

Reporte parcial del proyecto:

“Dando Sentido Comunitario al medio ambiente de California-BC
(Making Community Sense of Cali-Baja Environments Project)”

Resultados del monitoreo en Tijuana y Rosarito Baja California.

Niveles de CO₂ e Índice de Calidad del Aire “ICA” (COV, PM₁, PM 2.5, PM₁₀) en Playas de Rosarito, Playas de Tijuana y Zona Este de Tijuana.

Del 9 de marzo al 7 de abril de 2024

Environmental Health Coalition

Colectivo Salud y Justicia Ambiental AC

REPORTE

7 de junio del 2024

Agradecimientos.

- Agradecemos a SD Foundation por hacer posible este proyecto a través de la “Binational Resilience Initiative”.
- A la maestra Vanessa Ramírez y al Director Luis Eduardo Vargas de la carrera de Ingeniería en Tecnología Ambiental de la Universidad Tecnológica de Tijuana.
- A la Universidad Tecnológica de Tijuana.
- A las comunidades costeras que participaron en el proyecto.
- A todas las organizaciones involucradas en el proyecto: Fleet Science Center, Global Action Research Center, SDSU Sage Project y UCSD Bioregional Center for Sustainability Planning and Design.
- A la Dra. Hanyang Li, Profesora Asistente del Departamento de Ingeniería Civil, Construcción y Ambiental de San Diego State University, y a sus estudiantes.
- Al grupo de jóvenes del Colectivo Salud y Justicia Ambiental y a los consultores y voluntarios que ayudaron con el proyecto.

Introducción y propósito del estudio

El proyecto completo involucró a estudiantes de ambos lados de la frontera, 15 jóvenes en Tijuana y 15 en San Diego. Este reporte representa solo los resultados del trabajo realizado en Tijuana.

El propósito principal de este proyecto fue involucrar a las comunidades en una investigación participativa para fomentar la resiliencia ambiental mediante la comprensión del impacto del cambio climático en comunidades costeras y de bajos recursos.



Utilizando el modelo de Investigación de Acción Participativa (Participatory Action Research, PAR), el objetivo del proyecto fue desarrollar un programa piloto con comunidades locales para crear una Red de Detección Ambiental. Esta red se centró en detectar y discutir problemas ambientales relacionados con la contaminación del aire.



Asimismo, se buscó involucrar a las comunidades en estrategias de adaptación al clima y resiliencia, fomentando su participación en la red de monitoreo y aumentando la sensibilización sobre los niveles de contaminación en sus regiones.

Metodología

Para este estudio se utilizaron 15 pares de monitores de calidad del aire (Aranet 4 y Atmotube Pro) que miden los niveles de CO₂, compuestos orgánicos volátiles (COV) y material particulado (PM₁, PM_{2.5} y PM₁₀). Estos monitores se instalaron en 15 ubicaciones en Tijuana, Playas de Tijuana y Rosarito.

Participantes.

La coordinación del proyecto en Tijuana y San Diego estuvo a cargo de:

- Fleet Science Center
- Global Action Research Center
- SDSU Sage Project
- UCSD Bioregional Center for Sustainability Planning and Design
- Environmental Health Coalition
- Colectivo Salud y Justicia Ambiental AC

En Tijuana la instalación y mantenimiento de los monitores estuvo a cargo de

- Estudiantes y maestros de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Tecnológica de Tijuana (UTT).
- Grupo de Jóvenes del Colectivo Salud y Justicia Ambiental AC.
- Comunidades costeras en Playas de Tijuana y Rosarito

Descripción general.

Se desarrolló un plan de estudios de 10 sesiones para el proyecto de “Academia Ambiental Juvenil”. Los talleres educativos se enfocaron en los temas de: cambio climático, vulnerabilidad ambiental, la justicia ambiental, la contaminación del aire, la creación de mensajes, la gestión comunitaria, el monitoreo de la calidad del aire y la interpretación de los resultados. Se creó contenido paralelo entre San Diego y Tijuana, con cada sesión manteniendo los mismos objetivos pero adaptándose al contexto geográfico, político y social de cada lugar.

En Tijuana, se trabajó con jóvenes residentes de las comunidades cercanas al Arroyo Alamar y con estudiantes y maestros de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Tecnológica de Tijuana. Estos participantes fueron responsables de instalar los monitores, llevar una bitácora y descargar los datos de los monitores para luego subirlos a hojas de cálculo para procesar la información. Además, los jóvenes se acercaron a las comunidades costeras para instalar 9 monitores de calidad de aire en la ciudad de Playas de Rosarito y en la delegación de Playas de Tijuana. Los 6 pares de monitores restantes fueron colocados en las zonas donde viven los jóvenes, incluyendo dos ubicados junto a la UTT.

Instrumentos.

Los sensores fueron seleccionados según la recomendación del Dr. Hanyang Li, de la facultad de SDSU. Estos sensores son de fácil uso, además por su tamaño son muy fáciles de transportar y no necesitan conexión constante a la electricidad y al internet.

Atmotube PRO

El sensor Atmotube Pro proporciona mediciones en tiempo real de las concentraciones de masa de PM1.0, PM2.5 y PM10, así como compuestos orgánicos volátiles (COV). También mide la temperatura, la humedad relativa y la presión.

Este monitor es recomendado por el AQ-SPEC (Air Quality Sensor Performance Evaluation Center).



El Atmotube Pro utiliza el sensor de partículas Sensirion SPS30. El principio de medición se basa en la dispersión láser con una partición de tamaño de partícula avanzada y de alta resolución. El sensor utiliza algoritmos avanzados para calcular las concentraciones de masa de PM1.0, PM2.5 y PM10.

Características:

- Dimensiones: 86 (alto) x 50 (ancho) x 22 (profundidad) mm
- Peso: 104 g
- Fuente de Alimentación: Sí
- Batería: 2000 mAh de ion de litio
- Función de Reloj: No
- Mecanismo de Muestreo: Ventilador
- Condiciones Ambientales de Operación: N/D
- Registro de Datos Interno: Sí, hasta 10 días con intervalos de 1 minuto
- Comunicación y Registro de Datos: Bluetooth; compatible con dispositivos iOS 9.2+ y Android 4.3+ con Bluetooth
- Resistente a la Intemperie: No

Aranet 4

Aranet4 es un sensor inalámbrico autónomo que funciona con baterías para monitorear el CO2, la temperatura, la humedad relativa y la presión atmosférica en interiores. Este dispositivo es portátil, fácil de instalar y utilizar.

Características:



- Mide el nivel de CO₂, la temperatura, la humedad relativa y la presión atmosférica.
- Advertencias visuales y sonoras para altas concentraciones de CO₂.
- Inalámbrico, portátil y fácil de usar.
- Utiliza tecnología de sensor infrarrojo no dispersivo (NDIR) para mediciones precisas de CO₂.
- Tiene una pantalla de tinta electrónica con indicador de color y alarmas sonoras configurables.
- Duración de la batería de hasta 2 años con 2xAA.
- Alcance de línea de visión de hasta 3 km / 1.9 mi.
- Uso en interiores.
- Potencia del transmisor: 14 dBm.
- Transmisión de datos: cada 1.2, 5 o 10 minutos.
- Clase de protección: IP20.
- Dimensiones: 70x70x24 mm / 2.76 × 2.76 × 0.94 ".

Instalación y Monitoreo:

Los monitores fueron instalados por los jóvenes en casas y residencias privadas debido a la necesidad de contar con ubicaciones seguras para llevar a cabo el monitoreo al aire libre durante las cuatro semanas del estudio (Ver mapa 1, 2 y 3), realizado del 9 de marzo al 6 de abril del 2024. Los estudiantes participantes se encargaron de la colocación, mantenimiento y recolección de datos de los monitores.

En cada visita semanal, los estudiantes descargaron la información de los monitores y la subieron a un drive compartido donde se almacenaron todos los datos para su posterior análisis. Además, mantuvieron una bitácora donde anotaban cualquier eventualidad relevante a las mediciones. En cada visita, también verificaron el estado de las baterías de los monitores.



Cronograma de monitoreo:

Fecha	Evento
9 de marzo	Instalación inicial de los monitores
16 de marzo	Primera visita para descargar la información

23 de marzo	Segunda visita para la descarga de datos
30 de marzo	Tercera visita para la descarga de datos
6 de abril	Visita final para descargar la información y retirar los monitores

Tabla 1: Calendario de muestreo

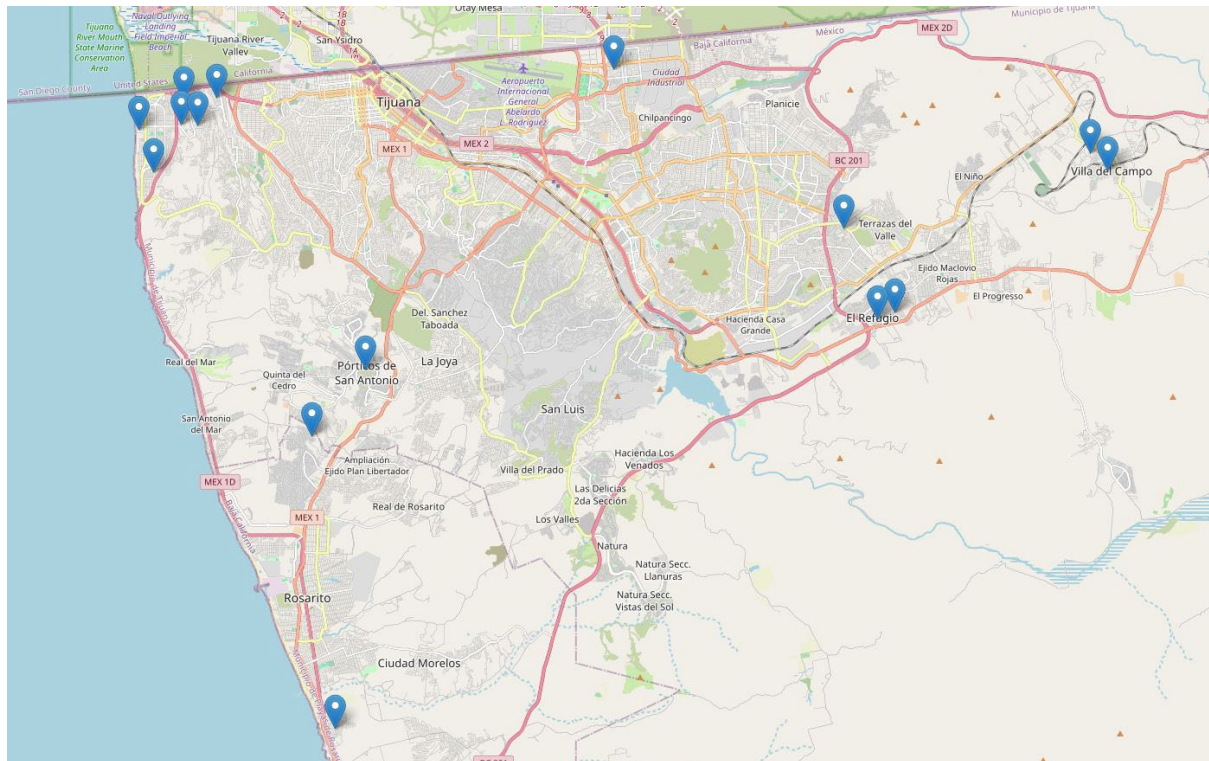
Lugares de muestreo:

En Tijuana y Rosarito Baja California se ubicaron 15 pares de monitores (Aranet y Atmotube). De estos, 3 fueron colocados en Rosarito, 6 en Playas de Tijuana y 6 en la Zona Este de Tijuana .

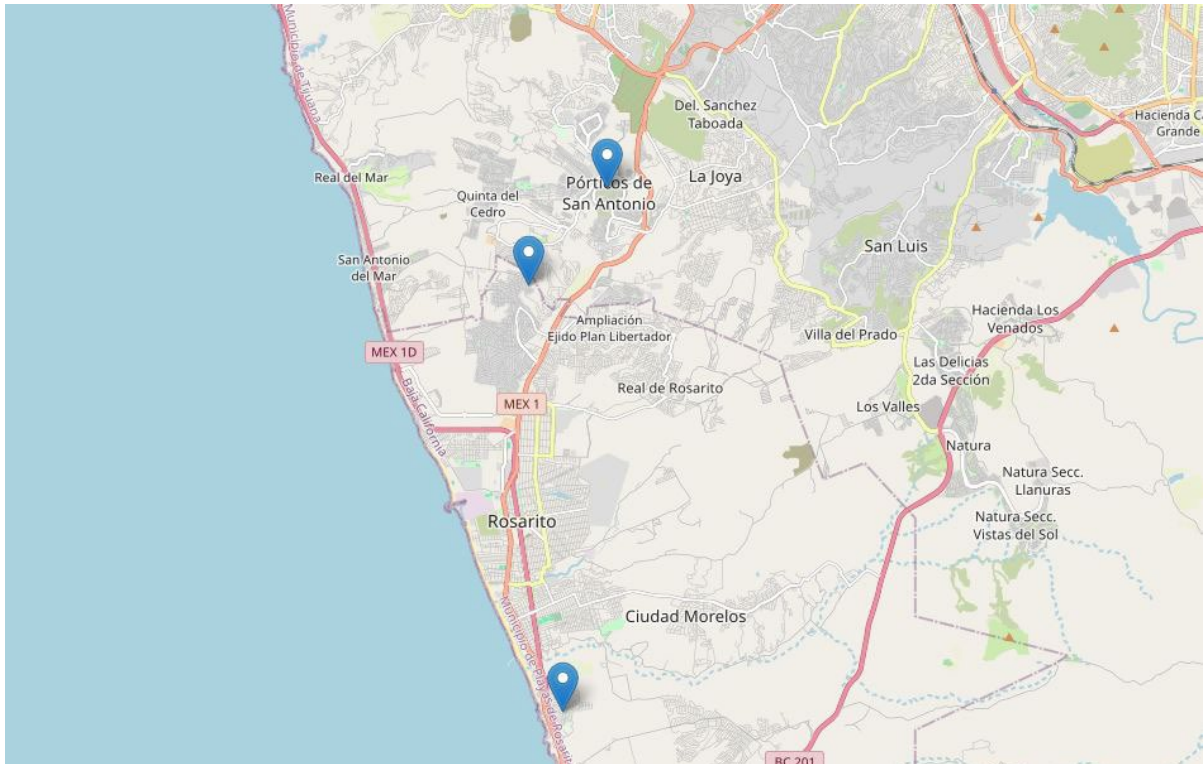
Zona	Comunidad	Pares de Monitores
Rosarito	Playa Náutica	1
	Aztlán	1
	Francisco Villa	1
Playas de Tijuana	Costa Hermosa	1
	Parque Azteca	1
	Laderas del Mar	1
	Vista Al Mar Xicotencatl Leyva	1
	Puesta del Sol	1
	El Mirador	1
Tijuana Zona Este	El Refugio	2
	Real de San Francisco	1
	Nueva Tijuana (Otay)	1

	Villa del Campo	1
	Parajes del Valle	1

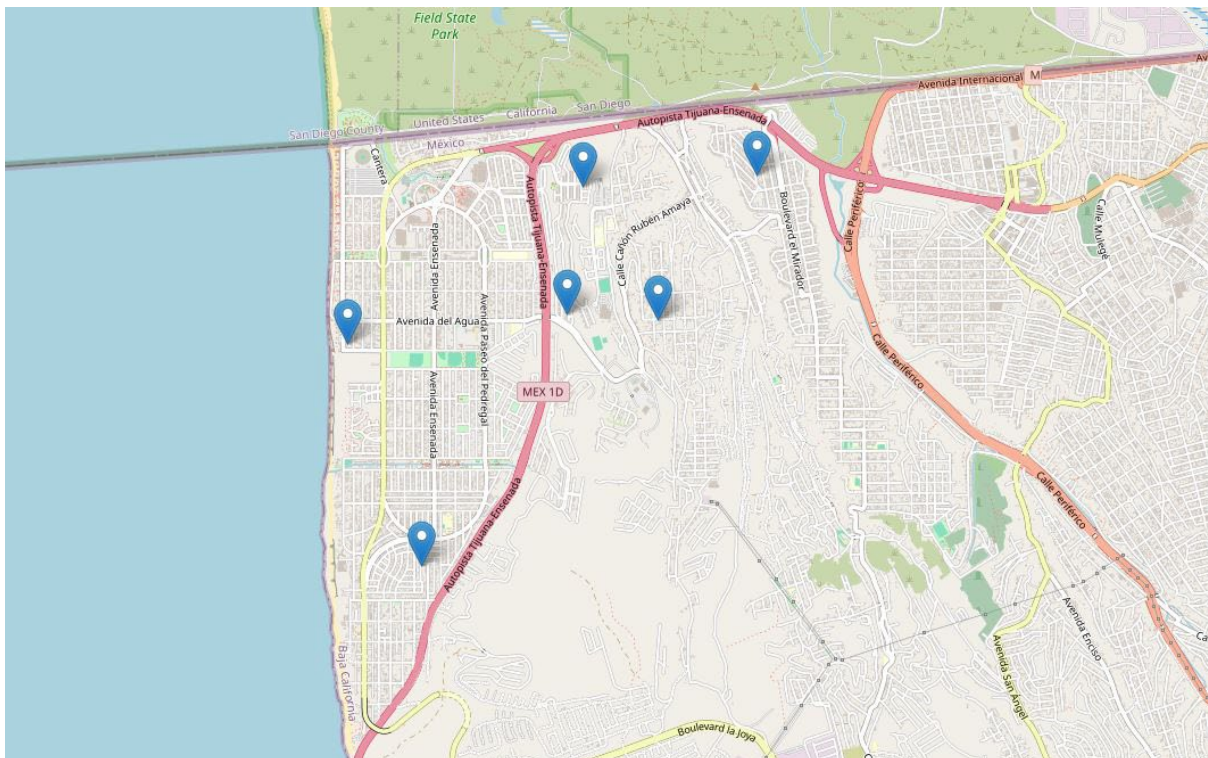
Tabla 2: Lugares de muestreo



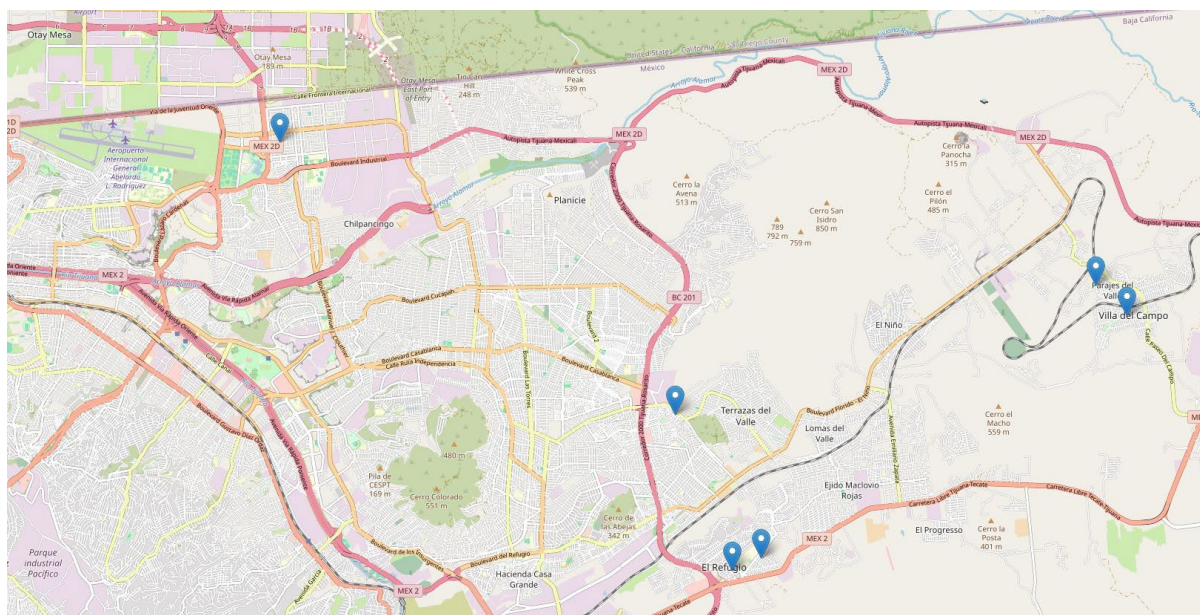
MAPA 1: MONITORES EN TIJUANA. 15 pares de monitores en Tijuana, Playas de Tijuana y Rosarito



MAPA 2: ROSARITO: 3 pares de monitores en las colonias Punta Azul, Aztlán y Fraccionamiento Villa Residencial Santa Fe.



MAPA 3: PLAYAS DE TIJUANA: 6 pares de monitores en las colonias Costa Hermosa, Parque Azteca, Playa Imperial, Vista al Mar, Puesta de Sol y El Mirado



MAPA 4: ZONA ESTE DE TIJUANA: 6 pares de monitores en las colonias Privada de los Abetos (junto a la Universidad Tecnológica de Tijuana - UTT), Fraccionamiento El Refugio (junto a la UTT), Fraccionamiento Real de San Francisco, Nueva Tijuana, Villa del Campo II y Parajes del Valle.

Resultados

Dióxido de Carbono (CO₂)

El CO₂ es un gas incoloro e inodoro presente naturalmente en la atmósfera. Las concentraciones elevadas pueden tener efectos negativos en la salud y contribuir al cambio climático.

Los niveles seguros para respirar dióxido de carbono (CO₂) en el aire son generalmente inferiores a 1000 partes por millón (ppm). Sin embargo, es importante tener en cuenta que los niveles seguros pueden variar dependiendo de varios factores, como la duración de la exposición y las condiciones individuales de salud.

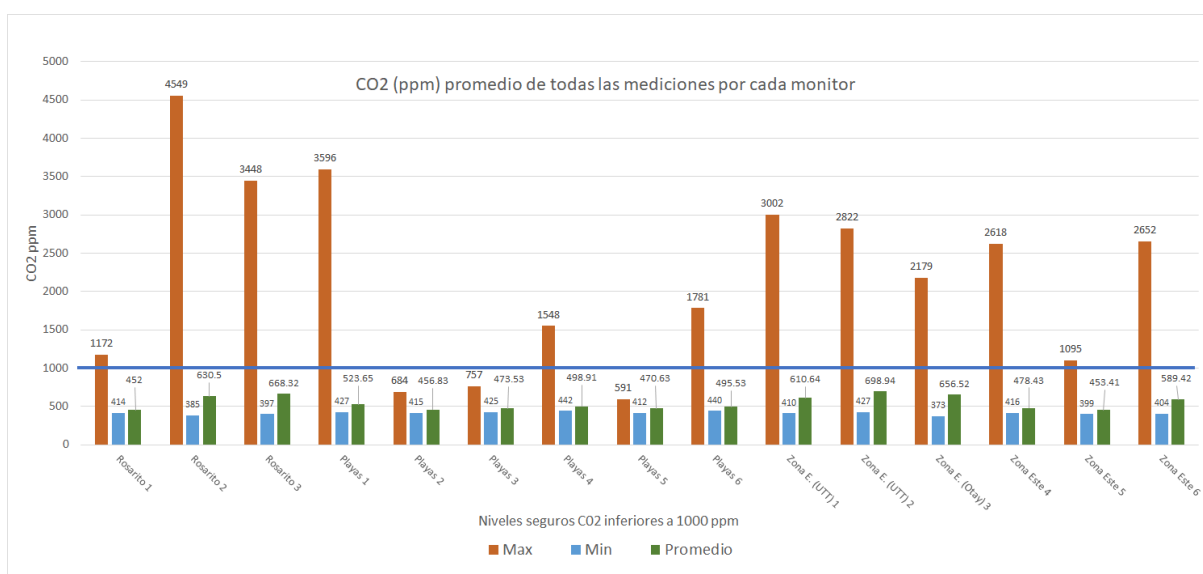
Niveles Medidos de CO₂ (ppm):

Zona	Monitor	Máximo	Mínimo	Promedio
Rosarito	Rosarito 1	1172	414	452
	Rosarito 2	4549	385	630.5
	Rosarito 3	3448	397	668.32
Playas de Tijuana	Playas 1	3596	427	523.65

	Playas 2	684	415	456.83
	Playas 3	757	425	473.53
	Playas 4	1548	442	498.91
	Playas 5	591	412	470.63
	Playas 6	1781	440	495.53
Zona Este	Zona E. (UTT) 1	3002	410	610.64
	Zona E. (UTT) 2	2822	427	698.94
	Zona E. (Otay) 3	2179	373	656.52
	Zona Este 4	2618	416	478.43
	Zona Este 5	1095	399	453.41
	Zona Este 6	2652	404	589.42

Tabla 3: Valores mínimos, máximos y promedios de CO2 entre el 9 de marzo y el 6 de abril.

Los datos muestran que Rosarito presentó las mediciones más altas de CO2, mientras que las mediciones en Playas de Tijuana fueron, en general, más bajas en comparación con la Zona Este de Tijuana.



Gráfica 1: Valores Mínimos, máximos y promedios de CO2 de todas las mediciones entre el 9 de marzo y 6 de abril en cada monitor. La línea horizontal azul representa los niveles máximos seguros de CO2 (1000ppm).

Niveles Máximos de CO2:

Monitores como “Rosarito 2” y “Zona Este (UTT) 1” registran niveles máximos de CO2 extremadamente altos, alcanzando 4,549 ppm y 2,822 ppm respectivamente. Estos valores superan con creces el límite de seguridad de 1000 ppm, indicando posibles fuentes puntuales de emisiones intensas en esas áreas. Otros monitores, como “Rosarito 3” y “Zona Este 6”, también muestran picos elevados con 3,448 ppm y 2,652 ppm, lo que resalta áreas con alta contaminación.

Niveles Promedios de CO2:

La mayoría de los monitores tienen promedios que oscilan entre 400 ppm y 700 ppm, son “Rosarito 2” y “Rosarito 3” los que registran promedios más altos (630.5 ppm y 668.32 ppm). Estos valores, aunque inferiores a los picos máximos, todavía son indicadores de una exposición constante a niveles elevados de CO2.

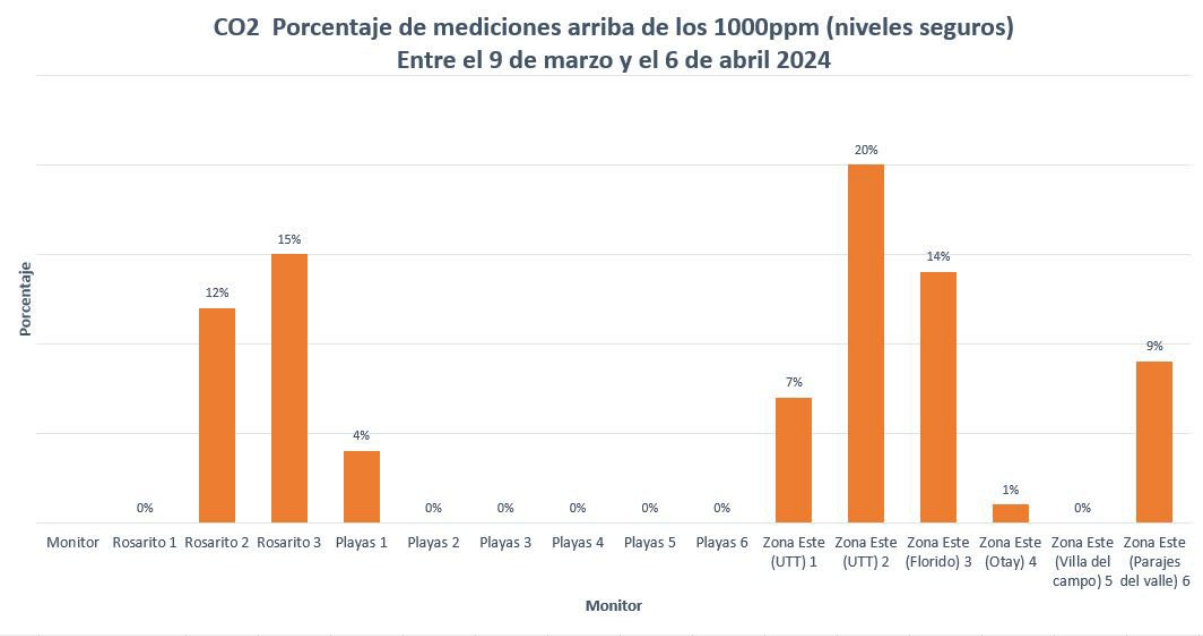
Niveles Mínimos de CO2:

Los niveles mínimos de CO2 medidos se mantienen en un rango más seguro, generalmente entre 370 ppm y 450 ppm. Por ejemplo, el monitor “Playas 5” registró un mínimo de 412 ppm”.

Monitor	CO2: Porcentaje arriba de los 1000 ppm
Rosarito 1	0%
Rosarito 2	12%
Rosarito 3	15%
Playas 1	4%
Playas 2	0%
Playas 3	0%
Playas 4	0%
Playas 5	0%

Playas 6	0%
Zona Este (UTT) 1	7%
Zona Este (UTT) 2	20%
Zona Este (Florida) 3	14%
Zona Este (Otay) 4	1%
Zona Este (Villa del campo) 5	0%
Zona Este (Parajes del valle) 6	9%

Tabla 4: Porcentaje de mediciones de CO2 mayores a 1000 ppm por cada monitor entre el 9 de marzo y el 6 de abril 2024.



Gráfica 2: Porcentaje de mediciones de CO2 mayores a 1000 ppm por cada monitor entre el 9 de marzo y el 6 de abril 2024.

La gráfica muestra el porcentaje de mediciones de CO2 que superan los 1000 ppm, considerados niveles seguros, en los 15 sitios donde instalamos monitores en Rosarito, Playas de Tijuana y la Zona Este.

En Rosarito, los monitores 2 y 3 muestran los porcentajes más altos, con 12% y 15% respectivamente, mientras que el monitor 1 no registra mediciones superiores a 1000 ppm. En Playas de Tijuana, solo el monitor 1 presenta un 4% de mediciones por encima de 1000 ppm, y los otros monitores (2, 3, 4, 5 y 6) no tienen mediciones que superan este umbral. En la Zona Este, los monitores de UTT 2 y Florido 3 registran los porcentajes más altos con 20% y 14% respectivamente. Otros monitores, como UTT 1 y Parajes del Valle 6, muestran un 7% y 9% respectivamente, mientras que el monitor de Otay 4 solo presenta un 1% y el monitor de Villa del Campo 5 no registra mediciones superiores a 1000 ppm.

Salvo los casos de los monitores 4 y 6 de Playas, y los monitores 4 y 5 de la Zona Este, donde los picos probablemente se debieron a alguna situación particular, el resto parece ser más continuo. Vemos relación en la mayoría de los monitores al comparar los sitios con niveles máximos registrados con los porcentajes, que esta vez nos hablan no solo de niveles sino de exposición. Por ejemplo, hablar de un 20% de las mediciones (monitor 2 de la Zona Este) por arriba de los 1000 ppm de CO₂ nos da un dato preocupante.

PM: Material Particulado

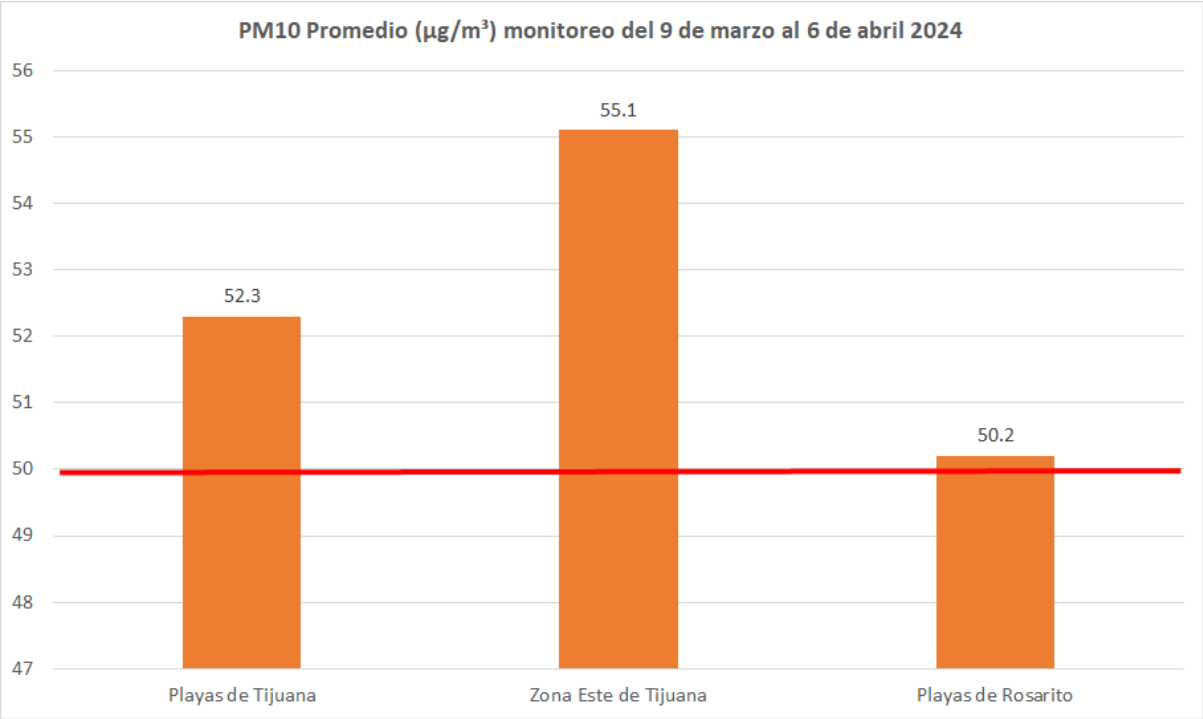
El **Material Particulado (PM)** es una mezcla de partículas sólidas y líquidas en el aire provenientes de fuentes como la quema de combustibles fósiles, procesos industriales y polvo de carreteras. Las partículas pequeñas (PM_{2.5}) son especialmente peligrosas, ya que pueden penetrar en los pulmones y el torrente sanguíneo, causando problemas respiratorios y cardiovasculares. Para proteger la salud, la EPA de EE.UU., la OMS y México han establecido límites diarios y anuales específicos para PM_{2.5} y PM₁₀.

Durante marzo y abril de 2024 se midieron los niveles promedio de CO₂ y PM₁₀ en Tijuana y Rosarito. Los resultados indican que en Tijuana Costa el promedio de CO₂ fue de 400.5 ppm y de PM₁₀ fue de 52.3 µg/m³. En Tijuana Este, el promedio de CO₂ fue de 405.2 ppm y de PM₁₀ fue de 55.1 µg/m³. En Rosarito, los promedios fueron de 390.1 ppm para CO₂ y 50.2 µg/m³ para PM₁₀.

Zona	PM10 Promedio (µg/m ³)
Tijuana Costa	52.3
Tijuana Este	55.1
Rosarito	50.2

Tabla 5: PM10 Promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de todas las mediciones entre el 9 de marzo y 6 de abril en cada monitor entre el 9 de marzo y el 6 de abril.

De acuerdo con los estándares establecidos por la EPA de los Estados Unidos y la Organización Mundial de la Salud (OMS), los niveles de PM10 en todas las zonas de Tijuana y Rosarito exceden los límites diarios recomendados por la OMS, que es de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, indicando que el aire en estas áreas puede considerarse insalubre y podría representar un riesgo para personas con problemas respiratorios, como asma. Sin embargo, estos niveles están por debajo del límite diario de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido por la EPA y de $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014. **Por lo tanto, aunque no alcanzan niveles alarmantes según algunos estándares, es importante monitorear y tomar medidas para mejorar la calidad del aire, especialmente en zonas como Tijuana Este, donde los niveles de PM10 son más altos.**



Gráfica 3: PM10 Promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de todas las mediciones entre el 9 de marzo y 6 de abril en cada monitor entre el 9 de marzo y el 6 de abril.

La gráfica muestra los niveles promedio de partículas PM10 (en microgramos por metro cúbico, $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en tres áreas: Playas de Tijuana, Zona Este de Tijuana y Playas de Rosarito, durante el periodo del 9 de marzo al 6 de abril de 2024. La línea roja horizontal indica el límite de seguridad establecido para PM10, que es de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La gráfica indica que todas las áreas monitoreadas tienen niveles de PM10 que superan el límite de seguridad, con la Zona Este de Tijuana siendo la más afectada. Esto resalta la necesidad de

monitoreo continuo y la implementación de medidas para reducir las emisiones de partículas contaminantes en el aire. Mejorar la calidad del aire en estas áreas es crucial para proteger la salud pública y asegurar un ambiente más limpio.

Los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) son compuestos químicos orgánicos que se evaporan fácilmente a temperatura ambiente, producidos principalmente por la combustión de combustibles fósiles en vehículos, industrias y calefacción, así como por la evaporación de productos químicos como disolventes, pinturas, barnices, productos de limpieza y cuidado personal. Los riesgos para la salud por exposición a COV incluyen irritación de ojos, nariz y garganta, dolores de cabeza, mareos, náuseas, daño hepático y renal, daño al sistema nervioso central.

Índice de Calidad del Aire (ICA)

El ICA es una medida acumulativa que evalúa la calidad del aire, que el monitor Atmotube Pro calcula basado en los niveles de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y Material Particulado (PM).

Para hacer una comparativa entre las mediciones de los 15 monitores, se calcularon los promedios de todas las mediciones por cada monitor entre el 6 de marzo y 9 de abril. Para graficarlos se tomaron en cuenta los siguientes niveles:

Clasificación del ICA por niveles según el monitor Atmotube Pro:

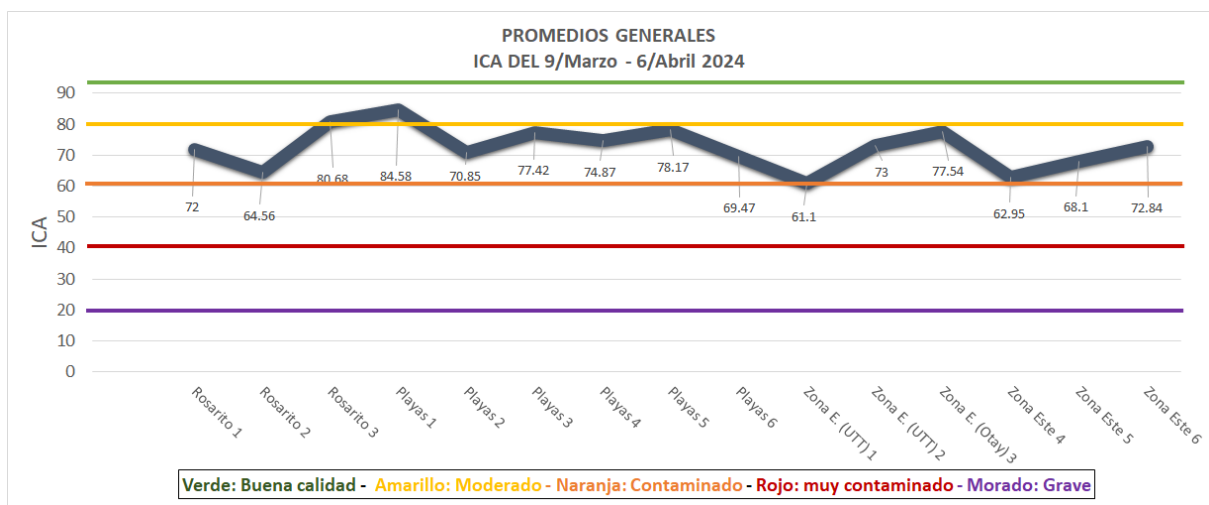
- **Bueno (81-100):** Aire satisfactorio, poco o ningún riesgo.
- **Moderado (61-80):** Aire aceptable, con posibles riesgos para personas sensibles.
- **Contaminado (41-60):** Aire pobre, con síntomas como tos e irritación de garganta.
- **Muy Contaminado (21-40):** Aire muy pobre, con riesgos para la salud.
- **Grave (0-20):** Aire severamente contaminado, con riesgos para la mayoría de las personas.

Promedios Generales del ICA:

Zona	Monitor	Promedio
Rosarito	Rosarito 1	72
	Rosarito 2	64.56
	Rosarito 3	80.68

Playas de Tijuana	Playas 1	84.58
	Playas 2	70.85
	Playas 3	77.42
	Playas 4	74.87
	Playas 5	78.17
	Playas 6	69.47
Zona Este	Zona E. (UTT) 1	61.1
	Zona E. (UTT) 2	73
	Zona E. (Otay) 3	77.54
	Zona Este 4	62.95
	Zona Este 5	68.1
	Zona Este 6	72.84

Tabla 6: Promedios generales de todas las mediciones de ICA por cada monitor entre el 9 de marzo y el 6 de abril.



Gráfica 4: Promedios generales de ICA de todas las mediciones entre el 9 de marzo y el 6 de abril en cada monitor. Las líneas de colores representan los niveles de calidad del aire: verde (bueno), amarillo (moderado), naranja (contaminado), rojo (muy contaminado) y morado (grave).

La gráfica muestra los promedios del Índice de Calidad del Aire (ICA) para diferentes monitores en la región de Rosarito, Playas y Zona Este, durante el periodo del 9 de marzo al 6 de abril de 2024. En esta gráfica, los niveles más bajos del ICA indican mayor contaminación, mientras que los niveles más altos representan una mejor calidad del aire.

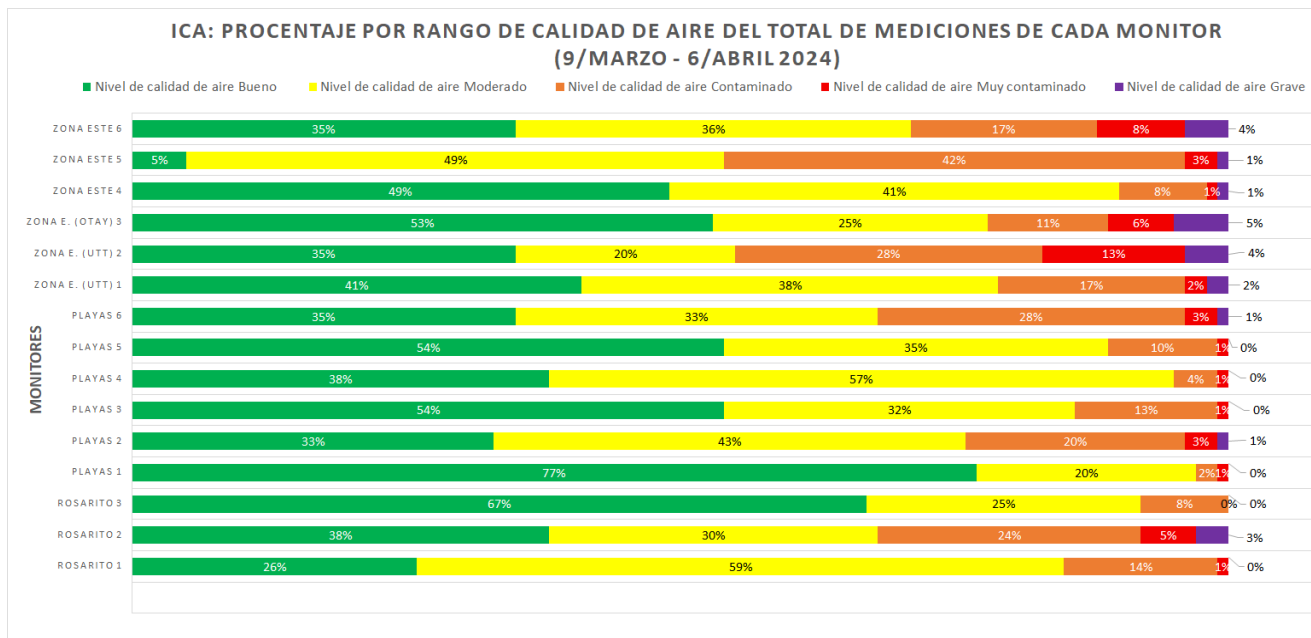
La calidad del aire en la Zona Playas es en general mejor comparada con Rosarito y Zona Este, mostrando valores de ICA más altos y estables. Rosarito tiene áreas con mayor contaminación, especialmente en Rosarito 2. Zona Este presenta una variabilidad significativa, con algunos puntos altamente contaminados y otros con buena calidad del aire. Esto sugiere la necesidad de intervenciones específicas para mejorar la calidad del aire en las áreas más afectadas de Rosarito y ciertas partes de la Zona Este.

Distribución de Niveles del ICA en porcentajes:

Zona	Bueno (81-100)	Moderado (61-80)	Contaminado (41-60)	Muy Contaminado (21-40)	Grave (0-20)
Rosarito	46%	33%	16%	3%	2%
Playas	49%	35%	13%	2%	0%
Zona Este	39%	35%	18%	5%	3%

Tabla 7: Porcentajes de ICA de todas las mediciones entre el 9 de marzo y 6 de abril en cada monitor entre el 9 de marzo y el 6 de abril

Los datos indican que la calidad del aire en Playas de Tijuana es generalmente mejor que en la Zona Este, con una mayor proporción de niveles "buenos".



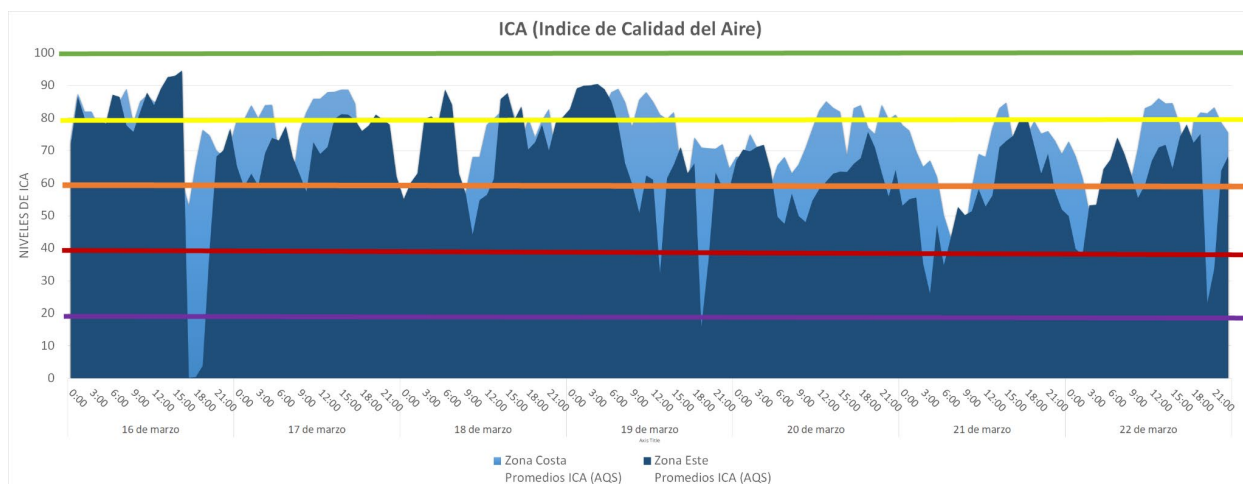
Gráfica 5: Promedios generales de ICA de todas las mediciones entre el 9 de marzo y 6 de abril en cada monitor entre el 9 de marzo y el 6 de abril.

La gráfica muestra los porcentajes de calidad del aire por rangos de ICA (Índice de Calidad del Aire) para diferentes monitores en las áreas de Rosarito, Playas y Zona Este, durante el periodo del 9 de marzo al 6 de abril de 2024. Los rangos de calidad del aire están categorizados como: Bueno, Moderado, Contaminado, Muy Contaminado y Grave.

La gráfica evidencia que la calidad del aire varía significativamente entre las diferentes áreas monitoreadas. La Zona Este presenta los mayores desafíos, con altos porcentajes de calidad del aire "Contaminado" y "Muy contaminado". Playas, en contraste, tiene en general mejor calidad del aire, con varios monitores mostrando altos porcentajes en el rango "Bueno". Rosarito presenta una calidad del aire intermedia, con algunas áreas buenas y otras más contaminadas. Es crucial enfocar esfuerzos de mitigación y monitoreo continuo en las zonas más afectadas para mejorar la calidad del aire en la región.

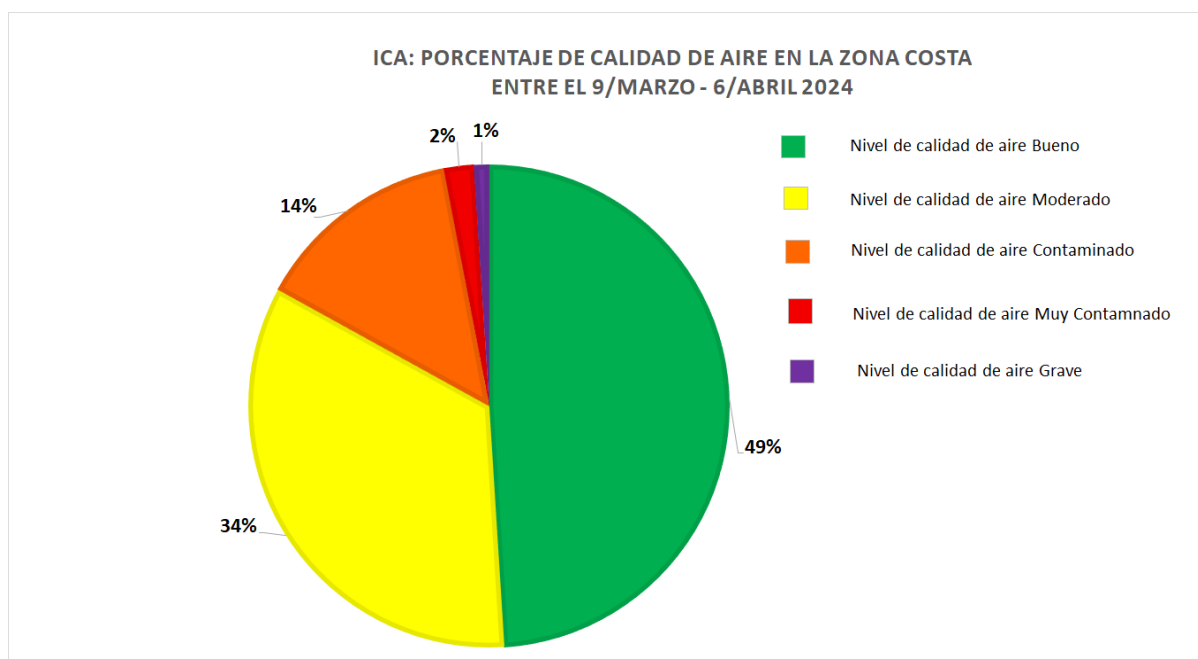
Comparación de ICA por Zona y Hora

Para un análisis más detallado, se compararon los promedios del ICA por hora entre la Zona Costa y la Zona Este durante una semana (16 de marzo al 22 de marzo de 2024). Para esta comparación se utilizaron un monitor en Playas de Tijuana cerca de la playa y otro monitor en la Zona Este ubicado a un costado de la Universidad Tecnológica de Tijuana.



Gráfica 6: Promedios de ICA por cada hora en un monitor en Playas de Tijuana y Zona Este (UTT) durante la semana del 16 de marzo al 22 de marzo 2024. Las líneas de colores representan los niveles de calidad del aire: verde (bueno), amarillo (moderado), naranja (contaminado), rojo (muy contaminado) y morado (grave).

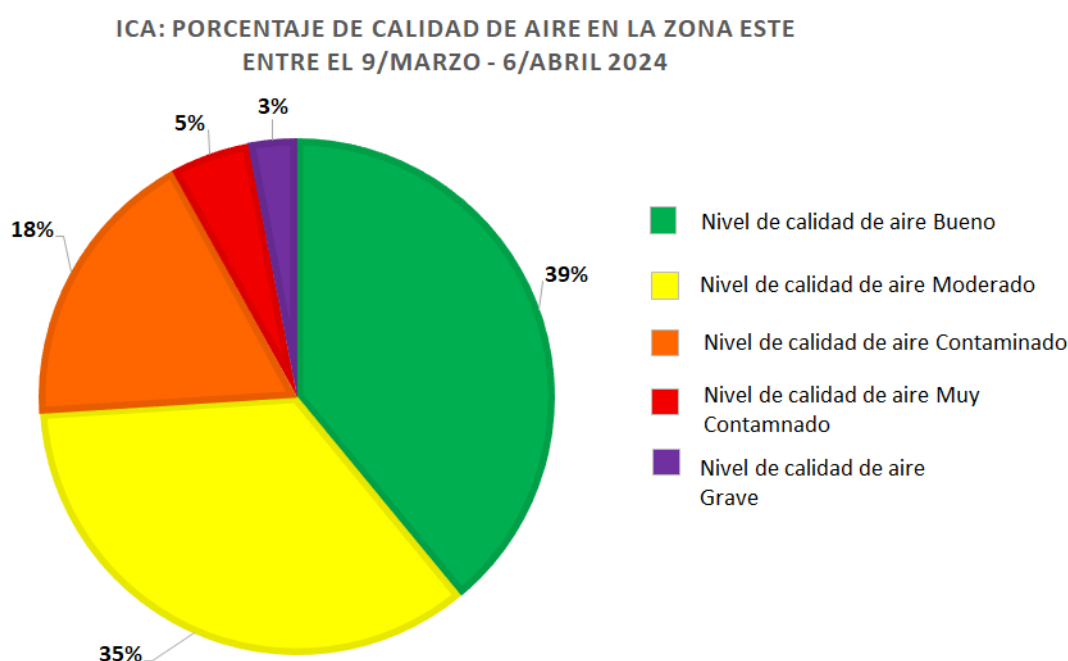
La gráfica presenta una clara variación diaria del ICA en ambas zonas. Es fundamental señalar que los picos en esta gráfica son los niveles con mejor calidad de aire y los valles, a diferencia de las gráficas de CO₂, son los momentos de mayor contaminación. Los valores del ICA fluctúan significativamente a lo largo del día, alcanzando picos en ciertas horas y disminuyendo en otras. Esta variación puede estar influenciada por actividades humanas, como el tráfico vehicular, las emisiones industriales, y factores meteorológicos. Destacan momentos en los que la calidad del aire en la Zona Este cae a niveles preocupantes, particularmente durante las horas pico de tráfico alrededor de las 16:00 horas.



Gráfica 7: Promedios de ICA para la zona costa (Playas de Tijuana y Rosarito) del 9 de marzo al 6 de abril.

La gráfica de pastel muestra los porcentajes de calidad del aire por rangos del Índice de Calidad del Aire (ICA) en la Zona Costa durante el periodo del 9 de marzo al 6 de abril de 2024. Los rangos de calidad del aire están categorizados como: Bueno, Moderado, Contaminado, Muy Contaminado y Grave.

La Zona Costa presenta una calidad del aire predominantemente buena, con el 49% de las mediciones en el rango "Bueno" y un 34% en el rango "Moderado". Sin embargo, hay preocupaciones significativas con el 14% de las mediciones indicando un aire "Contaminado" y pequeños porcentajes en rangos de "Muy Contaminado" y "Grave". Este análisis subraya la importancia de continuar monitoreando y tomando medidas para mantener y mejorar la calidad del aire en la Zona Costa, especialmente durante los episodios de mayor contaminación.



Gráfica 8: Promedios de ICA para la Zona Este de Tijuana del 9 de marzo al 6 de abril.

La gráfica de pastel muestra los porcentajes de calidad del aire por rangos del Índice de Calidad del Aire (ICA) en la Zona Este durante el periodo del 9 de marzo al 6 de abril de 2024. Los rangos de calidad del aire están categorizados como: Bueno, Moderado, Contaminado, Muy Contaminado y Grave.

la Zona Este presenta una calidad del aire más variable y con más episodios de contaminación comparado con la Zona Costa. Aunque la mayor parte de las mediciones caen en los rangos de "Bueno" y "Moderado", los porcentajes de "Contaminado", "Muy Contaminado" y "Grave" son más altos en la Zona Este, lo que sugiere la necesidad de intervenciones más urgentes para mejorar la calidad del aire y proteger la salud de los residentes.

Conclusiones

1. **Altos Niveles de CO₂:** Los datos de los monitores indican que tanto en las zonas costeras como en la zona este de Tijuana, los niveles de CO₂ en algunos momentos superaron significativamente el límite seguro de 1000 ppm. Los valores más altos se registraron en Rosarito, con un máximo de 4,549 ppm, y en Playas de Tijuana, con 3,596 ppm. En la zona este, los niveles también fueron elevados, alcanzando hasta 3,000 ppm. Estos niveles pueden tener efectos negativos en la salud, como dificultades respiratorias y problemas de concentración.
2. **Calidad del Aire Deficiente:** El Índice de Calidad del Aire (ICA) muestra que la calidad del aire en ambas zonas es preocupante. En la zona costera, el 17% de las mediciones se clasificaron como "contaminado", "muy contaminado" o "grave". En la zona este, el 26% de las mediciones cayeron en estas mismas categorías. Esto indica un riesgo significativo para la salud, especialmente para grupos vulnerables como niños y ancianos.
3. **Variaciones en la Calidad del Aire:** Los resultados muestran variaciones significativas en la calidad del aire entre las zonas monitoreadas. La Zona Este de Tijuana presentó niveles más altos de contaminación en comparación con Playas de Tijuana y Rosarito, destacando la necesidad de investigaciones adicionales y de medidas para mejorar la calidad del aire en las áreas más afectadas.
4. **Impacto en Grupos Vulnerables:** Las comunidades con mayor porcentaje de niños y ancianos están particularmente expuestas a los efectos negativos de la mala calidad del aire. En las áreas monitoreadas, en algunas de las zonas monitoreadas esta población representa hasta el 34% del total según datos del CENSO 2020 del INEGI.
5. **Limitaciones y Desafíos:** Durante la fase de monitoreo, se encontraron inconvenientes relacionados con las condiciones climáticas y la falta de registros en ciertos horarios, lo que dificultó la comparación entre sitios.

6. **Oportunidades de Investigación:** En un ejercicio fuera del proyecto actual y del cual no se consideraron datos para el presente reporte, se identificaron niveles elevados de CO₂ en interiores durante ejercicios fuera del monitoreo programado, lo que subraya la necesidad de estudiar la calidad del aire interior y compararla con los niveles de PM y COV en el exterior.

Recomendaciones

1. **Monitoreo Continuo y Participativo:** Continuar con el monitoreo participativo de la calidad del aire para mantener a la comunidad informada y comprometida con la salud ambiental. Involucrar a más escuelas y grupos comunitarios en este esfuerzo puede expandir la cobertura y la conciencia.
2. **Ampliar el monitoreo:** Ampliar el monitoreo a otras estaciones del año para comprender mejor las variaciones en la calidad del aire, especialmente en épocas más secas como verano u otoño. La hipótesis es que la calidad del aire en estas épocas del año disminuirá significativamente. En época de verano los COVs incrementaron debido a la aparición de fuentes de COVs "naturales" como los incendios forestales (Muchos de ellos provocados por la contaminación de residuos como vidrios. Por cigarrillos mal apagados o incendios provocados). En otoño, se espera el incremento de PPM y COVs por el fenómeno de vientos de Santa Ana e incendios provocados por los mismos.

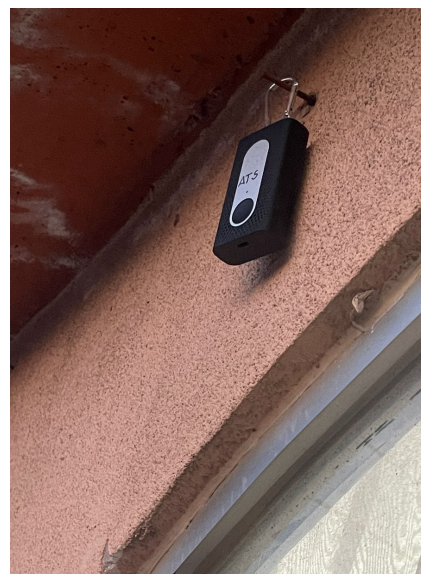
Además, realizar estudios más amplios para identificar el origen de la contaminación y determinar soluciones específicas para las zonas costeras y la zona este.

3. **Atención en Zonas más Contaminadas:** Priorizar la atención de las autoridades en las zonas más contaminadas, que a menudo coinciden con áreas de menor ingreso económico y mayor actividad industrial, como las maquilas.
4. **Programas de Educación y Sensibilización:** Ampliar los programas educativos, como la Academia Ambiental Juvenil, para educar a más miembros de la comunidad sobre los impactos de la contaminación del aire y cómo pueden contribuir a mejorar la calidad del aire local.
5. **Aumento de la Vegetación Urbana:** Se recomienda la plantación de más árboles y vegetación nativos de la región para reducir los niveles de CO₂ y mejorar la calidad del aire. Además, es importante crear y mantener espacios verdes públicos para que las

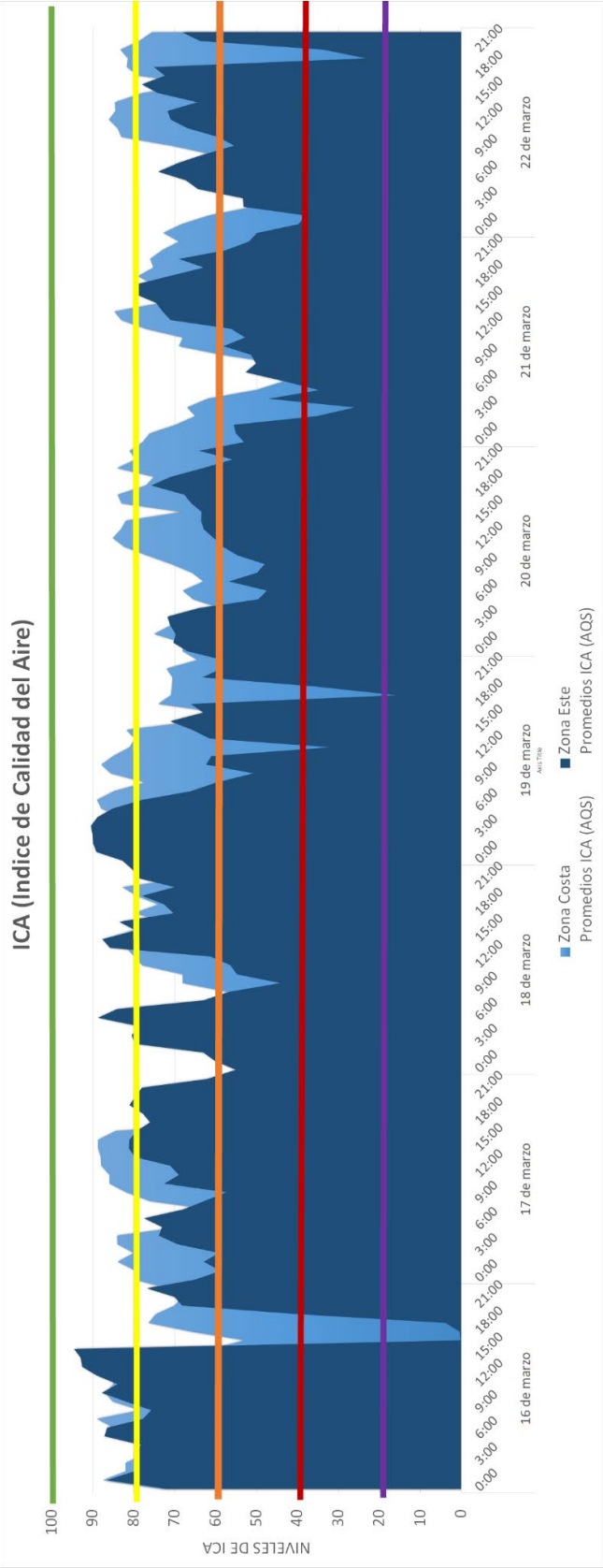
personas puedan disfrutar de aire más limpio y realizar actividades físicas sin riesgo de exposición a la contaminación.

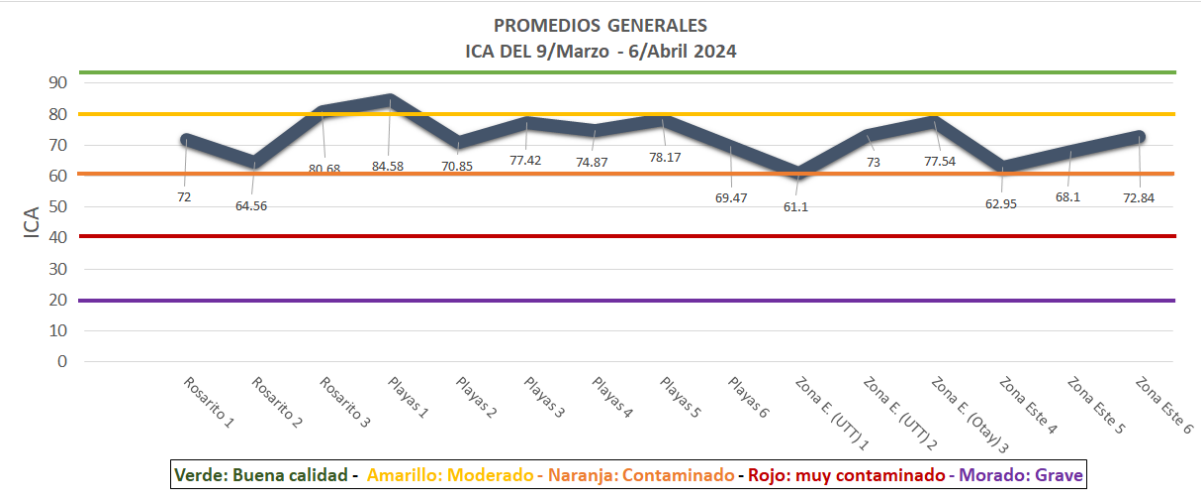
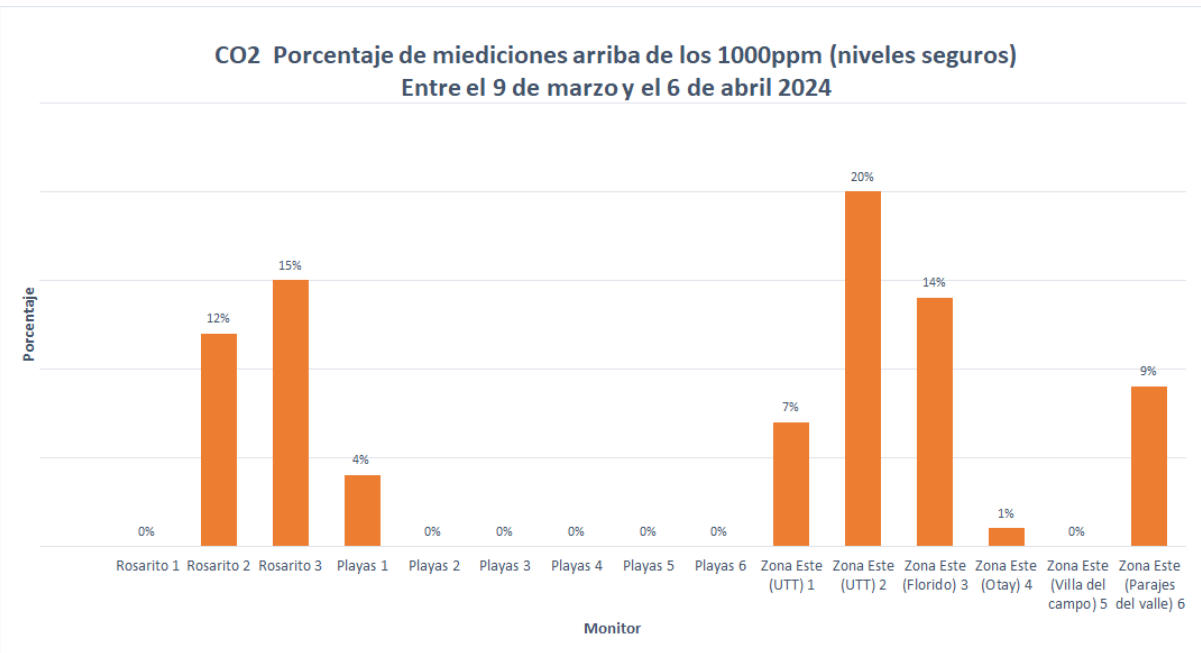
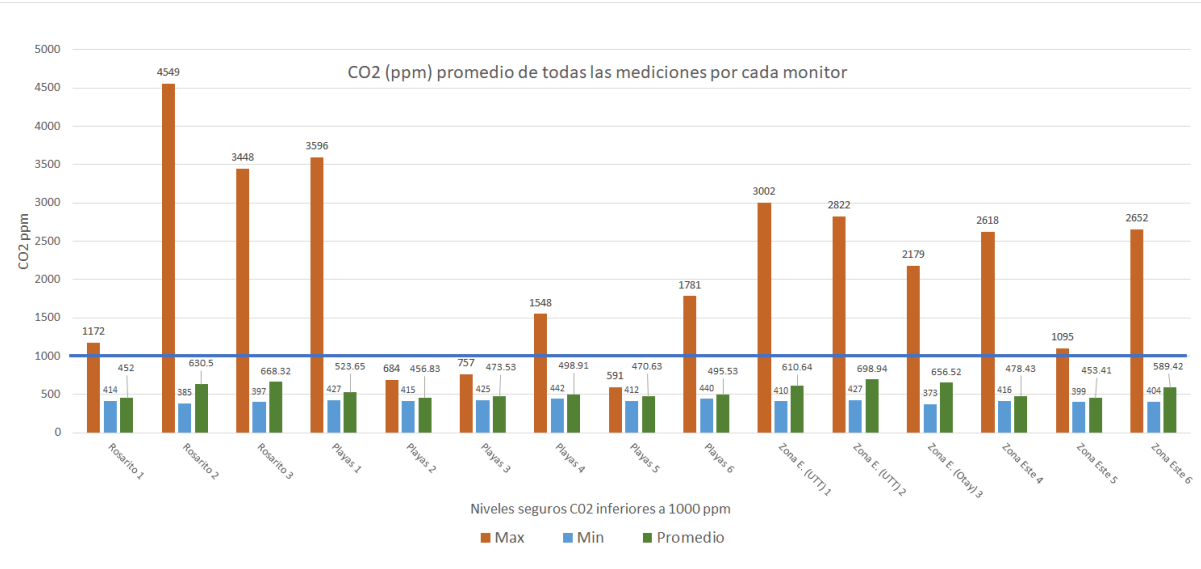
6. **Políticas de Reducción de Emisiones y Mejora de Infraestructuras de Salud:** Implementar y reforzar políticas que reduzcan las emisiones de CO₂ y otros contaminantes en la región. Esto incluye regulaciones más estrictas para vehículos y fábricas, así como incentivos para el uso de energías renovables. Además, es fundamental fortalecer las infraestructuras de salud en las zonas más afectadas para atender a las poblaciones vulnerables. Esto incluye la creación de centros de salud equipados para tratar enfermedades respiratorias y la promoción de chequeos regulares. Asimismo, se puede establecer un semáforo para medir la calidad del aire que active los puntos de monitoreo en el estado.

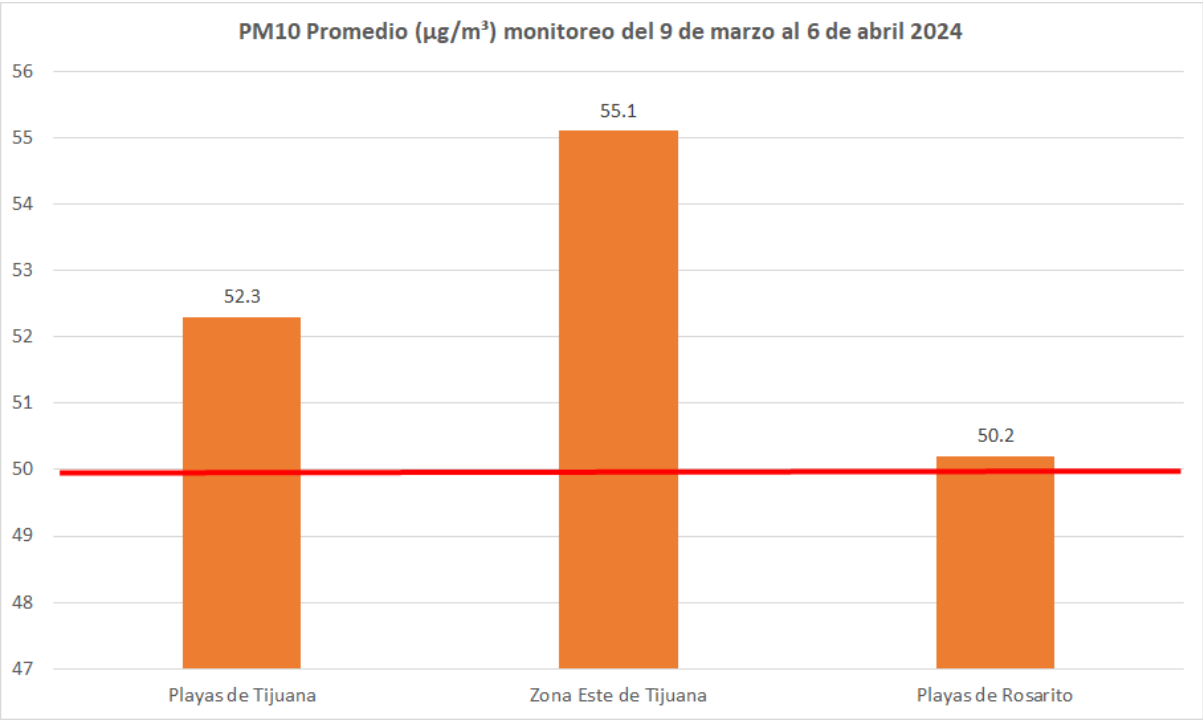
DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA



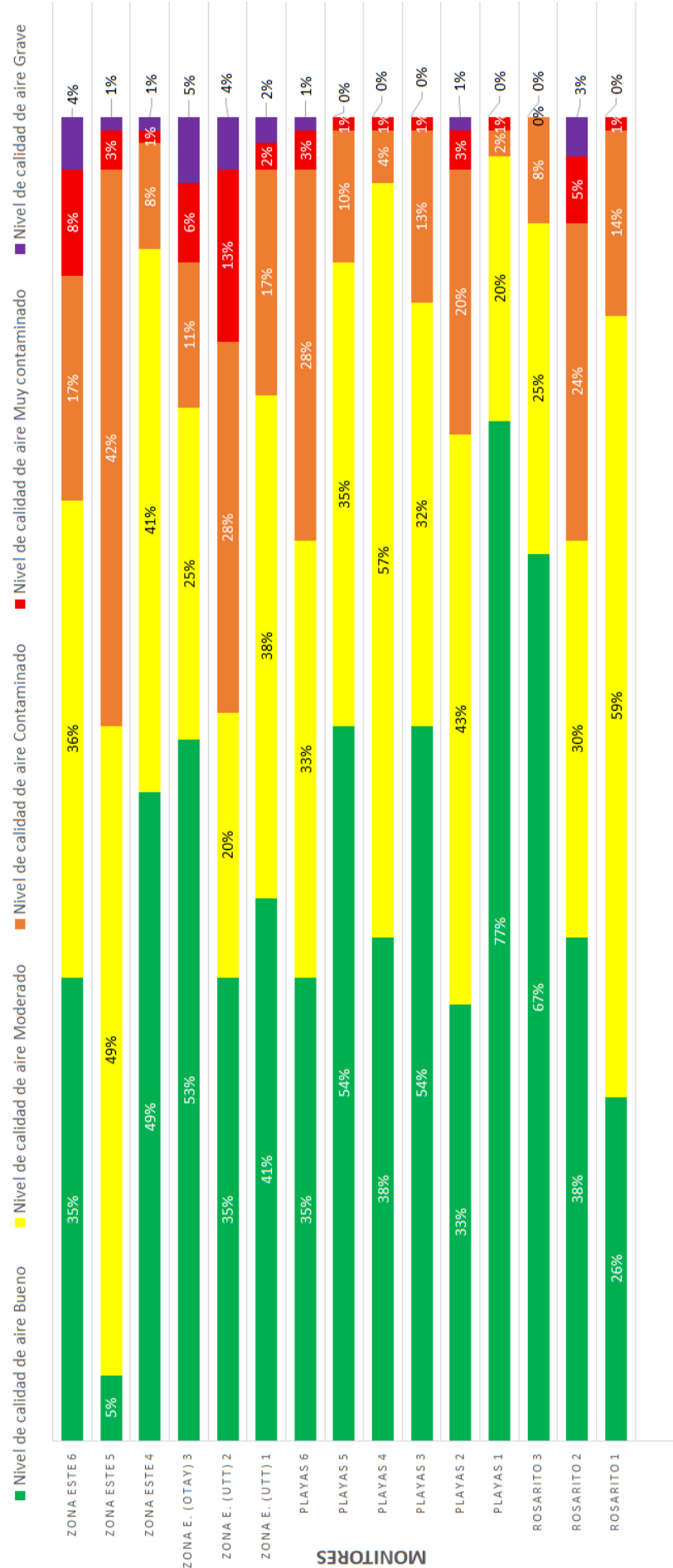
GRÁFICAS Y MAPAS



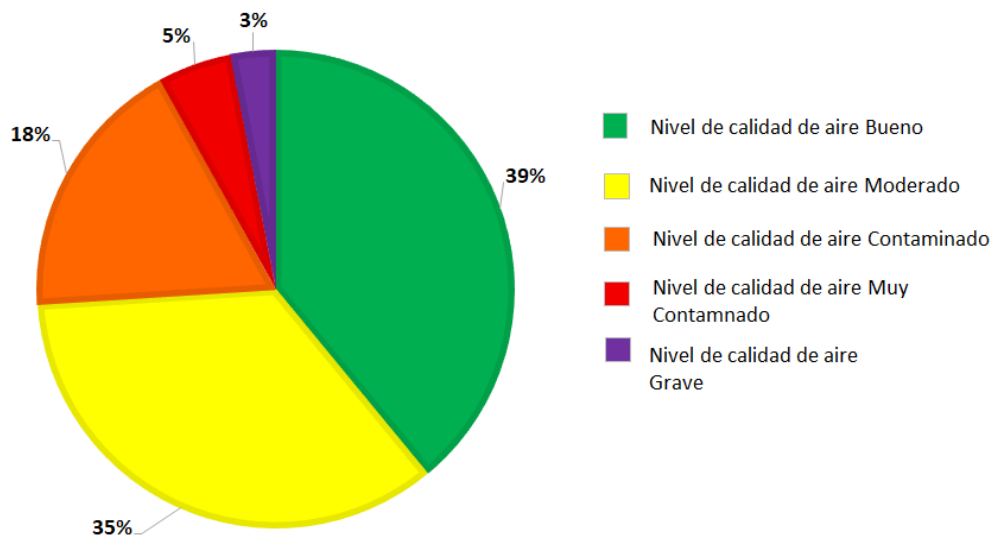




ICA: PROCENTAJE POR RANGO DE CALIDAD DE AIRE DEL TOTAL DE MEDICIONES DE CADA MONITOR
(9/MARZO - 6/ABRIL 2024)



ICA: PORCENTAJE DE CALIDAD DE AIRE EN LA ZONA ESTE
ENTRE EL 9/MARZO - 6/ABRIL 2024



ICA: PORCENTAJE DE CALIDAD DE AIRE EN LA ZONA COSTA
ENTRE EL 9/MARZO - 6/ABRIL 2024

