



Norsk institutt for luftforskning
Norwegian Institute for Air Research

Fase 2: Huella Digital de Compuestos Orgánicos Volátiles en el Área de Concón y Quintero-Puchuncaví

Norbert Schmidbauer y Susana López-Aparicio



© NILU - Instituto Noruego de Investigación del Aire

Esta publicación puede ser citada libremente mencionando la fuente.

Certificaciones ISO de NILU: NS-EN ISO 9001 y NS-EN ISO 14001. Acreditación de NILU: NS-EN ISO/IEC 17025.

Prefacio

Este informe científico es el informe final del proyecto "COV - Huella Digital de Compuestos Orgánicos Volátiles en el Área de Concón y Quintero-Puchuncaví" Fase 2, Campaña de Muestreo en Terreno y Análisis en el Área de Concón, Quintero-Puchuncaví (Chile)". El proyecto es financiado por el Ministerio del Medio Ambiente de Chile. En agosto y septiembre de 2018 se informaron una serie de episodios en la zona de Quintero-Puchuncaví (Chile) durante los cuales la población de las cercanías del área industrial mostró graves efectos sobre la salud. Se informó que alrededor de 700 personas sufrieron dolores de cabeza, vómitos, diarrea y síntomas neurológicos. Estos episodios se asociaron probablemente a las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) del área industrial en torno a la bahía de Quintero-Puchuncaví.

En 2019 se presentó un informe con los resultados de un estudio de muestreo y análisis de compuestos orgánicos volátiles en el área de Quintero-Puchuncaví (Chile) (Schmidbauer y López-Aparicio, 2019). A partir de los resultados del muestreo, se presentó una huella digital preliminar de contaminantes orgánicos gaseosos en la zona. El estudio se centró en los COV, que incluyen halocarburos, hidrocarburos, alcoholes, ácidos orgánicos, cetonas/aldehídos, compuestos aromáticos, compuestos con cloro o grupos nitrogenados y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) más ligeros, entre otros compuestos orgánicos desconocidos. En este informe presentamos un seguimiento basado en la campaña de medición realizada tras completar el estudio.

El trabajo fue realizado por el Dr. Norbert Schmidbauer y liderado por la Dra. Susana López-Aparicio de NILU, el Instituto Noruego de Investigación del Aire (Noruega). El equipo de muestreo en Chile estuvo compuesto por Rodrigo A. Romero Maldonado, Rodrigo Carrasco y Ronald Opazo. Agradecemos al Dr. Rodrigo A. Romero, Asesor Técnico del Ministerio del Medio Ambiente (Chile) por su apoyo y cooperación durante la campaña de medición y el transcurso total del proyecto.

Descripción de NILU - Instituto Noruego de Investigación del Aire

NILU - Instituto Noruego de Investigación del Aire (NILU, creado en 1969) es una fundación de investigación privada, independiente y sin fines de lucro con aproximadamente 180 empleados. Desde su creación, el instituto ha realizado investigaciones ambientales con énfasis en las fuentes de contaminación del aire, transporte atmosférico, transformación y deposición, así como en la evaluación de los efectos de la contaminación sobre los ecosistemas, la salud humana y los materiales. En los últimos años, la investigación de NILU se ha centrado en una mejor comprensión de las interacciones entre el cambio climático y el cambio en la composición atmosférica, así como la cuantificación de los efectos medioambientales y el análisis de los beneficios de las medidas de control conjunto de la contaminación del aire y el cambio climático. Una prioridad central de la investigación de NILU es mejorar la calidad, el alcance y la relevancia de los datos y evaluaciones del aire y el cambio climático, a fin de apoyar a las autoridades nacionales e internacionales en el desarrollo de políticas medioambientales. Los científicos de NILU publican aproximadamente 150 artículos revisados por pares cada año y varias de sus actividades de investigación son revisadas periódicamente en representación del Consejo de Investigación de Noruega.

Las principales actividades de investigación de NILU son financiadas primariamente por proyectos de investigación nacionales e internacionales. En particular, NILU tiene una importante cartera de proyectos en los Programas Marco relacionados con investigación de la Unión Europea, con más de 120 proyectos desde el inicio del Segundo Programa Marco. NILU ha coordinado o participado en varios proyectos internacionales de investigación ambiental. NILU ha liderado o participado en algunos de los principales proyectos europeos de ciencia y observatorios ciudadanos en el campo del monitoreo y la mejora de la calidad del aire, como hackAIR, CITI-SENSE, Citi-Sense-MOB y ENVIROFI.

Además, NILU trabaja para programas y proyectos internacionales del IGBP, la CEPE, el Banco Mundial, la OMM, la OMS y la Comisión Europea. Muchos de estos proyectos involucran un componente importante de desarrollo de capacidades en diferentes partes del mundo, que comprende la planificación, instalación y operación de programas de monitoreo y gestión de la calidad del aire. NILU funciona como un Centro de Coordinación Química de los programas de CEPE, CLRTAP y EMEP, es el socio principal del Centro sobre Contaminación del Aire, Transporte, Ruido e Industria de la Agencia Europea de Medio Ambiente y opera un laboratorio nacional de referencia para la calidad del aire. NILU posee varias acreditaciones, incluida la ISO 9001, opera varias bases de datos internacionales y cientos de portales de proyectos.

El Laboratorio de Química Ambiental de NILU tiene un personal de 50 personas, realiza investigación y ofrece una amplia variedad de servicios en química orgánica e inorgánica, incluido el apoyo nacional para el monitoreo en Europa y Noruega a través de varios métodos acreditados. NILU también cuenta con una infraestructura significativa para apoyar el monitoreo de la calidad del aire nacional e internacional y desarrolla instrumentación de monitoreo, incluidos varios laboratorios de calibración y un modelo climático para pruebas de calidad del aire con sistemas de microsensores. Además, NILU opera grandes sistemas para tecnologías de la información y la comunicación, tanto para uso propio como para clientes externos (proyectos, convenciones internacionales, bases de datos nacionales).

Los científicos de NILU son miembros activos de 13 comités CEN (Comité Europeo de Normalización) y contribuyen al trabajo en comités científicos europeos, como el Comité Científico de los Productos de Consumo.

Abreviaturas

BTEX	Benceno-Tolueno-Etilbenceno-Xilenos
GC-MS	Cromatografía de gases - Espectrometría de masas
NILU	Instituto Noruego de Investigación del Aire
ppm	Partes por millón, 10^{-6} proporción de mezcla, i. e., 1 molécula por cada 1.000.000 de moléculas
ppb	Partes por mil millones, 10^{-9} proporción de mezcla, i. e., 1 molécula por cada 1.000.000.000 de moléculas
ppt	Partes por millón de millones 10^{-12} proporción de mezcla, 1 molécula por cada 1.000.000.000.000 de moléculas
TWA	Promedio ponderado de tiempo
COV	Compuestos orgánicos volátiles

Unidades

Relación de mezcla	Partes por millón (ppm)	Partes por mil millones (ppb)	Partes por millón de millones (ppt)
Las proporciones de mezcla describen cuántas moléculas hay de un determinado componente. Por ejemplo, % (porcentaje) significa partes por cien, ppm: partes por millón, cuántas moléculas de cada 1.000.000 de moléculas, ppb: partes por mil millones, cuántas moléculas de cada 1.000.000.000 de moléculas, ppt: partes por millón de millones, cuántas moléculas de cada 1.000.000.000.000 de moléculas.			
Concentración	Miligramos por metro cúbico (mg/m ³)	Microgramos por metro cúbico (µg/m ³)	Nanogramos por metro cúbico (ng/m ³)
La concentración describe la masa de un componente por unidad de volumen. Es posible calcular desde la proporción de mezcla a la concentración, y viceversa. La conversión depende del peso molecular del compuesto. Mili: 10 ⁻³ , 1/1.000, micro: 10 ⁻⁶ , 1/1.000.000, nano: 10 ⁻⁹ , 1/1.000.000.000			
Ejemplos:			
Etino (acetileno)	1 ppm ≈ 1 mg/m ³	1 ppb ≈ 1 µg/m ³	1 ppt ≈ 1 ng/m ³
Benceno	1 ppm ≈ 3 mg/m ³	1 ppb ≈ 3 µg/m ³	1 ppt ≈ 3 ng/m ³
Xileno	1 ppm ≈ 4 mg/m ³	1 ppb ≈ 4 µg/m ³	1 ppt ≈ 4 ng/m ³

Índice

Índice

Prefacio	2
Descripción de NILU - Instituto Noruego de Investigación del Aire	3
Abreviaturas	4
Unidades	5
Índice	6
Resumen.....	7
1. Introducción.....	9
1.1 Compuestos orgánicos volátiles.....	9
1.2 Valores límite para COV	9
2. Objetivo del estudio.....	11
3. Área de estudio	12
4. Metodología	13
4.1 Sitios y estrategia de muestreo.....	13
4.1.1. Área de Quintero-Puchuncaví	14
4.1.2. Área de Concón	19
4.1.3. Resumen de la campaña de muestreo.....	21
4.2. Muestreadores y método analítico.....	24
4.2.1. Preparación de los canisters	24
4.2.2. Muestreo y método analítico.....	24
5. Resultados e interpretación	26
5.1. Hidrocarburos Área Quintero-Puchuncaví.....	26
5.2. Hidrocarburos Concón	27
5.3. Compuestos con azufre.....	28
5.4. Solventes clorados	29
5.5. Agentes refrigerantes.....	30
5.6. Perfil de concentraciones diarias	31
6. Recomendaciones	33
7. Principales resultados y conclusiones.....	34
8. Referencias	36
Appendix A Resultados en Quintero - Puchuncaví.....	37
Appendix B Resultados en Concón	39

Resumen

NILU presenta los resultados obtenidos durante la campaña de medición de seguimiento que se realizó para complementar el estudio realizado en 2018-2019 y resumido en Schmidbauer y López-Aparicio (2019). El objetivo del estudio fue caracterizar la huella digital de las emisiones de COV próximas al suelo en las áreas industriales de la zona y su impacto potencial en los sectores residenciales y colegios cercanos. El estudio de medición se centró en halocarburos, hidrocarburos, alcoholes, ácidos orgánicos, cetonas/aldehídos, compuestos aromáticos, compuestos con cloro o grupos nitrogenados y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) más ligeros, entre otros compuestos orgánicos desconocidos. Este estudio de seguimiento se basa en un método cuantitativo que ofrece una alta precisión y exactitud en la determinación de la concentración de los compuestos de interés (muestreros en canisters y análisis químico por medio de concentración criogénica con sistema Medusa acoplada a GC-MS). En el estudio realizado en 2018-2019 se destacó que las mediciones COV descritas en el informe no representaban las peores condiciones meteorológicas (p. ej., mala ventilación y poca dispersión de contaminantes) en el área. Por lo tanto, este seguimiento incluye los resultados del monitoreo COV (muestreo activo y pasivo) mantenido durante el resto del año y que cubre la temporada invernal.

Un equipo de tres personas del Ministerio del Medio Ambiente tomó muestras en las áreas en torno al complejo industrial Quintero-Puchuncaví y Concón. Se tomaron muestras de aire en seis lugares distintos del área de Quintero-Puchuncaví y en tres lugares del área de Concón. El número total de muestras analizadas y evaluadas en este estudio de seguimiento fue de 67.

Las muestras se tomaron siguiendo la misma estrategia que el estudio anterior:

- 1) Identificación de plumas por detección de olores del equipo de muestreo lo más cerca posible de las áreas industriales y en condiciones de poco viento para capturar las plumas lo menos diluidas posible;
- 2) En aquellos lugares donde las emisiones de las áreas industriales apuntaban hacia sectores residenciales o colegios también se tomaron muestras;
- 3) Se dejaron equipos en colegios y viviendas para hacer el muestreo durante períodos de olores.

El método utilizado en este estudio de seguimiento buscó 20 compuestos halogenados (incluido el metilcloroformo), cuatro compuestos con azufre (incluido el sulfuro de hidrógeno) y 14 hidrocarburos ligeros, incluidos etano, propano, butanos y pentanos, así como acetileno, etileno y propeno y los compuestos aromáticos benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX). Este método se centra solo en estos compuestos, por lo que otros no son identificados. Las muestras se tomaron en canisters Summa¹ previamente evacuados y se analizaron posteriormente tras una etapa de pre-concentración en una unidad de crio- concentración Medusa acoplada a GC-MS en modo SIM. El método es cuantitativo (determina la concentración de los compuestos) y proporciona datos con alta precisión y exactitud. Cada muestra es calibrada según las normas técnicas de redes internacionales globales (i. e., AGAGE, NOAA o NPL) antes y después del análisis de cada muestra.

¹ NdT: Canisters Summa, se refiere a balones de acero inoxidable que han sido previamente "pasivados" (recubierta su superficie interna con una capa de óxido de níquel-cromo (NiCrO_x)).

Resumen de resultados COV para el área industrial Quintero-Puchuncaví

Los principales compuestos emitidos desde las áreas industriales son los hidrocarburos ligeros, que se detectaron en bajos niveles de concentración. Los resultados de las mediciones realizadas en este estudio indican que no hubo una influencia medible de las emisiones industriales de COV en los sectores residenciales. En condiciones normales de dispersión, las plumas de contaminación relativamente breves con niveles de concentración entre 10 y 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no tendrán efectos significativos en los niveles de concentración en los colegios o sectores residenciales cercanos.

Resumen de resultados COV para el área industrial de Concón

Como informamos en el estudio anterior, la situación en Concón es distinta a la de Quintero-Puchuncaví. La intensidad de la fuente de la refinería tiene un impacto mayor en el sector residencial cercano. En Concón, las concentraciones fueron en promedio seis veces más altas para los compuestos BTEX y entre dos y cuatro veces para los hidrocarburos ligeros que en el sector de Ventanas en Quintero-Puchuncaví. En Concón hubo muy pocas disminuciones de las concentraciones hacia niveles de fondo (niveles basales). Más bien hubo una emisión continua y constante hacia los sectores residenciales.

Fase 2: Huella Digital de Compuestos Orgánicos Volátiles en el Área de Concón y Quintero-Puchuncaví

Seguimiento - Fase 2

1. Introducción

1.1 Compuestos orgánicos volátiles

Los compuestos orgánicos volátiles (COV) incluyen una gran variedad de químicos orgánicos con una alta presión de vapor y, por consiguiente, una alta volatilidad. En condiciones atmosféricas normales los COV se encuentran en fase líquida. Sin embargo, dado que tienen una alta presión de vapor, también estarán presentes en el aire sobre la fase líquida. Ejemplos de COV son los hidrocarburos (p. ej., propano, butano, benceno, tolueno y xileno), alcoholes (p. ej., metanol, etanol y propanol), aldehídos y cetonas (p. ej., formaldehído, acetaldehído y acetona) y ácidos orgánicos (p. ej., ácidos fórmicos, ácidos acéticos y ácidos grasos).

Los COV pueden tener un origen natural o antrópico. Las fuentes antrópicas más importantes son los combustibles fósiles a través de la combustión o evaporación, los biocombustibles (p. ej., calefacción y cocina), productos de consumo (p. ej., solventes, refrigerantes, pinturas o materiales de construcción) o quema de biomasa. Las emisiones mundiales de COV de origen antrópico se estiman en unos 200 millones de toneladas de C/año. Las principales fuentes de COV biogénico son la vegetación, el suelo y el océano. Las emisiones mundiales de COV de origen natural se estiman entre 400 y 1.200 millones de toneladas de C/año.

1.2 Valores límite para COV

No hay valores límite para los COV en el aire exterior, con la excepción del benceno, que es un compuesto potencialmente carcinógeno (Tabla 1). Anteriormente, el valor límite para la suma total de COV en el aire exterior era de 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sin embargo, este límite se eliminó debido a que no se documentaron problemas de salud para la suma total de COV. La Directiva Europea de Calidad del Aire (Directiva UE 2008/50/UE, Tabla 1) estableció un valor límite para el benceno que debía cumplirse al 1 de enero de 2010.

Tabla 1: Valor límite de benceno establecido por la Directiva Europea de Calidad del Aire (Directiva UE 2008/50/EU).

Contaminante	Concentración	Período promedio
Benceno	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 año calendario

Los valores límite se han establecido para la exposición ocupacional (ambiente interior) y para la protección de la salud humana. La Tabla 2 muestra ejemplos de límites normativos para benceno, xileno y propano como valores en ppm y mg/m^3 . Estos valores se establecen para un tiempo promedio de 8 horas (TWA). Al comparar el valor límite para el benceno en el aire exterior (promedio anual de 0,005 mg/m^3) y el límite de exposición ocupacional (8 horas promedio, 3 mg/m^3), hay un factor de 600 entre ambos valores límite.

Tabla 2: Valores límite normativos para la exposición ocupacional a benceno, xileno y propano (TWA 8 horas). Los valores para otros compuestos orgánicos se pueden obtener en la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional, OSHA (2019).

Compuesto	Límite normativo (PEL de OSHA) - TWA 8 horas	
	ppm	mg/m ³
Benceno	1	3
Xileno (isómeros o-, m-, p-)	100	435
Propano	1.000	1.800

2. Objetivo del estudio

Este estudio se centra en un sector industrial de Chile, el área de Quintero-Puchuncaví, caracterizado por actividades industriales (i. e., generación de energía, industria metalúrgica, industria petroquímica). En agosto y septiembre de 2018 se informaron una serie de episodios en el área de Quintero-Puchuncaví (Chile) durante los cuales la población de las cercanías del área industrial mostró graves efectos sobre la salud. Se informó que alrededor de 700 personas sufrieron dolores de cabeza, vómitos, diarrea y síntomas neurológicos. Estos episodios se asociaron probablemente a las emisiones del área industrial en torno a la bahía de Quintero-Puchuncaví. Se llevó a cabo una investigación preliminar en el área con un dispositivo portátil de espectroscopia de infrarrojo (MIRAN Sapphire de Thermo Fisher Scientific). Los resultados de estas mediciones indicaron concentraciones muy altas (niveles ppm) de metilcloroformo, nitrobenceno, iso-butano y tolueno. Se ha informado que el metilcloroformo provoca efectos a corto y largo plazo en la salud de las personas. El metilcloroformo es uno de los compuestos incluidos en el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, acordado en 1987. El Protocolo de Montreal estipuló que la producción y el uso de clorofluorocarbonos (CFC), halones, tetracloruro de carbono y metilcloroformo debía terminar en el año 2000, y en 2005 en el caso del metilcloroformo. El nitrobenceno se ha detectado en una bajísima concentración de fondo (basal) en el aire ambiente y la exposición puede ocurrir en industrias que producen o usan nitrobenceno (exposición ocupacional), en los alrededores de las industrias que producen nitrobenceno o donde se elimina este COV. El tolueno se usa comúnmente como solvente o aditivo en la gasolina y las principales fuentes de tolueno liberado a la atmósfera son las emisiones industriales, el tráfico y la quema de biomasa, incluido el humo de los cigarrillos.

Los resultados obtenidos durante tres campañas de medición fueron presentados en Schmidbauer y López-Aparicio (2019) como un primer estudio de detección de compuestos orgánicos volátiles (COV) en la zona. El objetivo del estudio fue caracterizar la huella digital de los contaminantes orgánicos gaseosos en el área y su posible relación con las emisiones fugitivas del sector industrial. El objetivo de este estudio de seguimiento es el mismo, entrega información sobre la concentración de COV en el área durante más estaciones del año y complementa el primer estudio.

El estudio de medición se centra en halocarburos, hidrocarburos, alcoholes, ácidos orgánicos, cetonas/aldehídos, compuestos aromáticos, compuestos con cloro o grupos nitrogenados y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) más ligeros, entre otros compuestos orgánicos desconocidos. Para este estudio se seleccionó como método principal uno cuantitativo, que ofrece alta precisión y exactitud para determinar la concentración de los compuestos de interés (i. e., muestreos con canisters y análisis químico por medio de sistema Medusa - GC-MS, ver 4.2.2).

3. Área de estudio

Los municipios de Quintero y Puchuncaví están ubicados en la zona central de Chile, en la Región de Valparaíso (Figura 1), segunda en población y la cuarta más pequeña en tamaño. Por lo tanto, Valparaíso es la región más densamente poblada de Chile, después de la Región Metropolitana de Santiago. El área de interés gira en torno a la bahía de Quintero (Figura 1), donde se ubica el complejo industrial en el límite entre los municipios de Quintero y Puchuncaví. En el lado norte del complejo (Ventanas), las actividades industriales consisten principalmente en generación de energía a carbón, metalurgia (fundición de cobre) y producción de cemento y asfalto. En la parte central de la bahía, las principales actividades industriales son la manipulación, almacenamiento y distribución de productos petroquímicos (información más detallada en la Tabla 3). El complejo industrial Concón está ubicado 15 kilómetros al sur de Quintero y la principal actividad industrial es la refinería de petróleo, que incluye más de 20 chimeneas de entre 30 y 55 metros de altura.

Desde un punto de vista meteorológico, la zona central de Chile se encuentra en un área de transición con marcadas variaciones diarias y estacionales en temperatura, precipitaciones, vientos y nubosidad. Los vientos predominantes son del suroeste durante todo el año, y en invierno se manifiestan con frecuencia vientos del noroeste (para más detalles, véase Gallardo et al., 2000). En el área de Quintero-Puchuncaví, los vientos predominantes son del oeste, con ciertas ocurrencias del este y noreste caracterizadas por bajas velocidades. El área de Concón está situada al sur de Quintero (Figura 1). La dirección predominante del viento en el área de Concón se distribuye uniformemente entre vientos del oeste y del este.

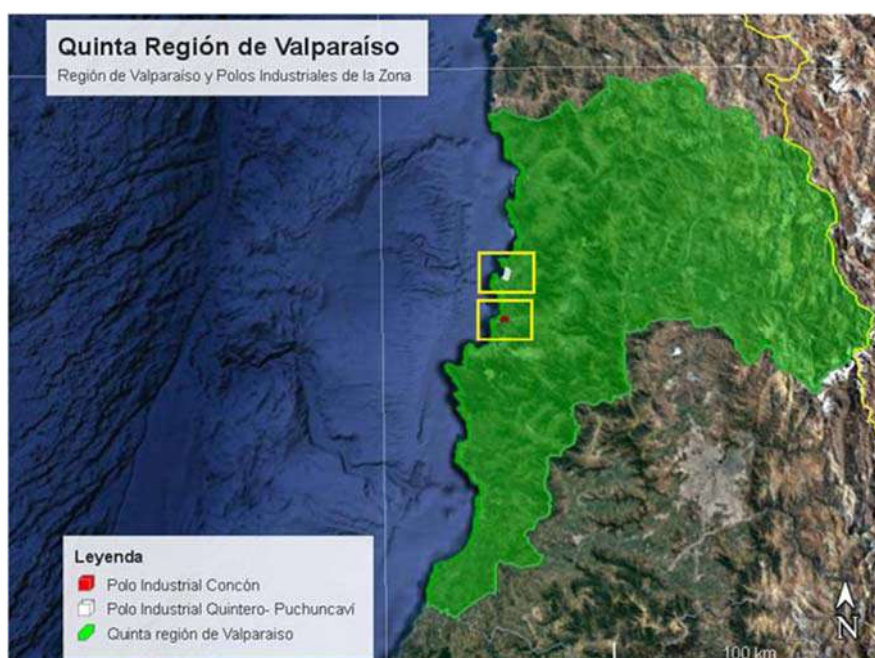


Figura 1: Ubicación del área de estudio. La región de Valparaíso (en verde) y la ubicación de las actividades industriales en Quintero-Puchuncaví y Concón.

4. Metodología

4.1 Sitios y estrategia de muestreo

La Tabla 3 muestra los sitios de muestreo definidos para la campaña de seguimiento y el área de identificación de esos sitios. En el área de Quintero-Puchuncaví se tomaron muestras de aire en seis (6) lugares diferentes y en tres (3) lugares en Concón. Para este estudio de seguimiento se tomaron y analizaron un total de 67 muestras.

Tabla 3: Área de estudio de muestreo y coordenadas UTM.

Área de estudio	N°	Coordenadas UTM	Sitio de muestreo	Descripción
Concón	1	E:265277.6 N:6354225.7	CASA ALEJANDRA	Calle 12 / Calle Cortés
	2	E:266273.8 N:6354355.7	CONCÓN4	Camino F-32
	3	E:265518.6 N:6354357.7	CONCÓN5	Calle 14/ Calle San Agustín
Quintero-Puchuncaví	4	E:266700.4 N:6370984.6	10A	Transiente, Cerca de Playa
	5	E:267524.8 N:6370715.8	5A	Carretera Zona Oriente ENAP
	6	E:263226 N:6370188.9	9A	Pasaje Colegio Santa Filomena
	7	E:268679.6 N:6371908.9	7A	Camino a Maitenes
	8	E:269435.1 N:6375227.3	2A	Escuela La Greda
	9	E:266987.9 N:6370634.4	11A	Mitad - Transecta

Muestreo de series (perfil)

El muestreo durante la campaña de seguimiento en terreno se realizó entre el 1 de febrero y el 20 de noviembre de 2019 y siguió la misma estrategia de muestreo que la fase I del proyecto COV descrita en Schmidbauer y López-Aparicio (2019). Las muestras fueron tomadas por un equipo de tres personas del Ministerio del Medio Ambiente. Se tomaron muestras de aire en seis lugares distintos del área de Quintero-Puchuncaví y tres del área de Concón. Originalmente, y en base a los problemas detectados entre la población de Quintero-Puchuncaví con respecto al olor y el tipo de materiales almacenados en el área industrial, se decidió centrarse en los compuestos orgánicos volátiles (COV) y en una campaña de muestreo y análisis que pudiese proporcionar información sobre la huella digital de contaminantes orgánicos en la región. El estudio se centra en halocarburos, hidrocarburos, alcoholes, ácidos orgánicos, cetonas/aldehídos, compuestos aromáticos, compuestos con cloro o grupos nitrogenados y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) más ligeros, entre otros compuestos orgánicos desconocidos.

La estrategia incluye el muestreo de perfiles durante media jornada (12 horas), con diferente frecuencia de muestreo, que generalmente se desarrollaba entre 21:00 pm y 09:00 am. Esto se hizo con el fin de caracterizar la intensidad de emisión de determinados COV en ciertos momentos del día, que potencialmente pudiesen afectar a la comunidad cercana.

La estrategia general fue obtener muestras lo más cerca posible del área industrial, en condiciones meteorológicas de baja velocidad de viento (\leq a 3-4 m/s) mientras la dirección del mismo favorecía la dispersión hacia sectores residenciales. Además, se puso especial atención cuando el equipo de muestreo pudo identificar o percibir olores. Esta estrategia de muestreo también incluyó aquellas situaciones en que vecinos de las comunidades cercanas detectaron olores y así lo informaron al equipo técnico.

RESUMEN: ESTRATEGIAS DE MUESTREO

- Muestreo lo más cerca posible de las áreas industriales en condiciones de poco viento. Esto se hizo preferentemente cuando el equipo de muestreo pudo identificar olores, pero también en condiciones normales de actividad dentro de las áreas industriales.
- Muestreo cuando la dirección del viento apuntaba hacia algunos sectores residenciales o colegios del área, donde también se tomaron muestras.
- Muestreo apoyado por la participación ciudadana. Se proporcionó equipamiento a colegios y residentes para tomar muestras durante los períodos en que los ciudadanos podían percibir olores desagradables o extraños.

4.1.1. Área de Quintero-Puchuncaví

La Figura 2 y la Figura 3 muestran la vista sur y oeste del área de Quintero-Puchuncaví y la ubicación de los puntos de muestreo en el polo industrial (línea amarilla). Las figuras 4 a 9 muestran la ubicación detallada e imágenes de cada sitio de muestreo en el área industrial de Quintero-Puchuncaví.



Figura 2: Mapa de muestreo en el área de Quintero-Puchuncaví (vista sur)

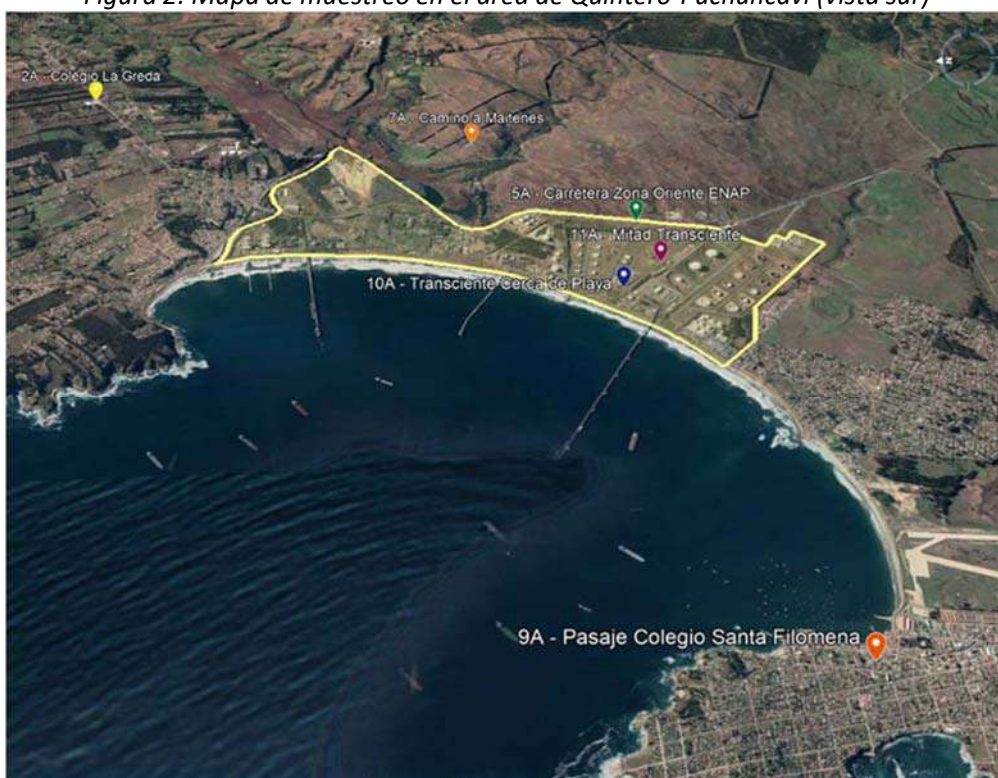


Figura 3: Mapa de muestreo en el área de Quintero-Puchuncaví (vista oeste)



Figura 4: 2A - Escuela La Greda (vista noreste)



Figura 5: 7A - Camino a Maitenes (vista este)



Figura 6: 5A – Carretera, Zona Oriente ENAP (vista sureste)



Figura 7: 11A - Mitad Transsecta (vista sur)



Figura 8: 10A - Transecta Cerca de Playa (vista sur)



Figura 9: 9A - Pasaje Colegio Santa Filomena (vista oeste)

4.1.2. Área de Concón

La Figura 10 y la Figura 11 muestran los sitios de medición en el área de Concón junto con el polo petroquímico industrial (en morado). La posición detallada y la vista panorámica de cada uno de los tres sitios de muestreo en el área de Concón se observan en las figuras 12 a la 14.



Figura 10: Mapa de muestreo en el área de Concón (vista sur)



Figura 11: Mapa de muestreo en el área de Concón (vista oeste)

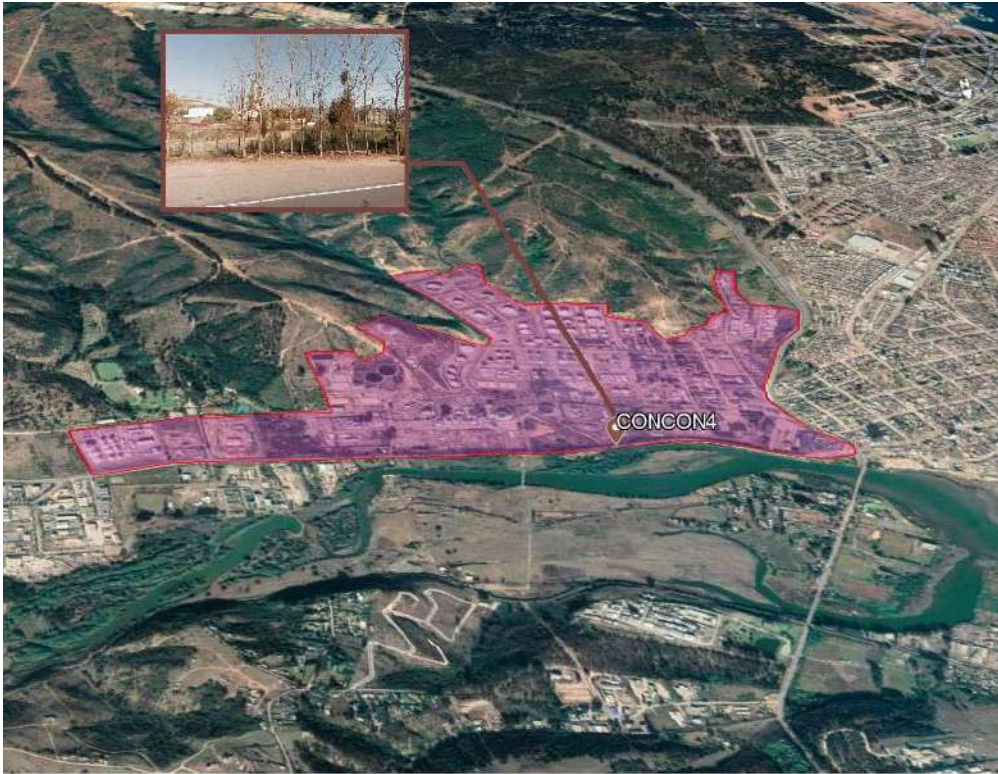


Figura 12: Concón 4 (vista noreste)



Figura 13: Concón 5 (vista oeste)



Figura 14: Casa Alejandra (vista oeste)

4.1.3. Resumen de la campaña de muestreo

La Tabla 4 entregan información detallada del muestreo realizado con canisters en 2019. En la tabla, cada canister se identifica con su número de serie correspondiente, fecha de muestreo, coordenadas UTM georreferenciadas, condiciones meteorológicas y comentarios adicionales. Este reporte incluye solo los resultados obtenidos a partir de las muestras tomadas en canisters. El muestreo con tubos Tenax está fuertemente influenciado por el incremento del ruido o niveles de fondo, cuando el tiempo entre la preparación de los tubos, el muestreo y el análisis final es muy extenso. En el presente proyecto, y debido a problemas logísticos como la retención de muestreadores en las oficinas de aduanas, el tiempo entre el muestreo y el análisis fue muy extenso, lo cual resultó en altísimos valores blancos.

Asimismo, se había planificado llevar a cabo una visita de expertos de NILU a Chile hacia el final de la campaña de muestreo, en coordinación con la asesoría de la consultora respecto a la implementación de las metodologías analíticas y la instalación de un Centro de Toma de Muestras Ambiental en Puchuncaví. Sin embargo, debido a la agitación social acontecida en Chile en 2019 y, en segundo lugar, la situación de Pandemia del COVID-19, esta actividad no se pudo cumplir.

Tabla 4: Resumen del muestreo de canisters 2019

N°	N° Canister	Fecha	Hora inicio	Hora termino	Presión final (psi)	Punto muestreo		Cond. Viento			Temperatura	N° ambientaciones	Condiciones de entorno
						UTM	Identificación	Dirección (hacia)	Dirección (desde)	Velocidad			
1	A10589	01-02-2019	4:34	N/R	0 PSI	E:265277.6 N:6354225.7	Casa Alejandra	N/R	N/R	N/R	N/R	0	Al momento de la toma de muestra, dueña de casa registra lo siguiente: se informa fuerte olor a gas y un ruido similar a destapar una gaseosa.
2	A10533	01-03-2019	13:45	14:00	28	E:263226 N:6370188.9	9A (colegio santa filomena)	NE	SO	3 m/s	20	6	No se percibe olor
3	A10500	02-03-2019	9:30	9:45	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (Transiente cerca de playa)	S	N	2 m/s	16	6	No se percibe olor
4	A10527	04-03-2019	9:53	10:08	28	E:263226 N:6370188.9	9A (colegio santa filomena)	NO	SE	2 m/s	15	6	No se percibe olor
5	A10546	04-03-2019	11:37	11:52	28	E:268679.6 N:6371908.9	7A (Camino maitenes)	NE	SO	3 m/s	18	6	Despejado, no se percibe olor
6	A10524	07-05-2019	8:27	8:57	28	E:266273.8 N:6354355.7	CONCON4	N	S	2 m/s	17	6	Leve olor a HC pesados
7	A10520	07-05-2019	9:16	9:31	28	E:269435.1 N:6375227.3	2A (Colegio La Greda)	NNE	SSW	3 m/s	13	6	No se percibe olor
8	A10490	09-05-2019	22:39			E:265277.6 N:6354225.7	Casa Alejandra	N/R	N/R	N/R	N/R	0	Al momento de la toma de muestra, dueña de casa registra lo siguiente: se percibe fuerte olor.
9	A10542	06-06-2019	7:05	7:20	28	E:266273.8 N:6354355.7	CONCON4	NE	SO	1 m/s	12	6	Fuerte olor a HC pesados
10	A10499	06-06-2019	7:57	8:13	28	E:266987.9 N:6370634.4	11A (Mitad transiente)	N	S	2 m/s	13	6	No se percibe olor
11	A10580	06-06-2019	9:35	9:50	28	E:269435.1 N:6375227.3	2A (Escuela la greda)	N	S	2 m/s	13	6	leve llovizna
12	A10494	05-07-2019	6:55	7:10	28	E: 265518.6 N:6354357.7	CONCON 5	NO	SE	2	5	6	Fuerte olor a HC pesados
13	A10479	05-07-2019	8:10	8:25	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (Transiente cerca de playa)	O	E	1	7	6	Leve olor a HC
14	A10477	05-07-2019	10:32	10:45	28	E:267524.8 N:6370715.8	5A (Carretera, Zona oriente Enap)	NE	SO	1	11	6	No se percibe olor
15	A10590	07-08-2019	22:43	22:57	28	E: 265518.6 N:6354357.7	CONCON5	N	S	3 m/s	9	6	Olor a HC
16	A10539	08-08-2019	2:00	2:15	28	E: 265518.6 N:6354357.7	CONCON5	N	S	4 m/s	5	6	Olor a HC pesados
17	A10574	08-08-2019	4:30	4:45	28	E: 265518.6 N:6354357.7	CONCON5	N	S	2 m/s	5	6	Fuerte olor a HC pesados
18	A10554	08-08-2019	8:18	8:33	28	E: 265518.6 N:6354357.7	CONCON5	O	E	1 m/s	8	6	Olor a HC. Llovizna (niebla) durante la toma de muestra proveniente desde la pluma de ENAP, visible en parabrisas del vehículo (tipo resina).
19	A10572	08-08-2019	12:20	12:35	28	E: 265518.6 N:6354357.7	CONCON5	E	O	1 m/s	18	6	No se percibe olor
20	A10573	07-08-2019	23:25	23:40	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (Transiente cerca de playa)	NO	SE	2 m/s	7	6	No se percibe olor
21	A10493	08-08-2019	1:30	1:45	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (Transiente cerca de playa)	N	S	4 m/s	5	6	No se percibe olor
22	A10556	08-08-2019	5:00	5:15	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (Transiente cerca de playa)	NO	SE	2 m/s	5	6	Leve olor a HC
23	A10588	08-08-2019	7:30	7:45	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (Transiente cerca de playa)	SO	NE	2 m/s	5	6	No se percibe olor
24	A10483	08-08-2019	11:00	11:15	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (Transiente cerca de playa)	NE	SO	1 m/s	15	6	No se percibe olor
25	A10532	29-08-2019	12:05	12:20	28	E: 265518.6 N:6354357.7	CONCON5	NE	SO	5 m/s	16	6	Sin Observaciones
26	A10515	29-08-2019	16:45	17:00	28	E: 265518.6 N:6354357.7	CONCON5	NE	SO	8 m/s	17	6	Sin Observaciones
27	A10525	29-08-2019	20:51	21:06	28	E: 265518.6 N:6354357.7	CONCON5	N	S	5 m/s	13	6	Olor a HC pesados
28	A10517	30-08-2019	0:41	0:56	28	E: 265518.6 N:6354357.7	CONCON5	N	S	4 m/s	11	6	Olor a HC pesados
29	A10518	30-08-2019	4:57	5:12	28	E: 265518.6 N:6354357.7	CONCON5	N	S	4 m/s	10	6	Olor a HC pesados (< olor que muestreo anterior)
30	A10558	29-08-2019	12:50	13:05	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (TRANSIENTE CERCA DE PLAYA)	NE	SO	7 m/s	16	6	Leve olor a HC
31	A10577	29-08-2019	16:10	16:25	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (TRANSIENTE CERCA DE PLAYA)	NE	SO	7 m/s	16	6	Leve olor a HC
32	A10593	29-08-2019	20:15	20:30	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (TRANSIENTE CERCA DE PLAYA)	N	S	5 m/s	12	6	Sin Observaciones
33	A10581	30-08-2019	0:05	0:20	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (TRANSIENTE CERCA DE PLAYA)	N	S	3 m/s	11	6	Leve olor a HC
34	A10485	30-08-2019	4:10	4:25	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (TRANSIENTE CERCA DE PLAYA)	N	S	4 m/s	9	6	Sin Observaciones

N°	N° Canister	Fecha	Hora inicio	Hora termino	Presión final (psi)	Punto muestreo		Cond. Viento			Temperatura	N° ambientaciones	Condiciones de entorno
						UTM	Identificación	Dirección (hacia)	Dirección (desde)	Velocidad			
35	A10521	24-09-2019	18:44	18:59	28	E: 265518.6 N: 6354357.7	CONCON5	NE	SO	1 m/s	13	6	Sin Observaciones
36	A10595	24-09-2019	22:20	22:35	28	E: 265518.6 N: 6354357.7	CONCON5	O	E	1 m/s	11	6	Sin Observaciones
37	A10513	25-09-2019	1:05	1:20	28	E: 265518.6 N: 6354357.7	CONCON5	NO	SE	1 m/s	10	6	Olor a HC pesados
38	A10584	25-09-2019	3:55	4:10	28	E: 265518.6 N: 6354357.7	CONCON5	NO	SE	1 m/s	10	6	Olor a HC pesados
39	A10475	25-09-2019	7:00	7:15	28	E: 265518.6 N: 6354357.7	CONCON5	S	N	1 m/s	9	6	Sin Observaciones
40	A10480	25-09-2019	10:28	10:42	28	E: 265518.6 N: 6354357.7	CONCON5	SE	NO	3 m/s	10	6	Sin Observaciones
41	A10522	24-09-2019	19:22	19:37	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (TRANSIENTE CERCA DE PLAYA)	NE	SO	1 m/s	13	6	Sin Observaciones
42	A10530	24-09-2019	21:40	21:54	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (TRANSIENTE CERCA DE PLAYA)	NO	SE	1 m/s	12	6	Sin Observaciones
43	A10495	25-09-2019	0:29	0:44	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (TRANSIENTE CERCA DE PLAYA)	NE	SE	1 m/s	11	6	Sin Observaciones
44	A10552	25-09-2019	3:22	3:37	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (TRANSIENTE CERCA DE PLAYA)	N	S	1 m/s	11	6	Sin Observaciones
45	A10587	25-09-2019	6:25	6:40	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (TRANSIENTE CERCA DE PLAYA)	NO	SE	1 m/s	9	6	Sin Observaciones
46	A10523	25-09-2019	9:57	10:12	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (TRANSIENTE CERCA DE PLAYA)	SE	NO	3 m/s	11	6	Sin Observaciones
47	A10591	09-10-2019	15:50	16:05	28	E: 265518.6 N: 6354357.7	CONCON5	NE	SO	7 m/s	23	6	Sin observaciones
48	A10582	09-10-2019	20:15	20:30	28	E: 265518.6 N: 6354357.7	CONCON5	N	S	1 m/s	27	6	Sin observaciones
49	A10492	09-10-2019	23:44	23:59	28	E: 265518.6 N: 6354357.7	CONCON5	O	E	1 m/s	16	6	Sin observaciones
50	A10540	10-10-2019	3:50	4:05	28	E: 265518.6 N: 6354357.7	CONCON5	O	E	1 m/s	12	6	Fuerte olor a HC
51	A10578	10-10-2019	8:11	8:26	28	E: 265518.6 N: 6354357.7	CONCON5	S	N	1 m/s	11	6	Sin observaciones
52	A10526	10-10-2019	13:10	13:25	28	E: 265518.6 N: 6354357.7	CONCON5	NE	SO	6 m/s	17	6	Sin observaciones
53	A10576	09-10-2019	15:14	15:29	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (TRANSIENTE CERCA DE PLAYA)	NE	SO	6 m/s	21	6	Sin observaciones
54	A10541	09-10-2019	19:40	19:55	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (TRANSIENTE CERCA DE PLAYA)	N	S	1 m/s	19	6	Sin observaciones
55	A10528	09-10-2019	23:08	23:23	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (TRANSIENTE CERCA DE PLAYA)	SO	NE	1 m/s	15	6	Sin observaciones
56	A10586	10-10-2019	3:17	3:32	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (TRANSIENTE CERCA DE PLAYA)	O	E	1 m/s	12	6	Leve olor a HC
57	A10488	10-10-2019	7:19	7:34	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (TRANSIENTE CERCA DE PLAYA)	SO	NE	1 m/s	9	6	Sin observaciones
58	A10550	10-10-2019	14:40	14:55	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (TRANSIENTE CERCA DE PLAYA)	NE	SE	6 m/s	18	6	Sin observaciones
59	A10596	14-11-2019	3:54	4:09	28	E: 265518.6 N: 6354357.7	CONCON5	N	S	3 m/s	12	6	Olor a HC pesados
60	A10514	14-11-2019	6:54	7:09	28	E: 265518.6 N: 6354357.7	CONCON5	NE	SO	1 m/s	11	6	Leve olor a HC pesados
61	A10545	14-11-2019	10:36	10:51	28	E: 265518.6 N: 6354357.7	CONCON5	NE	SO	6 m/s	18	6	Sin observaciones
62	A10575	14-11-2019	3:23	3:38	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (TRANSIENTE CERCA DE PLAYA)	NE	SO	2 m/s	12	6	Sin observaciones
63	A10549	14-11-2019	6:23	6:38	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (TRANSIENTE CERCA DE PLAYA)	NE	SO	1 m/s	11	6	Sin observaciones
64	A10538	14-11-2019	9:53	10:08	28	E:266700.4 N:6370984.6	10A (TRANSIENTE CERCA DE PLAYA)	NE	SO	5 m/s	15	6	Sin observaciones
65	A10594	27-10-2019	1:20	1:20	0	E:265277.6 N:6354225.7	CASA ALEJANDRA	N/R	N/R	N/R	N/R	0	Sin observaciones
66	A10511	19-11-2019	8:40	8:44	28	E: 345936.4 N: 6298333.7	AZOTEA EDIFICIO MMA	SE	NO	1 m/s	19	1	Sin observaciones
67	A10583	20-11-2019	9:00	9:15	28	E: 345927 N: 6298316.1	CALLE, FRENTE EDIFICIO MMA	SE	NO	1 m/s	17	6	Alto tráfico de vehículos

Corresponde a Perfiles de Muestreo

4.2. Muestreadores y método analítico

El método de muestreo utilizado en este estudio requiere el uso de canisters como muestreadores (Figura 15). Los canisters para el muestreo del aire utilizaron un colector (un conector de tubo acoplado a una válvula Nupro y un manómetro) para recolectar aproximadamente nueve litros de muestras de aire en 25-30 minutos.



Figura 15: Muestreadores canisters utilizados en las campañas de medición.

4.2.1. Preparación de los canisters

La limpieza de los canisters se realiza aplicando alto vacío a una temperatura elevada (68 °C) durante 24 horas. Los canisters se conservan al vacío hasta el muestreo. Los valores de blancos debidos a transporte y almacenamiento generalmente no son medibles o son significativamente bajos.

4.2.2. Muestreo y método analítico

Este método se concentró 20 compuestos halogenados (incluido el metilcloroformo), cuatro compuestos con azufre (incluido el sulfuro de hidrógeno) y 14 hidrocarburos ligeros, incluyendo etano, propano, butanos y pentanos, así como acetileno, etileno y propileno y los compuestos aromáticos benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX). Este método se centra solo en esos compuestos, por lo que otros no son identificados. Las muestras se tomaron en canisters de acero inoxidable limpios (Figura 15, izquierda) y se analizaron posteriormente tras una etapa de pre-concentración en una unidad de crio-concentración Medusa acoplada a GC-MS en modo SIM. El método es cuantitativo y proporciona datos con alta precisión y exactitud. Cada muestra se calibra según las normas técnicas de redes internacionales globales (AGAGE y NOAA) antes y después de la ejecución de cada muestra. Antes y después de cada análisis en la unidad Medusa, hay un procesamiento normado con un estándar de trabajo. Un estándar de trabajo es un estándar de aire ambiente que también se calibra cuidadosamente según un estándar de estación. Un estándar de estación también es llenado con aire ambiente en las instalaciones de calibración de AGAGE en el Instituto de Oceanografía Scripps de la Universidad de California en La Jolla. Los estándares de una estación son calibrados antes de su envío a las estaciones según estándares de segunda generación que a su vez se calibran según el "estándar de oro", que es un estándar preparado gravimétricamente. Los estándares de la estación se reenvían a Scripps para recalibrarlos antes de su vaciado. Todas las unidades Medusa reciben sus valores de calibración directamente desde Scripps a través del software común de gestión de datos y no pueden ser modificados por los usuarios individuales de las unidades Medusa. Para algunos de los compuestos, existen estándares gravimétricos comunes de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

(NOAA, Boulder, Colorado) o del Laboratorio Nacional de Física (Londres). La precisión y exactitud de los resultados suelen tener diferencias menores al 1 % cuando se ejecutan en línea. El uso del canisters de acero inoxidable electropulido evacuado como medio de muestreo es un método comprobado y no altera la precisión o exactitud de manera significativa. El método completo se describe en Miller et al., (2008).

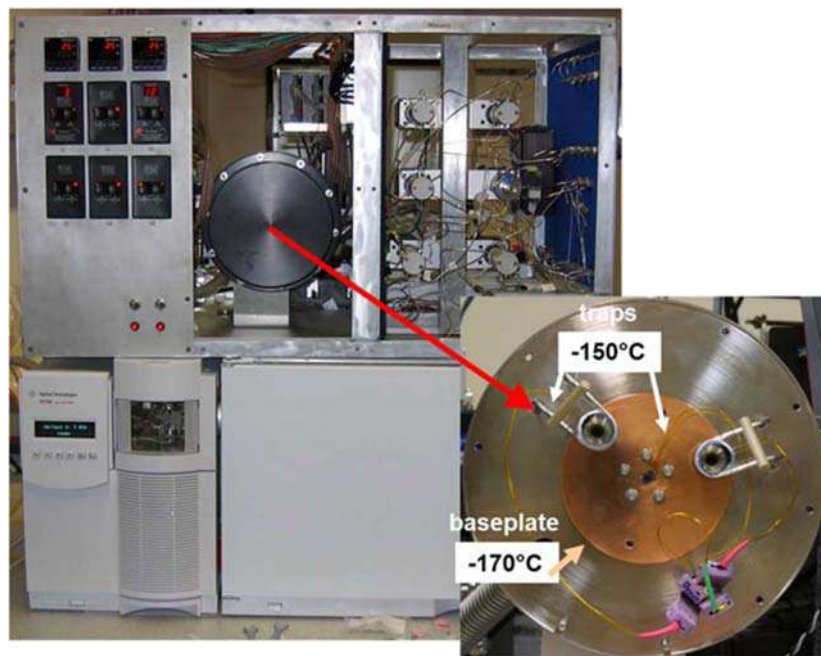


Figura 16: Unidad Medusa (Fuente: <http://aqage.eas.gatech.edu/instruments-gcms-medusa.htm>. Miller et al., 2008).

5. Resultados e interpretación

Todos los resultados se presentan en el "material complementario" de este estudio, incluido como archivo Excel y también en los Anexos (Apéndice A y B).

Como fue señalado anteriormente, las razones BTEX/acetileno (ratio) y eventualmente BTEX/benceno; son herramientas muy útiles para evaluar sí, y hasta qué grado, las emisiones provenientes de sitios industriales pueden influenciar zonas residenciales, como fue expuesto en el reporte VOC-1 en el área Quintero-Puchuncaví. Si bien las razones acetileno/otros hidrocarburos fueron identificadas como un indicador de la huella de VOC en la primera fase, éstas no han sido incluidas en la segunda fase.

En la segunda fase, la estrategia de muestreo se focalizó en investigar el origen de la intensidad de las fuentes emisoras, justo en el borde industrial, cerrando así la brecha de la primera fase mediante la inclusión del muestreo en condiciones meteorológicas que no favorezcan la dispersión. Dentro de esta estrategia de muestreo, no se tomaron muestras con canisters en áreas residenciales. Por ende, no disponemos de muestras para estimar la razón de acetileno. Esta segunda fase fue parte de un objetivo más específico para el equipo de muestreo - desarrollando estrategias de muestreo y observando variaciones diarias, así como tomando muestras en otras ciudades para tener una referencia para comparar. Todo esto será muy importante para el diseño de futuros estudios en el nuevo laboratorio construido.

5.1. Hidrocarburos Área Quintero-Puchuncaví

Las emisiones COV de las áreas industriales en Quintero-Puchuncaví se monitorearon principalmente durante cinco campañas de muestreo en el sitio de muestreo 10A. El punto de muestreo está cerca de las fuentes, pero no en un sector residencial. De las 25 muestras, solo cinco mostraron concentraciones elevadas de alguno de los 16 hidrocarburos medidos. Las demás muestras arrojaron concentraciones de hidrocarburos de fondo (nivel basal) o ligeramente altas. En aquellas muestras con una concentración claramente elevada, dominaban los hidrocarburos propano, butano y pentano y en menor medida BTEX. De un total de más de 500 datos de concentración, menos de 50 tenían concentraciones sobre $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y solo una concentración de un hidrocarburo superó los $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentración promedio de hidrocarburos fue de $3,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La Tabla 5 muestra la concentración promedio de hidrocarburos obtenida en todos los puntos de muestreo. Las desviaciones estándar de propano, butano y pentano indican que estos compuestos se emiten fuera del área industrial. Lo mismo sucede, en menor medida, con los compuestos BTEX. Por otro lado, la Tabla 6 muestra la concentración promedio de hidrocarburos obtenida de seis muestras con concentración elevada. En este caso, los valores son entre dos y cuatro veces más altos, pero se mantienen dentro del rango de concentración esperable cercana a una vía/ruta o en una ciudad.

Tabla 5: Concentración promedio de hidrocarburos y desviación estándar (SD) de todos los puntos de muestreo en Quintero-Puchuncaví. Unidades: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	etino	etileno	etano	propeno	propano	i-butano	n-butano	i-pentano
Promedio	0,41	0,77	2,42	0,65	13,95	2,80	7,46	5,03

SD	0,25	0,61	2,18	0,68	23,99	4,62	11,83	9,95
	n-pentano	hexano	isopreno	benceno	tolueno	etilbenceno	m+p-xileno	o-xileno
Promedio	2,77	1,11	0,21	0,41	1,22	1,95	6,50	2,35
SD	4,12	1,38	0,16	0,31	1,12	1,53	4,40	1,58

Tabla 6: Concentración promedio de hidrocarburos y desviación estándar (SD) de los puntos de muestreo con claras emisiones de hidrocarburos mayores. Unidades: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	etino	etileno	etano	propeno	propano	i-butano	n-butano	i-pentano
Promedio	0,34	0,58	5,27	1,06	48,25	8,86	24,97	16,62
SD	0,11	0,22	1,85	0,91	26,91	5,91	12,07	14,62

	n-pentano	hexano	isopreno	benceno	tolueno	etilbenceno	m+p-xileno	o-xileno
Promedio	8,11	2,93	0,20	0,72	2,37	2,98	10,57	3,69
SD	5,27	1,61	0,04	0,43	1,32	1,39	3,28	1,19

La Tabla 7 muestra la concentración promedio de hidrocarburos obtenida en los puntos de muestreo ubicados en los dos colegios incluidos en nuestro estudio. Estas muestras no arrojaron una concentración inusual de hidrocarburos. Sus concentraciones están dentro de los rangos más bajos que se encuentran en sectores residenciales de todo el mundo.

Tabla 7: Concentración promedio de hidrocarburos y desviación estándar (SD) de los puntos de muestreo en cuatro colegios incluidos en nuestro estudio. Unidades: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	etino	etileno	etano	propeno	propano	i-butano	n-butano	i-pentano
Promedio	0,88	1,35	0,56	0,76	4,98	1,41	3,78	1,52
SD	0,16	0,28	0,20	0,31	4,48	1,26	4,68	0,64

	n-pentano	hexano	isopreno	benceno	tolueno	etilbenceno	m+p-xileno	o-xileno
Promedio	0,84	0,34	1,23	0,35	1,47	1,66	6,10	2,73
SD	0,48	0,19	1,54	0,09	0,38	0,31	1,26	0,55

5.2. Hidrocarburos Concón

La situación en Concón es distinta a la de Quintero-Puchuncaví. La intensidad de la fuente de la refinería está más cerca de sectores residenciales vecinos y el punto de medición Concón5 está dentro del sector residencial. Aquí las emisiones de hidrocarburos fueron monitoreadas principalmente durante las mismas cinco fechas de las campañas de muestreo. Las concentraciones son en promedio seis veces más altas para los compuestos BTEX y entre dos y cuatro veces para los hidrocarburos ligeros en comparación con las muestras tomadas en el sitio 10A en Quintero-Puchuncaví (Tabla 8).

De un total de más de 500 datos de concentración, 138 tenían concentraciones sobre $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y dos valores de concentración de un solo hidrocarburo superaron los $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentración promedio de hidrocarburos fue de $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La Tabla 9 muestra la concentración promedio de hidrocarburos obtenida de los puntos de muestreo en el sector residencial de Concón (Concón5).

Las emisiones de hidrocarburos son principalmente propano, butano y pentano, además de compuestos BTEX. Las emisiones de BTEX están en un nivel mucho más alto en comparación con el área de Ventanas Los niveles no suelen bajar frecuentemente a niveles basales. También vale la pena mencionar que las concentraciones de benceno superaron varias veces los $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que es bastante inusual. Incluso en las grandes ciudades, las concentraciones de benceno suelen estar muy por debajo de esos niveles. Dentro del mismo estudio, las mediciones realizadas a nivel de la calle afuera del Ministerio del Medio Ambiente son de $3,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y a nivel del techo de $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En otro sitio de medición (Casa Alejandra), que está aún más lejos del área industrial, en ocasiones las concentraciones de benceno también fueron muy altas.

Tabla 8: Concentración de hidrocarburos en el sector residencial en Concón (Concón5) y en el área de Quintero-Puchuncaví (10A), y relación (5A/10A) para todos los compuestos. Unidades de concentración: $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Relación: adimensional.

	etino	Etileno	etano	propeno	propano	i-butano	n-butano	i-pentano
Concón5	1,46	2,39	3,25	1,58	18,94	5,80	13,74	17,32
10A	0,41	0,77	2,42	0,65	13,95	2,80	7,46	5,03
5A/10A	3,52	3,11	1,34	2,42	1,36	2,07	1,84	3,44

	n-pentano	hexano	isopreno	benceno	tolueno	etilbenceno	m+p-xileno	o-xileno
Concón5	11,55	4,11	0,76	2,53	7,87	9,24	31,11	12,92
10A	2,77	1,11	0,21	0,41	1,22	1,95	6,50	2,35
5A/10A	4,16	3,71	3,55	6,10	6,43	4,74	4,78	5,50

Tabla 9: Concentración promedio de hidrocarburos y desviación estándar (SD) de puntos de muestreo residenciales en Concón. Unidades: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	etino	Etileno	etano	propeno	propano	i-butano	n-butano	i-pentano
Promedio	1,46	2,39	3,25	1,58	18,94	5,80	13,74	17,32
SD	1,24	1,77	2,43	1,08	17,48	6,02	16,37	20,57

	n-pentano	Hexano	isopreno	benceno	tolueno	etilbenceno	m+p-xileno	o-xileno
Promedio	11,55	4,11	0,76	2,53	7,87	9,24	31,11	12,92
SD	13,75	4,09	0,95	2,40	7,34	16,70	30,82	12,62

5.3. Compuestos con azufre

La Tabla 10 y la Tabla 11 muestran las concentraciones promedio, desviación estándar, máximas y mínimas de compuestos con azufre medidas en el área de Quintero-Puchuncaví y Concón, respectivamente. Los compuestos con azufre medidos durante todas las campañas en ambas áreas no mostraron valores máximos significativos y las concentraciones deben considerarse muy por debajo de los umbrales de olor para la mayoría de las personas.

Tabla 10: Relación de mezcla promedio de compuestos orgánicos con azufre en las muestras recogidas en el área de Quintero-Puchuncaví. SD: desviación estándar. Máx: valor máximo. Mín: valor mínimo. N: cantidad de muestras. Unidad: ppt (partes por millón de millón de millones).

	COS	H ₂ S	CH ₃ SH	CS ₂
Promedio	835,22	113,84	4,12	144,11
SD	370,83	113,22	1,72	97,83
Máx	2.187,86	566,07	8,10	479,53
Mín	441,03	36,77	1,88	23,47
N	35	35	35	35

Tabla 11: Relación de mezcla promedio de compuestos orgánicos con azufre en las muestras recogidas en el área de Concón. SD: desviación estándar. Máx: valor máximo. Mín: valor mínimo. N: cantidad de muestras. Unidad: ppt (partes por millón de millón de millones).

	COS	H ₂ S	CH ₃ SH	CS ₂
Promedio	882,25	175,67	5,28	138,98
SD	322,87	196,08	3,05	98,88
Máx	1.745,58	760,63	14,15	436,21
Mín	515,03	44,68	2,56	38,75
N	33	33	33	33

5.4. Solventes clorados

La Tabla 12 y la Tabla 13 muestran las concentraciones promedio, desviación estándar, máximas y mínimas de compuestos con solventes clorados medidas en el área de Quintero- Puchuncaví y Concón, respectivamente. Los valores de metilcloroformo (CH₃CCl₃) son concentraciones basales atmosféricas globales puras sin emisiones locales. El TCE (Tricloroetileno) suele utilizarse en procesos de limpieza en seco y puede haber algún uso local en Concón, pero ciertamente no hay emisiones industriales de proporciones significativas.

Tabla 12: Relación de mezcla promedio de compuestos orgánicos clorados en las muestras recogidas en el área de Quintero-Puchuncaví. SD: desviación estándar. Máx: valor máximo. Mín: valor mínimo. N: cantidad de muestras. TCE: Tricloroetileno. PCE: Percloroetileno. Unidad: ppt.

	CH ₂ Cl ₂	CHCl ₃	CH ₃ CCl ₃	TCE	PCE
Promedio	53,18	9,98	1,54	0,93	19,88
SD	146,87	5,86	0,10	2,71	74,69
Máx	886,38	41,21	2,03	16,03	450,37
Mín	16,15	6,96	1,42	0,06	0,61
N	35	35	35	35	35

Tabla 13: Relación de mezcla promedio de compuestos orgánicos clorados en las muestras recogidas en el área de Concón. SD: desviación estándar. Máx: valor máximo. Mín: valor mínimo. N: cantidad de muestras. TCE: Tricloroetileno. PCE: Percloroetileno. Unidad: ppt.

	CH ₂ Cl ₂	CHCl ₃	CH ₃ CCl ₃	TCE	PCE
Promedio	66,99	15,46	1,56	1,73	31,55
SD	149,16	8,68	0,13	3,49	85,27
Máx	886,38	45,75	2,03	16,03	450,37
Mín	21,86	8,90	1,37	0,08	0,99
N	33	33	33	33	33

5.5. Agentes refrigerantes

La Tabla 14 y la Tabla 15 muestran las concentraciones promedio, desviación estándar, máximas y mínimas de agentes refrigerantes en el área de Quintero-Puchuncaví y Concón, respectivamente. Los compuestos de agentes refrigerantes se monitorean para detectar posibles fugas de los dispositivos refrigerantes industriales utilizados en las instalaciones de almacenamiento de gas. No se observan emisiones considerables. Solo las muestras tomadas en Santiago muestran valores considerablemente más altos que los de referencia normales para todos los HFC (Hidrofluorocarbono), especialmente HFC-125 con valores hasta 200 veces más altos que los de referencia a nivel global.

Tabla 14: Relación de mezcla promedio de compuestos de agentes refrigerantes en las muestras recogidas en el área de Quintero-Puchuncaví. SD: desviación estándar. Máx: valor máximo. Mín: valor mínimo. N: cantidad de muestras. Unidad: ppt.

	HCFC-22	HCFC-141b	HCFC-142b	HCFC-125	HCFC-134a	HCFC-152a	H-1211	H-1301
Promedio	268,04	30,05	22,06	233,92	147,54	6,33	5,31	3,36
SD	107,59	11,43	1,06	1.075,39	156,24	4,97	4,33	0,06
Máx	779,20	71,42	26,44	6.477,54	1.025,86	32,88	16,32	3,53
Mín	232,13	22,87	21,37	27,38	101,88	4,26	3,16	3,20
N	35	35	35	35	35	35	35	35

Tabla 15: Relación de mezcla promedio de compuestos de agentes refrigerantes en las muestras recogidas en el área de Concón. SD: desviación estándar. Máx: valor máximo. Mín: valor mínimo. N: cantidad de muestras. Unidad: ppt.

	HCFC-22	HCFC-141b	HCFC-142b	HCFC-125	HCFC-134a	HCFC-152a	H-1211	H-1301
Promedio	273,02	27,17	22,19	256,42	172,56	6,86	5,36	3,37
SD	109,93	8,37	1,15	1.104,85	158,16	4,95	4,43	0,05
Máx	779,20	71,42	26,44	6.477,54	1.025,86	32,88	16,03	3,53
Mín	232,35	23,19	21,28	30,01	110,89	4,57	2,92	3,20
N	33	33	33	33	33	33	33	33

5.6. Perfil de concentraciones diarias

La figura 17 muestra los perfiles BTEX del medio día (≤ 12 horas). Las concentraciones de BTEXs muestran cambios durante la noche, directamente relacionados con la velocidad y dirección del viento, y la intensidad de la emisión desde las industrias petroquímicas. Estos perfiles son útiles para comprender mejor la relación entre las condiciones meteorológicas y el incremento en los niveles de concentración y las zonas residenciales cercanas a las industrias petroquímicas.

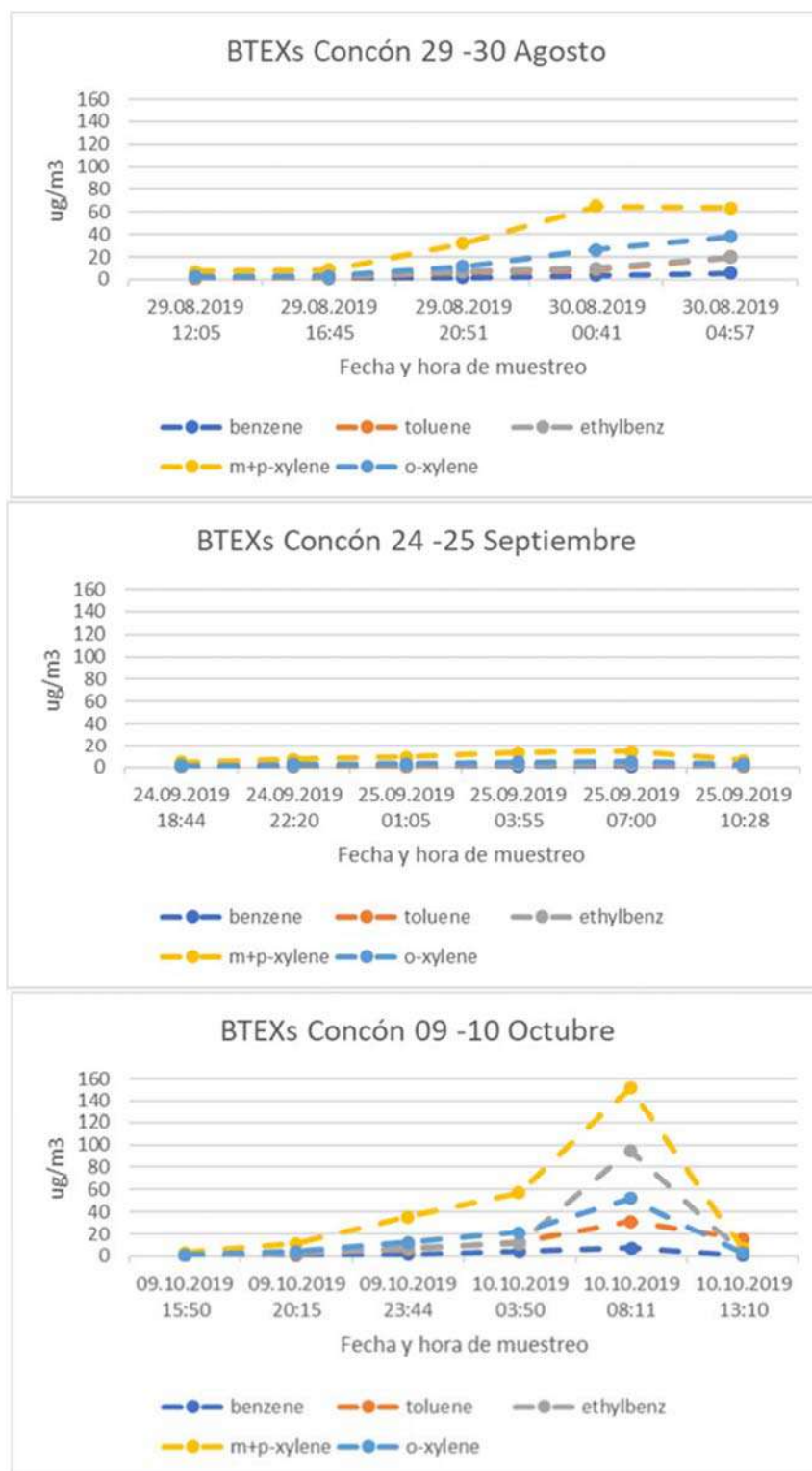


Figura 17: Perfiles temporal de BTEX en Concón

6. Recomendaciones

- Se requiere establecer una línea de base de monitoreo de Compuestos Orgánicos Monoaromáticos – BTEX, a objeto de poder establecer una norma /estándar de BTEX en el área de Quintero- Puchuncaví y Concón.
- Se requiere fortalecer las capacidades locales para el muestreo y análisis de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) y otros contaminantes orgánicos relevantes, especialmente en el área de Concón y Quintero-Puchuncaví.
- Se requiere mejorar las capacidades nacionales para la medición de Compuestos Orgánicos y otros contaminantes orgánicos nocivos para la salud, incluyendo el establecimiento de estrictos procedimientos de control y aseguramiento de calidad (Quality Assurance and Quality Control-QA/QC) para cumplir con estándares nacionales e internacionales.

7. Principales resultados y conclusiones

A continuación, se encuentra un resumen de los principales hallazgos y conclusiones obtenidos durante el seguimiento del estudio "Huella Digital de Compuestos Orgánicos Volátiles en el Área de Quintero-Puchuncaví".

Resultado I: Las emisiones de hidrocarburos fuera del área industrial de Ventanas en el área de Quintero-Puchuncaví son moderadas. Los compuestos COV que muestran las concentraciones más altas en las emisiones del área industrial son propano, butano y pentano, así como BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos) pero en mucho menor medida. No hubo emisiones regulares durante períodos de tiempo más largos y las concentraciones suelen bajar a niveles de fondo (basales).

Conclusión I: Los resultados de las mediciones realizadas en este estudio indican que no hubo una influencia significativa o incluso medible de las emisiones industriales de COV en los sectores residenciales. En condiciones normales de dispersión, las emisiones relativamente cortas de contaminación con niveles de concentración entre 10 y hasta 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no tendrán efectos significativos en los niveles de concentración en los colegios o sectores residenciales cercanos.

Resultado II: La situación en Concón es distinta a la de Quintero-Puchuncaví. La fuente está cerca de los sectores residenciales vecinos y las mediciones tomadas en el límite con el área industrial ya están dentro del sector residencial. Las emisiones de hidrocarburos fueron monitoreadas durante las mismas fechas de las campañas de muestreo que aquellas de Quintero-Puchuncaví. Las concentraciones fueron en promedio seis veces más altas para los compuestos BTEX y entre dos y cuatro veces más altas para los hidrocarburos ligeros que en el sector de Ventanas en Quintero-Puchuncaví. Hubo muy pocas disminuciones en las concentraciones de fondo y hubo una mayor emisión constante hacia los sectores residenciales.

Las concentraciones de benceno superaron varias veces los 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que en sectores residenciales se considera muy inusual. En las grandes ciudades, e incluso al medir cerca de caminos, las concentraciones como estas son poco habituales.

Conclusión II: En ocasiones, el aire en los sectores residenciales de Concón, los cuales están cerca del sitio industrial, están fuertemente influenciados por las emisiones industriales de COV. Las concentraciones de benceno, un compuesto carcinógeno en humanos, son ocasionalmente muy altas, incluso en comparación con las grandes ciudades.

Resultado III: NILU evaluó los resultados de las mediciones de los tres compuestos (i. e., metilcloroformo, iso-butano y tolueno) informados en concentraciones muy altas que fueron ampliamente discutidos en los medios de comunicación. Los resultados de las mediciones en el presente proyecto arrojaron concentraciones mucho más bajas.

Conclusión III: NILU concluye que las mediciones anteriores probablemente se realizaron con un error significativo en la calibración. Los niveles de metilcloroformo de las mediciones de NILU fueron un millón de veces más bajos que los informados en 2018. El tolueno y el iso-

butano se encontraban, en ocasiones, en bajos niveles de ppb (partes por mil millones) y no en niveles ppm (partes por millón).

Resultado IV: Las mediciones de cuatro compuestos volátiles con azufre también se incluyeron en esta campaña dado que H₂S, COS y CS₂ han sido mencionados como compuestos que podrían haber causado los incidentes de agosto de 2018. Las mediciones de compuestos con azufre como CS₂, COS, H₂S y metilmercaptano no muestran niveles de concentración significativamente elevados respecto a los niveles de fondo (niveles basales).

Conclusión IV: Esos niveles de concentración están muy por debajo del umbral de olor normal de la mayoría de las personas y son niveles de concentración que no son dañinos.

8. Referencias

Directiva UE 2008/50/EU (2008). Directiva Europea de Calidad del Aire 2008/50/EU <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm> (consultada en marzo de 2019).

Gallardo, L., Olivares, G., Aguayo, A., Langner, J., Aarhus, B., Engardt, M., Gidhagen, L. (2000). *Dispersión regional de azufre oxidado en Chile central usando el sistema HIRLAM-MATCH. Anexo técnico, Fortalecimiento del sistema de información de calidad del aire, área de trabajo 2: Aplicación de un modelo de escala regional a Chile central*. Obtenido de: http://www.dim.uchile.cl/~lgallard/S_disp/HIRLAM-MATCH/tech_appendix_pdf.PDF (consultado en marzo de 2019).

Miller, B.R., Weiss, R.F., Salameh, P.K., Tanhua, T., Grealley, B.R., Mühle, J., Simmonds, P.G. (2008). Medusa: A Sample Preconcentration and GC/MS Detector System for in Situ Measurements of Atmospheric Trace Halocarbons, Hydrocarbons, and Sulfur Compounds. *Analytical Chemistry*, 80, 1536-1545. Doi: 10.1021/ac702084k.

OSHA (s.f.). Límites de exposición permitidos: tablas anotadas. Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), Departamento del Trabajo de Estados Unidos. Obtenido de <https://www.osha.gov/dsg/annotated-pels/> (consultado en marzo de 2019).

Schmidbauer N., López-Aparicio S. (2019) Huella digital de compuestos orgánicos volátiles en el área de Quintero-Puchuncaví. Resultados de la campaña de detección. Informe NILU 7/2019. Kjeller, Noruega.

Appendix A

Resultados en Quintero - Puchuncaví

N°	Date	Hora inicio	Hora termino	Id	Wind_D (hacia)	Wind_D (desde)	Wind_Speed	Temperatura	Obs	ethyne	ethene	ethane	propene	propane	i-butane	n-butane	i-pentane	n-pentane	hexane	isoprene	benzene	toluene	ethylbenz	m-p-xylene	o-xylene	sum alkan	alkenes	BTEX	tvoc	
Units							m/s	C		µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	
2	01.03.2019	13:45:00	14:00:00	9A (Colegio santa filomena)	NE	SO	3 m/s		20	No se percibe olor	1,09	1,83	0,30	0,89	1,43	0,46	0,72	0,93	0,39	0,11	3,89	0,29	1,35	1,22	4,62	2,17	4,34	7,69	9,65	21,69
4	04.03.2019	09:53:00	10:08:00	9A (Colegio santa filomena)	NO	SE	2 m/s		15	No se percibe olor	0,93	1,22	0,62	1,20	12,67	3,59	11,88	2,59	1,63	0,62	0,41	0,39	1,66	1,59	5,65	2,45	33,58	3,76	11,74	49,09
7	07.05.2019	09:16:00	09:31:00	2A (Colegio La Greda)	NNE	SSW	3 m/s		11	No se percibe olor	0,84	1,15	0,85	0,41	2,98	0,91	1,31	1,44	0,81	0,38	0,26	0,47	1,93	2,07	8,09	3,63	8,68	2,66	16,19	27,53
11	06.06.2019	09:35:00	09:50:00	2A (Escuela la Greda)	N	S	2 m/s		15	leve liviana	0,65	1,21	0,48	0,53	2,83	0,70	1,20	1,11	0,54	0,34	0,35	0,24	0,92	1,78	6,06	2,66	7,10	2,74	11,66	21,50
2	02.03.2019	09:30:00	09:45:00	10A (Transiente cerca de playa)	S	N	2 m/s		16	No se percibe olor	0,17	0,28	1,39	0,88	13,43	10,31	17,61	18,22	8,69	3,25	0,31	1,95	5,94	4,67	19,45	4,73	72,90	1,64	41,44	115,98
4	04.03.2019	11:37:00	11:52:00	7A (Camino maitenes)	NE	SO	3 m/s		18	Despedado, no se percibe olor	0,46	0,84	0,56	0,38	5,66	1,97	8,64	9,05	3,21	0,26	0,41	0,91	1,24	3,52	1,43	91,31	1,14	7,88	100,86	
10	06.06.2019	07:57:00	08:13:00	11A (Mitad transiente)	N	S	2 m/s		13	No se percibe olor	0,45	0,89	1,93	0,38	3,94	1,09	2,16	1,30	1,00	2,45	0,37	0,42	1,38	2,17	10,54	3,45	11,87	2,26	17,96	31,91
14	05.07.2019	10:32:00	10:45:00	5A (Carretera, Zona oriente Enap)	NE	SO	3 m/s		11	No se percibe olor	3,84	6,92	6,42	2,93	196,42	8,34	31,78	15,67	7,38	2,07	0,57	1,29	3,97	3,30	13,93	5,80	268,07	14,28	28,29	310,62
13	05.07.2019	08:10:00	08:25:00	10A (Transiente cerca de playa)	O	E	3 m/s		1	Leve olor a HC	1,21	2,15	9,34	2,35	36,76	15,41	41,78	28,14	16,67	11,27	0,47	2,90	15,50	17,89	114,17	53,91	159,37	6,19	20,46	370,02
20	07.08.2019	23:25:00	23:40:00	10A (Transiente cerca de playa)	NO	SE	2 m/s		1	No se percibe olor	0,52	0,92	0,83	0,66	1,47	0,54	0,56	0,43	0,43	0,19	0,17	0,28	0,62	3,09	5,77	2,17	4,26	2,27	11,95	18,47
21	08.08.2019	01:30:00	01:45:00	10A (Transiente cerca de playa)	N	S	4 m/s		1	No se percibe olor	0,27	0,40	4,87	0,66	55,83	18,25	40,13	44,13	14,37	3,47	0,23	0,98	4,85	5,70	14,79	5,54	181,05	1,56	31,87	214,40
23	08.08.2019	07:30:00	07:45:00	10A (Transiente cerca de playa)	SO	NE	2 m/s		1	No se percibe olor	0,43	0,76	5,20	0,64	93,75	4,32	20,62	12,39	4,57	3,97	0,22	0,43	1,83	3,42	10,31	4,12	140,22	2,06	20,11	162,38
24	08.08.2019	11:00:00	11:15:00	10A (Transiente cerca de playa)	NE	SO	1 m/s		15	No se percibe olor	0,33	0,48	1,98	0,25	3,72	0,97	2,93	1,41	1,56	0,15	0,31	0,79	1,98	6,87	2,96	13,31	1,21	12,91	27,43	
30	29.08.2019	12:50:00	13:05:00	10A (Transiente cerca de playa)	NE	SO	7 m/s		16	Leve olor a HC	0,30	0,63	0,44	0,31	0,90	0,21	0,43	0,26	0,16	0,07	0,26	0,21	0,36	0,92	3,50	1,14	2,48	1,50	6,14	10,12
31	29.08.2019	16:10:00	16:25:00	10A (Transiente cerca de playa)	NE	SO	7 m/s		16	Leve olor a HC	0,33	0,70	0,45	0,29	0,86	0,19	0,40	0,54	0,25	0,27	0,24	0,19	0,46	1,37	5,46	1,51	2,96	1,56	8,99	13,51
32	29.08.2019	20:15:00	20:30:00	10A (Transiente cerca de playa)	N	S	5 m/s		15	Sin Observaciones	0,62	1,37	5,45	0,71	3,04	0,78	2,43	1,08	1,42	0,57	0,25	0,30	0,61	1,02	4,65	1,60	14,76	2,95	8,17	25,88
33	30.08.2019	00:05:00	00:20:00	10A (Transiente cerca de playa)	N	S	1 m/s		1	Leve olor a HC	0,81	1,55	1,28	1,23	4,42	1,03	2,56	2,56	1,61	1,07	0,30	0,70	2,35	5,90	15,94	5,50	14,54	3,88	30,39	48,81
34	30.08.2019	04:10:00	04:25:00	10A (Transiente cerca de playa)	N	S	4 m/s		1	Sin Observaciones	0,25	0,39	1,69	0,23	1,83	0,36	0,77	0,55	0,43	0,17	0,23	0,22	0,46	0,80	3,30	1,15	5,81	1,09	5,94	12,83
41	24.09.2019	19:22:00	19:37:00	10A (Transiente cerca de playa)	NE	SO	1 m/s		1	Sin Observaciones	0,20	0,30	0,57	0,17	0,52	0,11	0,23	0,19	0,13	0,08	0,06	0,19	0,19	0,37	1,13	0,41	1,84	0,74	2,29	4,87
42	24.09.2019	21:40:00	21:54:00	10A (Transiente cerca de playa)	NO	SE	1 m/s		1	Sin Observaciones	0,23	0,39	0,50	0,28	0,50	0,10	0,22	0,12	0,08	0,03	0,06	0,12	0,10	0,20	0,65	0,22	1,56	0,96	1,31	3,83
43	25.09.2019	00:29:00	00:44:00	10A (Transiente cerca de playa)	NE	SE	1 m/s		1	Sin Observaciones	0,25	0,37	1,41	0,20	3,79	1,35	3,62	2,11	2,07	1,43	0,10	0,45	1,48	2,56	7,60	3,12	15,77	0,92	15,20	31,89
44	25.09.2019	03:22:00	03:37:00	10A (Transiente cerca de playa)	N	S	1 m/s		1	Sin Observaciones	0,39	0,71	1,68	0,52	3,74	1,49	3,48	2,83	2,44	1,28	0,12	0,52	1,80	2,87	8,86	3,66	16,95	1,77	16,39	36,30
45	25.09.2019	06:25:00	06:40:00	10A (Transiente cerca de playa)	NO	SE	1 m/s		1	Sin Observaciones	0,61	0,98	2,17	0,54	5,15	2,98	2,99	2,19	2,00	0,59	0,15	0,46	1,05	1,44	5,19	2,01	18,08	2,29	10,15	30,52
46	25.09.2019	09:57:00	10:12:00	10A (Transiente cerca de playa)	SE	NO	3 m/s		1	Sin Observaciones	0,62	0,92	2,69	0,40	6,04	2,08	3,72	3,30	2,45	1,30	0,14	0,65	2,59	3,25	11,88	4,47	21,59	2,20	22,84	46,52
53	09.10.2019	15:14:00	15:29:00	10A (Transiente cerca de playa)	NE	SO	6 m/s		1	Sin Observaciones	1,32	3,28	3,10	2,40	3,82	0,69	1,60	1,96	0,82	0,28	0,30	0,32	0,48	0,84	2,60	1,05	11,28	7,30	5,30	23,89
54	09.10.2019	19:40:00	19:55:00	10A (Transiente cerca de playa)	N	S	1 m/s		1	Sin Observaciones	0,37	0,64	0,66	0,37	2,04	0,43	1,09	1,04	0,92	0,39	0,89	0,25	0,46	0,71	2,71	0,98	6,58	2,27	5,11	13,95
55	09.10.2019	23:08:00	23:23:00	10A (Transiente cerca de playa)	SO	NE	1 m/s		1	Sin Observaciones	0,50	0,86	2,65	2,96	29,27	15,77	28,80	31,34	16,46	6,21	0,17	1,51	3,21	3,15	14,35	4,43	126,50	4,03	26,69	157,22
56	10.10.2019	03:17:00	03:32:00	10A (Transiente cerca de playa)	O	E	1 m/s		1	Leve olor a HC	0,52	0,98	3,76	1,32	32,54	4,42	12,49	7,59	5,58	2,38	0,23	0,49	2,18	2,29	10,86	3,59	69,66	3,05	19,41	91,12
57	10.10.2019	07:19:00	07:34:00	10A (Transiente cerca de playa)	SO	NE	1 m/s		1	Sin Observaciones	0,31	0,46	7,02	0,56	68,84	6,97	38,96	38,98	2,68	1,67	0,20	0,51	1,12	1,79	6,29	2,40	130,02	1,54	12,01	143,66
58	10.10.2019	14:40:00	14:55:00	10A (Transiente cerca de playa)	NE	SO	6 m/s		1	Sin Observaciones	0,21	0,34	0,44	0,19	0,31	0,10	0,25	0,36	0,21	0,01	0,08	0,13	0,28	0,34	1,25	0,48	1,68	0,82	2,49	4,99
62	14.11.2019	03:23:00	03:38:00	10A (Transiente cerca de playa)	NE	SO	2 m/s		1	Sin Observaciones	0,23	0,53	0,53	0,34	1,87	0,44	1,00	0,54	0,42	0,37	0,16	0,15	0,60	0,76	3,20	1,09	5,18	1,25	5,81	12,25
63	14.11.2019	06:23:00	06:38:00	10A (Transiente cerca de playa)	NE	SO	1 m/s		1	Sin Observaciones	0,17	0,35	8,12	0,24	11,29	3,41	8,85	4,38	5,00	2,58	0,12	0,32	1,05	1,55	6,82	2,06	43,63	0,88	11,80	56,31
64	14.11.2019	09:53:00	10:08:00	10A (Transiente cerca de playa)	NE	SO	5 m/s		1	Sin Observaciones	0,27	0,44	0,46	0,22	1,19	0,43	0,80	0,57	0,46	0,22	0,29	0,18	0,45	0,49	2,08	0,73	4,12	1,23	3,93	9,28
66	19.11.2019	08:40:00	08:44:00	Azotea Edificio MMA	SE	NO	1 m/s		1	Sin Observaciones	2,61	3,62	3,85	1,34	54,23	21,11	27,58	6,05	6,23	2,39	2,45	1,65	8,71	10,47	47,13	19,53	121,63	10,02	87,50	219,15
67	20.11.2019	09:00:00	09:15:00	Calle, Frente Edificio MMA	SE	NO	1 m/s		1	Ruido tráfico de vehiculos	6,23	9,61	6,85	3,80	122,26	19,85	30,46	14,09	16,37	5,80	3,69	3,94	25,52	34,79	149,07	51,90	215,47	23,35	265,22	504,04

N°	Date	Hora inicio	Hora termino	Id	Wind_D (hacia)	Wind_D (desde)	Wind_Speed	Temperatura	Obs	COS	H2S	CH3SH	S2	FCF-11	FCF-12	FCF-113	FCF-122	FCF-141	FCF-142M	FCF-125	FCF-134a	FCF-152a	FCF-1211	FCF-1301	FCF-1302	FCF-1303	FCF-1304	FCF-1305	FCF-1306	FCF-1307	FCF-1308	FCF-1309	FCF-1310	FCF-1311	FCF-1312	FCF-1313	FCF-1314	FCF-1315	FCF-
----	------	-------------	--------------	----	----------------	----------------	------------	-------------	-----	-----	-----	-------	----	--------	--------	---------	---------	---------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	------

Appendix B

Resultados en Concón

Nº	Nº Canaste	Fecha	Hora Inicio	hora term	Presión fi	HTM	d	Wind_D (hacia)	Wind_D (desde)	Wind_Speed	Temperatura	Nº ambientaciones	Obs	ethyne	ethene	ethane	propene	propane	butane	i-butane	pentane	n-pentane	hexane	isoprene	benzene	toluene	ethylbenz	nisp-xylene	xylyne	um alkann	alkenes	BTX	woc	
Unite					psi					m/s	°C			µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	
A10589	01.02.2019	04:34:00	N/R		0	E:265277	Casa Alejandra	N/R	N/R	N/R	N/R	0	Al momento de la toma de muestra	2,16	5,03	1,63	1,93	15,67	9,90	23,67	50,39	19,61	11,68	0,91	5,37	33,01	21,49	36,08	55,71	132,07	10,03	21,67	35,27	
A10590	01.02.2019	04:34:00	N/R		0	E:265277	Casa Alejandra	N/R	N/R	N/R	N/R	0	Al momento de la toma de muestra	2,01	4,62	1,49	1,68	14,92	9,21	22,41	51,15	19,21	11,68	0,91	5,37	33,01	21,49	36,08	55,71	132,07	10,03	21,67	35,27	
65	A10594	27.10.2019	01:20:00	01:20:00	0	E:265277	Casa Alejandra	N/R	N/R	N/R	N/R	0	Nº Observaciones	0,96	2,07	1,02	1,94	66,17	12,23	13,63	7,48	4,73	2,43	10,86	1,19	4,87	5,19	22,31	7,73	209,37	15,83	41,24	266,43	
66	A10524	07.05.2019	08:37:00	08:37:00	28	E:266273	CONCONA	N	S	m/s	17	6	Leve olor a HC pesados	1,33	1,89	1,69	2,38	11,45	9,17	12,81	3,27	7,49	3,11	0,49	1,10	6,10	6,56	27,21	1,38	58,10	6,84	119,04		
67	A10542	06.06.2019	07:05:00	07:20:00	28	E:266273	CONCONA	N	SE	m/s	12	6	Fuente olor a HC pesados	2,67	4,46	3,03	2,12	18,40	10,86	14,87	21,93	8,48	4,11	1,11	2,33	8,14	8,02	36,87	15,96	81,67	10,36	71,31	163,34	
12	A10584	05.07.2019	06:55:00	07:10:00	28	E:265518	CONCON S	NE	SE	m/s	7	5	Fuente olor a HC pesados	2,09	4,89	3,79	1,97	11,72	8,47	15,73	40,33	15,46	5,37	1,10	6,57	15,42	10,12	70,57	5,62	132,86	10,25	136,55	279,56	
15	A10590	07.08.2019	22:43:00	22:57:00	28	E:265518	CONCON S	N	S	m/s	5	6	olor a HC	2,59	4,01	3,92	2,37	13,52	5,16	14,02	15,72	9,16	4,31	1,05	2,67	7,48	6,47	27,35	12,90	83,80	4,27	55,82	149,64	
16	A10539	08.08.2019	02:00:00	02:45:00	28	E:265518	CONCON S	N	S	m/s	5	6	olor a HC pesados	1,02	1,85	5,98	1,88	18,02	6,48	18,37	24,49	14,45	10,11	0,69	7,45	15,08	8,93	66,43	28,17	97,90	5,45	106,05	209,41	
17	A10574	08.08.2019	04:30:00	04:45:00	28	E:265518	CONCON S	N	S	m/s	5	6	Fuente olor a HC pesados	1,02	1,76	6,73	1,43	17,17	5,22	16,60	21,13	16,69	13,47	0,52	6,59	15,13	9,18	33,41	17,90	97,01	4,73	88,78	186,52	
18	A10594	08.08.2019	08:18:00	08:33:00	28	E:265518	CONCON S	D	E	m/s	8	6	olor a HC. (olorina inusual) durante	2,98	4,87	5,68	3,86	54,62	17,55	39,82	32,02	15,44	9,51	1,05	5,98	14,27	9,61	33,41	15,49	174,32	12,72	78,76	265,81	
19	A10572	08.08.2019	12:20:00	12:35:00	28	E:265518	CONCON S	E	D	m/s	18	6	No se percibe olor	0,69	1,02	1,09	0,39	6,94	1,09	2,38	1,67	8,01	0,33	0,36	0,46	1,02	1,03	4,63	2,14	16,39	2,83	9,28	26,10	
25	A10532	29.08.2019	12:05:00	12:20:00	28	E:265518	CONCON S	NE	SO	m/s	16	6	Nº Observaciones	0,78	1,48	0,78	0,64	5,55	1,27	2,20	1,11	0,60	0,28	0,37	1,22	1,20	6,88	4,61	12,25	3,27	12,75	29,27		
26	A10515	29.08.2019	16:45:00	17:00:00	28	E:265518	CONCON S	NE	SO	m/s	17	6	Nº Observaciones	0,62	1,10	0,63	0,51	2,56	0,78	1,53	0,67	0,39	0,25	1,01	0,40	1,66	1,84	8,41	2,95	6,82	3,24	15,37	25,42	
27	A10525	29.08.2019	20:51:00	21:06:00	28	E:265518	CONCON S	N	S	m/s	13	6	olor a HC pesados	2,64	4,42	2,78	2,25	15,50	3,96	7,92	12,03	12,16	2,94	0,91	1,70	6,83	7,06	31,91	11,52	57,20	10,22	59,03	126,44	
28	A10517	30.08.2019	00:41:00	00:56:00	28	E:265518	CONCON S	N	S	m/s	11	6	olor a HC pesados	1,53	2,48	6,66	3,22	67,13	8,66	18,87	19,06	11,65	5,69	0,58	3,42	8,48	10,16	65,11	26,24	135,73	7,80	113,41	256,24	
29	A10519	30.08.2019	04:57:00	05:12:00	28	E:265518	CONCON S	N	S	m/s	10	6	olor a HC pesados (c olor que mue	0,66	1,04	4,61	1,79	14,84	9,36	30,02	56,94	31,89	11,56	0,85	5,81	19,92	19,89	63,75	27,90	157,63	4,31	142,27	309,44	
35	A10521	24.09.2019	18:44:00	18:59:00	28	E:265518	CONCON S	NE	SO	m/s	13	6	Nº Observaciones	0,73	1,21	1,15	0,70	4,44	0,76	1,27	1,02	0,52	0,23	0,12	0,40	0,91	1,04	4,57	1,66	9,39	2,76	8,47	20,63	
36	A10595	24.09.2019	22:20:00	22:35:00	28	E:265518	CONCON S	NO	SE	m/s	11	6	Nº Observaciones	0,92	1,76	2,31	1,49	12,62	5,79	7,67	8,69	4,27	1,23	0,21	0,57	1,59	2,02	7,16	2,37	42,57	4,38	13,70	60,65	
37	A10513	25.09.2019	01:05:00	01:20:00	28	E:265518	CONCON S	NO	SE	m/s	10	6	olor a HC pesados	0,55	0,84	1,73	0,53	6,07	2,09	2,63	2,97	1,43	0,58	0,12	0,48	1,24	2,19	8,98	3,18	17,49	2,04	16,07	35,61	
38	A10584	25.09.2019	03:55:00	04:10:00	28	E:265518	CONCON S	NO	SE	m/s	10	6	olor a HC pesados	0,97	5,46	9,06	2,23	19,28	4,69	7,00	4,77	2,92	2,44	0,40	1,23	2,49	2,82	13,00	4,39	43,06	33,05	26,11	76,22	
39	A10475	25.09.2019	07:00:00	07:15:00	28	E:265518	CONCON S	S	N	m/s	9	6	Nº Observaciones	0,92	1,53	1,76	0,79	9,97	3,19	6,40	10,98	4,86	1,57	0,33	0,72	0,81	3,21	14,31	5,01	38,12	3,57	25,90	67,59	
40	A10480	25.09.2019	10:28:00	10:42:00	28	E:265518	CONCON S	SE	NO	m/s	10	6	Nº Observaciones	0,84	1,89	1,50	0,65	6,88	1,61	2,77	3,09	1,95	0,59	0,26	0,50	1,30	1,52	6,20	2,34	18,38	3,72	11,95	34,07	
41	A10591	09.10.2019	15:50:00	16:05:00	28	E:265518	CONCON S	NE	SO	m/s	23	6	Nº Observaciones	0,65	0,91	1,28	0,34	5,98	1,22	2,32	1,54	1,02	0,43	0,19	0,50	1,14	1,02	0,19	0,50	2,19	13,89	2,09	6,90	22,89
48	A10582	09.10.2019	20:15:00	20:30:00	28	E:265518	CONCON S	N	S	m/s	27	6	Nº Observaciones	0,80	1,43	1,26	0,65	9,36	2,47	4,23	1,98	1,29	0,75	0,80	0,60	2,32	2,67	11,37	4,30	21,35	3,69	21,26	46,30	
49	A10492	09.10.2019	23:44:00	23:59:00	28	E:265518	CONCON S	D	E	m/s	16	6	Nº Observaciones	1,44	2,46	2,50	1,58	19,39	4,09	9,38	15,44	59,43	3,09	0,90	1,53	6,15	7,30	35,08	12,29	118,33	4,58	62,35	182,25	
50	A10540	10.10.2019	03:50:00	04:05:00	28	E:265518	CONCON S	D	E	m/s	12	6	Fuente olor a HC	0,88	1,48	3,20	1,88	13,89	5,72	12,16	20,18	15,12	7,22	0,83	4,03	12,40	11,20	57,15	21,13	77,49	5,07	105,89	198,45	
51	A10578	10.10.2019	08:11:00	08:26:00	28	E:265518	CONCON S	N	S	m/s	11	6	Nº Observaciones	6,25	7,84	5,18	4,67	70,87	31,31	84,51	98,33	46,79	13,45	5,48	7,06	31,33	94,91	151,54	118,88	350,45	5,24	336,71	711,40	
52	A10526	10.10.2019	13:10:00	13:25:00	28	E:265518	CONCON S	NE	SO	m/s	17	6	Nº Observaciones	0,50	0,74	1,04	0,37	4,83	1,12	2,15	1,35	0,70	0,34	0,16	0,35	15,13	2,66	6,66	2,40	11,53	1,77	27,20	40,50	
59	A10596	14.11.2019	03:54:00	04:09:00	28	E:265518	CONCON S	N	S	m/s	12	6	olor a HC pesados	0,92	1,99	4,95	2,77	28,67	6,20	13,80	16,90	10,92	5,08	0,50	2,83	7,63	7,01	32,60	11,40	86,58	1,78	61,47	154,23	
60	A10514	14.11.2019	05:54:00	07:09:00	28	E:265518	CONCON S	NE	SO	m/s	11	6	Fuente olor a HC pesados	3,22	2,51	2,77	1,91	17,25	9,58	22,52	37,52	38,55	6,26	0,80	3,18	10,45	11,20	48,89	17,29	114,44	6,51	91,12	212,09	
61	A10545	14.11.2019	10:36:00	10:51:00	28	E:265518	CONCON S	NE	SO	m/s	18	6	Nº Observaciones	0,45	0,84	1,00	0,59	6,53	1,58	2,83	1,84	2,35	0,57	0,39	0,33	1,70	3,27	13,15	4,88	16,70	2,26	23,32	42,29	
66	A10511	19.11.2019	08:40:00	08:44:00	28	E:345936	Antea Edificio MME	NO	NO	m/s	19	1	Nº Observaciones	2,61	3,62	3,85	1,34	54,43	21,11	27,58	6,80	6,23	2,39	2,45	1,65	8,71	10,47	47,13	19,53	121,63	10,02	87,50	219,15	
67	A10583	20.11.2019	09:00:00	09:15:00	28	E:345927	Calle, Frente Edific	SE	NO	m/s	17	6	Nº tráfico de vehículos	6,25	9,61	6,85	3,80	122,26	19,85	30,46	14,09	16,37	5,60	3,69	3,94	25,52	34,79	149,07	51,90	215,47	23,35	266,22	504,04	

NILU Instituto Noruego de Investigación del Aire

NILU, el Instituto Noruego de Investigación del Aire es una institución independiente y sin fines de lucro creada en 1969. A través de su investigación, NILU profundiza la comprensión del cambio climático, la composición atmosférica, la calidad del aire y las sustancias peligrosas. A partir de su investigación, NILU ofrece servicios y productos integrados de análisis, monitoreo y consultoría. A NILU le interesa promover la sensibilización de la ciudadanía sobre el cambio climático y la contaminación ambiental.

Valores de NILU: Integridad - Idoneidad - Beneficio para la sociedad

Visión de NILU: Investigación para una atmósfera limpia

NILU - Instituto Noruego de Investigación del Aire
Casilla 100, NO-2027 KJELLER, Noruega

E-mail: nilu@nilu.no

<http://www.nilu.no>

ISBN: 978-82-425-2969-5
ISSN: 2464-3327