos primeros meses se mantiene estable, cayendo drásticamente en el tercer y cuarto mes, mientras que se eleva en el mes de diciembre.

La Posta es un sitio particular de la universidad dedicado específicamente a la crianza animal. Esta se compone de distintas secciones, en las que se alberga a los animales de crianza que se encuentran en el lugar. Para el caso de este estudio, el equipo fue instalado al lado del edificio de crianza porcina, ya que los desechos orgánicos provenientes de esta área son vertidos en una laguna muy cercana a este edificio. Debido a esto, se discute la posibilidad de que estos residuos, o los productos de su descomposición, puedan tener alguna repercusión sobre la concentración de estos contaminantes.

Cabe destacar que el sitio donde fue instalado el equipo pudo haber recibido influencia de diferentes factores que influyen en la calidad del aire, especialmente para el material particulado. Uno de estos factores podría ser la falta de pavimentación en el sitio, ya que el sensor se encuentra muy cercano a uno de los caminos de acceso a La Posta, aunque también se debe considerar que el tráfico en este lugar es muy bajo. Por otro lado, el movimiento de los animales y el trabajo generado para la alimentación y mantenimiento de estos, puede tener repercusiones directas sobre las concentraciones registradas por el equipo. Sin embargo, no se tienen las horas de actividad del edificio para hacer una comparación con las tendencias encontradas.

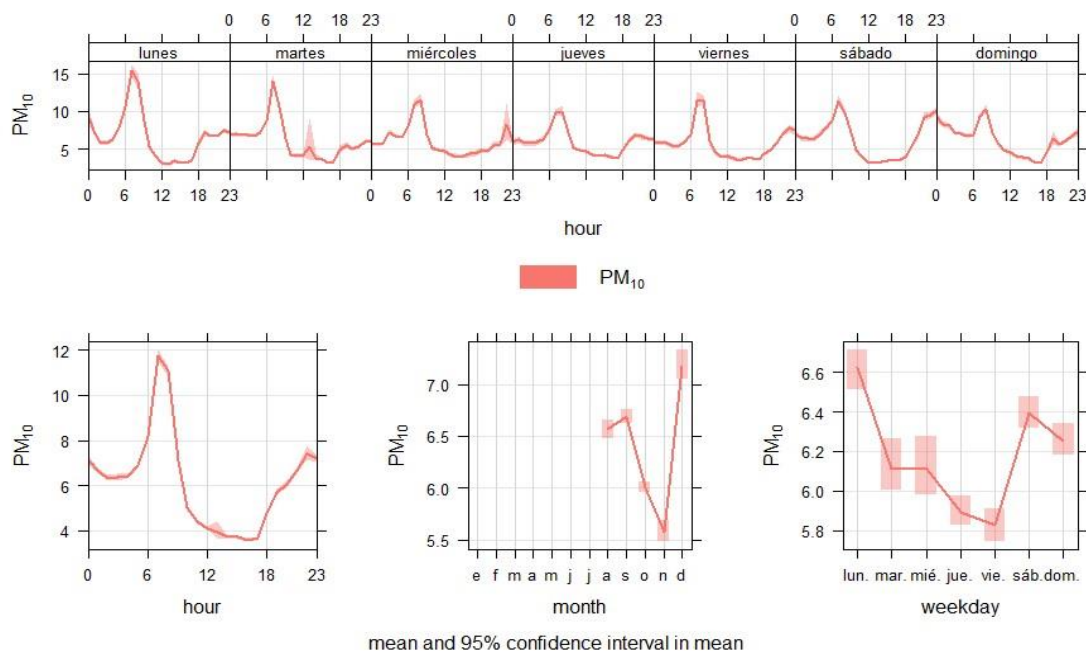


Figura 8. Análisis de tendencias de PM10 para la estación “La Posta”

Para el PM2.5, según lo registrado en las tablas 4 y 5, en ninguno de los días se rebasan los límites máximos permisibles ni las recomendaciones de la OMS. Las tendencias que se observan en la Figura 5 para el PM2.5 muestran comportamientos similares a los descritos para el PM10. Sin embargo, los picos de las concentraciones más altas de este contaminante, son más bajos para el PM2.5, ocurriendo las mayores concentraciones los días viernes.

Cabe destacar que los contaminantes medidos en este estudio (PM10 y PM2.5) son solo una parte de los contaminantes que son importantes en la calidad del aire. La estación de monitoreo de La Posta se encuentra en un sitio en donde se generan grandes cantidades de desechos orgánicos, cuya descomposición genera gases. Muchos de ellos podrían clasificarse como compuestos orgánicos volátiles (COV), los cuales son parte importante en la formación del ozono, por lo que sería recomendable incluir el monitoreo de otros contaminantes atmosféricos en la zona.

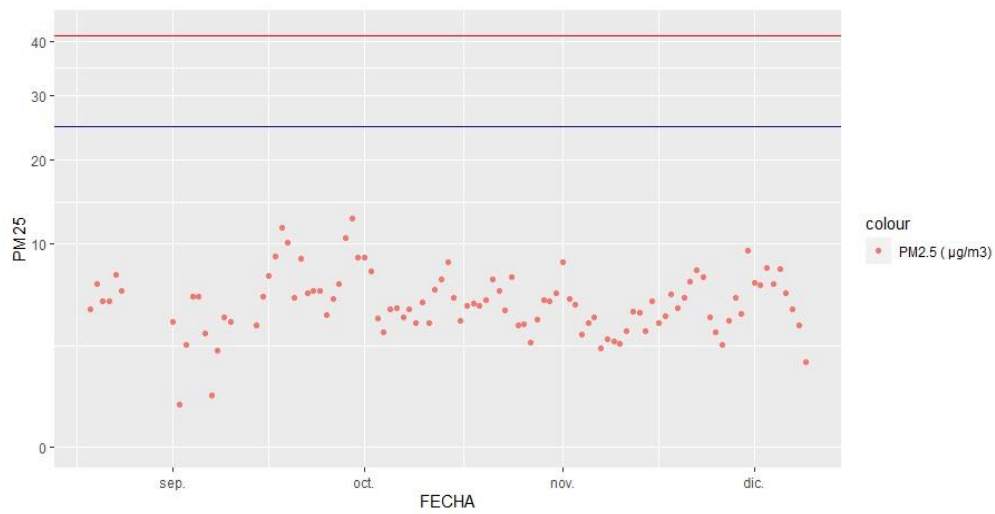


Figura 9. Serie de tiempo de promedios diarios de PM2.5 para la estación “La Posta”

\*La línea azul representa la recomendación de la OMS y la línea roja el límite máximo permisible especificado por la NOM

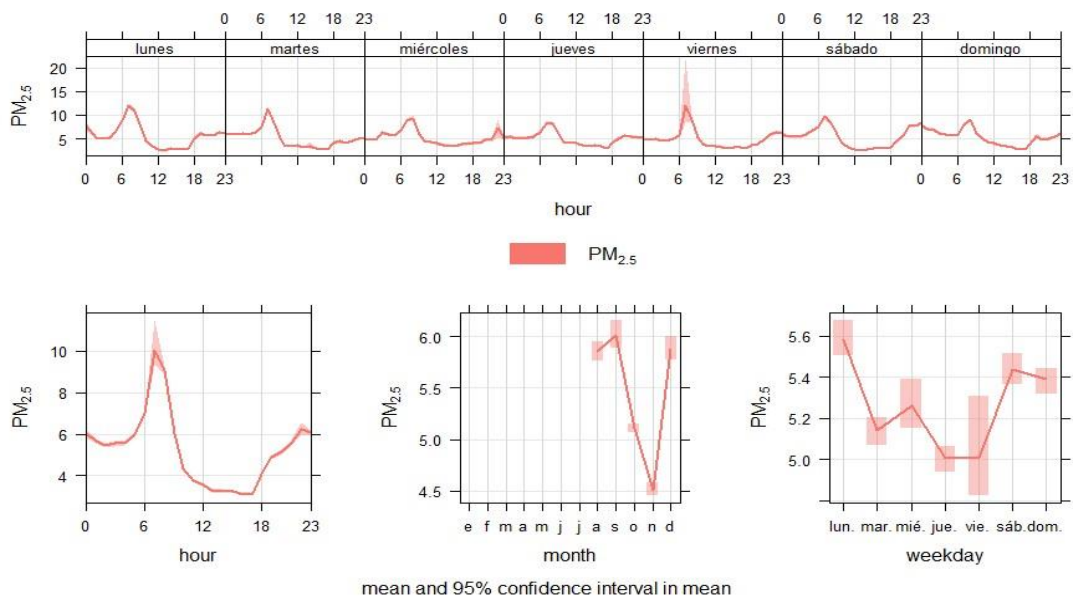


Figura 10. Análisis de tendencias de PM2.5 para la estación “La Posta”

### 3.3 Recomendaciones

Finalmente, gracias a la ejecución de la campaña de monitoreo registrada en este reporte, podemos contar con información relevante acerca del origen de los contaminantes en esta importante ubicación, siendo las principales fuentes: las fuentes móviles. A partir de esto, podemos inferir que existe una cantidad importante de presencia de monóxido de carbono (CO) las cuales se recomienda que sean monitoreadas, debido a los efectos a largo plazo de las mismas en términos de salud, ya que en el corto plazo la presencia de los mismos tiene repercusiones en el rendimiento académico de los estudiantes, en el caso del CO, los efectos asociados son dolor de cabeza, flujo nasal, irritación de los ojos y nariz entre otros, que pudiesen presentarse cuando la población estudiantil se encuentra esperando el transporte público, entre otras actividades propias de la vida académica.

En el caso de “La Posta” se infiere presencia de compuestos orgánicos volátiles (COV), que en términos de salud se relacionan con una alta frecuencia de las enfermedades intestinales en población expuesta, en el caso de esta sede, la población expuesta puede ser la plantilla laboral asignada a “La Posta” o la población estudiantil que desarrolla actividades académicas en esta sede.

### 4 Conclusiones

Dentro de los hallazgos de este estudio, cabe destacar que los contaminantes monitoreados (PM10 y PM2.5) son solo una parte de los contaminantes criterio, contemplados en las mediciones de la calidad del aire de acuerdo a las normas oficiales mexicanas de salud ambiental (NOM).

La estación de monitoreo de La Posta se encuentra en un sitio en donde se generan grandes cantidades de desechos orgánicos, cuya descomposición genera gases. Muchos de ellos podrían clasificarse como compuestos orgánicos volátiles (COV), los cuales son parte importante en la formación del ozono, por lo que sería recomendable incluir el monitoreo de otros contaminantes atmosféricos en la zona. Durante el periodo de monitoreo en La Posta, se pudo observar que en las mañanas es cuando se presentan las concentraciones más altas, de sábado a lunes, los días que se tiene menor presencia de personal en las instalaciones de La Posta, esto podría estar relacionado con las emisiones de partículas propias del sitio, que no estarían influidas por otras fuentes, por ejemplo, las fuentes móviles cercanas a la zona de monitoreo. Si bien, las concentraciones no registran un excedente respecto a los límites permisibles de las NOM de salud ambiental, en caso de crecer las actividades en la granja porcina y en la unidad de La Posta, se acercaría poco a poco a las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), principalmente en los valores máximos registrados de PM2.5 el cual fue de  $12.67\mu\text{g}/\text{m}^3$  donde el valor de referencia es de  $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Por último, es importante resaltar que, en el último mes de medición, el mes de diciembre se notó un ascenso en las concentraciones respecto al mes de noviembre, este aparentemente relacionado con la influencia estacional de baja de temperatura en la ciudad, característica de la temporada de invierno.

## 5 Referencias

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

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

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

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

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

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

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

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

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

