

Resultados del Monitoreo de Compuestos Orgánicos Volátiles en aire

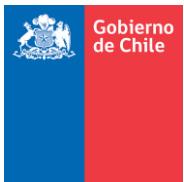
Programa de muestreo, medición y análisis de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) en Concón, Quintero y Puchuncaví (Región de Valparaíso) - 2023

Sección Laboratorio SMA
Departamento de Entidades Técnicas y Laboratorio
Superintendencia del Medio Ambiente

28 de febrero, 2024

Sección Laboratorio SMA
Departamento de Entidades Técnicas y Laboratorio
Superintendencia del Medio Ambiente, Gobierno de Chile





1. Consideraciones

Los resultados incluidos en el presente informe son de carácter prospectivo y el informe del tipo descriptivo, los datos proporcionados no se comparan directamente con la normativa de calidad del aire por lo que **no están destinados a ser utilizados para verificar el cumplimiento de normas de calidad del aire**. Este enfoque exploratorio se centra en identificar la presencia y concentraciones de COVs, en la zona de Concón, Quintero y Puchuncaví.



2. Resumen ejecutivo

Este informe presenta los resultados del “*Programa de muestreo, medición y análisis de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) en Concón, Quintero y Puchuncaví (Región de Valparaíso)*” para el año 2023, por parte del Laboratorio de la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante “LSMA”) y de la Delegación Quintero-Puchuncaví de la Oficina Regional de Valparaíso de la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante “SMA”). El período de reporte comprende desde el 22 de marzo de 2023 al 31 de diciembre de 2023. Dicho programa considera los siguientes planes de monitoreo, con un total de 45 puntos de muestreo y medición:

- Muestreo en contingencias ambientales: muestreo puntual con canister.
- Campaña de muestreo pasivo urbano: muestreo pasivo con tubos adsorbentes.
- Campaña de muestreo pasivo industrial: muestreo pasivo con tubo adsorbentes.
- Mediciones continuas de BTEX: mediciones con equipos PyxisGC.

Los resultados de los muestreos puntuales con canister empleados en **muestreos en contingencias ambientales**, muestran marcada diferencia en los niveles de concentración de BTEX entre la zona industrial y urbana del área de estudio. La concentración promedio de benceno en la zona urbana de Concón y Quintero-Puchuncaví es de $2,36[\mu\text{g}/\text{m}^3]$, mientras que la concentración promedio de benceno en la zona industrial de Quintero, es de $353,92[\mu\text{g}/\text{m}^3]$. Durante los muestreos de contingencia, en las zonas urbana e industrial de Quintero-Puchuncaví, se identificaron otros COVs cuantificables (además de BTEX); en la zona urbana de Concón se identificó una mayor cantidad de COVs, y en mayor concentración, comparada con la zona urbana de Quintero-Puchuncaví.

Los resultados de la **campaña de muestreo pasivo urbano**, realizada en la zona urbana de Quintero-Puchuncaví, muestran que la concentración promedio global de benceno es de $1,00[\mu\text{g}/\text{m}^3]$, con un período de exposición de dos semanas por evento de muestreo. El punto que registra la menor concentración promedio de benceno se encuentra en la zona norte de Ventanas (Calle Norte 17 - 59 (PU-2)), registrando una de concentración promedio de $0,77[\mu\text{g}/\text{m}^3]$; por su parte, la máxima concentración promedio de benceno es de $1,17[\mu\text{g}/\text{m}^3]$, correspondiente al punto ubicado en Colegio General Velásquez. En cuanto al total de compuestos BTEX, se observa que Colegio General Velásquez presenta la concentración promedio total más alta: $6,96[\mu\text{g}/\text{m}^3]$, mientras que el punto ubicado en Calle Norte 17 - 59 presenta la concentración promedio total más baja, con $2,42[\mu\text{g}/\text{m}^3]$. Durante el desarrollo de la campaña, se han identificado 5 compuestos orgánicos volátiles (COVs) distintos a los BTEX, en 8. puntos de muestreo.

Los resultados de la **campaña de muestreo pasivo industrial** presentan un promedio global de concentración de benceno de $1,24[\mu\text{g}/\text{m}^3]$. En particular, los puntos de muestreo FL-C1 y FL-C2 destacan al presentar las concentraciones promedio más altas de benceno, superando los $2[\mu\text{g}/\text{m}^3]$. Por otro lado, los puntos FL-E4, FL-E5, FL-E6, FL-E7, FL-E8, FL-GNL1, FL-GNL2, muestran concentraciones bajo $1[\mu\text{g}/\text{m}^3]$. En lo que respecta a la contribución al total de BTEX, los puntos que presentan una mayor concentración de benceno (FL-C1 y FL-C2) muestran, a su vez, una menor contribución de este compuesto al total de

3 de 34



BTEX. Estos mismos puntos de muestreo se destacan por tener una mayor presencia de COVs reportados como tolueno equivalente.

Los resultados de las actividades de **medición de BTEX con equipos PyxisGC**, presentan un promedio global de concentración horaria de benceno, menor al promedio global de la campaña de muestreo pasivo urbano en Quintero y Puchuncaví: $0,83[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ para mediciones con equipos PyxisGC, en comparación con $1[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ del muestreo pasivo urbano. A diferencia del muestreo pasivo urbano, el punto con mayor concentración promedio de benceno corresponde al ubicado en Estación de Calidad del Aire Centro Quintero (con un promedio de $1,98[\mu\text{g}/\text{m}^3]$). La concentración horaria máxima se registró en el equipo ubicado en Estación de Calidad del Aire Centro Quintero y corresponde a un valor de $107,89[\mu\text{g}/\text{m}^3]$; por otra parte, la concentración horaria más baja se registró en el equipo ubicado en Colegio Alonso de Quintero - Sede Baquedano y corresponde a un valor de $0,16[\mu\text{g}/\text{m}^3]$. Se registraron 8 valores de concentración horaria de benceno superiores a $30[\mu\text{g}/\text{m}^3]$, valor asociado al nivel de alerta de la norma primaria de calidad del aire para benceno (D.S: N°5/2023 del Ministerio del Medio Ambiente).



3. Contenidos

1.	Consideraciones.....	2
2.	Resumen ejecutivo	3
3.	Contenidos.....	5
4.	Definiciones	7
5.	Abreviaturas	7
6.	Introducción.....	8
7.	Antecedentes.....	9
8.	Objetivos.....	11
8.1.	Objetivo general	11
8.2.	Objetivos específicos	11
9.	Metodologías.....	12
9.1.	Metodología de muestreo con tubos adsorbentes y canister.	12
9.2.	Metodología de medición continua de BTEX (PyxisGC).	12
9.3.	Metodología de análisis químico.....	13
10.	Resultados	14
10.1.	Contingencias ambientales (canister)	14
10.1.1.	Determinación de BTEX	14
10.1.2.	Otros COVs (cuantificables).....	18
10.1.3.	Otros COVs (reportados como Tolueno Equivalente)	19
10.2.	Muestreo pasivo urbano	20
10.2.1.	Determinación de BTEX	20
10.2.2.	Otros COVs (reportados como Tolueno Equivalente)	23
10.3.	Muestreo pasivo industrial.....	24
10.3.1.	Determinación de BTEX	24
10.3.2.	Otros COVs (reportados como Tolueno Equivalente)	26
10.4.	Mediciones BTEX con equipos PyxisGC	28
10.4.1.	Determinación de Benceno	28



10.4.2. Determinación de BTEX.....	32
11. Conclusiones.....	34



4. Definiciones

- **BTEX:** Acrónimo que agrupa a los compuestos Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos.
- **Canister:** Recipiente para la toma de muestras de aire, construido en acero inoxidable con paredes interiores pasivadas para evitar su deterioro e interacción con la muestra gaseosa.
- **Compuestos orgánicos volátiles (COVs):** toda sustancia química que, a excepción del metano, contenga átomos de carbono e hidrógeno (que puedan ser sustituidos por otros átomos como halógenos, oxígeno, azufre, nitrógeno o fósforo) y que a 20°C tenga una presión de vapor mayor o igual a 0,01 kPa, o que tenga una volatilidad equivalente según condiciones particulares de uso, manipulación y/o almacenamiento. Se incluye en esta definición la fracción de creosota que sobrepase este valor de presión de vapor a la temperatura indicada de 20°C.
- **Límite de cuantificación del método (LCM):** cantidad más baja de analito en una muestra que puede determinarse cuantitativamente con la precisión y exactitud adecuadas.
- **Muestreo pasivo:** Forma de recolección de sustancias de emisión aéreo-transportadas, que emplea un dispositivo capaz de captar muestras de contaminantes de gas o de vapor de la atmósfera, a una velocidad controlada por un proceso físico como la difusión o permeación, sin la intervención de un movimiento forzado de aire (no requiere bomba de muestreo); es de carácter discreto y puede lograr límites de detección bajos.
- **Tubo adsorbente:** Tubo de acero inoxidable con revestimiento de vidrio, vidrio o de acero inoxidable con revestimiento de sílice fundida, generalmente de 6 mm (1/4 de pulgada) de diámetro exterior y de varias longitudes, con la porción central empaquetada con más de 200 mg de material adsorbente sólido, dependiendo de la densidad y la longitud del lecho de empaque. Se utiliza para concentrar los COVs del aire.

5. Abreviaturas

- BTEX: Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos.
- COVs: Compuestos Orgánicos Volátiles
- CQP: Concón, Quintero y Puchuncaví.
- LSMA: Laboratorio de la Superintendencia del Medio Ambiente.
- SMA: Superintendencia del Medio Ambiente.



6. Introducción

Los compuestos orgánicos volátiles (COVs), se emiten a la atmósfera en forma de gas, ya sea a partir de fuentes de origen antrópico (debido a actividades industriales y domiciliarias) como natural (biogénicas). Dentro de las principales fuentes de origen antrópico se encuentra la combustión de combustibles fósiles o de biomasa y el uso de productos químicos como refrigerantes, solventes, pinturas, cosméticos, barnices, entre otros. Las emisiones de COVs de origen biogénico están asociadas a la vegetación, suelo y océano.

El informe que se presenta a continuación resume el trabajo llevado a cabo por el Laboratorio de la SMA (en adelante “laboratorio” o “LSMA”) durante el año 2023. La Sección 9 presenta un resumen de las metodologías de muestreo, medición y análisis. La Sección 10.1 presenta los resultados de las actividades de muestreo ante contingencias usando el muestreo puntual con canister. Los resultados de las actividades de muestreo pasivo urbano se presentan en la Sección 10.2, mientras que los resultados de las actividades de muestreo pasivo industrial, en la Sección 10.3; ambas secciones se dividen en los resultados asociados a BTEX, por una parte, y a otros COVs, por otro lado. Finalmente, los resultados de las mediciones continuas de BTEX con equipos PyxisGC se presentan en la Sección 10.4.



7. Antecedentes

Las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, de la Región de Valparaíso, fueron declaradas zona latente por Material Particulado Respirable MP10, como concentración anual y por Material Particulado Fino Respirable MP2,5, como concentración de 24 horas, y zona saturada por Material Particulado Fino Respirable MP2,5, como concentración anual (D.S. N°10 de 2015, del Ministerio del Medio Ambiente). Durante el año 2023 se publicó la norma primaria de calidad del aire para el contaminante benceno (D.S. N°5 de 2023, del Ministerio del Medio Ambiente), siendo este uno de los COVs monitoreados por el LSMA.

La zona de Concón, Quintero y Puchuncaví se encuentra expuesta a una serie de actividades industriales que requieren de un seguimiento ambiental adicional, con el fin de identificar y cuantificar potenciales contaminantes de interés sanitario y ambiental orientados a los COVs, no regulados en las normas primarias de calidad del aire vigentes en Chile.

El año 2019, la Corte Suprema, en su Sentencia Rol N° 5888-2019 dispone, entre otras medidas, que las distintas autoridades administrativas, de manera coordinada, determinen *"la naturaleza y características precisas de los gases, elementos o compuestos producidos por todas y cada una de las fuentes presentes en la Bahía de Quintero, Ventanas y Puchuncaví"*. En ese contexto, el LSMA surge a partir del año 2020, como una entidad especializada en el seguimiento de contaminantes atmosféricos, en zonas de alta complejidad industrial, siendo su prioridad las comunas de Quintero y Puchuncaví.

Entre finales de marzo y el 31 de diciembre de 2023, la SMA a través del LSMA, ejecutó un programa de muestreo, medición y análisis de COVs, en zonas urbanas e industriales de Concón, Quintero y Puchuncaví, donde desplegó un total de 31 puntos de muestreo y medición de aire. De ellos, 8 puntos corresponden a **muestreo pasivo urbano** usando tubos adsorbentes tipo TENAX TA, ubicados en las zonas de uso habitacional de las comunas de Quintero y Puchuncaví; 16 puntos de **muestreo pasivo industrial** usando tubos adsorbentes tipo TENAX TA, en el límite de la zona industrial de Quintero con la zona urbana de Loncura y Quintero; finalmente, 7 puntos de **medición de BTEX**, con equipos automáticos PyxisGC, fueron instalados tanto por la Seremi de Medio Ambiente de la Región de Valparaíso como por el Laboratorio de la SMA, siendo todos ellos operados y mantenidos por el laboratorio.

A ello se suman 16 actividades de **muestreo puntual con canister** en 14 puntos diferentes de Concón, Quintero y Puchuncaví, las que fueron realizadas por personal de la Oficina Regional de la SMA de Valparaíso.

Un resumen de los puntos de muestreo y cantidad de muestras gestionadas por el laboratorio de la SMA, se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Resumen de las actividades de muestreo del Laboratorio SMA 2023.

Objetivo del muestreo	Zona	Tipo muestreo	Puntos de muestreo	Muestras
Campaña Industrial	Industrial		16	220
	Loncura		1	8
Campaña Urbana	Puchuncaví	Pasivo	1	9

9 de 34



Objetivo del muestreo	Zona	Tipo muestreo	Puntos de muestreo	Muestras
Contingencia	Quintero	Puntual	3	27
	Ventanas		3	27
	Concón		4	5
	Ventanas		2	2
	Industrial		6	6
	Quintero		2	3
Total			38	307

Un resumen de los puntos de medición con equipos PyxisGC y datos validados procesados por el laboratorio de la SMA, se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2: Resumen de las actividades de medición del Laboratorio SMA 2023.

Objetivo	Zona	Tipo medición	Puntos de medición	Datos validados ¹
Medición PyxisGC	Concón	Continua	2	41.316
	Puchuncaví		2	46.960
	Quintero		3	72.188
Total			7	160.464

¹Correspondientes a promedios horarios.

El presente informe es de carácter descriptivo, centrándose en la identificación y cuantificación de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) desde una perspectiva espacial y temporal.



8. Objetivos

8.1. Objetivo general

Presentar un resumen de los resultados de las actividades de muestreo, medición y análisis realizadas por el LSMA, en Concón, Quintero y Puchuncaví durante el año 2023.

8.2. Objetivos específicos

- Identificar los COVs en aire presentes en las zonas de estudio, con énfasis en benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos.
- Cuantificar las concentraciones de los COVs, proporcionando información detallada sobre los niveles de concentración.
- Estimar la contribución de otros COVs (semicuantitativos) en las zonas de estudio.
- Describir patrones temporales de benceno en el aire a partir de los datos obtenidos del muestreo pasivo urbano y de las mediciones con equipos automáticos.
- Identificar zonas con mayor presencia y concentraciones de COVs.



9. Metodologías

9.1. Metodología de muestreo con tubos adsorbentes y canister.

La toma de muestras en aire es realizada mediante la utilización de dos tipos de dispositivos: canister y tubo adsorbente, basado en los métodos EPA para gases tóxicos TO-15A y TO-17, respectivamente. Estas técnicas de muestreo permiten contener y retener los COVs presentes en el aire para posteriormente ser analizados en el laboratorio. Ambos dispositivos, previo a ser usados en terreno, deben pasar por un riguroso proceso de limpieza y verificación para asegurar su correcto funcionamiento.

Tubo adsorbente:

El muestreo mediante tubo adsorbente considera tiempos de muestreo en períodos de dos semanas de exposición (tubos pasivos) y representan una concentración promedio ponderada en el tiempo (TWA – Time Weighted Average), por lo que no es una estrategia utilizada para monitorear y evaluar las concentraciones en situaciones de contingencia. Los tubos son instalados expuestos al aire ambiente, a una altura de 2 a 3 metros desde el suelo, protegidos del sol y la lluvia.

Canister:

Una de las técnicas de muestreo más utilizada con estos dispositivos, es el muestreo puntual, que, en unos pocos segundos y sin requerir sistemas de bombeo adicionales posibilita la captura de un volumen de muestra del aire presente en un lugar determinado, permitiendo la captura de COVs de menos de seis átomos de carbono (capacidad que los otros métodos no permiten). Esto se logra gracias a que los canister mantienen en su interior un estado de vacío de 50 [mtorr]. Esta técnica permite proporcionar una respuesta oportuna, considerando las propiedades de los COVs (que tienden a volatilizarse y a dispersarse rápidamente en el ambiente), siendo crucial para obtener información relevante en situaciones de contingencia relacionadas con la contaminación atmosférica.

9.2. Metodología de medición continua de BTEX (PyxisGC).

La medición de manera automática y en continuo de los compuestos BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos), es realizada mediante la utilización de los equipos PyxisGC del fabricante Pollution Analytical Equipment, los que están fabricados en conformidad con la norma EN14662-3:2015 bajo la técnica de preconcentración y cromatografía gaseosa con detector de fotoionización, todo incluido en un módulo analítico miniaturizado, con ciclos de análisis cada 10 minutos. Estos equipos son ajustados específicamente para la detección y cuantificación de los BTEX y están bajo un control permanente de su funcionamiento para mantener su continuidad de medición y asegurar que los datos generados cumplan con la confiabilidad requerida.



9.3. Metodología de análisis químico.

El análisis de las muestras, provenientes de canister y de tubos de adsorción, es realizado mediante la técnica analítica de desorción térmica acoplado a cromatografía de gases con detector de espectrometría de masas (TD-GCMS).

El laboratorio utiliza métodos de análisis de elaboración propia, basados en los métodos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) para gases tóxicos: TO-15A y TO-17. Los métodos de análisis del laboratorio se diferencian según el tipo de dispositivo de toma de muestra: tubo o canister; en ambos casos se realiza una determinación cuantitativa y una semicuantitativa de los COVs. La determinación cuantitativa se focaliza en la determinación de concentraciones asociadas a los compuestos cuantificables a través de una comparación directa con un estándar de referencia.

Para aquellos compuestos que no son cuantificables a través de una comparación directa con un estándar de referencia, se realiza un análisis semicuantitativo que implica la aplicación de un factor de respuesta relativo del compuesto a ser evaluado, en comparación con eltolueno. El resultado, que se expresa en unidades de $[\mu\text{g}/\text{m}^3 - \text{Tol. Eq.}]$, proporciona una estimación de la concentración del compuesto en términos de su similitud con eltolueno. Es importante tener en cuenta que el *tolueno equivalente* es una medida semicuantitativa y no proporciona una medida exacta de la concentración de los compuestos que se expresan en estas unidades. Bajo este criterio se reportan concentraciones de COVs con valores iguales o mayores a $2[\mu\text{g}/\text{m}^3 - \text{Tol. Eq.}]^1$.

¹ Criterio adoptado de la norma BS ISO 16000-6:2021.



10. Resultados

La distribución temporal de las actividades de muestreo y medición en Concón, Quintero y Puchuncaví se presentan en la Figura 1, donde cada color representa una actividad de muestreo o medición, según corresponda:

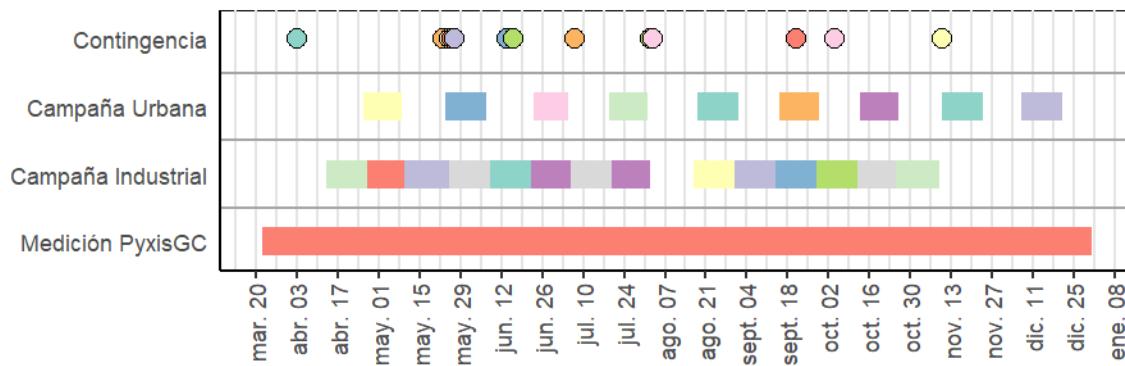


Figura 1: Distribución temporal de las actividades de muestreo y medición en Concón, Quintero y Puchuncaví - 2023.

Para los resultados de las actividades de muestreo con canister y tubos pasivos, el presente informe reportará analitos cuantificables en unidades de $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ y los analitos no cuantificables en unidades de $[\mu\text{g}/\text{m}^3 - \text{Tol. Eq.}]$.

10.1. Contingencias ambientales (canister)

El muestreo con canister responde a condiciones puntuales definidas por los fiscalizadores de la Oficina Regional de la SMA y se realiza en situaciones de potencial alta exposición, de acuerdo con la experiencia del personal de la SMA y las condiciones locales.

Durante 2023 se tomó un total de 16 muestras de canister, de las cuales 6 fueron tomadas en una zona industrial y 10 en zona urbana.

10.1.1. Determinación de BTEX

Dentro de las concentraciones de BTEX, las concentraciones de benceno en los puntos muestreados de la zona industrial de Quintero-Puchuncaví presentan un rango de concentración de $0,89[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ a $1.059,5[\mu\text{g}/\text{m}^3]$; en la zona urbana, las concentraciones de benceno no superan los $3,89[\mu\text{g}/\text{m}^3]$.

En la zona urbana, el aporte deltolueno y xilenos predomina por sobre el benceno y etilbenceno, mientras que en la zona industrial, es el benceno el compuesto que predomina con un aporte al BTEX total industrial de un 65%.



En algunos casos se registran valores expresados como “<LCM”, indicando que sus concentraciones están por debajo del límite de cuantificación del método, por lo que si bien son detectables, no llegan a ser cuantificados en el rango de calibración del método analítico.

Los resultados de las concentraciones de BTEX para cada evento de muestreo con canister se muestran en la Tabla 3. En cuanto a frecuencia y nivel de concentración, benceno ytolueno son los compuestos que predominan, respecto de los otros compuestos.

Tabla 3: Muestreo de contingencia con canister 2023 - Concentración de BTEX Total en [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Zona	Comuna	Ubicación	Fecha	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos
Industrial	Quintero	Acceso A Muelle De Oxiquim	03-04-2023	0,89	<LCM	<LCM	<LCM
		Acceso El Bato	23-05-2023	156,77	992,11	12,49	126,78
		Estacionamiento Enap Quintero	23-05-2023	1.059,50	7,62	<LCM	<LCM
		Ruta F-30-E, Frente A Enap	25-05-2023	363,24	5,52	<LCM	<LCM
		Terminal Enap Quintero -Límite Norte	26-05-2023	476,01	1,72	<LCM	<LCM
		Ruta F30e_frente A Enap Quintero	27-05-2023	67,12	<LCM	<LCM	<LCM
Urbana	Concón	Plaza Concón - Calle 11	07-07-2023	3,89	9,00	1,82	9,19
		Colegio Politécnico Concón	02-08-2023	1,21	12,83	0,53	1,38
		Sta Isabel Concón	03-08-2023	3,48	10,88	2,05	11,52
		Calle 11	04-10-2023	3,63	8,27	1,94	13,10
	Puchuncaví	Calle 11	10-11-2023	<LCM	5,36	0,60	4,07
		Desembocadura Estero Campiche	21-09-2023	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
	Quintero	Jardín Caballito De Mar	21-09-2023	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
		Colegio Don Orione	14-06-2023	1,49	2,73	<LCM	<LCM
		Escuela República De Francia	14-06-2023	1,45	2,26	<LCM	<LCM
		Colegio Don Orione	16-06-2023	1,34	3,02	<LCM	7,34

<LCM: Concentración menor al límite de cuantificación del método.

En la Figura 2 se presentan la distribución espacial de la concentración de benceno en Quintero y Puchuncaví, para muestras recolectadas con canister².

² Para los muestreos que presentan valores de concentraciones mayores al LCM.



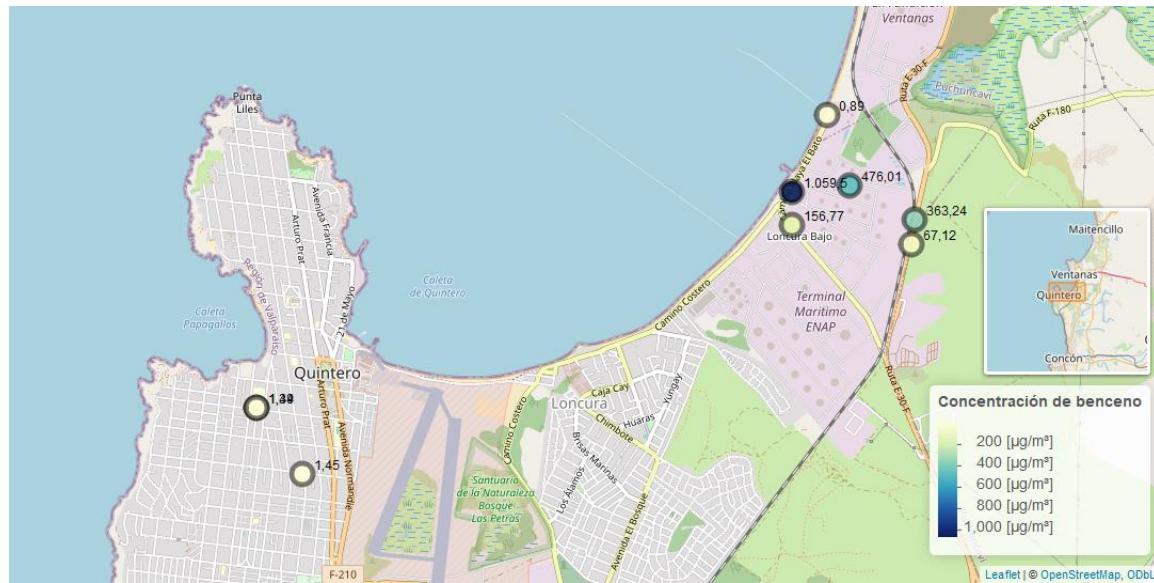


Figura 2: Mapa de concentraciones de benceno en muestras de contingencia ambiental - Quintero-Puchuncaví

La Figura 3 presenta los valores de concentración por sitio de muestreo con canister, en la zona de Concón. Las concentraciones de benceno en la zona urbana de Concón son superiores a las registradas en la zona urbana de Quintero (para distintas fechas de muestreo), específicamente cuando se compara con los niveles encontrados en los puntos de muestreo “Santa Isabel Concón”, “Plaza Concón - Calle 11” y “Calle 11” en Concón.

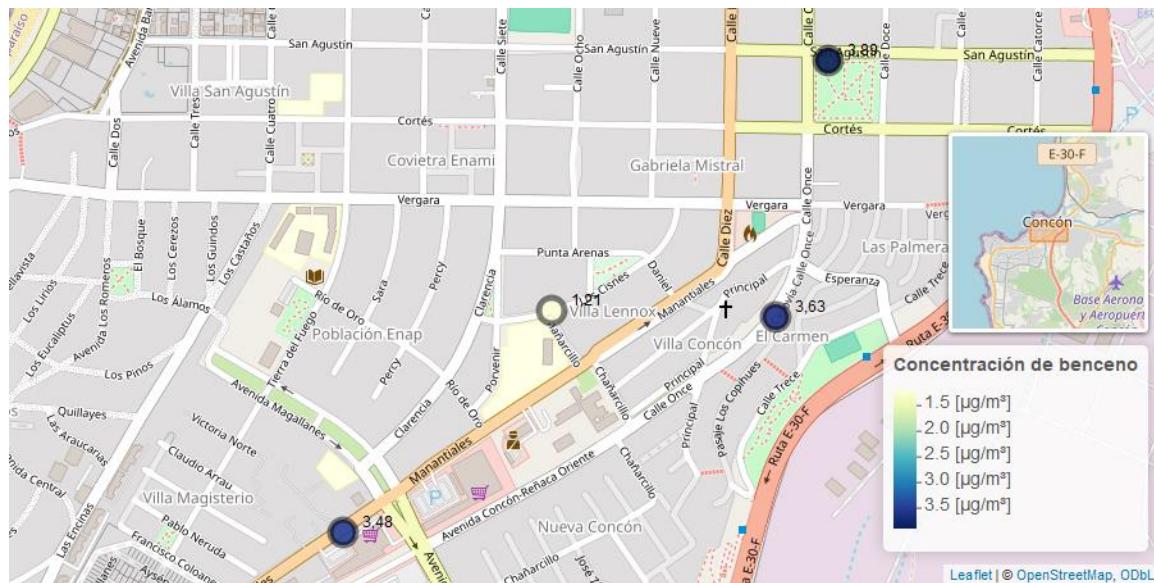


Figura 3: Mapa de concentraciones de benceno en muestras de contingencia ambiental - Concón

Respecto del total de BTEX, los niveles de mayor concentración se registran en los puntos de muestreo industrial. La zona urbana de Concón (Figura 5), registró mayores concentraciones de BTEX que la zona urbana de Quintero (Figura 4).

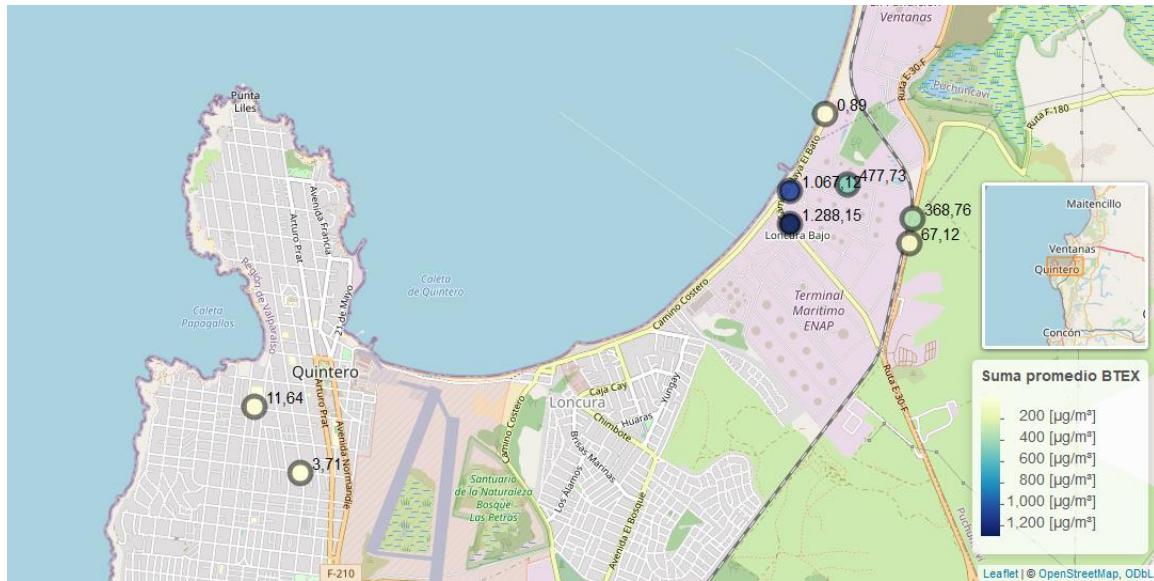


Figura 4: Mapa de concentraciones de BTEX en muestras de contingencia ambiental - Quintero-Puchuncaví

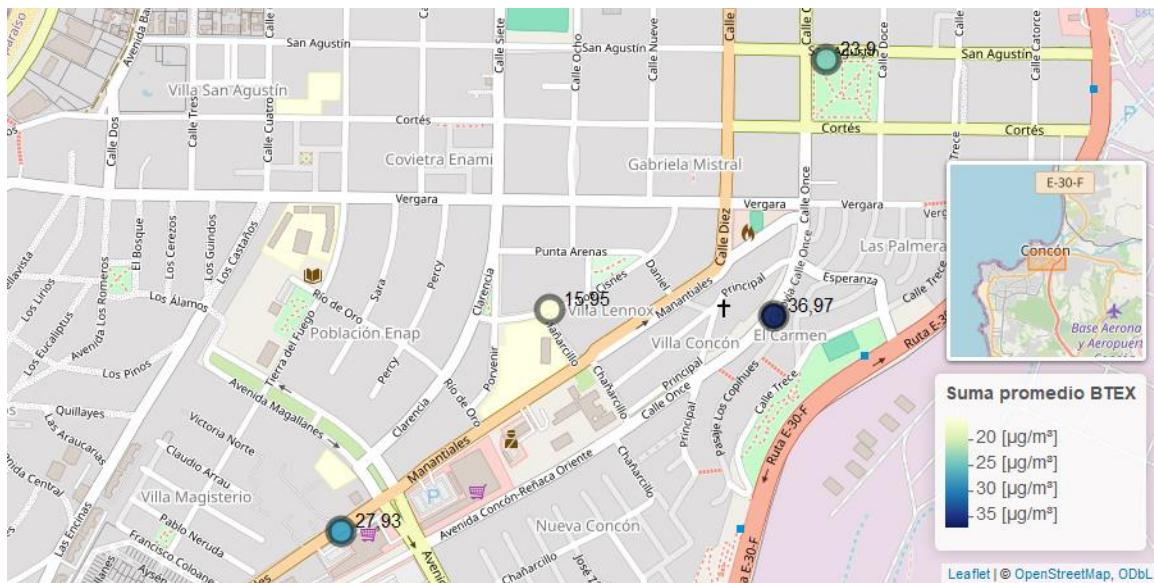


Figura 5: Mapa de concentraciones de BTEX en muestras de contingencia ambiental - Concón

10.1.2. Otros COVs (cuantificables)

Además de los compuestos BTEX, el laboratorio ha validado la metodología de análisis para la cuantificación de 17 analitos, a partir de muestras recolectadas con canister.

En la zona urbana de Quintero se han identificado 4 COVs (distintos de BTEX) mayores al LCM³, en comparación con la zona urbana de Concón, donde se han identificado 14 COVs en concentraciones mayores al LCM. En la zona industrial no se han encontrado otros COVs en concentración mayor al LCM.

Tanto en Concón como en Quintero-Puchuncaví, hay compuestos que se repiten (presentes en ambas zonas); algunos de los compuestos encontrados presentan una concentración mayor a $30[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ (Figura 6), como es el 2-metil propano y 2-metil butano. Este último, en uno de los puntos de la zona urbana de Concón, se encontró en concentración mayor a $100[\mu\text{g}/\text{m}^3]$.

La Figura 6 presenta los compuestos cuantificables, identificados a partir de las muestras recolectadas con canister, en las zonas urbanas de Concón, Quintero y Puchuncaví. Al comparar la zona urbana de Quintero con la zona urbana de Concón, se observa que Concón, además de presentar una mayor cantidad de COVs cuantificables, presenta concentraciones superiores a las registradas en Quintero, en gran parte de los muestreos.

³ Se hace la distinción respecto de COVs cuantificables que han sido identificados pero que se encuentran bajo el LCM.



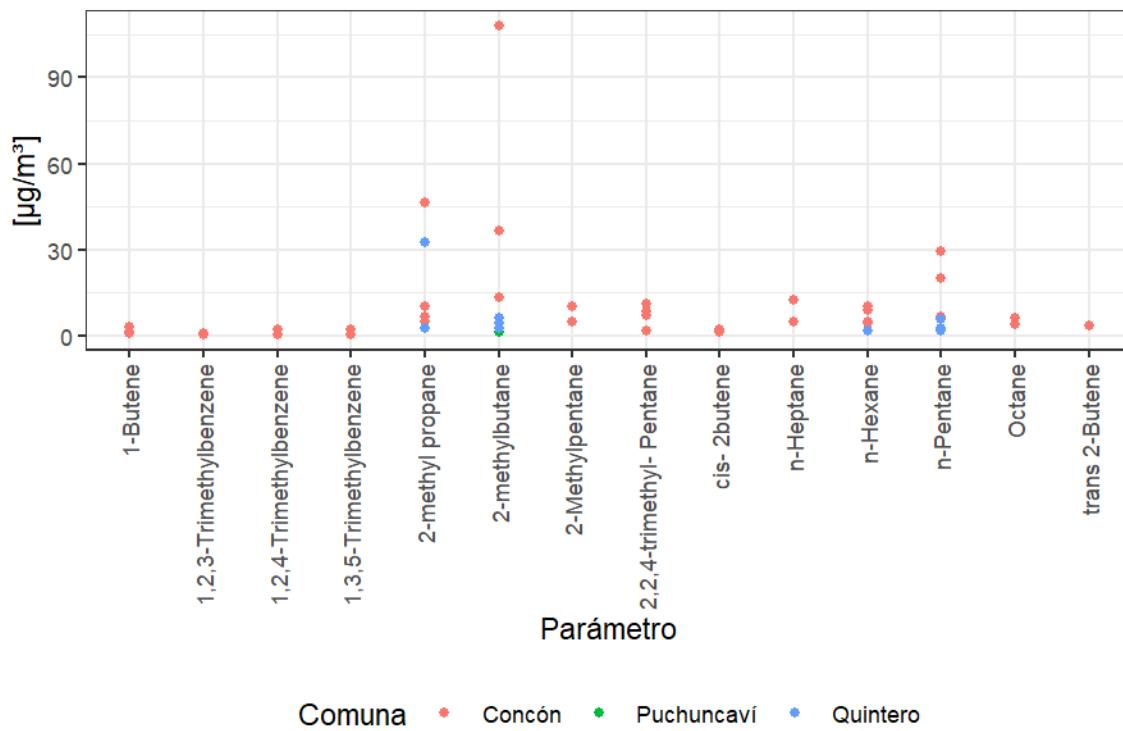


Figura 6: Concentración comparada de otros COVs cuantificables entre Quintero-Puchuncaví y Concón

10.1.3. Otros COVs (reportados como Tolueno Equivalente)

En las muestras recolectadas con canister, se identificó la presencia de otros compuestos orgánicos volátiles (COVs) que, aunque no son cuantificables de manera directa, pueden ser detectados y evaluados. Para ello, se establece una relación con la concentración detolueno como referencia. Esto permite expresar la concentración de estos COVs no cuantificables en el aire en términos de un valor **equivalente de tolueno**, en unidades de $[\mu\text{g}/\text{m}^3 - \text{Tol. Eq.}]$.

Existe una diferencia importante entre la zona urbana e industrial de Quintero en cuanto a la cantidad de COVs encontrados (Tabla 4). La zona industrial la que destaca por la mayor cantidad de COVs, llegando a registrar 42 compuestos en la zona de “Acceso El Bato”. A su vez, en la zona urbana de Quintero, en el punto perteneciente al Colegio Don Orione, se encontraron 17 COVs, a diferencia del punto Escuela República de Francia, donde hay 4 COVs reportados.

Por otra parte, la zona urbana de Concón registra, en todos los puntos de muestreo, 12 o más COVs, presentando un máximo de 28 COVs en el punto “Sta. Isabel Concón”. Es importante señalar que estos resultados representan un muestro puntual de menos de 1 minuto de duración y que la presencia o



ausencia de COVs está asociada a distintos factores, por lo que no representan condiciones permanentes del punto de muestreo.

Tabla 4: Cantidad de COVs (distintos a BTEX) encontrados en los puntos de muestreo de contingencia

Comuna	Tipo	Ubicación	COVs
Concón	Urbana	Sta Isabel Concón	28
		Plaza Concón - Calle 11	23
		Calle 11	15
		Colegio Politécnico Concón	12
Puchuncaví		Desembocadura Estero Campiche	2
		Jardín Caballito De Mar	2
		Acceso El Bato	42
		Estacionamiento Enap Quintero	19
Quintero	Industrial	Ruta F-30-E, Frente A Enap	19
		Terminal Enap Quintero -Límite Norte	14
		Ruta F30e_frente A Enap Quintero	10
		Colegio Don Orione	17
	Urbana	Escuela República De Francia	4

10.2. Muestreo pasivo urbano

El muestreo pasivo urbano realizado en la zona urbana de las comunas de Quintero y Puchuncaví, se realizó en base a un diseño muestral aleatorio de tipo grilla, en el que se definieron 8 puntos de muestreos ubicados en zonas de uso residencial. Durante el año 2023 se tomó un total de 71 muestras, distribuidas en los 8 puntos de muestreos con una frecuencia mensual de recambio de tubos pasivos y una exposición de 2 semanas por cada evento de muestreo (ver Figura 1).

10.2.1. Determinación de BTEX

A partir de los resultados de la campaña de muestreo pasivo urbano 2023, se encontró que la concentración promedio de benceno, considerando todos los puntos muestreados en la zona de Quintero y Puchuncaví, fue de $1,00[\mu\text{g}/\text{m}^3]$, con un intervalo de confianza del 95% entre $0,87[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ y $1,12[\mu\text{g}/\text{m}^3]$. Las estadísticas por punto de muestreo se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5: Campaña Muestreo Pasivo Urbano en Quintero y Puchuncaví 2023 - Concentraciones de Benceno en $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$

Ubicación	Id	n	Promedio	Mín	Máx	s	Distribución Benceno Rango: 0,16 - 3,16
Colegio General Velásquez	PU-1	9	1,17	0,31	2,23	0,64	- - - - -

20 de 34



Ubicación	Id	n	Promedio	Mín	Máx	s	Distribución Benceno Rango: 0,16 - 3,16
Estación De Monitoreo La Greda	PU-4	9	1,13	0,28	3,16	0,94	
Av. Brisas Marinas 2023-1937	PU-5	8	1,13	0,46	2,25	0,67	
Dr. Borocua 2493-2301	PU-7	9	1,05	0,35	1,80	0,60	
Baquedano 1196-1298	PU-6	9	1,01	0,32	1,77	0,55	
Pasaje 8	PU-8	9	0,89	0,21	1,55	0,52	
Estación De Monitoreo Ventanas	PU-3	9	0,82	0,22	1,50	0,45	
Calle Norte 17 - 59	PU-2	9	0,77	0,16	2,40	0,67	O

n: cantidad de datos disponibles.

s: Desviación estándar.

La distribución espacial de las concentraciones promedio de benceno se presenta en la Figura 7. Aunque se observa una diferencia en las concentraciones entre los distintos puntos de muestreo, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de la concentración de benceno en los diferentes puntos de muestreo, siendo la mayor concentración promedio de benceno de $1,17[\mu\text{g}/\text{m}^3]$.

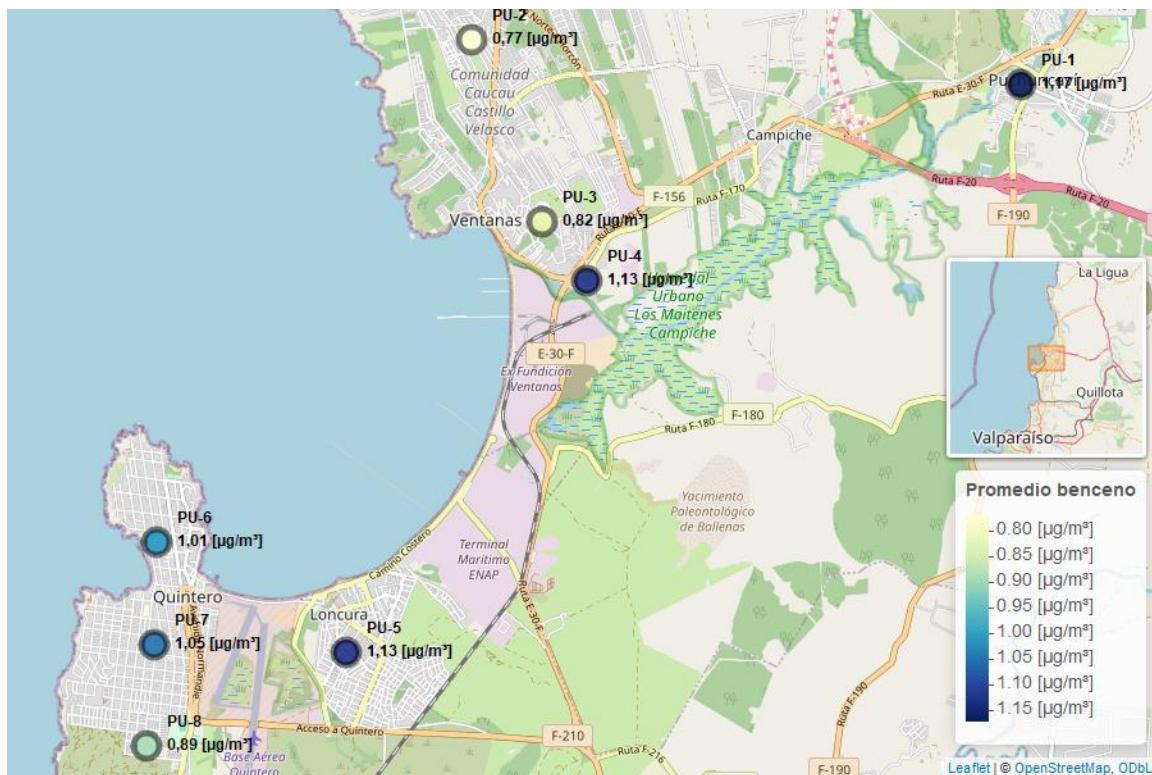


Figura 7: Mapa de concentraciones de benceno en Quintero y Puchuncaví - Campaña Muestreo Pasivo Urbano 2023

La Figura 8, presenta las series de tiempo de las concentraciones de benceno para cada punto de muestreo durante el año 2023. De acuerdo con esta figura, se observan concentraciones de benceno mayores a $1[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ hasta el mes de julio, destacándose el punto PU-4 (para el período de muestreo del 24 de mayo), donde registró una concentración de benceno superior a $3[\mu\text{g}/\text{m}^3]$. A partir del mes de julio se observa que las concentraciones de benceno disminuyen en todos los puntos de muestreo.

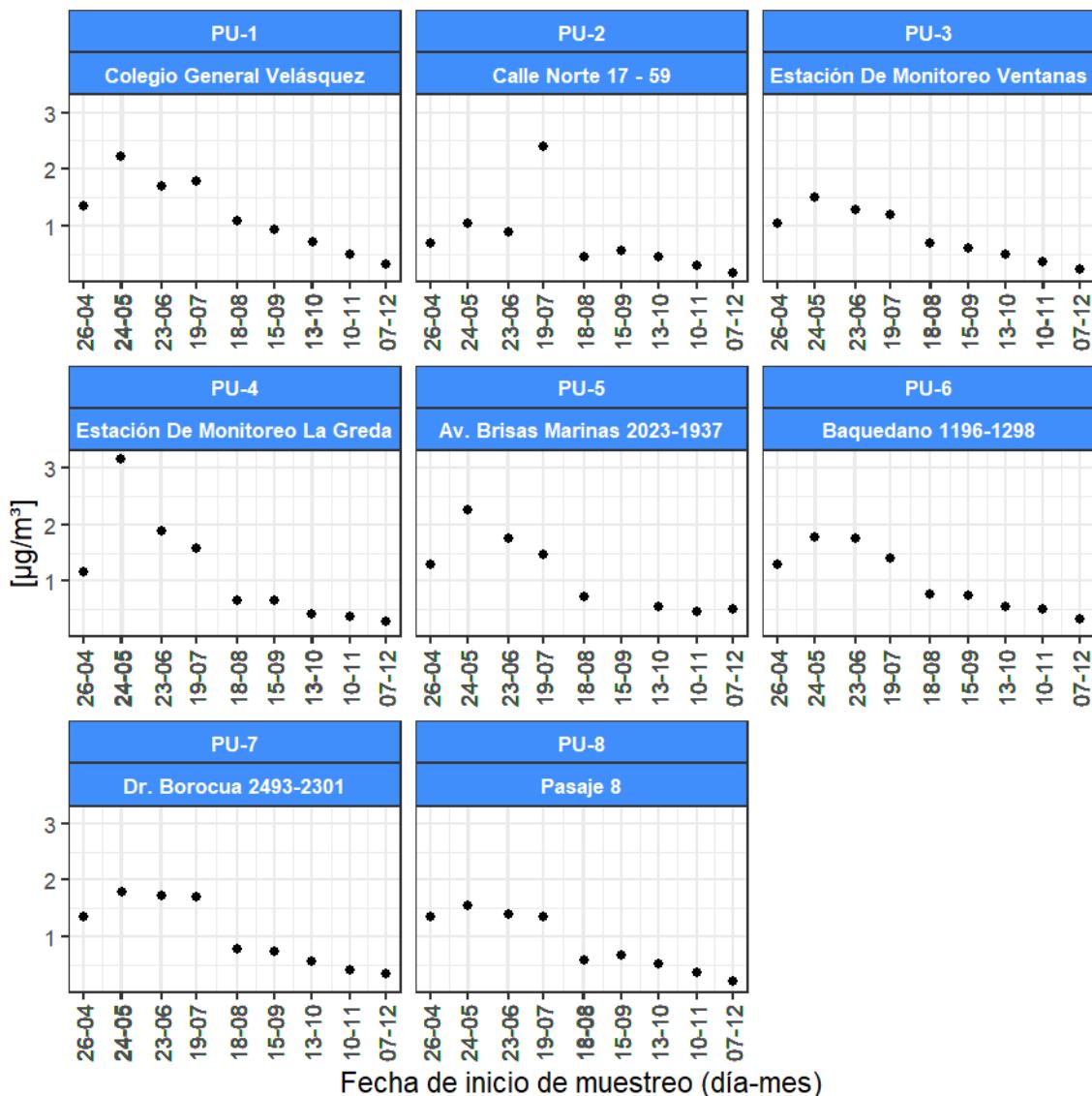
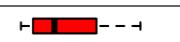
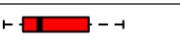


Figura 8: Serie de tiempo de concentraciones de benceno en Quintero y Puchuncaví - Campaña Muestreo Pasivo Urbano 2023

En cuanto a las concentraciones de BTEX, la Tabla 6 presenta un resumen de los resultados por cada compuesto y punto de muestreo; además, se presenta la concentración de BTEX total (calculada como la suma de las concentraciones promedio de benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos).

Se observa que, en todos los puntos de muestreo, el etilbenceno es el compuesto que está en menor concentración de todos los BTEX. Por su parte, el tolueno, junto con los xilenos, registran la concentración promedio más alta.

Tabla 6: Campaña Muestreo Pasivo Urbano en Quintero y Puchuncaví 2023 - Concentraciones de BTEX total y compuestos BTEX en [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Ubicación	Id	n	BTE X	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos	Distribución BTEX Rango: 0,25 - 13,66
Colegio General Velásquez	PU-1	9	6,96	1,17 (17%)	2,45 (35%)	0,56 (8%)	2,78 (40%)	
Calle Norte 17 - 59	PU-2	9	2,41	0,77 (32%)	0,81 (34%)	0,16 (7%)	0,67 (28%)	
Estación De Monitoreo Ventanas	PU-3	9	3,54	0,82 (23%)	1,18 (33%)	0,27 (8%)	1,27 (36%)	
Estación De Monitoreo La Greda	PU-4	9	5,59	1,13 (20%)	1,76 (31%)	0,43 (8%)	2,27 (41%)	
Av. Brisas Marinas 2023-1937	PU-5	8	6,64	1,13 (17%)	2,28 (34%)	0,57 (9%)	2,66 (40%)	
Baquedano 1196-1298	PU-6	9	5,89	1,01 (17%)	2,08 (35%)	0,48 (8%)	2,32 (39%)	
Dr. Borocua 2493-2301	PU-7	9	6,38	1,05 (16%)	2,31 (36%)	0,52 (8%)	2,5 (39%)	
Pasaje 8	PU-8	9	4,90	0,89 (18%)	1,73 (35%)	0,39 (8%)	1,89 (39%)	

Entre paréntesis se informa el aporte porcentual de cada compuesto al total de BTEX.

n: cantidad de datos disponibles.

10.2.2. Otros COVs (reportados como Tolueno Equivalente)

Se han identificado 5 COVs (distintos de BTEX) reportados como *tolueno equivalente*, en 8 sitios de muestreo, entre julio y octubre de 2023 (ver Tabla 7). De los 5 COVs identificados, 3 de ellos se han encontrado frecuentemente en distintas fechas y puntos de muestreo, mientras que 2 de ellos han sido encontrados en una sola ocasión.

Tabla 7: Campaña Muestreo Pasivo Urbano en Quintero y Puchuncaví 2023 - Concentraciones de otros COVs en [$\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Tol. Eq.]

Ubicación	Id	Inicio muestreo	Fin muestreo	Benzaldehyde	Acetophenone	Benzoic acid	Nonanal	Decanal
Av. Brisas Marinas 2023-1937	PU-5	19-07-2023	01-08-2023	--	--	2,18	--	--
		18-08-2023	01-09-2023	2,04	--	2,20	--	--
		13-10-2023	26-10-2023	2,59	2,69	9,64	--	--
Baquedano 1196-1298	PU-6	15-09-2023	29-09-2023	2,30	2,21	4,60	--	--
		13-10-2023	26-10-2023	2,86	2,98	10,15	--	--



Ubicación	Id	Inicio muestreo	Fin muestreo	Benzaldehyde	Acetophenone	Benzoic acid	Nonanal	Decanal
Calle Norte 17 - 59	PU-2	19-07-2023	01-08-2023	2,28	2,29	--	--	--
		15-09-2023	29-09-2023	--	--	4,14	--	--
		13-10-2023	26-10-2023	2,59	2,61	8,67	--	--
Colegio General Velásquez	PU-1	13-10-2023	26-10-2023	2,08	--	4,50	2,79	2,59
Dr. Borocua 2493-2301	PU-7	15-09-2023	29-09-2023	2,22	2,01	3,95	--	--
		13-10-2023	26-10-2023	2,64	2,73	7,49	--	--
Estación De Monitoreo La Greda	PU-4	15-09-2023	29-09-2023	--	--	2,81	--	--
		13-10-2023	26-10-2023	2,17	2,22	8,90	--	--
Estación De Monitoreo Ventanas	PU-3	15-09-2023	29-09-2023	2,12	--	5,34	--	--
		13-10-2023	26-10-2023	2,67	2,73	7,36	--	--
Pasaje 8	PU-8	19-07-2023	01-08-2023	--	--	3,80	--	--
		15-09-2023	29-09-2023	2,41	2,31	7,42	--	--
		13-10-2023	26-10-2023	2,72	2,68	6,17	--	--

--: Compuesto no identificado

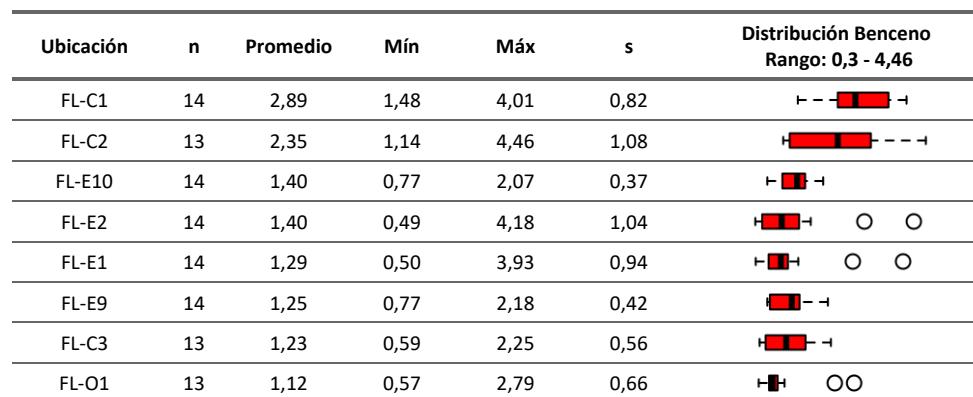
10.3. Muestreo pasivo industrial

El muestreo pasivo industrial fue diseñado tomando como base el método EPA 325A. Se definió el límite industrial a muestrear como aquel más cercano a la zona urbana de Quintero y Loncura y, de acuerdo a dicha metodología, se estableció un total de 16 puntos de muestreo. El recambio de tubos se realizó quincenalmente, con un tiempo de exposición de 2 semanas.

10.3.1. Determinación de BTEX

La campaña de muestreo pasivo industrial presenta un promedio global de concentración de benceno de 1,24[$\mu\text{g}/\text{m}^3$], siendo el promedio más alto de 2,89[$\mu\text{g}/\text{m}^3$], en el punto FL-C1, seguido por el punto FL-C2. Estos puntos, a su vez, muestran una mayor variabilidad en las concentraciones de benceno, en comparación con los otros puntos de muestreo (Tabla 8).

Tabla 8: Campaña Muestreo Pasivo Industrial en Quintero y Puchuncaví 2023 - Concentraciones de benceno en [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



24 de 34





Ubicación	n	Promedio	Mín	Máx	s	Distribución Benceno Rango: 0,3 - 4,46
FL-E3	14	1,11	0,47	3,04	0,82	■□○
FL-E8	14	1,00	0,67	1,43	0,28	■□○
FL-E4	14	0,91	0,50	1,91	0,46	■□○
FL-E7	14	0,90	0,54	1,34	0,27	■□○
FL-GNL2	13	0,78	0,30	1,62	0,34	■□○
FL-GNL1	14	0,76	0,40	1,71	0,38	■□○
FL-E5	14	0,72	0,38	1,21	0,26	■□○
FL-E6	14	0,68	0,37	1,12	0,23	■□○

n: cantidad de datos disponibles.

s: Desviación estándar.

La distribución espacial de las concentraciones promedio de benceno en la zona industrial muestreada, se presentan en la Figura 9. Los puntos FL-C1 y FL-C2, son los que mayor concentración de benceno presentan en la zona industrial.

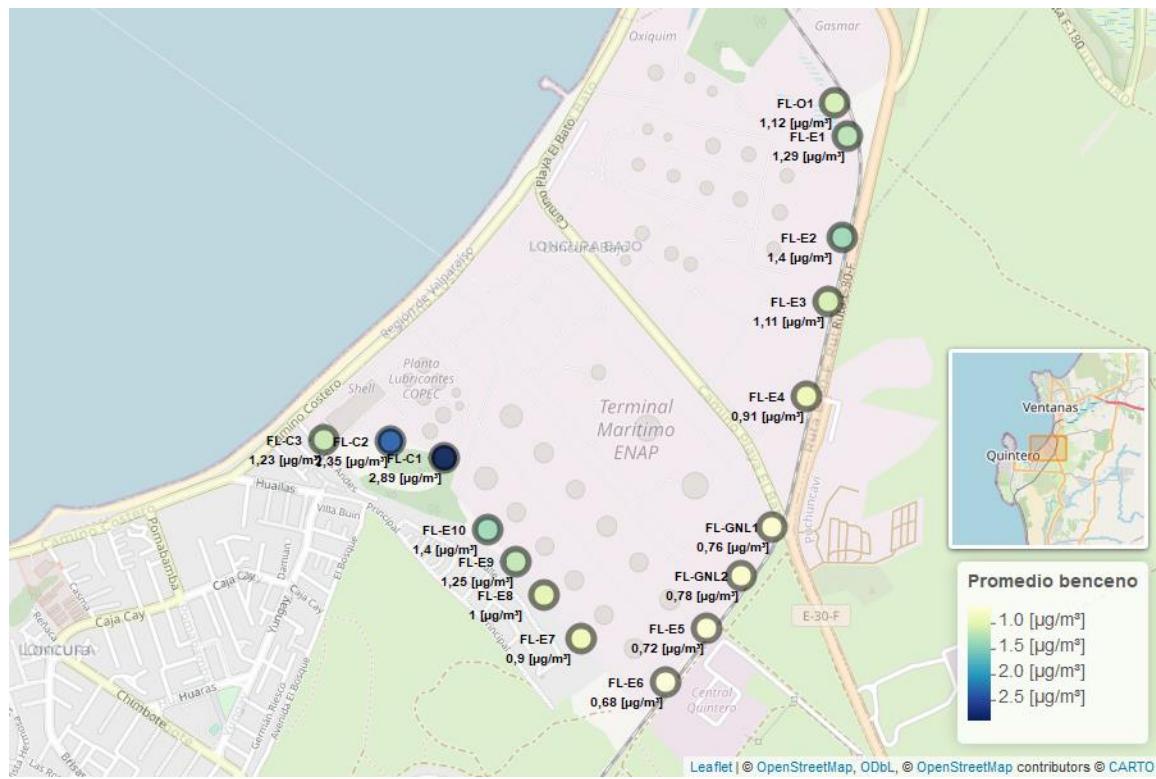


Figura 9: Mapa de concentraciones de benceno en Zona Industrial de Quintero-Puchuncaví - Campaña Muestreo Pasivo Industrial 2023



La Tabla 9 presenta la concentración de BTEX total (calculada como la suma de las concentraciones promedio de cada compuesto), así como las concentraciones promedio por compuesto individual. La distribución de las concentraciones de BTEX total se presenta en la última columna, donde se observa mayor variabilidad de concentraciones en los puntos FL-C1 y FL-C2, en comparación con los otros puntos de muestreo, al igual que en el caso del benceno.

Tabla 9: Campaña Muestreo Pasivo Industrial en Quintero - Puchuncaví 2023 - Concentraciones de BTEX total y compuestos BTEX en [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Ubicación	n	BTEX	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos	Distribución BTEX Rango: 1,52 - 67,69
FL-C1	14	43,96	2,89 (7%)	15,04 (34%)	5,68 (13%)	20,35 (46%)	▪■□□□○
FL-C2	13	32,98	2,35 (7%)	11,66 (35%)	4,1 (12%)	14,87 (45%)	□■■■■□
FL-C3	13	10,49	1,23 (12%)	3,92 (37%)	1,05 (10%)	4,29 (41%)	■□□
FL-E1	14	8,46	1,29 (15%)	4,03 (48%)	0,65 (8%)	2,49 (29%)	○□○
FL-E10	14	9,93	1,4 (14%)	3,67 (37%)	0,98 (10%)	3,88 (39%)	■□
FL-E2	14	9,06	1,4 (15%)	4,37 (48%)	0,66 (7%)	2,63 (29%)	■□○
FL-E3	14	6,90	1,11 (16%)	3,16 (46%)	0,51 (7%)	2,12 (31%)	■□○
FL-E4	14	7,74	0,91 (12%)	2,24 (29%)	0,69 (9%)	3,9 (50%)	■□○○
FL-E5	14	3,74	0,72 (19%)	1,36 (36%)	0,31 (8%)	1,35 (36%)	■○
FL-E6	14	3,57	0,68 (19%)	1,29 (36%)	0,31 (9%)	1,29 (36%)	■□
FL-E7	14	4,96	0,9 (18%)	1,84 (37%)	0,4 (8%)	1,82 (37%)	■□
FL-E8	14	5,82	1 (17%)	2,16 (37%)	0,5 (9%)	2,16 (37%)	■□
FL-E9	14	7,44	1,25 (17%)	2,75 (37%)	0,67 (9%)	2,77 (37%)	■□
FL-GNL1	14	3,84	0,76 (20%)	1,5 (39%)	0,32 (8%)	1,26 (33%)	●○
FL-GNL2	13	3,57	0,78 (22%)	1,37 (38%)	0,28 (8%)	1,14 (32%)	●○
FL-O1	13	7,52	1,12 (15%)	3,1 (41%)	0,62 (8%)	2,68 (36%)	●○○

Entre paréntesis se informa el aporte porcentual de cada compuesto al total de BTEX.

n: cantidad de datos disponibles.

10.3.2. Otros COVs (reportados como Tolueno Equivalente)

Durante la campaña de muestreo pasivo industrial se identificó un total de 71 COVs (distintos de BTEX). Los COVs identificados se distribuyen de la siguiente manera en los distintos puntos de muestreo (Tabla 10):

Tabla 10: Total COVs identificados - Campaña Muestreo Pasivo Industrial Quintero - Puchuncaví 2023

Ubicación	Total COVs identificados
FL-C1	59
FL-C2	40



Ubicación	Total COVs identificados
FL-C3	11
FL-E10	10
FL-E3	8
FL-O1	7
FL-E1	6
FL-E2	6
FL-E9	6
FL-E4	5
FL-GNL1	5
FL-E8	4
FL-E7	3
FL-GNL2	3
FL-E5	1
FL-E6	1

En la Tabla 11 se detallan los compuestos que se repiten en más de la mitad de los eventos de muestreos (7 muestreos o más) y los puntos de muestreo en los que se presentan.

Tabla 11: Frecuencia de COVs - Campaña de Muestreo Industrial Quintero - Puchuncaví 2023

Parámetro	Puntos de muestreo				
	FL-C1	FL-C2	FL-GNL1	FL-E10	FL-C3
Cyclohexane, 1,3-dimethyl-, cis-	14	13	--	--	--
Cyclohexane, ethyl-	14	9	--	--	--
Cyclohexane, methyl-	14	13	--	9	7
Heptane	14	11	--	--	--
Heptane, 2-methyl-	14	9	--	--	--
Heptane, 3-methyl-	14	9	--	--	--
Nonane	14	13	--	--	--
Octane, 3-methyl-	14	10	--	--	--
Octane, 4-methyl-	14	12	--	--	--
Octane	13	13	--	--	--
Cyclohexane	12	8	--	--	--
Octane, 3,6-dimethyl-	11	--	--	--	--
Undecane	11	--	--	--	--
Cyclohexane, 1,4-dimethyl-	10	--	--	--	--
1-Ethyl-3-methylcyclohexane (c,t)	9	--	--	--	--
Benzoic acid	--	--	9	--	--
Hexane, 3-methyl-	8	--	--	--	--
Cyclohexane, 1,2-dimethyl-, trans-	7	--	--	--	--
Cyclohexane, propyl-	7	--	--	--	--
Cyclopentane, methyl-	7	--	--	--	--
Decane	7	7	--	--	--
Hexane, 2-methyl-	7	--	--	--	--

--: Compuesto no identificado



10.4. Mediciones BTEX con equipos PyxisGC

La obtención de datos continuos de BTEX se llevó a cabo mediante equipos automáticos. Los resultados de las mediciones se presentan como promedios horarios de las concentraciones minutales validadas de cada equipo PyxisGC.⁴

10.4.1. Determinación de Benceno

El promedio de las concentraciones horarias de benceno, en la zona de Concón, Quintero y Puchuncaví fue de $0,78[\mu\text{g}/\text{m}^3]$; para la zona de **Quintero-Puchuncaví**, el promedio de las concentraciones horarias de benceno fue de $0,83[\mu\text{g}/\text{m}^3]$, mientras que para **Concón** fue de $0,65[\mu\text{g}/\text{m}^3]$. El máximo promedio de las concentraciones horarias se registró en Estación de Calidad del Aire Centro Quintero (Pyxis 01) y corresponde a un valor de $1,98[\mu\text{g}/\text{m}^3]$; por otra parte, el menor promedio de concentración horaria se registró en Colegio Alonso de Quintero - Sede Baquedano (Pyxis 07) y corresponde a un valor de $0,35[\mu\text{g}/\text{m}^3]$.

El resumen estadístico de las concentraciones de benceno para todos los equipos, se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12: Resumen concentraciones benceno en Concón, Quintero y Puchuncaví - Equipos PyxisGC 2023 en $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$

Equipo	Ubicación	Comuna	n	Promedio	Mín	Máx	s
Pyxis 01	Estación de Calidad del Aire Centro Quintero	Quintero	6.165	1,98	0,16	107,89	2,72
Pyxis 02	Estación de Calidad del Aire Ventanas - Fundación las Rosas	Puchuncaví	6.261	0,77	0,16	32,10	1,07
Pyxis 03	Escuela Puente Colmo	Concón	3.858	0,50	0,16	3,31	0,25
Pyxis 04	Jardín Infantil Conconcito	Concón	6.471	0,80	0,16	35,83	0,73
Pyxis 05	Escuela República de Francia	Quintero	6.316	0,61	0,16	41,35	1,05
Pyxis 06	Complejo Educativo Sargento Aldea	Puchuncaví	5.479	0,44	0,16	2,79	0,24
Pyxis 07	Colegio Alonso de Quintero - Sede Baquedano	Quintero	5.566	0,35	0,16	6,05	0,33

n: cantidad de datos disponibles.

La distribución espacial del promedio de las concentraciones horarias de benceno, por punto de medición, se presentan en las Figuras 10 y 11, para Quintero-Puchuncaví y Concón, respectivamente:

⁴ No se consideró un porcentaje mínimo de datos para calcular los promedios horarios.



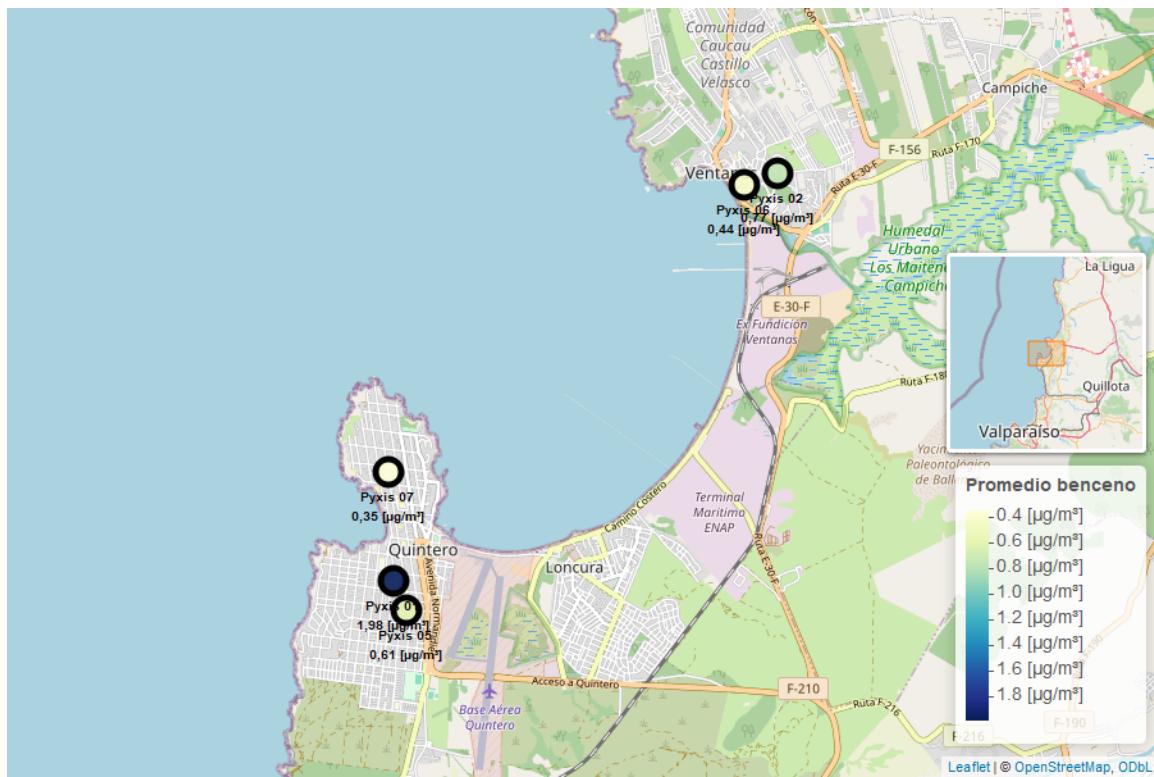


Figura 10: Mapa del promedio de las concentraciones horarias de benceno - Equipos PyxisGC en Quintero y Puchuncaví 2023



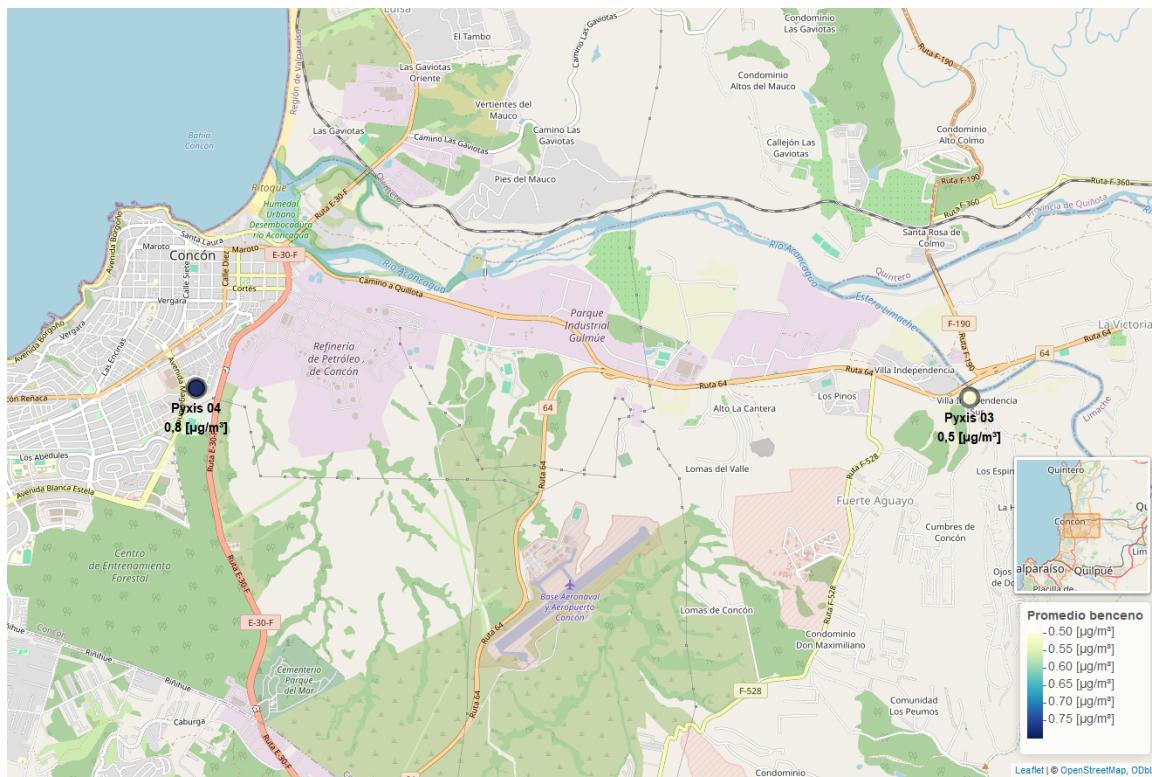


Figura 11: Mapa del promedio de las concentraciones horarias de benceno - Equipos PyxisGC en Concón 2023

Durante el año 2023 en cuatro ubicaciones se registraron valores de concentración horaria que superan los 30 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] (ver Tabla 13), umbral asociado al nivel de alerta establecido por la norma primaria de calidad del aire para el benceno⁵.

Tabla 13: Concentraciones promedio horarias de benceno mayores a 30 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] en Concón, Quintero y Puchuncaví - PyxisGC 2023 en [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Comuna	Ubicación	Equipo	Fecha	Concentración
Quintero	Estación de Calidad del Aire Centro Quintero	Pyxis 01	23-05-2023 00:00 hrs.	107,89
Quintero	Estación de Calidad del Aire Centro Quintero	Pyxis 01	27-05-2023 20:00 hrs.	30,36
Quintero	Estación de Calidad del Aire Centro Quintero	Pyxis 01	27-05-2023 22:00 hrs.	33,73
Quintero	Estación de Calidad del Aire Centro Quintero	Pyxis 01	28-05-2023 09:00 hrs.	52,52
Quintero	Estación de Calidad del Aire Centro Quintero	Pyxis 01	28-05-2023 10:00 hrs.	39,46
Puchuncaví	Estación de Calidad del Aire Ventanas - Fundación las Rosas	Pyxis 02	30-05-2023 05:00 hrs.	32,10
Concón	Jardín Infantil Conconcito	Pyxis 04	15-06-2023 16:00 hrs.	35,83
Quintero	Escuela Repùblica de Francia	Pyxis 05	23-05-2023 00:00 hrs.	41,35

⁵ D.S. N° 5/2023 del Ministerio del Medio Ambiente.



De acuerdo con la Tabla **13**, se registró un total de 8 concentraciones promedio horarias de benceno sobre los $30[\mu\text{g}/\text{m}^3]$.

Cabe mencionar que las mediciones con los equipos PyxisGC son de carácter prospectivas y no de carácter oficial, por lo que no se pueden utilizar para verificar el cumplimiento de la norma y eventos de emergencia ambiental, en el marco del D.S. N° 5/2023 del Ministerio del Medio Ambiente.

Variabilidad temporal del benceno en Concón, Quintero y Puchuncaví

A partir de las concentraciones promedio horarias de benceno, se identifican cuatro patrones temporales de concentración distintos, como lo muestra la Figura **12**.

La variabilidad promedio horaria (Figura **12**, gráfico inferior izquierdo) de las concentraciones de benceno en el Equipo Pyxis 01 es similar al de los otros equipos, ya sea que se ubiquen en Concón, Quintero o Puchuncaví; si bien se observan algunas diferencias en cuanto al momento en que ocurren los eventos valle o máximos, el comportamiento es más bien homogéneo. Se observan 2 momentos valle, donde las concentraciones son mínimas: el primero, alrededor de las 06 hrs. y el segundo entre 12 y 18 hrs. Los promedios horarios máximos de benceno ocurren aproximadamente entre las 09 y 11 hrs. y a partir de las 19 y hasta las 23 hrs.

El patrón anterior se repite para prácticamente todos los días de la semana (Figura **12**, gráfico superior), con excepción de los días sábados, donde las concentraciones se observan relativamente estables durante gran parte del día, con un aumento de las concentraciones a partir de las 18 hrs.

En cuanto a la variabilidad diaria (Figura **12**, gráfico inferior derecho), no es posible observar alguna tendencia entre los equipos, excepto para el caso del Pyxis 01, que muestra un aumento de concentraciones los días martes y luego una reducción sostenida hasta alcanzar un mínimo los días viernes.

Respecto de patrones estacionales (Figura **12**, gráfico inferior central), se observa un marcado aumento de las concentraciones entre mayo y julio, para luego comenzar a reducirse. Este comportamiento, con distintas magnitudes, se repite para todos los equipos. Dicho patrón es similar al observado en el muestreo pasivo urbano.



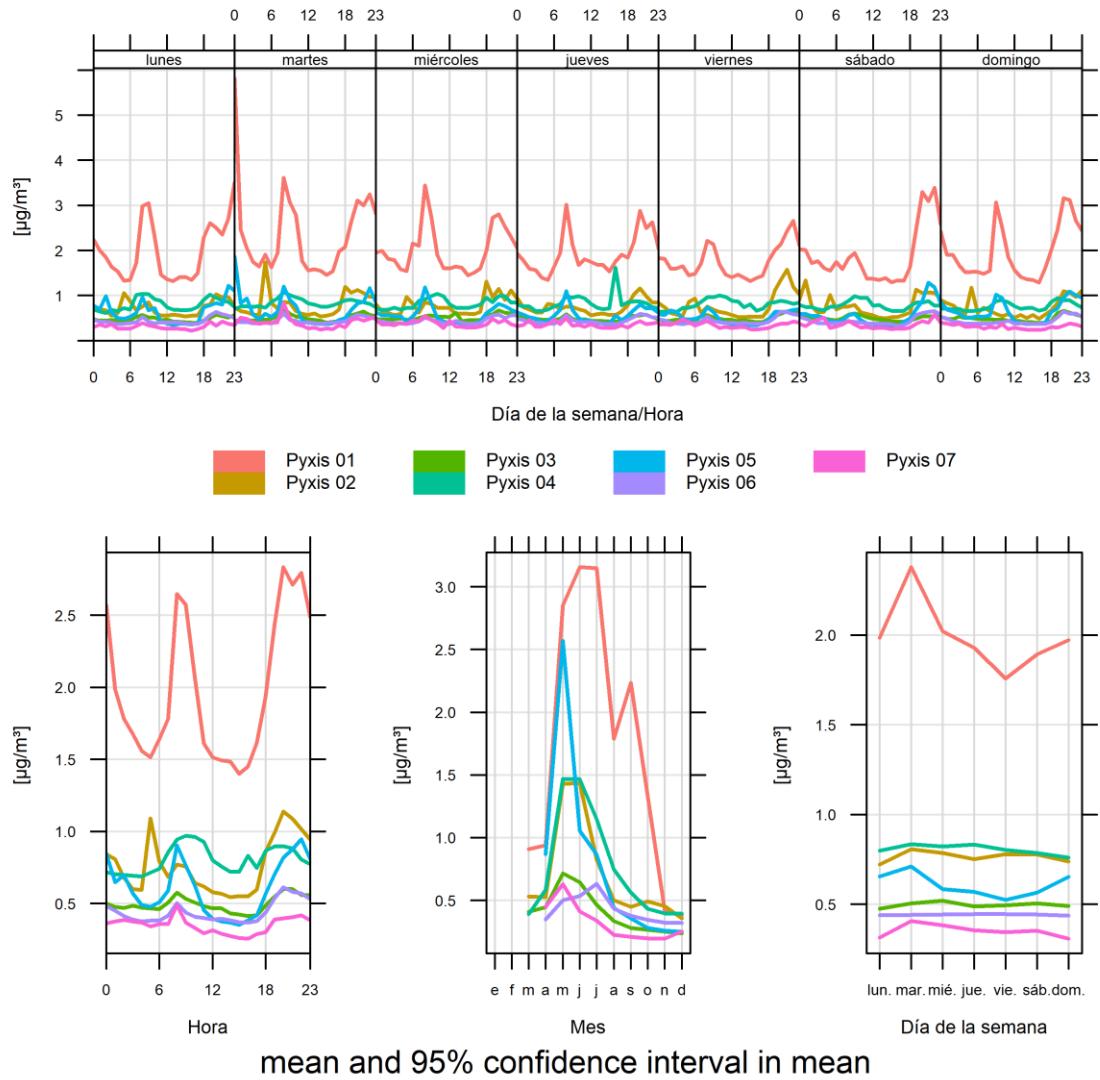


Figura 12: Variabilidad temporal de concentraciones de benceno para equipos PyxisGC - 2023

10.4.2. Determinación de BTEX

Un resumen de las concentraciones promedio horarias de BTEX por equipo PyxisGC, se muestra en la Tabla 14.



Tabla 14: Resumen de resultados de concentración de BTEX en Concón, Quintero y Puchuncaví - Promedio horario PyxisGC 2023

Equipo	Parámetro	n	Promedio	Mín	Máx	s
Pyxis 01	Benceno	6.165	1,98	0,16	107,89	2,72
	Etilbenceno	6.165	2,07	0,22	12,28	1,57
	Tolueno	6.165	2,80	0,19	325,74	10,57
Pyxis 02	Xilenos	6.165	2,26	0,23	26,74	2,24
	Benceno	6.261	0,77	0,16	32,10	1,07
	Etilbenceno	6.261	1,35	0,22	12,57	0,98
Pyxis 03	Tolueno	6.261	0,76	0,19	19,75	0,84
	Xilenos	6.261	1,00	0,22	21,42	0,65
	Benceno	3.858	0,50	0,16	3,31	0,25
Pyxis 04	Etilbenceno	3.858	2,00	0,22	2.264,35	43,02
	Tolueno	3.858	0,63	0,19	95,46	2,06
	Xilenos	3.858	1,94	0,23	1.143,84	31,59
Pyxis 05	Benceno	6.471	0,80	0,16	35,83	0,73
	Etilbenceno	6.471	1,31	0,24	102,12	1,57
	Tolueno	6.471	1,05	0,19	351,28	4,62
Pyxis 06	Xilenos	6.471	2,47	0,23	620,01	8,31
	Benceno	6.316	0,61	0,16	41,35	1,05
	Etilbenceno	6.316	0,42	0,22	3,21	0,18
Pyxis 07	Tolueno	6.316	0,87	0,19	190,75	4,15
	Xilenos	6.316	1,70	0,22	434,29	10,41
	Benceno	5.479	0,44	0,16	2,79	0,24
Pyxis 06	Etilbenceno	5.479	0,87	0,26	9,61	0,33
	Tolueno	5.479	1,43	0,21	174,29	4,47
	Xilenos	5.479	2,89	0,34	304,78	8,43
Pyxis 07	Benceno	5.566	0,35	0,16	6,05	0,33
	Etilbenceno	5.566	0,35	0,22	3,34	0,11
	Tolueno	5.566	0,58	0,19	106,44	2,34
	Xilenos	5.566	0,64	0,23	17,24	0,53

n: cantidad de datos disponibles.



11. Conclusiones

El LSMA ha identificado y cuantificado los Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) presentes en las comunas de Concón, Quintero, Puchuncaví con 4 estrategias distintas de monitoreo: (i) Muestreo con canister; (ii) Muestreo pasivo urbano; (iii) Muestreo pasivo industrial; y, (iv) Mediciones continuas con equipos PyxisGC. Las comunas de Quintero y Puchuncaví son las que han concentrado todas las estrategias de monitoreo de COVs; la comuna de Concón contó con actividades de muestreo con canister y medición continua con equipos PyxisGC.

La implementación del plan de monitoreo 2023 de COVs en las comunas de Concón, Quintero, Puchuncaví, permitió obtener una primera estimación de los niveles de estos contaminantes en el aire durante casi un año, considerando los períodos estacionales de mayor y menor ventilación.

El muestreo de COVs con canister, identificó una mayor cantidad de COVs en el área urbana de Concón, en comparación con Quintero y Puchuncaví, para la misma cantidad de muestras. Respecto de las concentraciones de benceno, determinadas para distintas fechas del año, se observó que se registraron valores de concentraciones más altas en Concón que en Quintero. En cuanto a las concentraciones de otros COVs cuantificables, encontrados tanto en Concón como en Quintero, Concón presenta mayores concentraciones respecto de Quintero.

De acuerdo con los resultados del muestreo pasivo urbano y de las mediciones continuas de benceno con equipo PyxisGC, las concentraciones promedio de Benceno en los distintos puntos de la zona urbana de Concón, Quintero y Puchuncaví, no superan los $2[\mu\text{g}/\text{m}^3]$.

El promedio global de benceno, para el muestreo pasivo urbano, en Quintero y Puchuncaví fue de $1,00[\mu\text{g}/\text{m}^3]$, mientras que para las mediciones con equipos PyxisGC en la misma zona, fue de $0,83[\mu\text{g}/\text{m}^3]$. En el caso de Concón, el promedio global de benceno, para mediciones con equipos PyxisGC, fue de $0,65[\mu\text{g}/\text{m}^3]$.

En el caso del muestreo pasivo industrial, la concentración promedio de benceno, para todos los puntos y período de muestreo, fue de $1,24[\mu\text{g}/\text{m}^3]$.

En cuanto a otros COVs (reportados como tolueno equivalente) identificados en las campañas de muestreo pasivo en Quintero-Puchuncaví, se encontraron 5 compuestos en la zona urbana y 71 en la zona industrial, siendo el Benzaldehído, Acetofeno y Ácido Benzoico los compuestos comunes encontrados en ambas zonas.

El resultado de la medición continua de BTEX permitió identificar 8 eventos ocurridos principalmente en la comuna de Quintero durante el mes de mayo 2023, con niveles de benceno mayor a $30[\mu\text{g}/\text{m}^3]$, calculado como promedio horario.

El programa de monitoreo de COVs en aire para el año 2024 considerará los resultados obtenidos del programa 2023.

