

Huella digital de compuestos orgánicos volátiles en la zona de Quintero-Puchuncaví

Resultados de la campaña preliminar (screening)
de medición de COV

Norbert Schmidbauer y Susana López-Aparicio



Informe NILU 7/2019

Informe NILU 7/2019	ISBN: 978-82-425-2969-5 ISSN: 2464-3327	CLASIFICACIÓN: A – Sin clasificar (informe abierto) A – Unclassified (open report)
FECHA 02.05.2019	FIRMA DE LA PERSONA RESPONSABLE Ole-Anders Braathen, subdirector (firma)	NÚMERO DE PÁGINAS 102
TÍTULO Huella digital de compuestos orgánicos volátiles en la zona de Quintero-Puchuncaví Resultados de la campaña preliminar (screening) de medición de COV	JEFA DE PROYECTO Susana López-Aparicio	N° DE PROYECTO NILU O-118110
AUTOR(ES) Norbert Schmidbauer y Susana López-Aparicio	CONTROL DE CALIDAD Tore Flatlandsmo Berglen	REF. CONTRATO
INFORME PREPARADO PARA Ministerio del Medio Ambiente (Chile) ¹		
RESUMEN Este informe presenta los resultados de un estudio de medición de compuestos orgánicos volátiles (COV) en la zona de Quintero-Puchuncaví (Chile). Se seleccionaron dos métodos distintos, uno cuantitativo (muestreadores canisters / análisis con Medusa ² / GC-MS) y otro semicuantitativo (Tenax TA / análisis por GC-MS). NILU evaluó los resultados de cuatro compuestos (metilcloroformo, nitrobenceno, isobutano y tolueno), que según se había informado previamente presentaban concentraciones muy altas, lo que fue muy comentado en los medios. Los resultados de las mediciones de NILU muestran concentraciones mucho más bajas y se concluyó que las mediciones anteriores se realizaron con un error significativo en la calibración. La concentración promedio de benceno ambiental fue de 1,0 µg/m ³ en áreas industriales y 0,3 µg/m ³ en áreas residenciales/de referencia, ambas más bajas que los valores máximos fijados internacionalmente. Los principales compuestos emitidos desde las áreas industriales son los hidrocarburos ligeros, que se detectaron en bajos niveles de concentración.		
TÍTULO EN NORUEGO Fingeravtrykk av flyktige organiske forbindelser i Quintero-Puchuncaví. Resultater fra kartlegging målkampanje		
PALABRAS CLAVE Contaminación industrial Compuestos orgánicos volátiles - COV Calidad del aire		
RESUMEN (en noruego) Rapporten presenterer resultatene fra målinger foretatt i Quintero-Puchuncaví regionen (Chile) for å kartlegge flyktige organiske forbindelser (VOC). To ulike metoder ble benyttet, en kvantitativ (kanister prøvetaker / analyse med Medusa/GC-MS) og en semi-kvantitativ (Tenax TA / analyse med GC-MS). NILU evaluerte resultatene av 4 forbindelser (metylkloroform, nitrobenzen, isobutan og toluen), som tidligere rapporter viste meget høye konsentrasjoner av og som har vært mye omtalt i media. NILUs måleresultater viser mye lavere konsentrasjoner, og konkluderer med at målingene som ble foretatt tidligere ikke ble riktig kalibrert. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av benzen var 1,0 µg/m ³ i industriområder og 0,3 µg/m ³ i bolig- / bakgrunnsområder, begge lavere enn internasjonale grenseverdier. Hovedforbindelsene i utslippene fra industriområdene er lette hydrokarboner, som ble påvist ved lave konsentrasjonsnivåer.		
TIPO DE PUBLICACIÓN: Documento digital (pdf)		IMAGEN DE PORTADA: Fuente: NILU

© NILU – Instituto Noruego de Investigación del Aire

Esta publicación puede ser citada libremente indicando la fuente.

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

¹ El presente informe fue traducido al español y editado, desde el original en Inglés, por NIVA Chile – Instituto Noruego de Investigación de Aguas.

² Nota del Traductor (NdT): Medusa corresponde a un sistema automatizado para la pre concentración criogénica de gases, fabricado especialmente para la red NASA – AGAGE.

Prefacio

Este informe científico es el informe final del proyecto "COV - Campaña de medición en terreno en la zona de Quintero-Puchuncaví (Chile)". El proyecto es financiado por el Ministerio del Medio Ambiente de Chile. En agosto y septiembre de 2018 se informó una serie de episodios en la zona de Quintero-Puchuncaví (Chile), durante los cuales la población ubicada en las cercanías del sector industrial sufrió 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 presumiblemente a las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) del área industrial en torno a la bahía de Quintero-Puchuncaví.

El objetivo de este proyecto era realizar un estudio de medición de compuestos orgánicos volátiles en la zona de Quintero-Puchuncaví (Chile) y establecer, a partir de sus resultados, una huella digital preliminar de contaminantes orgánicos gaseosos en la zona. El estudio de medición se centró principalmente 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. Este proyecto no podrá explicar las razones detrás de los eventos ocurridos con anterioridad.

El foco de este estudio está puesto en la **intensidad de las fuentes** de COV fugitivos, de emisiones próximas al suelo y su **impacto** en áreas residenciales cercanas. El foco también está puesto en determinar la **huella digital** de las emisiones industriales de COV y la detección de dichas huellas en las masas de aire en áreas cercanas. El equipo del proyecto no cuenta con **competencias en salud**, por lo que los resultados se evalúan de acuerdo con los valores de COV máximos existentes y establecidos internacionalmente. Es importante destacar que este estudio no incluyó mediciones de dióxido de azufre (SO₂) ni de partículas.

El resultado de este estudio se utilizará para recomendar futuros programas de muestreo en la zona, además de recomendaciones para crear un laboratorio chileno para el análisis de COVs en áreas industrializadas y urbanas.

El trabajo ha sido realizado por el Dr. Norbert Schmidbauer y liderado por la Dra. Susana López-Aparicio de NILU - 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. Además, se realizó un muestreo en escuelas con el apoyo del Sr. Tomás Opazo Céspedes (Director de la Escuela Sargento Aldea en Ventanas), la Sra. Fanny Contreras (Directora de la Escuela La Greda en Quintero) y la Sra. Catalina Orlandini (Directora de la Escuela Santa Filomena en Puchuncaví).

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 durante todo el proyecto. El control de calidad en NILU ha sido realizado por el Dr. Tore Flatlandsmo Berglen.

Descripción de NILU - Instituto Noruego de Investigación del Aire

NILU - Instituto Noruego de Investigación del Aire (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 enfocado en lograr 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 anualmente cerca de 150 artículos revisados por pares y varias de sus actividades de investigación son revisadas periódicamente en representación del Consejo de Investigación de Noruega, siendo calificadas como las más altas a nivel nacional.

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 ciudadana 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, 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 incluye 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, y opera varias bases de datos internacionales además de cientos de portales de proyectos.

El Laboratorio de Química Ambiental de NILU tiene 50 trabajadores, realiza investigación y ofrece una amplia variedad de servicios en química orgánica e inorgánica, incluido el apoyo nacional al 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 instrumental 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 de 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, relación de mezcla de 10^{-6} , es decir, 1 molécula por cada 1.000.000 de moléculas
ppb	Partes por mil millones, relación de mezcla de 10^{-9} , es decir, 1 molécula por cada 1.000.000.000 de moléculas
ppt	Partes por millón de millones, relación de mezcla de 10^{-12} , 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 relaciones 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; y 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 relación 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

Contenidos

Contenidos

Prefacio.....	2
Descripción de NILU - Instituto Noruego de Investigación del Aire.....	3
Abreviaturas	5
Unidades.....	6
Contenidos.....	7
Resumen	8
1 Introducción	11
1.1 Compuestos orgánicos volátiles	11
1.2 Valores máximos para COV.....	11
1.3 Objetivo del estudio.....	12
2 Área de estudio	14
3 Metodología	16
3.1 Sitios de muestreo y estrategia	16
3.2 Muestreadores y métodos analíticos	19
3.2.1 Muestreo y método analítico I.....	20
3.2.2 Muestreo y método analítico II.....	21
4 Resultados e interpretación	23
4.1 Compuestos que contienen azufre.....	23
4.2 Solventes clorados	24
4.3 Agentes refrigerantes	25
4.4 BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos)	26
4.4.1 BTEX en localidades regionales/residenciales	26
4.4.2 BTEX en localidades industriales.....	27
4.4.3 Normalización de BTEX por benceno.....	28
4.4.4 Normalización de BTEX por acetileno.....	29
4.5 Hidrocarburos ligeros.....	30
4.6 Resultados de las muestras en Tenax TA.....	32
5 Principales resultados y conclusiones.....	34
6 Acciones a seguir y recomendaciones.....	36
7 Referencias.....	37
Appendix A – Anexo A Listado de productos Oxiquim A.S.....	38
Appendix B – Anexo B Resultados del muestreo y análisis con sistema medusa	40
Appendix C – Anexo C Concentración de VOC medidos con Tenax	47
Appendix D – Anexo D Presentación en el Workshop (15 de Marzo de 2019)	86
Appendix E – Anexo E Comunicación y misiones de NILU a Chile.....	110

Resumen

En este informe, NILU presenta los resultados obtenidos durante tres campañas de medición que se realizaron como un primer estudio de medición de compuestos orgánicos volátiles (COV) en la zona de Quintero-Puchuncaví. 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 las áreas residenciales y escuelas cercanas. El estudio de medición se centrará en halocarburos, hidrocarburos, alcoholes, ácidos orgánicos, cetonas/aldehídos, compuestos aromáticos, compuestos con cloro o grupos nitrogenados y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) muy ligeros, entre otros compuestos orgánicos desconocidos. Se seleccionaron dos métodos distintos, uno cuantitativo que ofrece una alta precisión y exactitud en la determinación de la concentración de los compuestos de interés (muestras en canisters y análisis químico por medio de concentración criogénica con sistema Medusa acoplado a GC-MS) y un segundo método semicuantitativo para identificar compuestos orgánicos desconocidos (muestreo en tubos de adsorción Tenax TA y análisis químico por desorción térmica automática acoplado a GC-MS).

Un equipo de tres personas del Ministerio del Medio Ambiente, apoyado por un científico de NILU, tomó muestras en las áreas en torno al complejo industrial Quintero-Puchuncaví y Concón durante algunos días. Se tomaron muestras de aire en 17 lugares distintos en la zona de Quintero-Puchuncaví y en 11 lugares en la zona de Concón.

Las muestras se tomaron siguiendo cuatro estrategias distintas:

- 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 plumas de las áreas industriales apuntaban hacia áreas residenciales o escuelas también se tomaron muestras;
- 3) Se dejaron equipos en escuelas y viviendas para hacer el muestreo durante períodos de olores;
- 4) Muestreo pasivo para mediciones promedio durante períodos de tiempo más largos.

Se utilizaron dos métodos de muestreo y análisis distintos. El primero buscó 20 compuestos halogenados (incluido el metilcloroformo), 4 compuestos que contienen azufre (incluido el sulfuro de hidrógeno) y 14 hidrocarburos ligeros, incluidos etano, propano, butanos y pentanos, así como acetileno, etileno y propileno y los compuestos aromáticos benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX). Este método se enfoca solo en esos compuestos, por lo que otros no son identificados. Las muestras se tomaron en canisters Summa³, previamente evacuados, las que posteriormente se analizaron por medio de una etapa de pre-concentración en una unidad de enfoque criogénico 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 con estándares de redes internacionales (es decir, AGAGE, NOAA o NPL) antes y después del análisis cromatográfico

³ 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 (NiCrOx)).

de cada una de ellas. El segundo método apunta a identificar COV desconocidos después de muestreados (“colectados”) en un tubo de adsorción⁴. El método es semicuantitativo, pero se calibra con tolueno para tener un punto de referencia común. Se eligió Tenax TA como un adsorbente universal para tener un amplio espectro de compuestos que se pueden capturar y liberar con termo desorción. La identificación de los COV se realiza con GC-MS en modo de escaneo utilizando la biblioteca de espectros de masa junto con una base de datos de índices de tiempo de retención.

Resumen de resultados de los cuatro compuestos comentados en los medios

Las mediciones de altos niveles ppm (partes por millón) de metilcloroformo, nitrobenceno, isobutano y tolueno hechas con un monitor MIRAN fueron ampliamente comentadas en los medios chilenos. El sulfuro de hidrógeno (H₂S) también fue mencionado en la prensa como un posible contaminante. Las mediciones de metilcloroformo durante las campañas realizadas en este estudio muestran niveles menores a 2 ppt, varios millones de veces más bajos que las concentraciones comentadas en los medios. El metilcloroformo medido en todas las muestras indica una concentración de referencia global atmosférica menor a 2 ppt. Este compuesto ha sido medido cada dos horas en 10 sitios de fondo diferentes en todo el mundo con alta precisión y exactitud, desde que el Protocolo de Montreal (1989⁵) prohibiera su producción y uso. Las mediciones de AGAGE⁶ y de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) no registran su producción ni uso en las últimas décadas. Es muy poco probable que el metilcloroformo haya mostrado concentraciones tan altas en Chile.

NILU no encontró nitrobenceno en ninguna muestra con un método de medición con un límite de detección de 100 ppt (el límite de detección significa que el método no puede detectar relaciones de mezcla inferiores a 100 partes por millón de millones).

En el proyecto:

Los niveles de isobuteno estaban entre 0,1 y 15 ppb y nunca en rangos de ppm.

Los niveles de tolueno estaban entre 0,2 y 5 ppb y nunca en rangos de ppm.

Los niveles de H₂S estaban entre 0,1 y 0,4 ppb.

Resumen de resultados de COV para el área industrial Quintero-Puchuncaví

Los principales compuestos emitidos desde las áreas industriales son hidrocarburos ligeros, que se detectaron en bajos niveles de concentración. La suma de los 14 hidrocarburos medidos fue inferior a 25 µg/m³ en las áreas de fondo y los niveles se elevaron a unos 200 µg/m³ durante los episodios en los que el equipo de muestreo podía percibir olor a hidrocarburos. En condiciones normales de dispersión, las plumas industriales se diluyen hasta acercarse a los niveles de fondo a una distancia de algunos cientos de metros desde la fuente. La huella digital de los sitios industriales no se pudo encontrar en ninguna de las muestras tomadas en las áreas residenciales ni en las tres escuelas de Quintero y Puchuncaví.

⁴ **Adsorción** es el proceso en el cual las moléculas de gas se adhieren a una superficie del adsorbente (sin reacciones químicas). **Absorción** es el proceso en el cual el gas es disuelto por un líquido o un sólido (absorbente), incluyendo reacciones químicas.

⁵ NdT: La producción y el consumo de metilcloroformo están prohibidos en los países en desarrollo, desde el 01 enero 2015.

⁶ AGAGE - Experimento Mundial Avanzado de Gases Atmosféricos (Advanced Global Atmospheric Gases Experiment).

NILU no pudo identificar plumas que salieran del sector más al norte del área industrial, lo que significa que AES GENER, Cementos Melón y Codelco Ventanas no están contribuyendo considerablemente a las emisiones de COV fugitivas próximas al suelo.

La suma de otros COV tomados por tubos de adsorción Tenax varió entre 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en los sitios de fondo/residenciales y 100-180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ cerca del sitio industrial, pero con una mayoría de muestras entre 30 y 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos niveles son comparables con los niveles de COV en ciudades, tanto en ambientes interiores como en exteriores.

Resumen de resultados de COV para el área industrial de Concón

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 área residencial cercana, incluso durante el verano. La suma de los 14 hidrocarburos llegó hasta 325 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante la noche y en condiciones de baja velocidad del viento. Esas situaciones eran bastante locales (varían de una calle a otra) y cambiaban rápidamente durante la noche, pero las plumas podían ser percibidas debido a un fuerte olor a hidrocarburos. Las concentraciones máximas de COV llegaron hasta 2000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2 mg/m^3) en una vivienda.

Resumen de la huella digital de COV

Las emisiones de COV en las áreas industriales se deben principalmente a los procesos de evaporación de los productos derivados del petróleo y el gas. El acetileno (etino) es un compuesto que no proviene de fuentes naturales - no hay acetileno en los productos derivados del gas o del petróleo que se evaporan en los sitios industriales. La principal fuente de acetileno son los procesos de combustión, como los de los motores de los automóviles. **Por lo tanto, la relación hidrocarburo:acetileno es muy diferente para las plumas que provienen de las áreas industriales que para las masas de aire en los sitios de fondo o áreas residenciales.** La relación hidrocarburo-acetileno es una herramienta muy útil para evaluar si las emisiones de las áreas industriales influyen directamente en el aire de las áreas residenciales y hasta qué punto. Las tres campañas de medición se realizaron durante la primavera y el verano (2018-2019). Las condiciones meteorológicas durante el verano suelen ser mejores que en invierno para dispersar los contaminantes, por lo que las plumas de las áreas industriales estarán más diluidas al acercarse a las áreas residenciales durante el verano. Por otro lado, las evaporaciones durante la época más calurosa del año deberían producir las concentraciones más altas de las fuentes industriales. En condiciones de dispersión normales, considerando la distancia con las áreas residenciales cercanas, las concentraciones de COV de las plumas desde las áreas industriales deberían estar en rangos $\mu\text{g}/\text{m}^3$ muy altos o mg/m^3 más bajos para permitir la detección de la influencia de las plumas de COV en las áreas residenciales. Durante las tres campañas, la intensidad de la fuente de las emisiones nunca fue lo suficientemente alta como para influir de manera medible en el aire de las zonas aledañas. La relación hidrocarburo:acetileno en las masas de aire que salen de un área industrial es diferente de aquellas masas de aire de fondo o urbanas, por lo que, en el caso de altas emisiones de COV desde los sitios industriales, debería ser posible medir y cuantificar su influencia en las áreas residenciales cercanas de Quintero y Puchuncaví.

Huella digital de compuestos orgánicos volátiles en la zona de Quintero-Puchuncaví

Resultados de la campaña preliminar (screening) de medición de COV(screening) de medición de COV

1 Introducción

1.1 Compuestos orgánicos volátiles

Los compuestos orgánicos volátiles (COV) abarcan una gran variedad de químicos orgánicos con una alta presión de vapor y por consiguiente, una alta volatilidad. En condiciones atmosféricas normales los COV están en fase líquida. Sin embargo, como tienen una alta presión de vapor, también estarán presentes en el aire sobre la fase líquida. Ejemplos de COV son los hidrocarburos (como propano, butano, benceno, tolueno y xileno), alcoholes (como metanol, etanol y propanol), aldehídos y cetonas (como formaldehído, acetaldehído y acetona) y ácidos orgánicos (por ejemplo, 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 la evaporación, los biocombustibles (por ejemplo, calefacción y cocina), productos de consumo (como solventes, refrigerantes, pinturas o materiales de construcción) o quema de biomasa. Las emisiones mundiales de COV de origen antrópico se estiman en unas 200 millones de toneladas de C/año. Las principales fuentes de COV son la vegetación, el suelo y el océano. Las emisiones mundiales de COV de origen natural se estiman entre 400 y 1200 millones de toneladas de C/año.

1.2 Valores máximos para COV

No hay valores máximos 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/CE; 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/CE).

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

Los valores máximos se establecen 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 establecieron 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/m³) y el límite de exposición ocupacional (8 horas promedio 3 mg/m³), hay un factor de 600 entre ambos valores máximos.

Tabla 2: Valores normativos máximos para la exposición ocupacional al benceno, xileno y propano (TWA 8 horas). Los valores para otros compuestos orgánicos se pueden obtener en 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

1.3 Objetivo del estudio

Este estudio se centra en un área industrial de Chile, en el sector de Quintero-Puchuncaví, caracterizado por la actividad industrial (i.e., generación de energía, industria metalúrgica e industria petroquímica). Según entendemos, no existe ningún estudio con información sobre los COV ambientales y la potencial contribución de las áreas industriales de Quintero-Puchuncaví, que utilice el enfoque de canisters de acero inoxidable-tubos Tenax. Este enfoque (canisters y tubos de adsorción) nunca se ha utilizado en la zona. Sin embargo, hay algunos informes que incluyen algunas mediciones de COV con tubos de adsorción.

En agosto y septiembre de 2018 se informó una serie de episodios en la zona de Quintero-Puchuncaví (Chile) durante los cuales la población ubicada en las cercanías del sector industrial sufrió 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 presumiblemente 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, isobutano 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 Montreal⁷ estipula que la producción y el uso de clorofluorocarbonos (CFC), halones, tetracloruro de carbono y metilcloroformo debe terminar en el año 2000, y 2005 en el caso del metilcloroformo. El nitrobenceno no se ha detectado 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.

⁷ NdT: Para los países en desarrollo, la prohibición de la producción y el consumo de los CFC, halones y tetracloruro de carbono, a partir del 01 de enero de 2010, y para el metilcloroformo, a partir del 01 enero 2015.

Este informe resume los resultados obtenidos durante tres campañas de medición que se realizaron como un primer estudio de muestreo de compuestos orgánicos volátiles (COV) en la zona. El objetivo del estudio fue caracterizar la huella digital de los contaminantes orgánicos gaseosos en la zona y su posible relación con las emisiones fugitivas del área industrial. El estudio de medición se centrará en halocarburos, hidrocarburos, alcoholes, ácidos orgánicos, cetonas/aldehídos, compuestos aromáticos, compuestos con cloro o grupos nitrogenados y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) muy ligeros, entre otros compuestos orgánicos desconocidos. Se seleccionaron dos métodos diferentes, uno cuantitativo que ofrece una alta precisión y exactitud para medir la concentración de compuestos específicos (es decir, muestreadores cánisters y análisis químico con Medusa - GC-MS) y un segundo método semicuantitativo para identificar compuestos orgánicos desconocidos (es decir, muestreadores de adsorción Tenax TA y análisis químico por GC-MS).

2 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 cantidad de población y 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 se centra en torno a la bahía de Quintero (Figura 1) donde se ubica el complejo industrial en la frontera entre los municipios de Quintero y Puchuncaví. En el lado norte del complejo (Ventanas), las actividades industriales consisten principalmente en planta generadora de energía a carbón, la metalurgia (fundición de cobre) y la 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 al sur de Quintero y la actividad industrial es principalmente la refinería de petróleo, que incluye más de 20 pilas de unos 30 y 55 metros.

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 soplan con frecuencia vientos del noroeste (para más detalles, véase Gallardo et al., 2000). En la zona 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 izquierda). 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 (izquierda, modificada a partir de d-maps.com) y la ubicación de las actividades industriales en Quintero-Puchuncaví (derecha, fuente: mongabay.com). El cuadrado rojo en la figura de la izquierda representa el área detallada en la figura de la derecha.

Tabla 3: Listado de las instalaciones industriales más importantes en el sector de Quintero-Puchuncaví y breve descripción del tipo de operaciones industriales y tecnologías de control de emisiones. Fuente: Información entregada por las instalaciones industriales al Ministerio del Medio Ambiente.

Nombre	Descripción
AES GENER ("Eléctrica Ventanas")	Central termoeléctrica a carbón (4 unidades) ubicadas en el municipio de Puchuncaví. Las tecnologías de control de emisiones incluyen desulfuración, sistemas de filtración de partículas y técnicas de combustión tangencial para reducir las emisiones de NO _x .
CEMENTOS MELÓN	Fábrica de cemento.
CODELCO VENTANAS S.A.	Refinería de fundición de cobre que produce cátodos de cobre, además de oro, plata y selenio a partir del ánodo resultante del proceso de refinación. Los gases liberados durante la producción se capturan y procesan en una planta de ácido sulfúrico para producir ácido sulfúrico comercial.
OXIQUM S.A.	Instalación petroquímica. La operación principal es la carga/descarga de camiones cisterna para líquidos a granel desde su terminal marítimo en la bahía de Quintero, traslado a las instalaciones de almacenamiento y distribución para la industria y el sector minero. El Anexo A incluye una lista de los productos almacenados y las posibles fuentes de COV.
GASMAR	Instalación de almacenamiento de gas licuado del petróleo (GLP). Comúnmente, el GLP es principalmente propano, butano o una mezcla de ambos. La operación principal es la descarga de GLP de los camiones petroleros en el terminal marítimo OXIQUM, el almacenamiento en tanques refrigerados (capacidad total de 145000 m ³) y distribución a través de tuberías a la Región Metropolitana o por camión a diferentes clientes.
ENAP	Instalación de almacenamiento de diésel y gas natural licuado (GNL). El GNL es principalmente metano. La operación principal es la descarga de GNL en el terminal marítimo, el almacenamiento y la regasificación.
GNL	Almacenamiento y regasificación de GNL.
COPEC	Almacenamiento de gasolina y combustibles.
SHELL	Almacenamiento de gasolina y combustibles.
ENDESA	GNL/central termoeléctrica diésel.

3 Metodología

3.1 Sitios de muestreo y estrategia

El sitio de muestreo y el diseño de la campaña de medición se decidió en estrecha colaboración entre NILU y el Ministerio del Medio Ambiente. Se realizaron más de 10 reuniones (videoconferencias) para obtener una comprensión acabada del área sujeta a estudio y planificar la campaña en terreno. Una visita de Rodrigo A. Romero Maldonado a NILU durante la semana del 29 al 31 de octubre (2018) fue apoyada por reuniones con expertos de NILU en meteorología y monitoreo de la contaminación del aire en áreas industriales para diseñar la campaña en terreno.

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 medición que pudiese proporcionar información sobre la huella digital de contaminantes orgánicos en la zona. El estudio incluye halocarburos, hidrocarburos, alcoholes, ácidos orgánicos, cetonas/aldeídos, compuestos aromáticos, compuestos con cloro o grupos nitrogenados e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) muy ligeros, entre otros compuestos orgánicos desconocidos.

La Figura 2 muestra la ubicación de los puntos de muestreo en las zonas de Quintero-Puchuncaví y Concón y la Tabla 4 entrega detalles de los muestreos. La zona de Concón se incluyó en una etapa posterior del proyecto. Tanto Quintero-Puchuncaví como Concón se caracterizan por una intensa actividad industrial, pero abarcan diferentes procesos industriales. En Quintero-Puchuncaví, aparte de la central termoeléctrica y la fundición de cobre, los procesos industriales están dominados por la carga/descarga, el almacenamiento y la distribución de productos petroquímicos, mientras que el área industrial de Concón se caracteriza por los procesos de producción (i.e. la refinería). A partir de la ubicación de las instalaciones industriales y la prevalencia de las condiciones meteorológicas en el área (i.e. la dirección y velocidad del viento), se decidió realizar un muestreo transversal que permitiera la identificación potencial de las principales fuentes contribuyentes entre las instalaciones industriales (e.g. los puntos 14A, 10A, 11A y 12A en la Figura 2). Además, los puntos de muestreo a cierta distancia de las instalaciones industriales (e.g. 16A y 7A en la Figura 2) fueron seleccionados para captar la contribución potencial en la dirección del viento y los puntos de muestreo en las áreas residenciales y escuelas (i.e. 1A y 9A en la Figura 2).

La primera campaña de medición se llevó a cabo durante la semana del 5 al 9 de noviembre de 2018, la segunda entre el 13 y el 15 de noviembre y la tercera se realizó entre el 16 y el 18 de enero de 2019. Asumiendo el desconocimiento respecto del perfil de contaminantes orgánicos posibles de identificar y sus niveles de concentración en las zonas de Concón y Quintero-Puchuncaví, la primera y segunda campañas de medición (semanas del 5 al 9 y del 13 al 15, ambas del mes de noviembre 2018) fueron consideradas como la fase preliminar, es decir como una primera fase exploratoria de mediciones (screening). Dicha fase de screening entregó las primeras indicaciones respecto de cuáles COV se podrían identificar y en qué nivel de concentración éstos están presentes en la atmósfera.

Los resultados de esta fase de screening lograron establecer un perfil de COV muy similar al de cualquier sector costero, con niveles de concentración similares a los niveles de fondo (background, es decir, rango entre ppt a unos pocos ppb).

Sin embargo, este mismo screening dejó de manifiesto una directa relación entre la detección de olores y el aumento de la concentración de ciertos hidrocarburos como se desprende de los resultados de las tablas en los Anexos B y C (BTXs - Benceno, Tolueno e Hidrocarburos Alifáticos - Butanos, Pentanos).

A fin de generar información sobre los niveles de COV presentes en las zonas y dado el número de muestreadores disponibles, se decidió mantener durante la segunda fase el mismo esquema de monitoreo anterior. Esto permitió corroborar la presencia de olores desagradables. Durante la tercera semana de enero (16 al 18 de enero de 2019) se llevó a cabo la segunda fase de medición con la visita de expertos del NILU a Chile (Dr. Norbert Schmidbauer).

Las muestras fueron tomadas por un equipo de tres personas del Ministerio del Medio Ambiente con el apoyo de un científico de NILU durante algunos días. Se tomaron muestras de aire en 17 lugares distintos en la zona de Quintero-Puchuncaví y en 11 lugares en la zona de Concón. Se tomaron muestras a muy pocos metros de las cercas de los sitios industriales para capturar las plumas lo menos diluidas posible. Además, las muestras se tomaron en diferentes escenarios con condiciones de poco viento (1 a 5 m/s) cubriendo distintos sectores del área industrial. Cuando la dirección del viento apuntaba hacia un área residencial o alguna de las tres escuelas del área, también se tomaban muestras en esos sitios.

• **RESUMEN: 4 ESTRATEGIAS DE MUESTREO**

- Muestreo lo más cerca posible de las zonas industriales en condiciones de bajo viento. Esto se hizo preferiblemente 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 algunas de las áreas residenciales o escuelas del área, donde también se tomaron muestras.
- Muestreo apoyado por la participación ciudadana. Se proporcionó equipamiento a las escuelas y a los residentes para tomar muestras durante los períodos en que los ciudadanos podían percibir olores desagradables o extraños.
- Muestreo pasivo durante períodos de tiempo más largos para mediciones promedio.

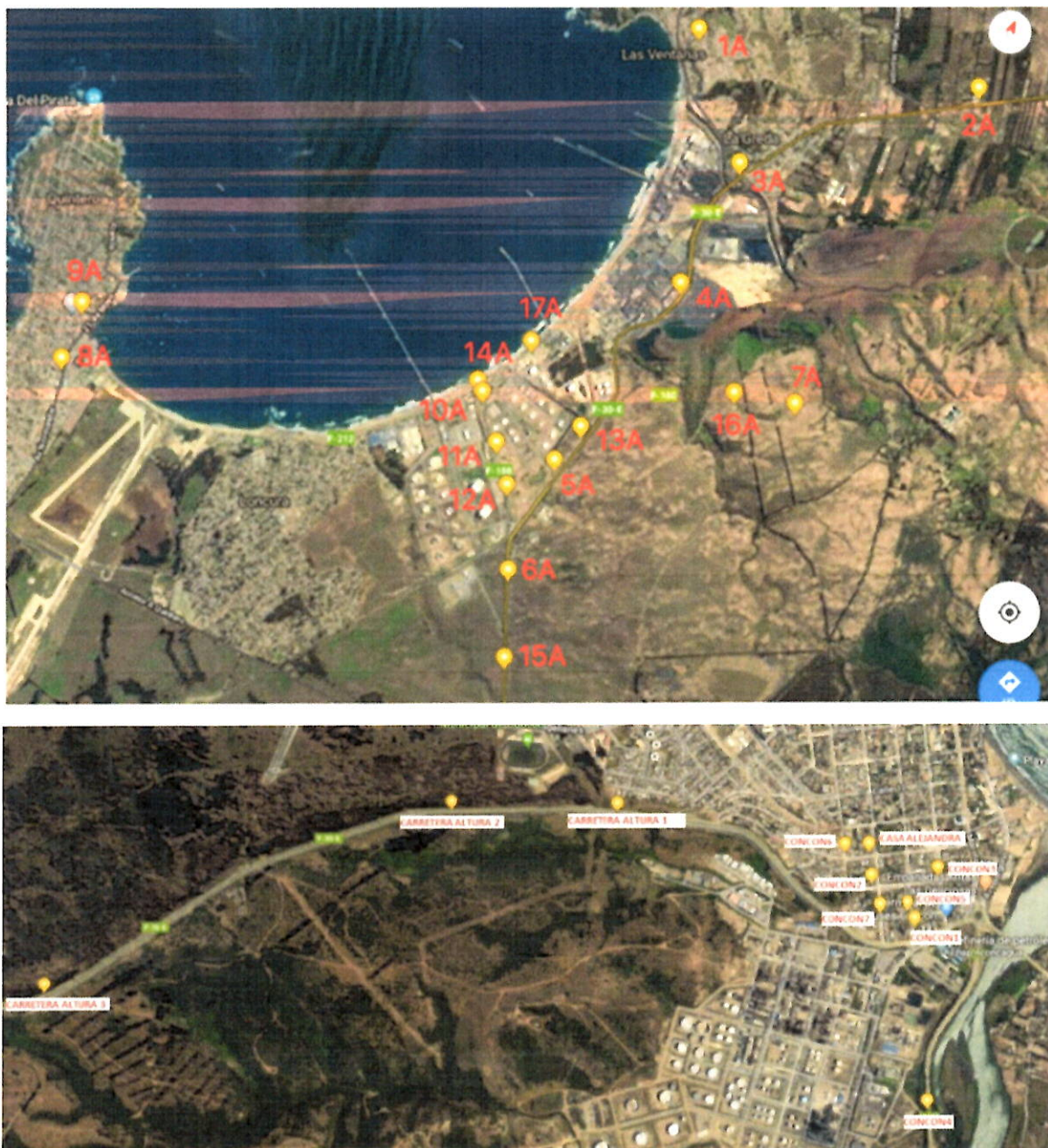


Figura 2: Puntos de muestreo en la zona de Quintero-Puchuncaví (arriba) y Concón (abajo, con el norte a la derecha de la imagen).

Tabla 4: Puntos de muestreo Georreferenciados zonas de Concón y Quintero-Puchuncaví

Zona	Coordenadas UTM	Punto de muestreo	Descripción
Quintero-Puchuncaví	E: 267845.6 N:6373735.7	3A	Aes Gener
	E:267846.3 N:6372566.8	4A	Codelco Ventanas
	E:266700.4 N:6370984.6	10A	Transciente Cerca De Playa
	E:266987.9 N:6370634.4	11A	Mitad Transciente
	E:263226 N:6370188.9	9A	Pasaje Colegio Santa Filomena
	E:267524.8 N:6370715.8	5A	Carretera, Zona Oriente Enap
	E:268679.6 N:6371908.9	7A	Camino A Maitenes
	E:267872.3 N:6368984.4	15A	Salida A Quintero
	E:267574.2 N:6369678.8	6A	Cerca Salida El Bato
	E: 267845.6 N:6373735.7	3A	Aes Gener
	E:266977.8 N:6371060.9	14A	Transciente Borde Playa
	E:267603.1 N:6371074.1	13A	Frente Enap
	E:266862.1 N:6371653.4	17A	Borde Playa Frente Oxiquim
	E:267185.2 N:6374527.5	1A	Colegio Sargento Aldea
	E:269435.1 N:6375227.3	2A	Colegio La Greda
	E:263267.3 N:6369674.5	8A	Municipalidad de Quintero
	E: 269193.4 N:6372048.4	16A	Camino a maitenes 2
	Concón	E:265577.9 N:6354383.7	CONCON1
E:265396.7 N:6354229.2		CONCON2	Calle 13 / Calle Cortés
E:265396.6 N:6354479		CONCON3	Calle 13 / Calle Sta Margarita
E:266273.8 N:6354355.7		CONCON4	Ruta F-32
E:265277.6 N:6354225.7		CASA ALEJANDRA	Calle 12 / Calle Cortés
E: 265518.6 N:6354357.7		CONCON5	Calle 14/ Calle San Agustín
E:265269.1 N:6354138.3		CONCON6	Calle Vergara / Calle 12
E:265512.3 N:6354254.1		CONCON7	Calle 14 / Calle Cortés
E:265018.7 N:6353306.2		CARRETERA ALTURA 1	Ruta F-30-E
E:265444.8 N:6351170.9		CARRETERA ALTURA 3	Ruta F-30-E
E:264948.3 N:6352698.6		CARRETERA ALTURA 2	Ruta F-30-E

3.2 Muestreadores y métodos analíticos

En las campañas se emplearon dos métodos de muestreo distintos, los que utilizaron dos tipos de muestreadores (Figura 3).

Los canisters para el muestreo de aire, utilizaron un manifold (tubo conector acoplado a una válvula Nupro y un manómetro), con el propósito de coleccionar aproximadamente 9 litros de aire en un lapso de 25-30 minutos.

Por su parte los tubos de adsorción rellenos con Tenax TA (una resina polimérica porosa basada en la polimerización oxidativa del 2,6-difenilfeno, que se utiliza como un material adsorbente, disponible en el comercio) fueron utilizados bajo las siguientes dos modalidades:

Muestreo Activo. En esta condición el tubo Tenax TA es conectado directamente a una bomba de muestreo de aire, a un de flujo de 70 ml/min, para coleccionar un volumen de aire de aproximadamente 2.5 litros por muestreo. Luego los extremos del tubo fueron cerrados herméticamente y los tubos enviados a NILU en Noruega para su posterior análisis

cromatográfico. Esta técnica se utiliza para la colección de COV durante cortos periodos de tiempo (normalmente 1 a 25 minutos de muestreo).

Muestreo Pasivo. En esta condición, el tubo Tenax TA fue expuesto al aire ambiente, manteniendo un extremo del tubo cerrado, mientras el otro extremo era conectado a un dispositivo metálico con una rejilla (difusor), que facilita la difusión laminar de los COV a través de éste. Esta técnica se utiliza normalmente para la colección de COV durante largos periodos de tiempo (ej. una semana de exposición de los tubos).

Estos tubos fueron instalados a una altura de 2-3 metros sobre la superficie del suelo y protegidos de condiciones climáticas adversas (lluvia).



Figura 3: Muestreadores utilizados en las campañas de medición. Cánisters (izquierda) y tubo de adsorción Tenax TA (derecha).

3.2.1 Muestreo y método analítico I

El primer método se centró en 20 compuestos halogenados (incluido el metilcloroformo), cuatro compuestos que contienen azufre (incluido el sulfuro de hidrógeno) y 14 hidrocarburos ligeros, incluidos etano, propano, butanos y pentanos, además de acetileno, etileno y propileno, y los compuestos aromáticos benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX). Este método se enfoca solo en esos compuestos, por lo que otros compuestos no son identificados. Las muestras se tomaron en cánisters de acero limpios (Figura 3, izquierda) y posteriormente se analizaron tras una etapa de pre-concentración, en una unidad de enfoque criogénico Medusa acoplada a GC-MS en modo SIM. El método es cuantitativo y proporciona datos con alta precisión y exactitud. Cada muestra se calibra de acuerdo a las normas de redes internacionales (AGAGE y NOAA) antes y después de procesar cada muestra. Antes y después de cada análisis con Medusa, hay un procesamiento normado con un estándar de trabajo. Un estándar de trabajo es un estándar de aire ambiente que se calibra nuevamente contra un estándar de estación⁸. Un estándar de estación es también un estándar llenado con aire ambiente en las instalaciones de calibración de la red AGAGE, ubicado en el Instituto de Oceanografía Scripps de la Universidad de California en La Jolla. Los estándares de estación se calibran antes de su envío a las estaciones contra estándares de segunda generación, que vuelven a calibrarse contra el "Estándar de Oro", que es un estándar preparado

⁸ NdT: Se refiere a un gas estándar de referencia, preparado especialmente para la estación de monitoreo de la red.

gravimétricamente. Los estándares de estación se re-envían a Scripps para recalibrarlos antes de que estos se vacíen. Todas las Unidades Medusa reciben sus valores de calibración directamente desde Scripps a través del software común de gestión de datos y que 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, en Boulder, Colorado) o del Laboratorio Nacional de Física (Londres). La precisión y la exactitud de los resultados suele tener diferencias menores al 1 % cuando se ejecutan en línea. El uso del canister de acero inoxidable electropulido y 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).

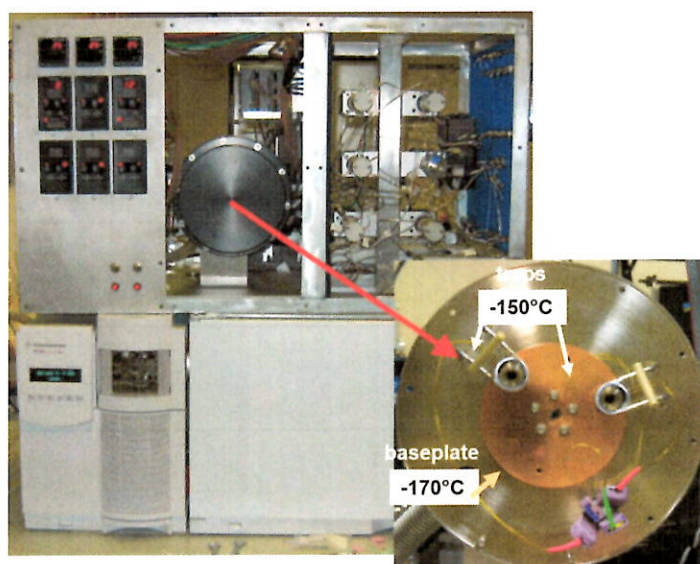


Figura 4: Medusa (Fuente: <http://agage.eas.gatech.edu/instruments-gcms-medusa.htm>. Miller et al., 2008.).

3.2.2 Muestreo y método analítico II

El segundo método apunta a identificar COV desconocidos, colectados en un tubo de adsorción. El método es semicuantitativo, aunque está calibrado con tolueno para tener un punto de referencia común. Dado que el muestreo y análisis con Tenax apunta a compuestos o rangos de concentración desconocidos de antemano, las rutinas de calibración son distintas. El uso de tolueno como un compuesto estándar se explica por varias razones. Es medible en prácticamente todas las muestras tomadas alrededor del mundo, tanto en ambientes interiores como en exteriores. Es un compuesto volátil intermedio en la gama de los COV, menos influenciado por los efectos de avance⁹ del muestreo y no hierve tanto como para adherirse a las superficies dentro de los instrumentos analíticos. También es afín para hacer soluciones de calibración estándar en solventes adecuados como el metanol. El Tenax TA como un adsorbente universal (Figura 3, derecha) fue elegido por tener un amplio espectro de compuestos que pueden captarse y liberarse con la desorción térmica. Se utiliza un desorbedor térmico automático (UNITY de Markes), con captura en frío a -30° C, separación cromatográfica de gases en DB 1701¹⁰ - 1 µm - 50 m acoplada a un espectrómetro de masas Agilent con detección de impacto electrónico (EI) en modo de escaneo.

⁹ NdT Se refiere a un efecto que genera una baja tasa de captura de COVs.

¹⁰ NdT Se refiere a una columna cromatográfica de 50 m de largo y una fase estacionaria de 1 µm de espesor.

La identificación de los COV se realiza con una búsqueda previa automática en dos grandes bibliotecas de espectros de masas (Wiley y NIST). Las sugerencias de búsqueda previa se contrastan de forma manual con la base de datos de índice de tiempo de retención de NILU. Esta base de datos contiene aproximadamente 1.000 de los COV más comunes recopilados durante los últimos 35 años, inyección de compuestos verificada con estándares preparados a partir de sustancias químicas puras. El uso del tiempo de retención, sumado a la búsqueda automática en las bibliotecas, son necesarios para evitar la identificación errónea de compuestos con espectros de masa muy similares. Los compuestos con valores de confianza menores al 85% también se verifican por posible superposición de señales con herramientas de pureza de señales.

4 Resultados e interpretación

Los principales compuestos emitidos desde las áreas industriales en Quintero-Puchuncaví son hidrocarburos ligeros, alcanzando niveles a unos $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante los episodios en los que el personal de muestreo podía percibir olor a hidrocarburos.

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 área residencial cercana. Las concentraciones máximas de COV llegaron hasta $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($2 \text{ mg}/\text{m}^3$) en una vivienda ($1986,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, página 85).

4.1 Compuestos que contienen azufre

Los compuestos con azufre pueden ser detectados por humanos incluso en concentraciones muy bajas. Todos los resultados se muestran en el Anexo B. La Tabla 5 y la Figura 5 muestran los valores promedio de los compuestos que contienen azufre además de los valores mínimo y máximo.

Las relaciones de mezcla encontradas en este proyecto son muy bajas, el valor de H_2S más alto medido era inferior a 1 ppb. Esto está claramente por debajo del umbral de olor de esos compuestos, que en el caso de H_2S está entre 10 ppb y 1500 ppb. No hubo indicios de grandes emisiones de esos compuestos durante las tres campañas de medición. Los valores límites máximos ocupacionales están en el rango de 10 ppm (10000 ppb) o superior.

Tabla 5: Relación de mezcla promedio de compuestos orgánicos con azufre en las muestras recogidas en la zona de Quintero-Puchuncaví. SD: desviación estándar. Máx: valor máximo. Mín: valor mínimo. N: cantidad de muestras. Unidad: ppt (partes por millón de millones).

Unidad: ppt	COS	H_2S	CH_3SH	CS_2
Promedio	726,8	181,3	8,8	90,6
SD	121,6	124,6	9,0	54,1
Máx	1.252,5	853,6	60,1	231,1
Mín	599,6	83,7	3,7	25,2
N	47	47	47	47

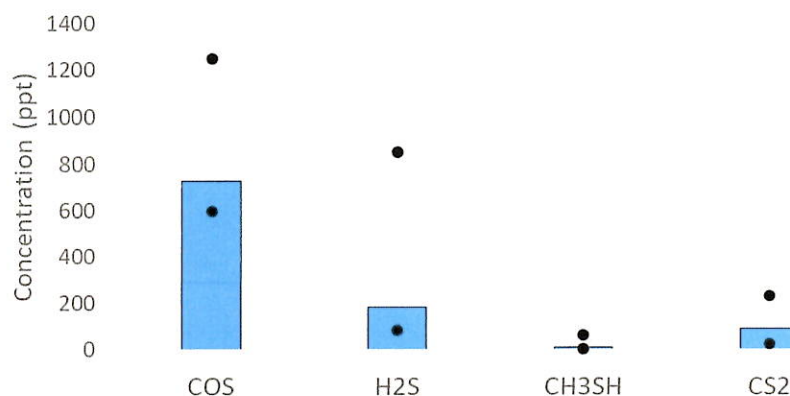


Figura 5: Relación de mezcla promedio de compuestos orgánicos que contienen azufre en la zona de Quintero-Puchuncaví. Los círculos negros representan los valores máximos y mínimos obtenidos.

4.2 Solventes clorados

Todos los resultados se muestran en el Anexo B. La Figura 6 y la Tabla 6 muestran un resumen de los resultados representados por los valores promedio y la mediana, junto con el máximo y el mínimo. Los resultados muestran que no hay indicios de emisiones de compuestos clorados fuera del área industrial.

Tabla 6: Relación de mezcla promedio de compuestos orgánicos clorados en las muestras recogidas en la zona de Quintero-Puchuncaví. SD: desviación estándar. Máx: valor máximo. Mín: valor mínimo. N: cantidad de muestras. Unidad: ppt (partes por millón de millones).

Unidades: ppt	CH ₂ Cl ₂	CHCl ₃	CH ₃ CCl ₃	TCE	PCE
Promedio	23,1	9,0	1,7	0,2	3,7
SD	7,6	1,8	0,1	0,1	3,1
Máx	51,3	14,6	1,9	0,6	15,3
Mín	18,1	6,0	1,5	0,0	0,5
N	38	38	38	38	38

Las mediciones de metilcloroformo (CH₃CCl₃) durante las campañas realizadas durante este estudio muestran menos de 2 ppt (partes por millón de millones), que son varios millones de veces más bajas que las concentraciones comentadas en los medios de comunicación. En todas las muestras tomadas en Quintero-Puchuncaví-Concón, el metilcloroformo aparece en concentraciones menores de 2 ppt, en relación a las referencias globales atmosféricas. Este compuesto ha sido medido cada dos horas en 10 sitios de fondo diferentes alrededor del mundo (Figura 7) con alta precisión y exactitud dado que el Protocolo de Montreal (1987) prohibió su producción y uso. Las mediciones de AGAGE y de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA) no registran su producción ni uso desde hace décadas. Es muy poco probable que el metilcloroformo haya podido mostrar concentraciones de ppm en el sector de Quintero-Ventanas-Puchuncaví durante varias semanas, sin haber sido detectado por la red mundial. Las mediciones que utilizan el monitor MIRAN son erróneas probablemente debido a una grave falta de calibración. Los otros solventes clorados también están dentro del rango de concentraciones de referencia normales.

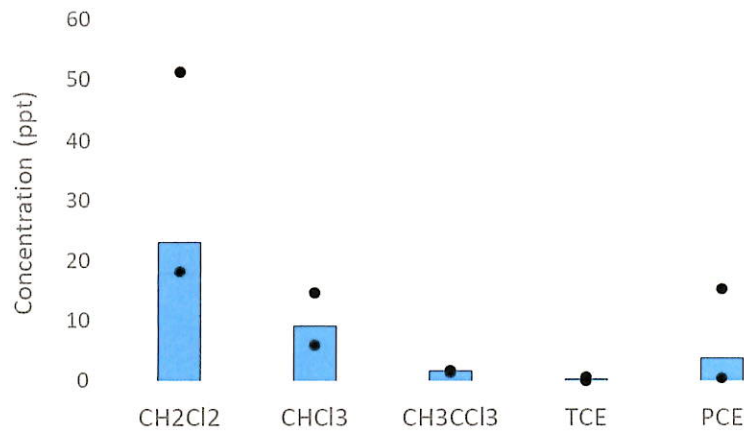


Figura 6: Relación de mezcla promedio de compuestos orgánicos clorados en la zona de Quintero-Puchuncaví. Los círculos negros representan los valores máximos y mínimos obtenidos.

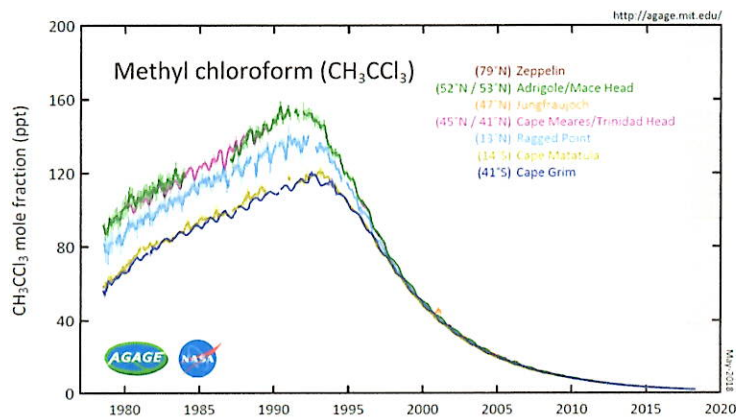


Figura 7: Metilcloroformo medido por AGAGE durante las últimas cuatro décadas.

4.3 Agentes refrigerantes

Todos los resultados se muestran en el Anexo B y un resumen aparece en la Tabla 7 como promedio, mediana, valores máximos y mínimos.

Los compuestos de hidroclorofluorocarbono, hidrofluorocarbono y halón se incluyeron en las campañas de medición debido a su uso generalizado como agentes refrigerantes. Hay varios tanques de almacenamiento de gases y líquidos en el área industrial que se enfrían para minimizar la evaporación. Los dispositivos refrigerantes suelen presentar algunas fugas, lo que lleva a concentraciones muy altas de aquellos compuestos en el aire circundante. En caso de fugas o fallas en esos dispositivos refrigerantes, las plumas que salen del área industrial habrían mostrado niveles elevados de esos gases que podrían haber sido rastreados por varios kilómetros. Ninguna de las muestras del aire que sale de las áreas industriales tenía concentraciones elevadas de esos compuestos. Se midieron algunas concentraciones elevadas en Quintero, lo que probablemente se debe a fugas de aire acondicionado de uso doméstico o de los sistemas de aire acondicionado de los vehículos.

Las mediciones de esos gases también se utilizan como una medida adicional de garantía de calidad para las mediciones con Medusa, siempre que las mediciones muestren concentraciones de fondo globales, que no haya problemas de muestreo, calibración o errores de cálculo.

Tabla 7: Relación de mezcla promedio de compuestos orgánicos con agentes refrigerantes en las muestras recogidas en la zona de Quintero-Puchuncaví. SD: desviación estándar. Máx: valor máximo. Mín: valor mínimo. N: cantidad de muestras. Unidad: ppt (partes por millón de millones).

(ppt)	HCFC-22	HCFC-141b	HCFC-142b	HFC-125	HFC-134a	HFC-152a	H-1211	H-1301
Promedio	239,0	24,5	21,9	57,6	134,7	5,0	3,6	3,4
SD	8,2	1,3	0,1	161,7	166,9	0,3	1,8	0,0
Máx	285,7	30,1	22,3	1.037,4	1.148,1	6,2	14,4	3,4
Mín	235,1	22,7	21,6	25,9	98,7	4,7	3,1	3,3
N	38	38	38	38	38	38	38	38

4.4 BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos)

Los resultados de BTEX se ordenan por lugares de muestreo y se clasifican como regionales/residenciales o como industriales. El Anexo B muestra los resultados completos y las Tabla 8, Tabla 9, Figura 8 y Figura 9 muestran el resumen para las localidades regionales/residenciales e industriales, respectivamente.

4.4.1 BTEX en localidades regionales/residenciales

La Tabla 8 y la Figura 10 muestran las concentraciones promedio, máximas y mínimas de benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos medidas en las áreas regionales/residenciales. La concentración de benceno oscila entre 0,1 y 2,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (promedio de 0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), por debajo del límite de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido por la Directiva de Calidad del Aire de la UE para un año calendario. El tolueno mide en promedio 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que el xileno muestra los valores más altos, 5,2 y 1,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de xileno m + p y o-xileno, respectivamente.

Tabla 8: Concentraciones de BTEX en los lugares regionales/residenciales. SD: desviación típica. Máx: valor máximo. Mín: valor mínimo. N: cantidad de muestras. Unidad: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Unidad: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	benceno	tolueno	etilbenceno	m + p xileno	o-xileno
Promedio	0,3	1,0	1,2	5,2	1,9
SD	0,4	0,6	0,7	3,1	1,1
Máx	2,2	2,4	3,2	13,3	4,8
Mín	0,1	0,2	0,3	0,8	0,3
N	32	32	32	32	32

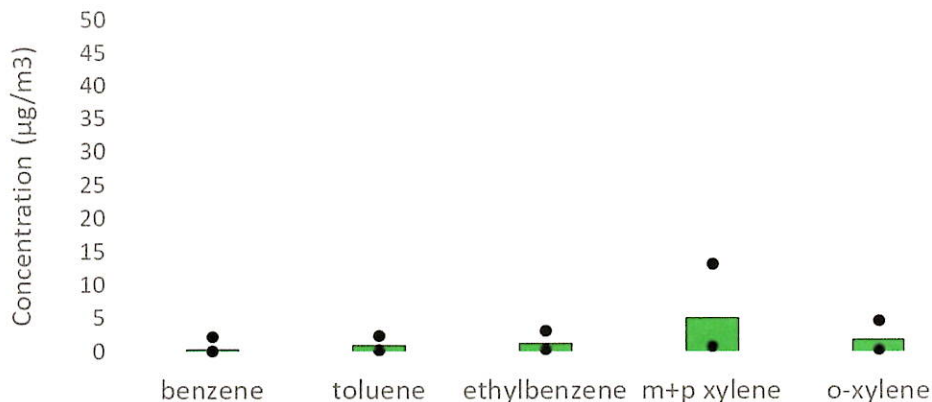


Figura 8: Concentración promedio de BTEX en las localidades regionales/residenciales. Los círculos negros representan la concentración máxima y mínima.

4.4.2 BTEX en localidades industriales

La Tabla 9 y la Figura 9 muestran las concentraciones promedio, máximas y mínimas de benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos medidos en los lugares de muestreo industriales. Los valores son más altos que aquellos medidos en localidades residenciales y se informaron en el capítulo anterior. La concentración de benceno oscila entre 0,1 y 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (promedio de 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), por debajo del límite de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido por la Directiva de Calidad del Aire de la UE para un año calendario. El tolueno mide en promedio 4,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que el xileno muestra los valores más altos: 20,9 y 7,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de xileno m + p y o-xileno, respectivamente. Teniendo en cuenta esta baja concentración y dadas las condiciones normales de dispersión, las plumas relativamente cortas de contaminación no tendrán efectos significativos en los niveles de concentración en las escuelas o áreas residenciales cercanas.

Tabla 9: Concentraciones de BTEX en lugares industriales. SD: desviación estándar. Máx: valor máximo. Mín: valor mínimo. N: cantidad de muestras. Unidad: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	benceno	tolueno	etilbenceno	xileno m+p	o-xileno
Promedio	1,0	4,9	4,6	20,9	7,4
SD	0,6	3,7	2,1	10,1	3,8
Máx	2,5	14,1	9,1	44,8	15,5
Mín	0,1	0,3	2,1	6,5	2,0
N	15	15	15	15	15

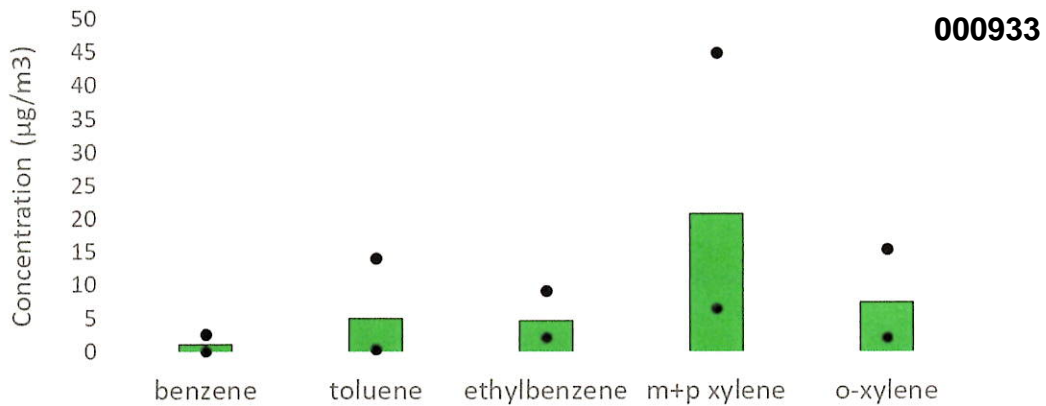


Figura 9: Concentración promedio de BTEX en las localidades industriales. Los círculos negros representan la concentración máxima y mínima.

4.4.3 Normalización de BTEX por benceno

La relación entre tolueno y etilbenceno, y entre xilenos y benceno suele utilizarse como huella digital de las emisiones de los vehículos en las zonas urbanas.

En este estudio, NILU ha evaluado las relaciones en los lugares clasificados como zonas industriales y aquellos clasificados como regionales/residenciales. Los resultados se muestran en la Figura 10 como valores promedio y mediana (por supuesto, la relación entre benceno y benceno es igual a 1).

Como se observa, la relación es similar en ubicaciones residenciales/regionales e industriales. La normalización de los compuestos aromáticos tolueno, etilbenceno y los xilenos por benceno **no muestran una huella** que distinga entre masas de aire fuera de las áreas industriales y masas de aire regionales/residenciales. Las principales fuentes de BTEX son los gases de escape de los vehículos y la evaporación de los combustibles fósiles. Las emisiones de BTEX en los gases de escape de los vehículos son casi completamente causadas por una combustión incompleta y por lo tanto, muy similares a la evaporación de los combustibles fósiles. Ni los valores promedio ni las medianas permiten distinguir entre masas de aire industriales o regionales/residenciales.

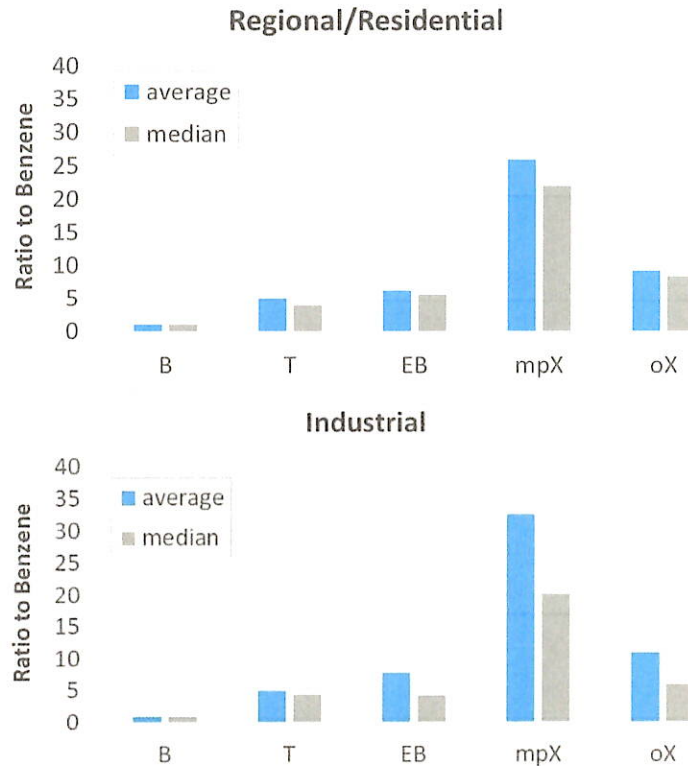


Figura 10: Relación de compuestos BTEX y benceno en áreas regionales/residenciales (arriba) y ubicaciones de muestreo industriales (abajo). Unidad: sin unidad.

4.4.4 Normalización de BTEX por acetileno

Las emisiones de COV de las áreas industriales se deben principalmente a los procesos de evaporación de los productos derivados del petróleo, el gas y los combustibles fósiles. El acetileno (etino, C_2H_2) es un compuesto que no proviene de fuentes naturales: no hay fuentes de acetileno en los productos derivados del gas o el petróleo que se evaporan en los sitios industriales. La principal fuente de acetileno son los procesos de combustión, como los de los motores de los automóviles.

La relación entre BTEX y acetileno es una herramienta muy útil para evaluar si las emisiones de las áreas industriales influyen directamente en el aire de las áreas residenciales y en qué medida. La relación BTEX-acetileno se muestra en la Figura 11. La relación BTEX-acetileno en masas de aire que salen del área industrial es entre 5 y 10 veces más alta que en las áreas regionales o residenciales. En caso de altas emisiones de COV de los sitios industriales, será posible medir y cuantificar su influencia en las áreas residenciales cercanas en Quintero y Puchuncaví. **Por lo tanto, la relación entre BTEX y acetileno es significativamente distinta para las plumas que salen de las áreas industriales y para las masas de aire en sitios de fondo o áreas residenciales.**

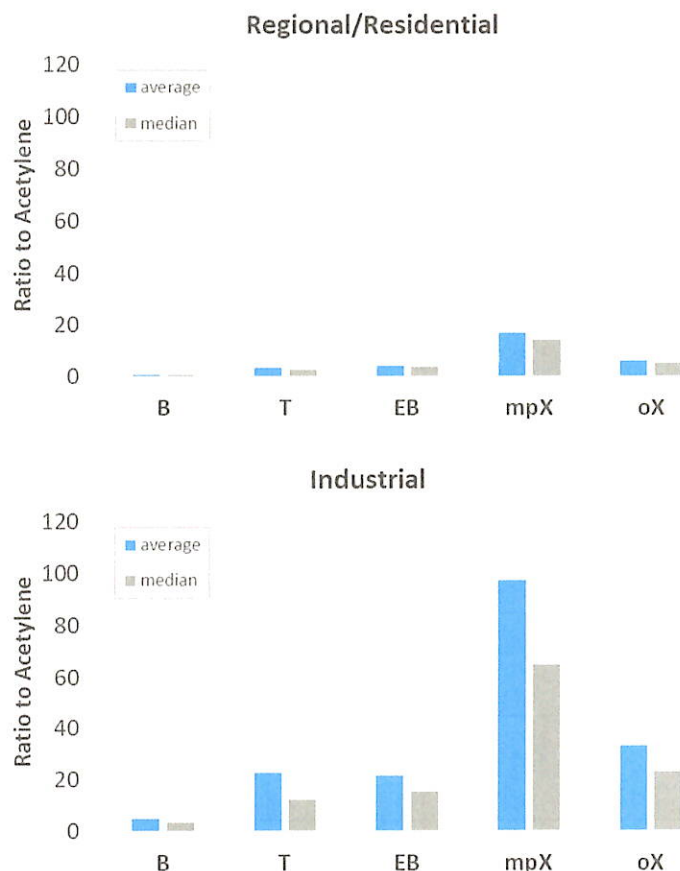


Figura 11: Relación entre compuestos BTEX y acetileno en áreas regionales o residenciales (arriba) y ubicaciones de muestreo industriales (abajo).

4.5 Hidrocarburos ligeros

Todos los resultados de hidrocarburos ligeros se muestran en el Anexo B y se resumen en la Tabla 10 y la Figura 12 (hidrocarburos ligeros se refiere a hidrocarburos con bajo peso molecular como el metano, etano, propano y butano, además de etileno, propileno, etc.).

Las emisiones de hidrocarburos ligeros del área industrial son principalmente butanos y pentanos, con la excepción de una muestra donde la concentración de etano fue elevada. El etileno y el propileno no mostraron una concentración elevada en ninguna de las muestras.

Las concentraciones de propano también son aleatoriamente muy altas o bajas en áreas residenciales, lo que se debe al uso del propano como combustible para cocinas domésticas. Por lo tanto, no es útil incluir el propano en cualquier discusión sobre la huella.

Sin embargo, la relación entre butano, isobuteno, pentano y acetileno muestra diferencias aún mayores entre las masas de aire de los sitios industriales y los sitios regionales/residenciales (Figura 13). La relación es entre 30 y 40 veces mayor en el aire que proviene de las áreas industriales. Eso hace de la relación entre estos cuatro compuestos y el acetileno una huella digital incluso mejor que la de BTEX-acetileno.

Tabla 10: Concentraciones promedio de hidrocarburos ligeros en lugares industriales. SD: desviación estándar. Máx: valor máximo. Mín: valor mínimo. N: cantidad de muestras. Unidad: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	etino	etileno	etano	propileno	propano	i-butano	n-butano	isopentano	neopentano
Promedio	0,3	0,6	1,6	0,5	7,4	5,2	5,2	11,0	8,0
SD	0,2	0,3	4,2	0,5	11,3	9,1	9,0	19,3	12,9
Máx	1,0	1,5	28,9	3,7	67,6	37,6	42,3	96,4	53,3
Mín	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
N	47	47	47	47	47	47	47	47	47

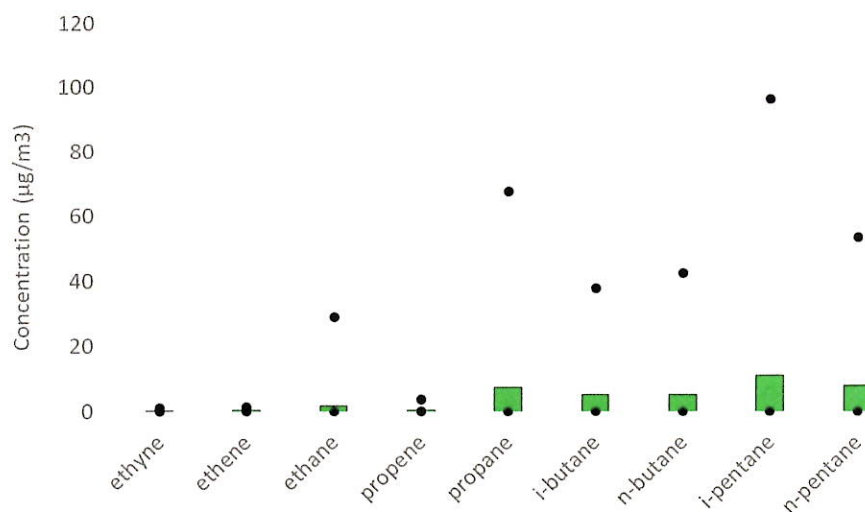


Figura 12: Concentraciones promedio de hidrocarburos ligeros en los sitios industriales. Unidad: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

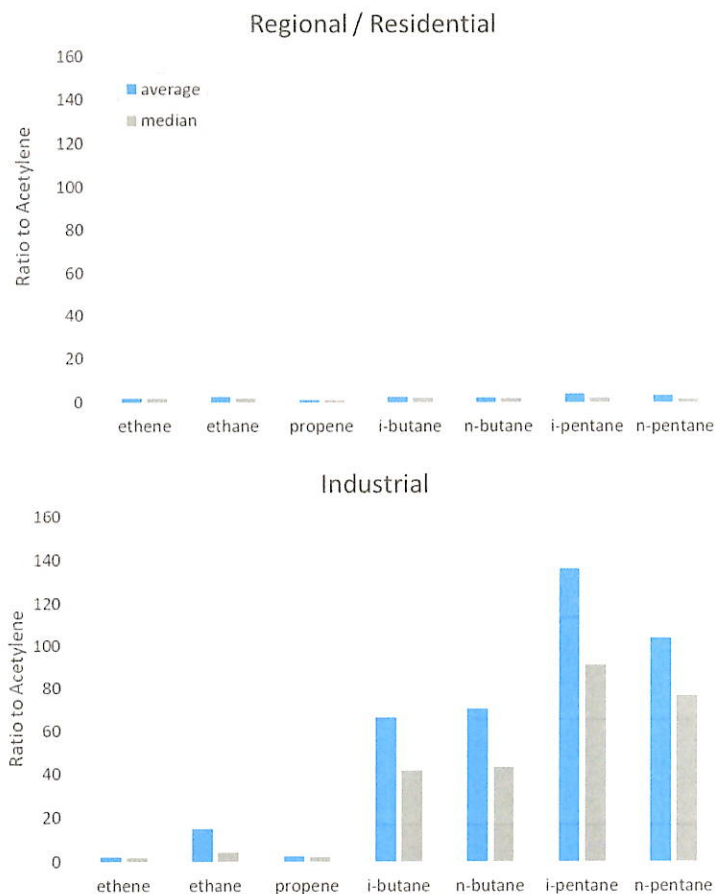


Figura 13: Relación de hidrocarburos ligeros a acetileno (unidad menos).

4.6 Resultados de las muestras en Tenax TA

Todos los resultados en Tenax TA se presentan en el Anexo C. En general, la concentración de COV medida con Tenax TA que representa la concentración promedio de COV durante un tiempo de exposición prolongado (por ejemplo, una semana), es baja, ya que la suma de compuestos COV oscila entre 25 y 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

El objetivo principal de utilizar un segundo método fue buscar COV que no hubiesen sido discutidos o considerados antes del inicio de la campaña y COV que no pueden analizarse con el método Medusa.

En general, no hubo compuestos "inesperados" emitidos desde las áreas industriales.

Las muestras tomadas en áreas residenciales y de fondo también son influidas por otras fuentes, tanto naturales como antrópicas.

El nivel de ácidos orgánicos en todos los sitios de muestreo fue superior al esperado. Lo más probable es que las fuentes sean naturales: procesos de degradación de materia orgánica o residuos durante la calurosa temporada de verano, tanto en las áreas residenciales como en la línea de la costa.

Las emisiones naturales de COV durante el verano son las fuentes de COV dominantes en la mayor parte del mundo. Hay ejemplos como alfa-pineno, beta-pineno y limoneno, así como otros terpenos o compuestos terpénicos.

Pero en algunas de las muestras también se observan compuestos que apuntan a actividades locales como la quema de biomasa o desechos, procesos de vulcanización (el benzotiazol es un COV que se emite principalmente durante la vulcanización o a partir de elementos vulcanizados como neumáticos), la industria a pequeña escala y las actividades de construcción o restauración.

Los niveles de concentración estaban muy por debajo de lo que podría considerarse como "contaminado": las concentraciones están dentro de los rangos de niveles de concentración normales tanto para aire interior como exterior a nivel mundial.

NILU no pudo encontrar una huella digital de plumas industriales en ninguna de las muestras tomadas en las áreas residenciales de Puchuncaví o Quintero. Esto no es sorprendente ya que las plumas del área industrial estaban en el rango de 100 a 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y generalmente duraban un corto período. Con el uso de modelos normales de dispersión (concentraciones de ese tamaño), se diluirán hasta llegar a niveles de fondo a solo unos cientos de metros y seguramente no serán detectables unos kilómetros más allá en la dirección del viento.

5 Principales resultados y conclusiones

A continuación se presenta un resumen de los principales resultados y conclusiones obtenidos para la zona de Quintero-Puchuncaví (Conclusiones I a VII) y Concón (Conclusión C). Los resultados se presentaron también en un taller realizado el 15 de marzo de 2019 incluido en el Anexo D de este informe.

Resultado I: A partir de este estudio, NILU concluye que la relación de las concentraciones de hidrocarburos obtenidas, dividida por la concentración de acetileno, constituye una herramienta útil para evaluar si las emisiones de las áreas industriales influyen directamente en el aire de las áreas residenciales y en qué medida.

Conclusión I: Los resultados de las mediciones realizadas en este estudio indican que no hubo una influencia medible de las emisiones industriales de COV en las áreas residenciales.

Resultado II: Los COV que muestran las concentraciones más altas en las emisiones del área industrial son etano, propano, butano y pentanos, así como BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos).

Conclusión II: Esto es esperable ya que la actividad principal en el área es el almacenamiento y/o la distribución de materiales petroquímicos.

Resultado III: NILU evaluó los resultados de las mediciones de los cuatro compuestos (i.e. metilcloroformo, nitrobenceno, isobutano y tolueno) que según se había informado previamente presentaban concentraciones muy altas, según fueron comentadas ampliamente en los medios. Los resultados de las mediciones en el presente proyecto mostraron concentraciones mucho más bajas.

Conclusión III: NILU concluye que las mediciones anteriores se realizaron probablemente con un error significativo en la calibración. Los niveles de metilcloroformo de las mediciones de NILU fueron un millón de veces más bajos y no se detectó nitrobenceno. El tolueno y el isobutano se encontraban en niveles bajos ppb (partes por mil millones) y no en niveles ppm (partes por millón).

Resultado IV: Los niveles más altos de concentración de hidrocarburos ligeros en las masas de aire que salen del área industrial estaban en el rango de hasta $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La suma de todos los hidrocarburos ligeros fue de hasta $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Los niveles de concentración más altos para los compuestos BTEX llegaron hasta $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La suma más alta de todos los BTEX fue de $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Conclusión IV: Dadas las condiciones normales de dispersión, las plumas de contaminación relativamente cortas no tendrán un efecto significativo en los niveles de concentración en escuelas o áreas residenciales cercanas.

Resultado V: La suma de los compuestos muestreados con tubos Tenax osciló entre 25 y $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Conclusión V: Ningún nivel de hidrocarburos ligeros o BTEX en las áreas residenciales presentó marcas de hidrocarburos o BTEX (huella digital) en ninguno de los episodios medidos cerca de las fuentes. Los niveles de COV eran una combinación de fuentes naturales y antrópicas locales (e.g. emisiones de vehículos, fuentes domésticas y descomposición de desechos y procesos biológicos).

Resultado VI: En casi todas las situaciones en las que el equipo de muestreo definió el tiempo y la ubicación del muestreo utilizando su sentido del olfato, las concentraciones de COV fueron elevadas. Esto demuestra que nuestra nariz es un buen detector de concentraciones excepcionalmente altas de hidrocarburos.

Conclusión VI: Cerca de las fuentes, la nariz humana es capaz de detectar plumas recientes de hidrocarburos y compuestos BTEX. Los episodios de olor en Quintero o en las escuelas cercanas tuvieron diferentes huellas y se vieron afectados principalmente por fuentes locales (como emisiones de vehículos, fuentes domésticas y descomposición de desechos y procesos biológicos).

Resultado VII: La concentración promedio de benceno ambiental fue de $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en emisiones de las áreas industriales y $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en las áreas residenciales y de fondo.

Conclusión VII: Los niveles de benceno son más bajos que los límites internacionales ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como valor promedio anual).

Resultado C: La situación en Concón es distinta a la de Quintero-Puchuncaví. La suma de hidrocarburos llegó hasta $325 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante la noche y con baja velocidad del viento. La concentración máxima de COV fue de hasta $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en una vivienda, durante una sola medición.

Conclusión C: La intensidad de la fuente de la refinería tiene un mayor impacto en el sector residencial cercano. Los niveles de concentración eran bastante locales (varían de una calle a otra) y cambiaban rápidamente durante la noche.

6 Acciones a seguir y recomendaciones

Dada la urgencia para implementar un plan de monitoreo de COV en la región y con ello tener una primera estimación del correcto nivel de estos contaminantes en el aire ambiente, es necesario señalar que las mediciones de COV del presente estudio no representan la peor condición meteorológica (mala ventilación y poca dispersión de los contaminantes) en la zona. Por ello, como primera acción o medida a recomendar, se sugiere mantener el monitoreo de COV (tanto el muestreo activo como el pasivo) durante todo el resto del año.

Asimismo, los resultados de la medición de COV realizada, demuestran finalmente la necesidad de implementar un laboratorio de alta especificidad, que permita monitorear estas y similares emisiones, a fin de disponer de alertas tempranas para proteger la salud de la población, en casos que así se requiera.

7 Referencias

EU Directive 2008/50/EU (2008). European Air Quality Directive 2008/50/EU <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm> (Accessed in March 2019).

Gallardo, L., Olivares, G., Aguayo, A., Langner, J., Aarhus, B., Engardt, M., Gidhagen, L. (2000). *Regional dispersion of oxidized sulfur over central Chile using the HIRLAM-MATCH system. Technical Appendix, Strengthening of the Air Quality Information System, Working area 2: Application of a regional-scale model over the central part of Chile*. Retrieved from: http://www.dim.uchile.cl/~lgallard/S_disp/HIRLAM-MATCH/tech_appendix_pdf.PDF (Accessed in March 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 (n.d.). Permissible Exposure Limits – Annotated Tables. Occupational Safety and Health Administration, United States Department of Labor. Retrieved from <https://www.osha.gov/dsg/annotated-pels/> (Accessed in March 2019).

Appendix A – Anexo A

Listado de productos Oxiquim A.S.

Productos químicos
Propane
Gasoline
Tertiary Butyl Mercaptan (30%) + Dimethyl Sulfide (70%)
Hydrocarbon mix (C10 to C14) (Turpentine)
Methanol
Vinyl acetate
Isopropyl alcohol
n-propanol
x-xylene
Styrene
Butyl acrylate
Phenol
Diesel
Aliphatic Hydrocarbons (EXXSOL D-40)
Aliphatic Hydrocarbons (Escaid 110)
Ethyl acrylate

Appendix B – Anexo B

Resultados del muestreo y análisis con sistema medusa

						Direction (from)	Velocity (m/s)	mixing ratio in ppt (vol)				
								chisa01	COS	H2S	CH3SH	CS2
1	A10584	06.11.2018	11:25	11:40	3A (AES GENER)	W	1	chisa01	631	233	28	72
2	A10528	06.11.2018	12:45	13:00	4A (CODELCO VENTANAS)	W	1	chisa02	730	215	20	110
3	A10523	06.11.2018	21:16	21:31	10A (Cross-section, near to the beach)	N	4	chisa03	680	421	20	55
4	A10526	06.11.2018	22:00	22:15	11A (half of the cross-section)	N	3	chisa04	600	186	17	84
5	A10552	06.11.2018	22:55	23:10	9A (by-side road, Sta Filomena School)	N	2	chisa05	842	218	15	140
6	A10550	07.11.2018	09:50	10:05	9A (by side road, Sta Filomena School)	N	2	chisa06	636	403	13	64
7	A10541	07.11.2018	11:40	11:55	5A (highway, ENAP west area)	W	3	chisa07	783	194	11	148
8	A10582	07.11.2018	12:43	13:00	7A (road to MAITENES)	W	3	chisa08	685	172	11	52
9	A10587	07.11.2018	17:11	17:28	13A (in front of ENAP)	W	3	chisa09	639	186	10	47
10	A10492	07.11.2018	22:45	23:03	10A (cross-section, near to the beach)	W	1	chisa10	697	161	10	43
11	A10586	07.11.2018	23:30	23:30	15A (Exit to Quintero)	W	1	chisa11	957	854	60	72
12	A10540	08.11.2018	10:13	10:28	6A (near, exit El Bato)	W	1	chisa12	680	194	9	47
13	A10591	08.11.2018	11:00	11:15	5A (Highway, ENAP west area)	W	3	chisa13	688	163	9	71
14	A10480	08.11.2018	11:48	12:05	4A (CODELCO VENTANAS)	W	3	chisa14	736	187	8	48
15	A10495	08.11.2018	12:38	12:55	3A (AES GENER)	W	3	chisa15	706	160	7	48
16	A10522	08.11.2018	13:48	14:05	7A (road to MAITENES)	W	4	chisa16	723	339	6	83
17	A10578	08.11.2018	22:26	22:42	10A (Cross-section, near to the beach)	S	0	chisa17	686	122	6	88
18	A10595	08.11.2018	23:08	23:25	11A (half of the cross-section)	S	1	chisa18	1252	138	6	225
19	A10513	09.11.2018	00:08	00:12	14A (cross-section, near to the beach)	NE	1	chisa19	736	131	7	117
20	A10530	09.11.2018	11:15	11:45	5A (highway, ENAP west area)	W	3	chisa20	831	129	6	210
21	A10488	09.11.2018	12:46	13:03	7A (road to MAITENES)	W	4	chisa21	636	115	5	25
22	A10594	09.11.2018	13:42	14:00	3A (AES GENER)	W	4	chisa22	653	151	5	53
23	A10475	09.11.2018	16:41	16:56	4A (CODELCO VENTANAS)	W	4	chisa23	825	110	5	77
1	A10535	13.11.2018	12:33	12:40	13A (in front to ENAP)	SW	5	chisa201	747	108	6	146
2	A10555	13.11.2018	12:43	12:58	13A (in front of ENAP)	SW	5	chisa202	703	106	5	130
3	A10575	13.11.2018	22:38	22:54	10A (cross-section near to the beach)	S	4	chisa203	686	106	5	48
4	A10491	13.11.2018	22:57	23:12	11A (half of cross-section)	S	4	chisa204	638	103	5	48
5	A10486	13.11.2018	23:58	00:13	17A (near to the beach, in front of OXIQUM)	E	3	chisa205	652	97	5	39
6	A10512	14.11.2018	00:28	00:43	1A (Sargent ALDEA School)	SE	1	chisa206	718	89	5	64
7	A10536	14.11.2018	09:04	09:19	11A (half of the cross-section)	SSW	2	chisa207	736	84	4	108
8	A10538	14.11.2018	09:21	09:36	10A (cross-section, near to the beach)	SSW	2	chisa208	618	89	4	34
9	A10531	14.11.2018	10:00	10:16	2A (La GREDA School)	SSW	3	chisa209	616	286	5	50
10	A10516	14.11.2018	10:55	11:10	7A (road to MAITENES)	SSW	4	chisa210	630	101	4	52
11	A10596	14.11.2018	22:20	22:35	10A (cross-section, near to the beach)	SSE	2	chisa211	638	92	5	71
12	A10549	14.11.2018	22:38	22:53	11A (half of the cross-section)	SSE	2	chisa212	640	88	4	85
13	A10543	14.11.2018	23:06	23:21	1A (Sargent ALDEA School)	SSE	2	chisa213	651	94	4	46
17	A10545	15.11.2018	08:05	08:20	1A (Sargent ALDEA School)	SSE	1	chisa217	617	145	5	54
18	A10521	15.11.2018	10:27	10:42	7A (road to MAITENES)	E	2	chisa218b	640	306	4	54
1	A10548	16.01.2019	10:05	10:21	7A (Road to Maitenes)	SW	3 m/s	301	986	160	6	231
2	A10579	16.01.2019	12:10	12:25	4A (CODELCO VENTANAS)	SW	4 m/s	302	988	158	5	113
4	A10585	17.01.2019	08:30	08:32	17A (beach, strand in front of Oxiquim)	NEE	1 m/s	304	764	162	6	146
5	A10551	17.01.2019	08:38	08:40	10A (Transient near to the beach)	NEE	1 m/s	305	718	157	5	127
6	A10537	17.01.2019	08:42	08:44	11A (half of transient)	NEE	1 m/s	306	863	160	6	213
7	A10547	17.01.2019	08:50	08:52	14A (Transient, bord of the beach)	NEE	1 m/s	307	772	163	6	209
8	A10554	17.01.2019	09:19	09:21	9A (Passage, by Santa Filomena School , Quintero)	NEE	1 m/s	308	615	152	6	68
9	A10476	17.01.2019	10:50	11:05	13A (in front ENAP)	SW	4 m/s	309	721	169	4	73
10	A10553	17.01.2019	11:40	11:55	5A (highway, Zone west ENAP)	SW	5 m/s	310	773	165	4	69
CONCON												
14	A10497	15.11.2018	06:34	06:50	Con-con No 1	SSE	1	chisa214	630	282	7	77
15	A10487	15.11.2018	06:59	07:14	Con-con No 2	SSE	1	chisa215	711	138	6	49
16	A10487	15.11.2018	07:19	07:34	Con-con No 3	SSE	1	chisa216	565	91	5	37
3	A10496	16.01.2019	14:54	15:09	CONCON4	SW	6 m/s	303	714	190	8	158
11	A10511	18.01.2019	02:44	02:55	CONCON 5	SE	2 m/s	311	802	165	8	143
12	A10559	18.01.2019	03:17	03:25	CONCON 6	SE	2 m/s	312	725	146	5	153
13	A10583	18.01.2019	03:34	03:38	CONCON 7	SE	2 m/s	313	764	143	6	118
14	A10514	18.01.2019	03:57	04:07	CONCON 2	E	1 m/s	314	681	139	5	105

						mixing ratios in ppt (vol)					
					sample	CH2Cl2	CHCl3	CH3CCl3	TCE	PCE	
1	A10584	06.11.2018	11:25	11:40	3A (AES GENER)	chisa01	20.23	10.08	1.70	0.21	1.81
2	A10528	06.11.2018	12:45	13:00	4A (CODELCO VENTANAS)	chisa02	21.32	8.43	1.78	0.31	2.26
3	A10523	06.11.2018	21:16	21:31	10A (Cross-section, near to the beach)	chisa03	19.02	7.68	1.58	0.13	4.39
4	A10526	06.11.2018	22:00	22:15	11A (half of the cross-section)	chisa04	19.51	7.75	1.78	0.05	0.83
5	A10552	06.11.2018	22:55	23:10	9A (by-side road, Sta Filomena School)	chisa05	21.29	11.21	1.74	0.14	2.96
6	A10550	07.11.2018	09:50	10:05	9A (by side road, Sta Filomena School)	chisa06	19.41	9.78	1.78	0.46	5.97
7	A10541	07.11.2018	11:40	11:55	5A (highway, ENAP west area)	chisa07	19.13	8.34	1.63	0.07	1.03
8	A10582	07.11.2018	12:43	13:00	7A (road to MAITENES)	chisa08	19.17	8.35	1.82	0.11	8.37
9	A10587	07.11.2018	17:11	17:28	13A (in front of ENAP)	chisa09	18.96	8.94	1.63	0.12	8.16
10	A10492	07.11.2018	22:45	23:03	10A (cross-section, near to the beach)	chisa10	19.48	9.51	1.79	0.08	0.51
11	A10586	07.11.2018	23:30	23:30	15A (Exit to Quintero)	chisa11	30.19	12.36	1.65	0.21	5.90
12	A10540	08.11.2018	10:13	10:28	6A (near, exit El Bato)	chisa12	19.40	9.53	1.65	0.31	2.01
13	A10591	08.11.2018	11:00	11:15	5A (Highway, ENAP west area)	chisa13	22.09	9.95	1.79	0.29	2.18
14	A10480	08.11.2018	11:48	12:05	4A (CODELCO VENTANAS)	chisa14	19.55	9.27	1.86	0.29	3.08
15	A10495	08.11.2018	12:38	12:55	3A (AES GENER)	chisa15	19.14	9.46	1.76	0.16	8.39
16	A10522	08.11.2018	13:48	14:05	7A (road to MAITENES)	chisa16	22.90	8.87	1.76	0.11	1.62
17	A10578	08.11.2018	22:26	22:42	10A (Cross-section, near to the beach)	chisa17	22.26	7.89	1.69	0.12	4.28
18	A10595	08.11.2018	23:08	23:25	11A (half of the cross-section)	chisa18	20.06	8.39	1.75	0.16	1.09
19	A10513	09.11.2018	00:08	00:12	14A (cross-section, near to the beach)	chisa19	19.17	8.34	1.48	0.08	15.25
20	A10530	09.11.2018	11:15	11:45	5A (highway, ENAP west area)	chisa20	21.55	7.60	1.54	0.39	3.45
21	A10488	09.11.2018	12:46	13:03	7A (road to MAITENES)	chisa21	20.00	6.99	1.79	0.36	1.74
22	A10594	09.11.2018	13:42	14:00	3A (AES GENER)	chisa22	18.27	6.87	1.71	0.18	1.22
23	A10475	09.11.2018	16:41	16:56	4A (CODELCO VENTANAS)	chisa23	23.12	6.01	1.71	0.11	1.25
1	A10535	13.11.2018	12:33	12:40	13A (in front to ENAP)	chisa201	18.77	6.74	1.55	0.12	1.69
2	A10555	13.11.2018	12:43	12:58	13A (in front of ENAP)	chisa202	18.15	6.50	1.63	0.08	2.92
3	A10575	13.11.2018	22:38	22:54	10A (cross-section near to the beach)	chisa203	18.56	8.02	1.74	0.13	1.03
4	A10491	13.11.2018	22:57	23:12	11A (half of cross-section)	chisa204	18.08	7.52	1.72	0.06	0.72
5	A10486	13.11.2018	23:58	00:13	17A (near to the beach, in front of OXIQUM)	chisa205	22.46	8.02	1.65	0.15	5.87
6	A10512	14.11.2018	00:28	00:43	1A (Sargent ALDEA School)	chisa206	51.27	13.52	1.74	0.25	2.91
7	A10536	14.11.2018	09:04	09:19	11A (half of the cross-section)	chisa207	31.08	9.50	1.65	0.33	3.66
8	A10538	14.11.2018	09:21	09:36	10A (cross-section, near to the beach)	chisa208	33.53	9.10	1.79	0.38	3.75
9	A10531	14.11.2018	10:00	10:16	2A (La GREDA School)	chisa209	45.53	14.58	1.77	0.64	8.41
10	A10516	14.11.2018	10:55	11:10	7A (road to MAITENES)	chisa210	40.67	8.89	1.61	0.47	6.59
11	A10596	14.11.2018	22:20	22:35	10A (cross-section, near to the beach)	chisa211	18.51	8.86	1.69	0.19	1.08
12	A10549	14.11.2018	22:38	22:53	11A (half of the cross-section)	chisa212	20.63	8.61	1.75	0.22	9.09
13	A10543	14.11.2018	23:06	23:21	1A (Sargent ALDEA School)	chisa213	19.64	8.76	1.76	0.13	0.76
17	A10545	15.11.2018	08:05	08:20	1A (Sargent ALDEA School)	chisa217	24.35	12.81	1.86	0.29	2.43
18	A10521	15.11.2018	10:27	10:42	7A (road to MAITENES)	chisa218b	20.19	9.26	1.64	0.47	3.66
CONCON											
14	A10497	15.11.2018	06:34	06:50	Con-con No 1	chisa214	41.46	19.80	1.84	3.73	32.23
15	A10487	15.11.2018	06:59	07:14	Con-con No 2	chisa215	57.04	15.60	2.07	2.38	38.47
16	A10487	15.11.2018	07:19	07:34	Con-con No 3	chisa216	21.73	12.25	1.73	0.48	3.15

					mixing ratios in ppt (vol)									
					sample	HCFC-22	HCFC-141b	HCFC-142b	HFC-125	HFC-134a	HFC-152a	H-1211	H-1301	
1	A 10584	06.11.2018	11:25	11:40	3A (AES GENER)	chisa01	238.01	25.55	22.13	31.49	107.44	4.91	3.34	3.36
2	A 10528	06.11.2018	12:45	13:00	4A (CODELCO VENTANAS)	chisa02	240.66	24.21	21.91	28.23	103.84	4.95	3.30	3.35
3	A 10523	06.11.2018	21:16	21:31	10A (Cross-section, near to the beach)	chisa03	235.98	26.67	21.85	26.91	98.79	4.80	3.15	3.35
4	A 10526	06.11.2018	22:00	22:15	11A (half of the cross-section)	chisa04	237.02	25.09	21.97	25.98	98.70	4.85	3.31	3.36
5	A 10552	06.11.2018	22:55	23:10	9A (by-side road, Sta Filomena School)	chisa05	285.72	24.27	21.73	1037.39	1148.14	5.39	3.27	3.30
6	A 10550	07.11.2018	09:50	10:05	9A (by side road, Sta Filomena School)	chisa06	236.63	24.16	21.94	33.76	108.46	6.22	3.28	3.34
7	A 10541	07.11.2018	11:40	11:55	5A (highway, ENAP west area)	chisa07	236.46	22.95	21.80	34.38	107.53	5.05	3.11	3.39
8	A 10582	07.11.2018	12:43	13:00	7A (road to MAITENES)	chisa08	236.29	23.44	21.94	26.87	99.72	4.81	3.35	3.40
9	A 10587	07.11.2018	17:11	17:28	13A (in front of ENAP)	chisa09	235.97	22.70	21.86	28.15	99.92	4.77	3.17	3.39
10	A 10492	07.11.2018	22:45	23:03	10A (cross-section, near to the beach)	chisa10	236.01	23.33	21.80	115.40	100.76	4.81	3.31	3.33
11	A 10586	07.11.2018	23:30	23:30	15A (Exit to Quintero)	chisa11	235.52	24.16	21.65	28.85	104.75	4.70	3.46	3.38
12	A 10540	08.11.2018	10:13	10:28	6A (near, exit El Bato)	chisa12	237.02	24.17	21.73	29.28	107.97	4.99	3.76	3.31
13	A 10591	08.11.2018	11:00	11:15	5A (Highway, ENAP west area)	chisa13	238.25	23.87	22.01	27.54	104.65	4.99	3.33	3.36
14	A 10480	08.11.2018	11:48	12:05	4A (CODELCO VENTANAS)	chisa14	235.99	23.72	21.87	28.40	101.51	4.86	3.32	3.34
15	A 10495	08.11.2018	12:38	12:55	3A (AES GENER)	chisa15	236.58	25.59	21.96	27.02	111.39	4.86	3.34	3.36
16	A 10522	08.11.2018	13:48	14:05	7A (road to MAITENES)	chisa16	235.75	23.26	21.75	26.19	98.81	4.75	3.32	3.34
17	A 10578	08.11.2018	22:26	22:42	10A (Cross-section, near to the beach)	chisa17	235.54	25.65	21.70	26.42	101.15	4.77	3.15	3.32
18	A 10595	08.11.2018	23:08	23:25	11A (half of the cross-section)	chisa18	235.19	24.63	21.84	26.29	101.84	4.79	3.31	3.37
19	A 10513	09.11.2018	00:08	00:12	14A (cross-section, near to the beach)	chisa19	235.10	30.06	21.65	26.39	100.66	4.81	3.14	3.34
20	A 10530	09.11.2018	11:15	11:45	5A (highway, ENAP west area)	chisa20	240.71	23.66	21.95	28.78	109.05	5.07	3.24	3.39
21	A 10488	09.11.2018	12:46	13:03	7A (road to MAITENES)	chisa21	239.91	23.91	22.32	28.00	104.57	5.00	3.36	3.42
22	A 10594	09.11.2018	13:42	14:00	3A (AES GENER)	chisa22	237.03	24.25	21.84	26.94	103.42	4.85	3.34	3.34
23	A 10475	09.11.2018	16:41	16:56	4A (CODELCO VENTANAS)	chisa23	235.72	24.93	21.76	26.40	98.97	4.68	3.31	3.34
1	A 10535	13.11.2018	12:33	12:40	13A (in front of ENAP)	chisa201	236.83	22.78	21.83	31.76	101.36	4.89	14.40	3.36
2	A 10555	13.11.2018	12:43	12:58	13A (in front of ENAP)	chisa202	236.84	23.36	22.06	28.49	101.04	4.82	3.20	3.35
3	A 10575	13.11.2018	22:38	22:54	10A (cross-section near to the beach)	chisa203	237.20	23.50	21.70	27.08	105.97	4.94	3.36	3.35
4	A 10491	13.11.2018	22:57	23:12	11A (half of cross-section)	chisa204	235.68	23.48	21.79	25.95	103.56	4.91	3.34	3.37
5	A 10486	13.11.2018	23:58	00:13	17A (near to the beach, in front of OXIQUM)	chisa205	237.01	24.91	21.76	28.27	104.25	4.79	3.41	3.36
6	A 10512	14.11.2018	00:28	00:43	1A (Sargent ALDEA School)	chisa206	236.57	24.79	21.80	26.86	141.87	6.08	3.26	3.35
7	A 10536	14.11.2018	09:04	09:19	11A (half of the cross-section)	chisa207	240.12	24.95	21.93	30.26	111.37	5.21	3.28	3.32
8	A 10538	14.11.2018	09:21	09:36	10A (cross-section, near to the beach)	chisa208	241.41	25.44	21.95	30.03	110.50	5.22	3.31	3.33
9	A 10531	14.11.2018	10:00	10:16	2A (La GREDA School)	chisa209	248.55	25.60	22.06	36.91	130.81	5.38	3.31	3.35
10	A 10516	14.11.2018	10:55	11:10	7A (road to MAITENES)	chisa210	247.90	25.12	22.11	33.66	114.77	5.30	3.34	3.38
11	A 10596	14.11.2018	22:20	22:35	10A (cross-section, near to the beach)	chisa211	236.76	24.11	21.89	27.29	101.19	4.85	4.48	3.36
12	A 10549	14.11.2018	22:38	22:53	11A (half of the cross-section)	chisa212	235.12	25.47	21.81	27.62	125.64	4.83	3.71	3.36
13	A 10543	14.11.2018	23:06	23:21	1A (Sargent ALDEA School)	chisa213	236.33	24.02	21.81	26.57	114.54	4.84	3.32	3.38
17	A 10545	15.11.2018	08:05	08:20	1A (Sargent ALDEA School)	chisa217	237.34	25.84	22.09	27.38	120.98	5.11	3.30	3.33
18	A 10521	15.11.2018	10:27	10:42	7A (road to MAITENES)	chisa218b	240.41	24.69	21.88	34.70	107.97	5.03	3.32	3.39
CONCON														
14	A 10497	15.11.2018	06:34	06:50	Con-con No 1	chisa214	1112.37	30.14	21.90	32.37	110.60	5.07	3.19	3.39
15	A 10487	15.11.2018	06:59	07:14	Con-con No 2	chisa215	626.23	25.64	22.13	29.28	114.42	5.14	3.26	3.36
16	A 10487	15.11.2018	07:19	07:34	Con-con No 3	chisa216	239.50	25.10	21.93	29.71	115.34	5.14	3.18	3.35

											concentrations in µg/m³				
											wind	m/s	TVOC	sum all 14	benzene
chisa206	A10512	14.11.2018	00:28	00:43	1A (Sargent ALDEA School)	SE	1			47	0.5	2.4	2.6	11.7	4.3
chisa213	A10543	14.11.2018	23:06	23:21	1A (Sargent ALDEA School)	SSE	2			22	0.1	0.6	1.0	5.9	2.7
chisa217	A10545	15.11.2018	08:05	08:20	1A (Sargent ALDEA School)	SSE	1			47	0.6	2.2	2.3	10.2	3.5
chisa209	A10531	14.11.2018	10:00	10:16	2A (La GRED A School)	SSW	3			38	0.3	1.9	3.2	13.3	4.8
chisa05	A10552	06.11.2018	22:55	23:10	9A (by-side road, Sta Filomena School)	N	2	173		38	0.3	2.2	1.3	6.2	2.2
chisa06	A10550	07.11.2018	09:50	10:05	9A (by side road, Sta Filomena School)	N	2	32		24	0.2	0.7	2.1	9.5	3.0
308	A10554	17.01.2019	09:19	09:21	9A (Passage, by Santa Filomena School, Quintero)	NEE	1 m/s			28	0.3	1.3	1.6	7.9	2.9
chisa01	A10584	06.11.2018	11:25	11:40	3A (AES GENER)	W	1	50		12	0.3	0.7	0.9	3.2	1.4
chisa15	A10495	08.11.2018	12:38	12:55	3A (AES GENER)	W	3	55		7	0.1	0.3	0.8	2.4	0.8
chisa22	A10594	09.11.2018	13:42	14:00	3A (AES GENER)	W	4			10	0.1	0.6	1.3	3.9	1.3
chisa02	A10528	06.11.2018	12:45	13:00	4A (CODELCO VENTANAS)	W	1	33		9	0.2	0.4	0.7	2.2	0.9
chisa14	A10480	08.11.2018	11:48	12:05	4A (CODELCO VENTANAS)	W	3	50		15	2.2	0.6	0.7	2.9	1.1
chisa23	A10475	09.11.2018	16:41	16:56	4A (CODELCO VENTANAS)	W	4			10	0.2	0.6	0.6	2.6	0.9
302	A10579	16.01.2019	12:10	12:25	4A (CODELCO VENTANAS)	SW	4 m/s	27		10	0.2	0.5	0.9	3.7	1.3
chisa07	A10541	07.11.2018	11:40	11:55	5A (highway, ENAP west area)	W	3	87		141	0.8	3.7	4.1	19.9	6.5
chisa13	A10591	08.11.2018	11:00	11:15	5A (Highway, ENAP west area)	W	3	100		28	0.3	1.0	1.2	5.0	2.2
chisa20	A10530	09.11.2018	11:15	11:45	5A (highway, ENAP west area)	W	3			83	0.6	2.6	2.6	9.4	3.5
310	A10553	17.01.2019	11:40	11:55	5A (highway, Zone west ENAP)	SW	5 m/s	74		154	1.2	7.4	5.8	28.4	9.8
chisa12	A10540	08.11.2018	10:13	10:28	6A (near, exit El Bato)	W	1	81		146	1.5	2.7	2.3	12.2	5.3
chisa08	A10582	07.11.2018	12:43	13:00	7A (road to MAITENES)	W	3	51		3	0.1	0.3	0.3	0.8	0.3
chisa16	A10522	08.11.2018	13:48	14:05	7A (road to MAITENES)	W	4	48		5	0.1	0.2	0.4	1.4	0.5
chisa21	A10488	09.11.2018	12:46	13:03	7A (road to MAITENES)	W	4			7	0.1	0.6	0.5	1.2	0.5
chisa210	A10516	14.11.2018	10:55	11:10	7A (road to MAITENES)	SSW	4			17	0.2	1.0	1.3	4.3	1.6
chisa218b	A10521	15.11.2018	10:27	10:42	7A (road to MAITENES)	E	2			23	0.3	0.9	1.3	5.2	2.4
301	A10548	16.01.2019	10:05	10:21	7A (Road to Maitenes)	SW	3 m/s	75		12	0.1	0.4	0.8	3.0	1.1
chisa03	A10523	06.11.2018	21:16	21:31	10A (Cross-section, near to the beach)	N	4	137		199	0.7	2.5	2.4	11.8	4.4
chisa10	A10492	07.11.2018	22:45	23:03	10A (cross-section, near to the beach)	W	1	67		10	0.1	0.8	0.9	4.9	2.0
chisa17	A10578	08.11.2018	22:26	22:42	10A (Cross-section, near to the beach)	S	0	63		125	0.8	3.1	2.9	13.6	5.0
chisa203	A10575	13.11.2018	22:38	22:54	10A (cross-section near to the beach)	S	4			19	0.1	1.8	2.0	9.1	2.4
chisa208	A10538	14.11.2018	09:21	09:36	10A (cross-section, near to the beach)	SSW	2			24	0.3	1.1	1.7	7.1	2.3
chisa211	A10596	14.11.2018	22:20	22:35	10A (cross-section, near to the beach)	SSE	2			30	0.4	1.2	1.7	5.9	2.1
305	A10551	17.01.2019	08:38	08:40	10A (Transient near to the beach)	NEE	1 m/s			16	0.2	0.6	0.8	3.2	1.2
chisa04	A10526	06.11.2018	22:00	22:15	11A (half of the cross-section)	N	3	49		52	0.1	0.3	0.8	27.3	7.2
chisa18	A10595	08.11.2018	23:08	23:25	11A (half of the cross-section)	S	1	35		16	0.2	0.8	1.2	4.7	1.6
chisa204	A10491	13.11.2018	22:57	23:12	11A (half of cross-section)	S	4			11	0.1	1.5	0.6	3.4	0.9
chisa207	A10536	14.11.2018	09:04	09:19	11A (half of the cross-section)	SSW	2			32	0.4	1.6	2.0	9.0	3.6
chisa212	A10549	14.11.2018	22:38	22:53	11A (half of the cross-section)	SSE	2			51	0.2	1.8	2.1	6.5	2.0
306	A10537	17.01.2019	08:42	08:44	11A (half of transient)	NEE	1 m/s			16	0.2	0.6	0.7	3.3	1.2
chisa09	A10587	07.11.2018	17:11	17:28	13A (in front of ENAP)	W	3	86		129	0.9	4.3	4.7	21.3	5.5
chisa201	A10535	13.11.2018	12:33	12:40	13A (in front of ENAP)	SW	5			259	2.5	12.3	7.2	35.3	11.0
chisa202	A10555	13.11.2018	12:43	12:58	13A (in front of ENAP)	SW	5			109	1.0	5.0	3.0	13.9	4.4
309	A10476	17.01.2019	10:50	11:05	13A (in front ENAP)	SW	4 m/s	132		287	2.2	14.1	9.1	44.8	14.6
chisa19	A10513	09.11.2018	00:08	00:12	14A (cross-section, near to the beach)	NE	1	180		171	1.4	5.4	4.4	19.7	7.9
307	A10547	17.01.2019	08:50	08:52	14A (Transient, bord of the beach)	NEE	1 m/s			17	0.2	1.1	1.3	5.3	1.9
chisa11	A10586	07.11.2018	23:30	23:30	15A (Exit to Quintero)	W	1			9	0.1	0.5	0.5	2.3	0.9
chisa205	A10486	13.11.2018	23:58	00:13	17A (near to the beach, in front of OXIQUM)	E	3			101	0.6	2.6	4.6	26.8	15.5
304	A10585	17.01.2019	08:30	08:32	17A (beach, strand in front of Oxiquim)	NEE	1 m/s			136	0.6	5.7	7.2	22.4	9.1
CONCON															
chisa214	A10497	15.11.2018	06:34	06:50	Con-con No 1	SSE	1			324	3.3	13.7	17.8	81.9	27.7
chisa215	A10487	15.11.2018	06:59	07:14	Con-con No 2	SSE	1			147	1.5	5.0	3.0	14.6	4.3
chisa216	A10487	15.11.2018	07:19	07:34	Con-con No 3	SSE	1			185	1.5	7.4	6.0	25.1	8.8
303	A10496	16.01.2019	14:54	15:09	CONCON4	SW	6 m/s	362		408	1.4	21.6	40.8	233.4	94.8
311	A10511	18.01.2019	02:44	02:55	CONCON 5 (street 14/Street Saint Agustin)	SE	2 m/s	254		434	3.8	24.2	25.3	150.7	54.4
312	A10559	18.01.2019	08:17	08:25	CONCON 6 highest street level (street 12/street Vergara)	SE	2 m/s	187		236	2.5	15.6	15.2	96.3	35.7
313	A10583	18.01.2019	03:34	03:38	CONCON 7 - Level low (Reference: street 14 /Street Cortes)	SE	2 m/s			110	0.8	4.7	4.8	24.2	9.5
314	A10514	18.01.2019	03:57	04:07	CONCON 2 - Middle Level(Reference: Street 13 /Street Cortes)	E	1 m/s	125		58	0.4	2.5	2.2	11.6	4.7

Appendix C – Anexo C

Concentración de VOC medidos con Tenax

Customer		Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	3A / 352		
pumped sampling on Tenax TA	6.november 2018, 10:45 -11:20		
wind from W 1 m/s - temperature 19 °C	no odor		
compound chemical name	concentration	CAS NR	
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)		
2-propanone (acetone)	1.2	67-64-1	
acetic acid	13.3	64-19-7	
toluene	0.6	108-88-3	
propanoic acid	0.5	79-09-4	
nonane	0.7	111-84-2	
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	0.5	106-42-3	
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	0.6	95-47-6	
1,2,4-trimethylbenzene	0.6	95-63-6	
benzaldehyde	3.6	100-52-7	
2-ethyl-1-hexanol	0.3	104-76-7	
hexanoic acid	4.4	142-62-1	
nonanal	3.1	124-19-6	
acetophenone	2.2	98-86-2	
decanal	4.0	112-31-2	
octanoic acid	2.6	124-07-2	
tetradecane	0.8	629-59-4	
nonanoic acid	8.2	112-05-0	
hexadecane	3.4	544-76-3	

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	50.5
number of identified compounds	18

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	4A / 409	
pumped sampling on Tenax TA	6.november 2018, 12:08 -12:43	
wind from W 1 m/s - temperature 22 °C	no odor	
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
2-propanone (acetone)	0.9	67-64-1
acetic acid	9.3	64-19-7
toluene	0.6	108-88-3
benzaldehyde	3.5	100-52-7
octanal	0.7	124-13-0
hexanoic acid	1.8	142-62-1
nonanal	1.5	124-19-6
acetophenone	2.6	98-86-2
decanal	2.5	112-31-2
octanoic acid	0.7	124-07-2
tetradecane	0.5	629-59-4
nonanoic acid	3.3	112-05-0
pentadecane	1.8	629-62-9
hexadecane	2.9	544-76-3

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	32.8
number of identified compounds	14

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	10A / 910	
pumped sampling on Tenax TA	6.november 2018, 21:16 - 21:51	
wind from N 4 m/s - temperature 18 °C	no odor	
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
pentane	7.3	109-66-0
hexane	4.6	110-54-3
2,3-dimethylpentane	3.4	565-59-3
heptane	5.5	142-82-5
benzene	1.7	71-43-2
2-methylheptane	2.1	592-27-8
acetic acid	16.8	64-19-7
toluene	3.4	108-88-3
nonane	1.8	111-84-2
ethylbenzene	1.5	100-41-4
p- and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	2.9	106-42-3
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	3.5	95-47-6
styrene (ethenylbenzene)	1.9	100-42-5
2-furancarboxaldehyde	1.2	98-01-1
decane	1.4	124-18-5
1-ethyl-3-methylbenzene	1.5	620-14-4
1,2,4-trimethylbenzene	4.8	95-63-6
benzaldehyde	15.0	100-52-7
benzonitrile	1.1	100-47-0
hexanoic acid	16.8	142-62-1
benzeneacetaldehyde	1.3	122-78-1
nonanal	5.3	124-19-6
acetophenone	8.4	98-86-2
heptanoic acid	3.3	111-14-8
decanal	8.8	112-31-2
octanoic acid	3.7	124-07-2
tetradecane	1.2	629-59-4
nonanoic acid	6.8	112-05-0

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	137.0
number of identified compounds	28

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	11A / 62	
pumped sampling on Tenax TA	6.november 2018, 22:00 -22:35	
wind from N 3 m/s - temperature 18 °C	no odor	
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
2-propanone (acetone)	1.9	67-64-1
benzene	0.5	71-43-2
octane	8.2	111-65-9
ethylbenzene	1.3	100-41-4
p- and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	4.7	106-42-3
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	1.5	95-47-6
benzaldehyde	4.2	100-52-7
hexanoic acid	0.8	142-62-1
nonanal	3.6	124-19-6
acetophenone	2.4	98-86-2
decanal	4.8	112-31-2
octanoic acid	1.2	124-07-2
tetradecane	0.6	629-59-4
2-phenoxyethanol	1.6	122-99-6
nonanoic acid	8.9	112-05-0
5,9-Undecadien-2-one, 6,10-dimethyl-, (E)-	2.5	003796-70-1

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	48.7
number of identified compounds	16

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	9A / 420	
pumped sampling on Tenax TA	6.november 2018, 22:55 -23:30	
wind from N 2 m/s - temperature 15 °C	no odor	
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
2-propanone (acetone)	3.5	67-64-1
Butane, 1-chloro-	3.4	000109-69-3
formic acid	16.6	64-18-6
acetic acid	26.5	64-19-7
2-methyl-2-propenoic acid methylester (methyl methacrylate)	24.3	80-62-6
toluene	4.0	108-88-3
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	3.3	95-47-6
Benzothiazole, 2-phenyl-	6.6	000883-93-2
benzaldehyde	19.0	100-52-7
2-ethyl-1-hexanol	5.0	104-76-7
hexanoic acid	4.8	142-62-1
nonanal	3.7	124-19-6
acetophenone	15.6	98-86-2
decanal	3.3	112-31-2
octanoic acid	4.4	124-07-2
benzoic acid	14.5	65-85-0
nonanoic acid	14.5	112-05-0

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	172.8
number of identified compounds	17

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	9A / 39	
pumped sampling on Tenax TA	7.november 2018, 09:49 - 10:24	
wind from N 2 m/s - temperature 20 °C	during sampling 2 school children to hospital	
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
2-propanone (acetone)	0.8	67-64-1
acetic acid	5.2	64-19-7
toluene	0.7	108-88-3
nonane	1.0	111-84-2
p- and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	1.2	106-42-3
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	0.6	95-47-6
decane	1.1	124-18-5
1,2,4-trimethylbenzene	0.8	95-63-6
benzaldehyde	3.7	100-52-7
nonanal	2.1	124-19-6
acetophenone	3.8	98-86-2
decanal	3.1	112-31-2
tetradecane	0.5	629-59-4
2-phenoxyethanol	1.6	122-99-6
nonanoic acid	3.8	112-05-0
5,9-Undecadien-2-one, 6,10-dimethyl-, (E)-	2.6	003796-70-1

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	32.5
number of identified compounds	16

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	9 A - id 4 Saint Filomena School	
passive sampling on Tenax TA	kinder area	
7.-22. november 2018		
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
benzene	0.5	71-43-2
acetic acid	2.7	64-19-7
toluene	1.4	108-88-3
nonane	0.7	111-84-2
ethylbenzene	0.5	100-41-4
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	1.7	106-42-3
alfa pinene	5.1	80-56-8
decane	1.2	124-18-5
beta pinene	5.0	127-91-3
1,2,4-trimethylbenzene	1.1	95-63-6
benzaldehyde	2.5	100-52-7
undecane	0.8	1120-21-4
2-methyl-2,4-pentanediol (hexylene glycol)	0.5	107-41-5
hexanoic acid	0.5	142-62-1
nonanal	1.1	124-19-6
acetophenone	2.7	98-86-2
Pinocarvone	0.9	030460-92-5
decanal	0.8	112-31-2
2-(2-butoxyethoxy)ethanol	0.5	112-34-5
6,6-dimethyl-bicyclo[3.1.1]hept-2-ene-2-carboxaldehyde (myrtenal)	0.8	564-94-3
benzothiazole	0.7	95-16-9
benzoic acid	1.7	65-85-0
2-Methylpropanoic acid,3-hydroxy-2,4,4-trimethylpentyl ester	2.2	77-68-9

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	35.3
number of identified compounds	23

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	9A - Saint Filomena School	
passive sampling on Tenax TA	Kinder area	
7.-22. november 2018	id tube nr 214	
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
2-propanone (acetone)	0.6	67-64-1
acetic acid	3.0	64-19-7
toluene	1.7	108-88-3
nonane	0.8	111-84-2
ethylbenzene	0.6	100-41-4
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	1.9	106-42-3
alfa pinene	8.9	80-56-8
styrene (ethenylbenzene)	1.0	100-42-5
decane	1.0	124-18-5
beta pinene	9.2	127-91-3
1,2,4-trimethylbenzene	1.2	95-63-6
limonene	0.7	138-86-3
benzaldehyde	2.8	100-52-7
undecane	0.7	1120-21-4
hexanoic acid	0.7	142-62-1
nonanal	1.9	124-19-6
acetophenone	2.9	98-86-2
Pinocarvone	2.8	030460-92-5
tridecane	1.7	629-50-5
2-(2-butoxyethoxy)ethanol	0.8	112-34-5
6,6-dimethyl-bicyclo[3.1.1]hept-2-ene-2-carboxaldehyde (myrtenal)	1.5	564-94-3
nonanoic acid	1.9	112-05-0
2-Methylpropanoic acid,3-hydroxy-2,4,4-trimethylpentyl ester	4.7	77-68-9

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	53.1
number of identified compounds	23

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	5A / 452	
pumped sampling on Tenax TA	7.november 2018, 11:35 - 12:10	
wind from W 2 m/s - temperature 22 °C	hydrocarbon odor	
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
methylcyclopentane	10.3	96-37-7
3-methylhexane	4.1	589-34-4
heptane	3.5	142-82-5
benzene	0.7	71-43-2
acetic acid	18.5	64-19-7
octane	2.0	111-65-9
toluene	6.4	108-88-3
nonane	1.7	111-84-2
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	2.8	106-42-3
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	1.9	95-47-6
decane	1.0	124-18-5
1,2,4-trimethylbenzene	1.0	95-63-6
benzaldehyde	6.4	100-52-7
hexanoic acid	1.8	142-62-1
nonanal	5.9	124-19-6
acetophenone	4.2	98-86-2
decanal	8.6	112-31-2
nonanoic acid	3.6	112-05-0
5,9-Undecadien-2-one, 6,10-dimethyl-, (E)-	3.0	003796-70-1

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	87.5
number of identified compounds	19

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	7A / 428	
pumped sampling on Tenax TA	7.november 2018, 12:33 - 13:08	
wind from W 3 m/s - temperature 22 °C		
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
2-propanone (acetone)	1.4	67-64-1
butanal	0.3	123-72-8
benzene	0.9	71-43-2
acetic acid	10.1	64-19-7
benzaldehyde	5.6	100-52-7
2-Methyl-2,4-pentanediol	0.3	1000429-36-9
2-ethyl-1-hexanol	1.0	104-76-7
hexanoic acid	1.5	142-62-1
benzeneacetaldehyde	0.4	122-78-1
nonanal	2.2	124-19-6
acetophenone	4.9	98-86-2
1-methyl-2-pyrrolidinone	0.4	872-50-4
decanal	3.2	112-31-2
Levoglucosenone	2.2	037112-31-5
2-phenoxyethanol	5.5	122-99-6
nonanoic acid	11.3	112-05-0

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	51.2
number of identified compounds	16

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	13A / 501	
pumped sampling on Tenax TA	7.november 2018, 17:13 - 17:48	
wind from W 3 m/s - temperature 21 °C	hydrocarbon odor	
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
pentane	11.2	109-66-0
2-methylpentane	2.4	107-83-5
2-propanol (isopropylalkohol)	10.2	67-63-0
methylcyclopentane	1.2	96-37-7
2-methylhexane	1.5	591-76-4
heptane	5.1	142-82-5
benzene	0.8	71-43-2
methylcyclohexane	1.2	108-87-2
acetic acid	8.4	64-19-7
octane	2.0	111-65-9
toluene	4.3	108-88-3
nonane	1.2	111-84-2
ethylbenzene	1.1	100-41-4
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	4.2	106-42-3
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	1.7	95-47-6
1,2,4-trimethylbenzene	2.1	95-63-6
benzaldehyde	3.7	100-52-7
nonanal	4.1	124-19-6
acetophenone	2.6	98-86-2
decanal	5.6	112-31-2
tetradecane	1.4	629-59-4
nonanoic acid	3.1	112-05-0
pentadecane	1.9	629-62-9
hexadecane	4.7	544-76-3

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	85.5
number of identified compounds	24

Customer		Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	10A / 722		
pumped sampling on Tenax TA	7.november 2018, 22:23 - 22:58		
wind from W 1 m/s - temperature 15 °C	odor		
compound chemical name	concentration	CAS NR	
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)		
formic acid	5.3	64-18-6	
Acetic acid	4.4	000064-19-7	
p- and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	0.3	106-42-3	
heptanal	0.3	111-71-7	
6-methyl-5-heptene-2-one	0.4	110-93-0	
benzaldehyde	16.1	100-52-7	
benzotrile	1.8	100-47-0	
hexanoic acid	2.8	142-62-1	
2-hydroxy benzaldehyde (salicylaldehyde)	0.7	90-02-8	
benzeneacetaldehyde	0.6	122-78-1	
nonanal	7.2	124-19-6	
acetophenone	14.3	98-86-2	
decanal	13.5	112-31-2	

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	67.4
number of identified compounds	13

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	1A Sargent Aldea school	
passive sampling on Tenax TA	under the roof	
7.-22. november 2018	id tube nr 63	
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
2-propanone (acetone)	0.6	67-64-1
benzene	0.6	71-43-2
acetic acid	2.3	64-19-7
octane	0.2	111-65-9
toluene	0.7	108-88-3
nonane	0.3	111-84-2
ethylbenzene	0.2	100-41-4
p- and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	1.0	106-42-3
alfa pinene	0.9	80-56-8
decane	0.3	124-18-5
beta pinene	0.3	127-91-3
1,2,4-trimethylbenzene	0.5	95-63-6
Eucalyptol	0.2	000470-82-6
benzaldehyde	2.3	100-52-7
undecane	0.3	1120-21-4
nonanal	0.8	124-19-6
dodecane	0.2	112-40-3
acetophenone	1.6	98-86-2
nonanal	0.3	124-19-6
Pinocarvone	0.4	030460-92-5
decanal	1.1	112-31-2
benzothiazole	0.7	95-16-9
pentadecane	2.1	629-62-9

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	18.0
number of identified compounds	26

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	1A Sargent Aldea school	
passive sampling on Tenax TA	above a tree	
7.-22. november 2018	id tube nr 711	
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
2-propanone (acetone)	0.8	67-64-1
2-methylhexane	0.9	591-76-4
3-methylhexane	1.6	589-34-4
heptane	1.1	142-82-5
benzene	0.6	71-43-2
1-methoxy-2-propanol	10.5	107-98-2
toluene	11.7	108-88-3
1-ethoxy-2-propanol	2.5	1569-02-4
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	1.2	106-42-3
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	1.3	95-47-6
decane	0.9	124-18-5
beta pinene	0.7	127-91-3
1,2,4-trimethylbenzene	1.0	95-63-6
benzaldehyde	2.5	100-52-7
nonanal	1.1	124-19-6
acetophenone	2.6	98-86-2
Pinocarvone	1.5	030460-92-5
tridecane	0.6	629-50-5
benzothiazole	0.7	95-16-9
tetradecane	0.8	629-59-4
pentadecane	1.7	629-62-9

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	46.1
number of identified compounds	21

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	8A Quintero Municipality	
passive sampling on Tenax TA		
8.-22. november 2018	id tube nr 350	
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
octane	4.8	111-65-9
toluene	1.5	108-88-3
nonane	0.6	111-84-2
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	1.8	106-42-3
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	2.2	95-47-6
decane	0.7	124-18-5
beta pinene	0.8	127-91-3
pentanoic acid	0.6	109-52-4
1,2,4-trimethylbenzene	1.5	95-63-6
benzaldehyde	4.6	100-52-7
undecane	0.6	1120-21-4
hexanoic acid	2.3	142-62-1
benzeneacetaldehyde	0.5	122-78-1
nonanal	1.2	124-19-6
acetophenone	4.1	98-86-2
phenol	1.7	108-95-2
tridecane	0.9	629-50-5
octanoic acid	0.7	124-07-2
benzothiazole	1.2	95-16-9
benzoic acid	3.9	65-85-0
2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyn-4,7-diol (TMDD)	1.6	126-86-3
2,4-Di-tert-butylphenol	1.1	000096-76-4

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	38.9
number of identified compounds	22

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	6A / 722	
pumped sampling on Tenax TA	8.november 2018, 10:05 - 10:40	
wind from W 1 m/s - temperature 13 °C		
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
pentane	6.0	109-66-0
hexane	4.9	110-54-3
methylcyclopentane	1.6	96-37-7
3-methylhexane	2.5	589-34-4
heptane	3.6	142-82-5
benzene	2.5	71-43-2
methylcyclohexane	1.8	108-87-2
2-methylheptane	2.7	592-27-8
octane	1.7	111-65-9
toluene	4.0	108-88-3
nonane	5.1	111-84-2
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	4.4	106-42-3
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	2.4	95-47-6
decane	2.5	124-18-5
1,2,4-trimethylbenzene	2.6	95-63-6
benzaldehyde	8.2	100-52-7
nonanal	2.3	124-19-6
acetophenone	6.1	98-86-2
decanal	4.3	112-31-2
nonanoic acid	2.4	112-05-0
pentadecane	3.5	629-62-9
5,9-Undecadien-2-one, 6,10-dimethyl-, (E)-	2.3	003796-70-1
hexadecane	3.9	544-76-3

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	81.2
number of identified compounds	23

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	5A / 724	
pumped sampling on Tenax TA	8.november 2018, 10:51 - 11:26	
wind from W 3 m/s - temperature 15 °C	hydrocarbon odor	
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
2-propanone (acetone)	3.2	67-64-1
formic acid	14.1	64-18-6
acetic acid	26.3	64-19-7
propanoic acid	1.1	79-09-4
nonane	1.1	111-84-2
p- and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	1.0	106-42-3
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	1.2	95-47-6
Benzothiazole, 2-phenyl-	2.1	000883-93-2
benzaldehyde	7.0	100-52-7
Oxime-, methoxy-phenyl-	3.2	1000222-86-6
hexanoic acid	5.8	142-62-1
nonanal	4.1	124-19-6
acetophenone	4.8	98-86-2
phenol	3.3	108-95-2
decanal	3.6	112-31-2
octanoic acid	1.9	124-07-2
tetradecane	1.5	629-59-4
2-phenoxyethanol	3.6	122-99-6
nonanoic acid	10.8	112-05-0

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	99.7
number of identified compounds	19

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	4A / 961	
pumped sampling on Tenax TA	8.november 2018, 11:41 - 12:16	
wind from W 3 m/s - temperature 17°C		
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
2-propanone (acetone)	1.0	67-64-1
methylcyclohexane	1.8	108-87-2
acetic acid	15.2	64-19-7
toluene	0.6	108-88-3
propanoic acid	0.3	79-09-4
benzaldehyde	6.8	100-52-7
benzonitrile	0.4	100-47-0
hexanoic acid	1.8	142-62-1
benzeneacetaldehyde	0.3	122-78-1
nonanal	2.7	124-19-6
acetophenone	5.3	98-86-2
decanal	4.5	112-31-2
octanoic acid	1.2	124-07-2
tetradecane	1.4	629-59-4
nonanoic acid	9.2	112-05-0

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	52.4
number of identified compounds	15

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	3A / 423	
pumped sampling on Tenax TA	8.november 2018, 12:32 - 13:07	
wind from W 3 m/s - temperature 18°C		
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
2-propanone (acetone)	1.0	67-64-1
hexane	2.1	110-54-3
acetic acid	21.6	64-19-7
toluene	0.5	108-88-3
benzaldehyde	4.9	100-52-7
hexanoic acid	1.2	142-62-1
nonanal	3.6	124-19-6
acetophenone	2.6	98-86-2
phenol	1.1	108-95-2
citronella	0.6	106-23-0
decanal	7.0	112-31-2
octanoic acid	0.9	124-07-2
tetradecane	1.9	629-59-4
nonanoic acid	4.7	112-05-0
pentadecane	1.7	629-62-9

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	55.4
number of identified compounds	15

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	7A/962	
pumped sampling on Tenax TA	8.november 2018, 13:40 - 14:15	
wind from W 4 m/s - temperature 19°C		
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
2-propanone (acetone)	0.7	67-64-1
heptane	2.5	142-82-5
acetic acid	10.5	64-19-7
toluene	0.3	108-88-3
benzaldehyde	5.1	100-52-7
2-methyl-2,4-pentanediol (hexylene glycol)	0.5	107-41-5
hexanoic acid	1.2	142-62-1
2-methyl-1-propenyl benzene	0.4	768-49-0
nonanal	2.1	124-19-6
acetophenone	5.3	98-86-2
1-methyl-2-pyrrolidinone	0.4	872-50-4
decanal	3.5	112-31-2
octanoic acid	1.3	124-07-2
tetradecane	0.7	629-59-4
2-phenoxyethanol	5.7	122-99-6
nonanoic acid	8.3	112-05-0

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	48.2
number of identified compounds	16

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	10A / 903	
pumped sampling on Tenax TA	8.november 2018, 22:15- 22:50	
wind from S 0 m/s - temperature 15°C		
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
pentane	3.5	109-66-0
2-methylpentane	1.1	107-83-5
methylcyclopentane	0.7	96-37-7
3-methylhexane	1.1	589-34-4
heptane	1.2	142-82-5
2,4-dimethylhexane	4.2	589-43-5
methylcyclohexane	0.5	108-87-2
acetic acid	10.2	64-19-7
toluene	1.6	108-88-3
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	1.5	106-42-3
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	0.8	95-47-6
1,2,4-trimethylbenzene	0.7	95-63-6
benzaldehyde	5.0	100-52-7
hexanoic acid	0.7	142-62-1
nonanal	2.1	124-19-6
acetophenone	3.7	98-86-2
decanal	2.3	112-31-2
octanoic acid	1.4	124-07-2
tetradecane	0.8	629-59-4
2-phenoxyethanol	3.8	122-99-6
nonanoic acid	13.7	112-05-0
pentadecane	2.4	629-62-9

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	62.9
number of identified compounds	22

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	11A / 211	
pumped sampling on Tenax TA	8.november 2018, 23:02- 23:37	
wind from S 1 m/s - temperature 13°C		
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
2-propanone (acetone)	2.0	67-64-1
methylcyclopentane	0.5	96-37-7
2,4-dimethylhexane	0.8	589-43-5
acetic acid	7.8	64-19-7
toluene	0.7	108-88-3
nonane	0.3	111-84-2
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	0.4	106-42-3
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	0.3	95-47-6
decane	0.3	124-18-5
1,2,4-trimethylbenzene	0.3	95-63-6
benzaldehyde	4.8	100-52-7
hexanoic acid	0.5	142-62-1
nonanal	1.6	124-19-6
acetophenone	2.8	98-86-2
phenol	2.3	108-95-2
decanal	2.9	112-31-2
octanoic acid	0.8	124-07-2
tetradecane	0.7	629-59-4
2-phenoxyethanol	2.2	122-99-6
nonanoic acid	3.5	112-05-0

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	35.4
number of identified compounds	20

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	14A / 90	
pumped sampling on Tenax TA	9.november 2018, 00:28 - 01:03	
wind from NEast 1 m/s - temperature 13°C	hydrocarbon odor	
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
pentane	3.4	109-66-0
hexane	4.7	110-54-3
methylcyclopentane	1.5	96-37-7
3-methylhexane	1.1	589-34-4
heptane	2.0	142-82-5
2,4-dimethylhexane	2.3	589-43-5
acetic acid	50.6	64-19-7
octane	1.2	111-65-9
toluene	2.9	108-88-3
propanoic acid	3.8	79-09-4
nonane	1.7	111-84-2
ethylbenzene	1.2	100-41-4
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	2.3	106-42-3
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	3.3	95-47-6
hexanoic acid ethylester	2.5	123-66-0
benzaldehyde	7.6	100-52-7
hexanoic acid	19.9	142-62-1
nonanal	3.3	124-19-6
acetophenone	4.6	98-86-2
phenol	1.7	108-95-2
heptanoic acid	4.0	111-14-8
decanal	4.0	112-31-2
octanoic acid	6.9	124-07-2
benzoic acid	18.6	65-85-0
nonanoic acid	19.5	112-05-0
pentadecane	5.1	629-62-9

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	179.4
number of identified compounds	26

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	1A - Sargent Aldea / 75	
sampling on Tenax TA with syringe by school principal	22.november time 16:35	
wind from SW - temperature 22 °C	feels gas odor	
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
2-propanone (acetone)	11.6	67-64-1
Cyclohexane	4.4	000110-82-7
methylcyclohexane	3.5	108-87-2
acetic acid	18.4	64-19-7
butanoic acid	3.1	107-92-6
2-Propenoic acid, 2-methyl-	7.3	000079-41-4
decane	2.5	124-18-5
benzaldehyde	11.9	100-52-7
2-ethyl-1-hexanol	5.4	104-76-7
hexanoic acid	4.5	142-62-1
2-hydroxy benzaldehyde (salicylaldehyde)	9.4	90-02-8
nonanal	8.3	124-19-6
dodecane	2.8	112-40-3
acetophenone	8.8	98-86-2
phenol	5.4	108-95-2
decanal	4.9	112-31-2
benzothiazole	10.8	95-16-9
tetradecane	4.7	629-59-4
2-phenoxyethanol	4.0	122-99-6
nonanoic acid	10.3	112-05-0
pentadecane	4.3	629-62-9
decanoic acid	3.9	334-48-5
hexadecane	10.0	544-76-3
2,4-Di-tert-butylphenol	4.8	000096-76-4

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	165.1
number of identified compounds	24

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	7A / 63	
pumped sampling on Tenax TA	16.january 2019 time 9.55-10:30	
wind from SW 3 m/s - temperature 16 °C		
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
2-propanone (acetone)	2.2	67-64-1
3-buten-2-one (methyl-vinyl-ketone)	2.1	78-94-4
Butane, 1-chloro-	2.7	000109-69-3
formic acid	3.2	64-18-6
acetic acid	14.5	64-19-7
nonane	3.2	111-84-2
benzaldehyde	8.8	100-52-7
Oxime-, methoxy-phenyl-	1.9	1000222-86-6
2-ethyl-1-hexanol	2.7	104-76-7
hexanoic acid	1.4	142-62-1
nonanal	3.3	124-19-6
acetophenone	6.7	98-86-2
decanal	5.7	112-31-2
octanoic acid	1.7	124-07-2
nonanoic acid	9.0	112-05-0
decanoic acid	2.5	334-48-5
hexadecane	3.8	544-76-3

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	75.4
number of identified compounds	17

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	7A / 711 Road to Maitenes	
passive sampling on Tenax TA		
16.january 10:45 to 18.january 15:30		
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
2-propanone (acetone)	0.9	67-64-1
acetic acid	3.2	64-19-7
benzaldehyde	3.5	100-52-7
hexanoic acid	0.2	142-62-1
nonanal	2.5	124-19-6
acetophenone	3.0	98-86-2
heptanoic acid	0.2	111-14-8
decanal	4.8	112-31-2
tridecane	0.3	629-50-5
octanoic acid	0.5	124-07-2
benzoic acid	1.3	65-85-0
2-phenoxyethanol	2.3	122-99-6
nonanoic acid	3.3	112-05-0

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	26.0
number of identified compounds	13

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	4A /213	
pumped sampling on Tenax TA	16.january 2019 time12:05-12:40	
wind from SW 4 m/s - temperature 17 °C		
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
2-propanone (acetone)	1.0	67-64-1
acetic acid	6.1	64-19-7
toluene	0.4	108-88-3
benzaldehyde	4.0	100-52-7
nonanal	2.7	124-19-6
acetophenone	2.2	98-86-2
phenol	2.6	108-95-2
decanal	3.9	112-31-2
octanoic acid	0.4	124-07-2
tetradecane	1.6	629-59-4
2-phenoxyethanol	2.4	122-99-6

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	27.2
number of identified compounds	11

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	Concon 4 / 213	
pumped sampling on Tenax TA	16.january 2019 time12:05-12:40	
wind from SW 4 m/s - temperature 17 °C	intense odor of heavy hydrocarbons	
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
toluene	15.0	108-88-3
ethylbenzene	6.7	100-41-4
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	30.1	106-42-3
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	14.0	95-47-6
decane	9.5	124-18-5
1-ethyl-3-methylbenzene	9.7	620-14-4
1-ethyl-2-methylbenzene	5.7	611-14-3
1,2,4-trimethylbenzene	21.3	95-63-6
1,2,3-trimethylbenzene	6.7	526-73-8
undecane	9.7	1120-21-4
1-methyl-3-propylbenzene	6.8	1074-43-7
o-Cymene	8.7	000527-84-4
Benzene, 1-ethyl-2,4-dimethyl-	7.0	000874-41-9
1-methyl-2-(2-propenyl) benzene	8.6	1587-04-8
Benzene, 1,2,3,4-tetramethyl-	5.9	000488-23-3
dodecane	10.3	112-40-3
2,3-dihydro-4-methyl-1H-inden	16.6	824-22-6
2,3-dihydro-2-methyl-1H-inden	15.2	824-63-5
2,2-Dimethylindene, 2,3-dihydro-	15.7	020836-11-7
tridecane	15.7	629-50-5
naphthalene	21.9	91-20-3
1H-Indene, 2,3-dihydro-4,7-dimethyl-	7.2	006682-71-9
tetradecane	12.0	629-59-4
2-methylnaphthalene	35.6	91-57-6
1-methylnaphthalene	17.7	90-12-0
pentadecane	6.6	629-62-9
Naphthalene, 1,4-dimethyl-	11.8	000571-58-4
Naphthalene, 2,7-dimethyl-	10.8	000582-16-1

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	362.4
number of identified compounds	28

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	13A /903	
pumped sampling on Tenax TA	17.january 2019 time10:42-11:17	
wind from SW 4 m/s - temperature 16 °C	light hydrocarbon odor	
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
pentane	24.7	109-66-0
2-methylpentane	6.5	107-83-5
3-methylpentane	14.1	94-14-0
methylcyclopentane	2.9	96-37-7
2-methylhexane	2.0	591-76-4
2,2,4-trimethylpentane (iso octane)	2.0	540-84-1
heptane	2.9	142-82-5
1,2-dimethyl cyclopentane	1.4	2452-99-5
benzene	4.5	71-43-2
2,3,4-trimethylpentane	1.0	565-75-3
acetic acid	1.0	64-19-7
toluene	6.6	108-88-3
ethylbenzene	15.8	100-41-4
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	2.0	106-42-3
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	7.9	95-47-6
Benzene, 1-ethyl-2-methyl-	2.9	000611-14-3
1,2,4-trimethylbenzene	1.2	95-63-6
benzaldehyde	2.3	100-52-7
nonanal	6.8	124-19-6
acetophenone	3.7	98-86-2
decanal	4.8	112-31-2
tetradecane	7.2	629-59-4
nonanoic acid	1.0	112-05-0
pentadecane	5.1	629-62-9

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	132.4
number of identified compounds	25

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	5A /62	
pumped sampling on Tenax TA	17.january 2019 time 11:37 -12:12	
wind from SW 5 m/s - temperature 17 °C	light hydrocarbon odor	
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
pentane	4.1	109-66-0
2-methylpentane	1.4	107-83-5
methylcyclopentane	0.9	96-37-7
3-methylhexane	1.3	589-34-4
heptane	1.5	142-82-5
1,2-dimethyl cyclopentane	1.9	2452-99-5
acetic acid	14.3	64-19-7
octane	0.8	111-65-9
toluene	4.1	108-88-3
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	2.4	106-42-3
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	0.9	95-47-6
1,2,4-trimethylbenzene	0.8	95-63-6
benzaldehyde	4.5	100-52-7
hexanoic acid	0.8	142-62-1
nonanal	3.2	124-19-6
dodecane	3.3	112-40-3
decanal	5.8	112-31-2
octanoic acid	1.4	124-07-2
tetradecane	1.2	629-59-4
2-phenoxyethanol	2.8	122-99-6
nonanoic acid	6.2	112-05-0
pentadecane	1.5	629-62-9
decanoic acid	3.0	334-48-5
hexadecane	5.5	544-76-3

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	73.7
number of identified compounds	24

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	Concon 5 / 39	
pumped sampling on Tenax TA	18.january 2019 time 02:38-02:56	
wind from SEast 2 m/s - temperature 13 °C	heavy hydrocarbon odor	
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
pentane	11.8	109-66-0
heptane	8.4	142-82-5
2-methylheptane	14.0	592-27-8
octane	7.3	111-65-9
toluene	19.6	108-88-3
ethylcyclohexane	5.1	1678-91-7
nonane	6.5	111-84-2
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	21.7	106-42-3
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	10.3	95-47-6
decane	5.4	124-18-5
Benzene, 1-ethyl-2-methyl-	5.3	000611-14-3
1,2,4-trimethylbenzene	11.7	95-63-6
benzaldehyde	5.8	100-52-7
undecane	7.7	1120-21-4
1-methyl-4-(1-methylethyl)-benzene	5.1	99-87-6
nonanal	8.7	124-19-6
dodecane	8.1	112-40-3
2,6-dimethylundecane	12.6	17301-23-4
diethenylbenzene isomere	9.5	0.0
1H-Indene, 2,3-dihydro-4,7-dimethyl-	6.9	006682-71-9
tridecane	20.3	629-50-5
tetradecane	6.6	629-59-4
2-methylnaphthalene	9.8	91-57-6
1-methylnaphthalene	7.4	90-12-0

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	254.1
number of identified compounds	24

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	concon 6 / 722	
pumped sampling on Tenax TA	18.january 2019 time 03:14-03:29	
wind from SEast 2 m/s - temperature 13 °C	heavy hydrocarbon odor slightly different	
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
pentane	7.2	109-66-0
hexane	13.5	110-54-3
3-methylhexane	4.3	589-34-4
heptane	5.9	142-82-5
benzene	5.2	71-43-2
methylcyclohexane	3.9	108-87-2
2,2,5-trimethylhexane	12.4	3522-94-9
octane	4.3	111-65-9
toluene	13.1	108-88-3
nonane	4.5	111-84-2
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	12.0	106-42-3
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	5.8	95-47-6
1,2,4-trimethylbenzene	6.2	95-63-6
benzaldehyde	4.7	100-52-7
undecane	5.3	1120-21-4
nonanal	5.8	124-19-6
dodecane	6.8	112-40-3
2,6-dimethylundecane	9.4	17301-23-4
Benzene, (1-methyl-1-propenyl)-, (Z)-	6.7	000767-99-7
1H-Indene, 2,3-dihydro-1,2-dimethyl-	5.2	017057-82-8
tridecane	16.5	629-50-5
tetradecane	5.2	629-59-4
2-methylnaphthalene	6.7	91-57-6
1-methylnaphthalene	4.6	90-12-0

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	186.7
number of identified compounds	26

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	Concon 2 / 955	
pumped sampling on Tenax TA	18.january 2019 time 03:51-04:06	
wind from East 2 m/s - temperature 13 °C	sporadic light odor	
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
2-propanone (acetone)	3.9	67-64-1
acetic acid ethylester (ethylacetate)	1.0	141-78-6
2-butanol	5.5	78-92-2
acetic acid	22.9	64-19-7
octane	1.0	111-65-9
toluene	1.9	108-88-3
hexanal	1.4	66-25-1
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	1.0	106-42-3
benzaldehyde	15.2	100-52-7
nonanal	9.2	124-19-6
acetophenone	8.1	98-86-2
phenol	1.0	108-95-2
decanal	18.4	112-31-2
octanoic acid	1.0	124-07-2
tetradecane	1.9	629-59-4
2-phenoxyethanol	5.8	122-99-6
nonanoic acid	6.3	112-05-0
pentadecane	3.0	629-62-9
decanoic acid	3.4	334-48-5
hexadecane	13.5	544-76-3

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	125.5
number of identified compounds	20

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	Concon domestic house / 10592	
canister sampling and transfer to Tenax TA at NILU		
17.january at 04:30	heavy disgusting odor	
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
hexane	13.0	110-54-3
butanal	25.7	123-72-8
heptane	13.7	142-82-5
2-methylheptane	44.4	592-27-8
octane	20.2	111-65-9
toluene	46.0	108-88-3
ethylcyclohexane	10.4	1678-91-7
hexanal	9.2	66-25-1
nonane	13.0	111-84-2
ethylbenzene	13.3	100-41-4
p- and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	49.2	106-42-3
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	25.3	95-47-6
3-heptanone	14.6	106-35-4
decane	15.5	124-18-5
1-ethyl-3-methylbenzene	14.8	620-14-4
2-ethylhexanal	8.9	123-05-7
1,2,4-trimethylbenzene	8.6	95-63-6
p- og m- methyl isopropyl benzene (cymene)	24.0	25155-15-1
octanal	11.6	124-13-0
undecane	10.4	1120-21-4
1-methyl-2-(2-propenyl) benzene	9.4	1587-04-8
1,2,3,5-tetramethylbenzene	13.8	527-53-7
nonanal	8.8	124-19-6
1-Phenyl-1-butene	10.2	000824-90-8
1H-Indene, 2,3-dihydro-1,6-dimethyl-	8.8	017059-48-2
decanal	23.8	112-31-2

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	466.6
number of identified compounds	26

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	Concon highway / a10519	
canister sampling and transfer to Tenax TA at NILU	level 1	
18.january at 04:30 NEast 1 m/s temperature 13 ° C		
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
2-propanone (acetone)	6.1	67-64-1
acetic acid ethylester (ethylacetate)	11.6	141-78-6
Butane, 1-chloro-	2.7	000109-69-3
benzene	3.3	71-43-2
2-Ethylacrolein	1.7	000922-63-4
acetic acid	58.6	64-19-7
toluene	2.4	108-88-3
propanoic acid	2.6	79-09-4
hexanal	2.8	66-25-1
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	1.5	106-42-3
3-heptanone	5.2	106-35-4
heptanal	1.9	111-71-7
benzaldehyde	5.3	100-52-7
2-ethyl-1-hexanol	4.0	104-76-7
nonanal	4.0	124-19-6
acetophenone	2.1	98-86-2
decanal	7.6	112-31-2

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	123.4
number of identified compounds	17

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	Concon highway / a10481	
canister sampling and transfer to Tenax TA at NILU	level 3	
18.january at 04:32 NEast 1 m/s temperature 13 ° C		
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
2-propanone (acetone)	3.2	67-64-1
butanal	1.1	123-72-8
benzene	1.6	71-43-2
acetic acid	4.7	64-19-7
toluene	1.0	108-88-3
hexanal	1.0	66-25-1
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	0.7	106-42-3
alfa pinene	2.4	80-56-8
3-heptanone	6.3	106-35-4
benzaldehyde	3.8	100-52-7
2-ethyl-1-hexanol	20.7	104-76-7
1,2,3,5-tetramethylbenzene	0.6	527-53-7
nonanal	2.7	124-19-6
acetophenone	1.1	98-86-2
phenol	2.3	108-95-2
decanal	2.7	112-31-2
tetradecane	0.7	629-59-4

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	56.6
number of identified compounds	17

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	Concon highway / a10498	
canister sampling and transfer to Tenax TA at NILU	level 2	
18.january at 04:34 NEast 1 m/s temperature 13 ° C		
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
2-propanone (acetone)	5.1	67-64-1
butanal	3.3	123-72-8
benzene	0.7	71-43-2
2-Ethylacrolein	1.5	000922-63-4
acetic acid	33.3	64-19-7
toluene	1.5	108-88-3
hexanal	1.9	66-25-1
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	1.1	106-42-3
alfa pinene	1.0	80-56-8
heptanal	0.7	111-71-7
cyclohexanone	1.4	108-94-1
benzaldehyde	2.2	100-52-7
2-ethyl-1-hexanol	3.5	104-76-7
2-Piperidinone	1.4	000675-20-7
nonanal	1.0	124-19-6
acetophenone	1.3	98-86-2
Atrolactic acid	1.8	000515-30-0
decanal	1.3	112-31-2
tetradecane	0.7	629-59-4
hexadecane	0.8	544-76-3

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	65.4
number of identified compounds	20

Customer	Ministerio del Medio Ambiente	
Sample id / tube id	Concon domestic house / 223	
sampling on Tenax TA with syringe by resident	18.january 2019 time 03:51-04:06	
between 01:00 and 06:00 on november 16,22 25 and december 5,8,9,28	odor episodes	
compound chemical name	concentration	CAS NR
	'Toluene-equivalents' (µg/m3)	
2-propanone (acetone)	120.3	67-64-1
acetic acid ethylester (ethylacetate)	29.4	141-78-6
1-butanol	29.9	71-36-3
toluene	720.1	108-88-3
ethylcyclohexane	124.0	1678-91-7
hexanal	55.6	66-25-1
ethylbenzene	47.1	100-41-4
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	235.9	106-42-3
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	121.2	95-47-6
decane	18.2	124-18-5
beta pinene	47.5	127-91-3
pentanoic acid	14.4	109-52-4
1,2,4-trimethylbenzene	33.6	95-63-6
limonene	29.3	138-86-3
6-methyl-5-heptene-2-one	27.7	110-93-0
benzaldehyde	41.6	100-52-7
undecane	56.1	1120-21-4
4-ethyl-1,2-dimethylbenzene	15.2	934-80-5
hexanoic acid	39.5	142-62-1
2-hydroxy benzaldehyde (salicylaldehyde)	26.7	90-02-8
nonanal	73.2	124-19-6
dodecane	14.3	112-40-3
tridecane	17.6	629-50-5
2,2,4,4,6,8,8-heptamethylnonane	17.5	4390-04-9
benzothiazole	30.4	95-16-9

total concentration of compounds with concentration above 1µg/m3	1986.3
number of identified compounds	25

Appendix D – Anexo D

Presentación en el Workshop (15 de Marzo de 2019)

Fingerprint of Volatile Organic Compounds in Quintero-Puchuncaví area

Norbert Schmidbauer and Susana Lopez-Aparicio
NILU – Norwegian Institute for Air Research (Norway)

Understanding units for concentration

Mixing ratio	Parts per Million (ppm)	Parts per billion (ppb)	Parts per trillion (ppt)
Actually a kind of %: % means parts per hundred			
Concentration	Miligrams per cubic metre (mg/m ³)	Microgram per cubic metre (µg/m ³)	Nanogram per cubic metre (ng/m ³)

It is possible to calculate from mixing ratio to concentration, and vice versa. It depends on how heavy the compound is.

Examples:

Ethyne (Acetylene)	1 ppm ≈ 1 mg/m ³	1 ppb ≈ 1 µg/m ³	1 ppt ≈ 1 ng/m ³
Benzene	1 ppm ≈ 3 mg/m ³	1 ppb ≈ 3 µg/m ³	1 ppt ≈ 3 ng/m ³
Xylene	1 ppm ≈ 4 mg/m ³	1 ppb ≈ 4 µg/m ³	1 ppt ≈ 4 ng/m ³

Pollution Plume:

size 100 m x 10 m x 4 km.	100 mg/m ³ ≈ 500 litre ≈ gasoline in 10 cars	100 µg/m ³ ≈ 0.5 litre ≈ small bottle of water	100 ng/m ³ ≈ 0.5 milli litre ≈ tea spoon
---------------------------	--	--	--

Main Findings and Conclusions (I)

The VOC compounds showing the highest concentrations out of the industrial area are ethane, propane, butane and pentanes, as well as BTEX.

Conclusion: this is expected as the main activity in the area is the storage and/or the distribution of petrochemical material.

Main Findings and Conclusions (II)

We evaluated the measurements results of the 4 compounds (methyl chloroform, nitrobenzene, iso-butane and toluene), which were reported at very high concentration and intensively discussed in the media.

Conclusion: the results from our measurements show very much lower concentration and we conclude that the measurements were done with a significant error in their calibration.

Methyl chloroform levels from our measurements were million times lower and nitrobenzene was not detected.

Toluene and iso butane were in the low ppb levels and not in ppm levels.

Main Findings and Conclusions (III)

The highest concentration levels of air masses leaving the industrial area were for light hydrocarbons in the range of up to 100 µg/m³. The sum of all light hydrocarbons was up to 300 µg/m³. The highest concentration levels for the BTEX compounds were up to 50 µg/m³. The highest sum of all BTEX was 85 µg/m³.

Conclusion: given normal dispersion (“dilution”) conditions, relatively short pollution plumes will not have a significant effects on the concentration levels in nearby schools or residential areas.

Main Findings and Conclusions (IV)

The sum of compounds sampled in Tenax tubes ranged between 25 and 180 µg/m³.

Conclusion: No light hydrocarbon levels or BTEX levels at the residential areas had hydrocarbon or BTEX signatures (fingerprints) of any of the episodes measured closed to the sources. The levels of VOCs were a blend of local natural and anthropogenic sources (e.g., vehicle emissions, domestic sources and decomposition of waste and biological processes).

Main Findings and Conclusions (V)

In nearly all situations were the sampling team defined sampling time and location by using their sense of smell, the VOC concentrations were elevated. This shows that our nose is a good detector for sensing unusually high concentration of hydrocarbons.

Conclusion: closed to the sources, the nose is able to detect fresh plumes of hydrocarbons and BTEX compounds. Smelling episodes in Quintero or nearby schools had different signatures – being affected by mostly local sources (e.g., vehicle emissions, domestic sources and decomposition of waste and biological processes).

Main Findings and Conclusions (VI)

The average concentration of ambient benzene was $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ out of the industrial areas and $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ at the residential and background areas.

Conclusion: the benzene levels are lower than international limit values ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ as yearly averaged value).

Main Findings and Conclusions (Concón)

The situation in Concón is different than in Quintero – Puchuncaví. The sum of hydrocarbons was as high as 325 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ during night time and low wind speed. The peak concentration of VOCs were up to 2000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ at a residential house.

Conclusion: The source strength of the refinery has a larger impact on the nearby residential area. Those situations were quite local (changing from street to street) and changed fast during the night.

VOC measurements in the Concón – Quintero – Puchuncaví – Ventanas industrial zone

Aim of the project

- Overview of the presence of **VOCs in the area**.
- Identification of **fingerprints of fugitive VOC** emissions at ground level close to the industrial areas and nearby residential areas
- Important Note: our study only focus on VOCs and measurement campaigns in November, December and January.

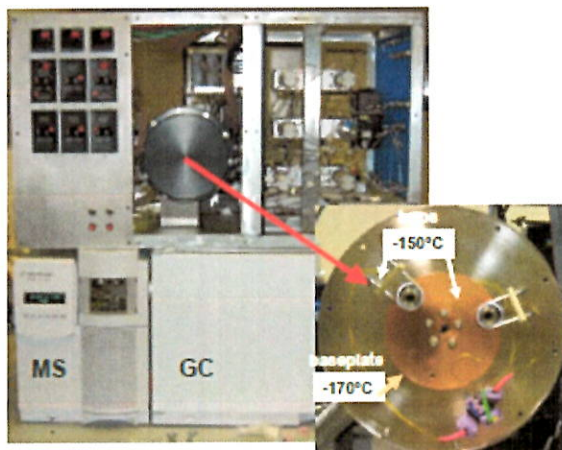
Choice of analytical methods (I)

Using a **very precise and accurate and well calibrated** method for light hydrocarbons, BTEX, chlorinated solvents and some sulphur containing gases.

This method is only measuring a certain number of **target compounds** – no other «unknown compounds» will be measured



Medusa a very precise and accurate instrument for target VOCs



<http://cas.catech.edu/instruments/casme-medusa.htm>
Miller et al., Anal. Chem., 2008.

Active Stations

- Capo Verde
- Capo Verde
- Capo Verde
- Greenland
- Inuvik
- Longyearbyen
- Naivasha
- Naivasha
- Mt. Muga
- Kappad
- Concord
- Chopra, Hyderabad

Global Network

The AGAGE/MAGE stations are located in mountain, high altitude the world chosen primarily to provide accurate measurements of trace gases with lifetimes that are long compared to global atmospheric circulation times. The AGAGE and MAGE stations are shown in the map below. For more information on each station, please visit a station from the map at the top.

Advanced Global Atmospheric Gases Experiment

Sponsored by NASA's Atmospheric Composition Focus Area in Earth Science

History of Chemically and Radiatively Important Atmospheric Gases from the Advanced Global Atmospheric Gases Experiment (AGAGE)

for submission to *Earth System Science Data* (<http://www.earth-system-science-data.net/>)

Compound	Global mean 2019 conc. (ppt ^v)	Typical Precision (%)	Compound	Global mean 2019 conc. (ppt ^v)	Typical ¹ Precision (%)
PFC 14	82.7	0.15	PFC 114	15.28	0.3
PFC 116	4.58	1	PFC 115	6.43	0.7
PFC 216	0.83	3	Nalon 1211	3.59	0.4
PFC 218	1.58	1.5	Nalon 1301	3.37	1.7
PFC 5-114	0.31	3	Nalon 2402	0.41	2
SF ₆	6.88	0.6	CH ₃ Cl	512	0.2
SF ₅ CF ₃	0.12	7	CH ₂ Br ₂	6.96	0.6
SO ₂ F ₂	2.26	2	CH ₃ I	0.58	2
NF ₃	1.44	1	CH ₂ Cl ₂	31.06	0.6
HFC 23	26.90	0.7	CH ₃ Br	1.08	1.5
HFC 32	12.63	3	CH ₃ F	9.78	0.4
HFC 134a	89.01	0.5	CH ₂ Br ₂	1.64	0.6
HFC 152a	6.71	1.4	CCl ₄	70.92	1
HFC 125	29.63	0.7	CH ₃ CO ₂ CH ₃	2.61	0.7
HFC 143a	19.31	1	DHC(O)CCl ₃	0.11	3
HFC 227ea	1.24	2.2	CCl ₃ (n-CCl ₃)	1.07	0.5
HFC 236fa	0.15	10	COCl ₂	543	0.5
HFC 245fa	2.42	3	C ₂ H ₆	585	0.3
HFC 365mf	1.00	5	C ₂ H ₄	9.08	0.6
HFC 43-10ma	0.27	3	C ₂ H ₂	17.01	0.3
HCFC 22	297.28	0.3	C ₂ H ₆	4.19	0.6
HCFC 141b	24.49	0.5			
HCFC 142b	22.57	0.4			

PRECISION

Choice of analytical methods (II)

Use of a «broad-band» method for VOCs which can deal with **identification of «unknown compounds»**.

The method should cover a wide range of different compound classes like hydrocarbons, aldehydes and ketones, organic acids, solvents and widely used industrial chemicals as well as natural VOCs.

This method is «semi-quantitative» and should therefore **overlap with the first method** on a range of hydrocarbons like BTEX.



Method for screening and identification of non-target VOC

- Sampling on adsorption tubes filled with Tenax TA
- **Most common adsorbent** for wide range VOC analysis
- Sample amount 2 liter of air
 - avoiding breakthrough
 - enough sample for good identification of VOC with $\mu\text{g}/\text{m}^3$ concentrations
 - not looking for trace concentrations
- Not suitable for very reactive gases – may react with the adsorbent or with compounds already captured on the adsorbent
- «Semi quantitative»
- Blank issues - but in the low $\mu\text{g}/\text{m}^3$ concentration range
- Both passive (diffusive) sampling – as well as pumped sampling

Analytical method for Tenax TA sample tubes

- Using a automatic thermal desorber – cold-trapping at -30°C
- Gas chromatografic separation on DB 1701 – 1 µm – 50 m
- Mass spectrometer with EI detection
- Using first automatic search on three different mass spec libraries
- Automated cross check of retention time index during the **manual identification routine** - mass spectra for higher alkanes look very similar – as well as aromatic compound or terpenes have very similar signature
- NILU's **RT index database** contains about 1000 of the most common VOCs – **built up during the last 35 years** – verified compound injection with standards made of pure chemicals

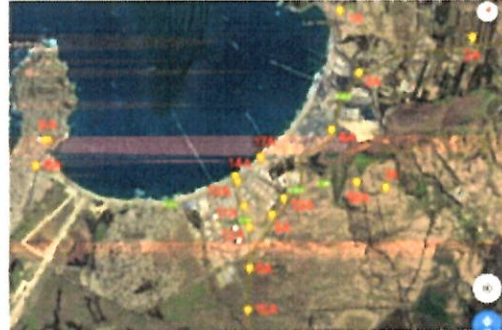
4 different sampling strategies



Sampling and sampling strategy (I)

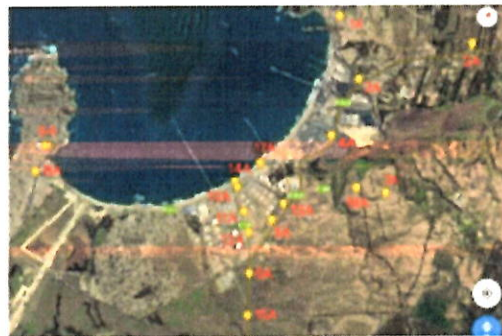
Sampling as **close as possible to the industrial areas** at low wind conditions.

Preferable when the sampling team could **identify odors** - but also when **normal activity conditions** inside the industrial areas were seen



Sampling and sampling strategy (II)

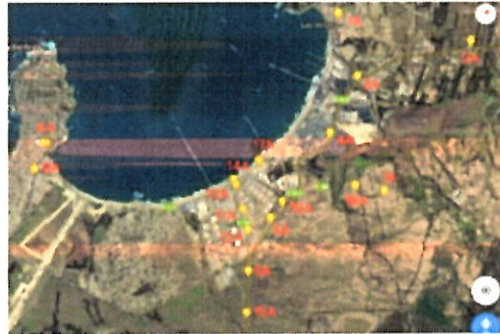
Whenever the wind direction **pointed to some of the residential areas** or towards the different schools in the area – samples were taken at those respective sites as well.



Sampling and sampling strategy (III)

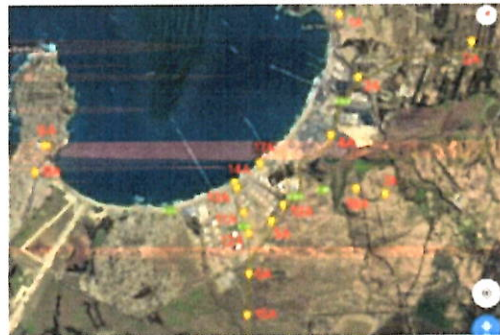
Supported by citizen participation.

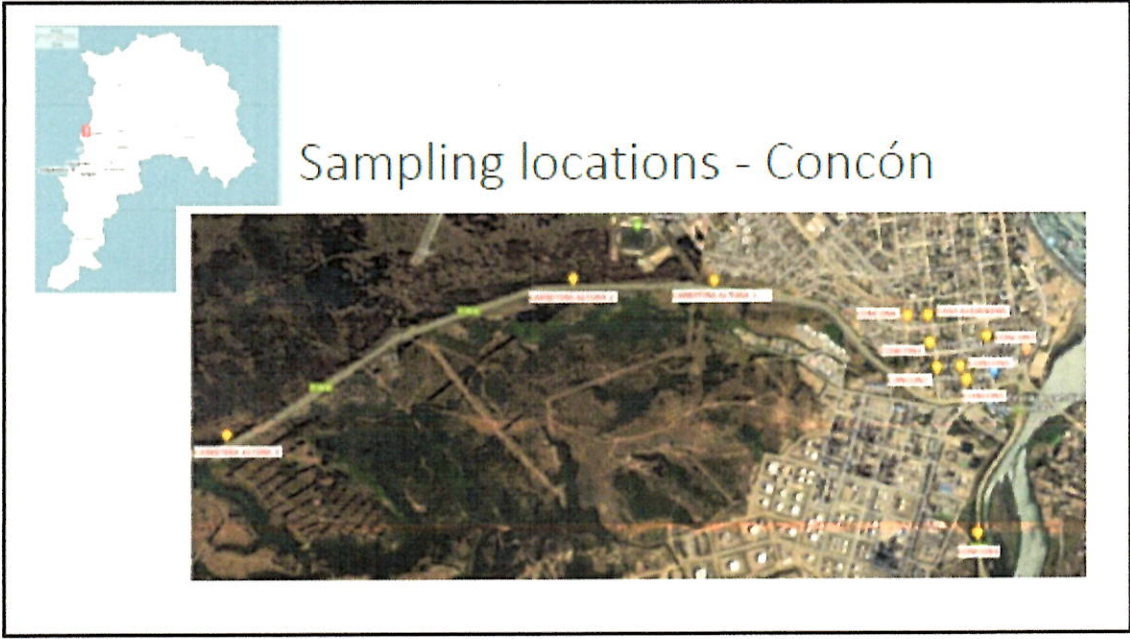
Leaving equipment at **schools and residential homes** for sampling during periods of odors or strange smells.



Sampling and sampling strategy (IV)

Taking passive samples for average measurements **over longer time periods**





The 4 compounds in the newspapers

Quintero y Puchuncaví: Informe del Colegio Médico advierte de nocivos efectos en la salud por contaminantes

A partir de un documento enviado al Concejo Municipal de Quintero, la entidad médica que representa a los médicos en la zona, hace la descripción de observaciones en el pueblo y en general, tanto a nivel general como específico.

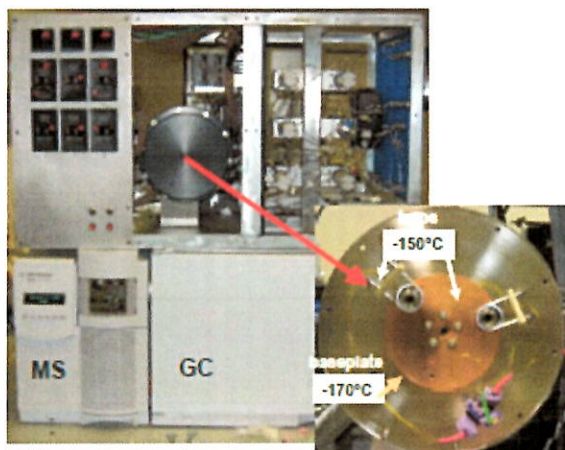
SALUD. Cuarta vez se repite en Chile el informe realizado por el Colegio Médico de Chile (CMCh) sobre los efectos nocivos de la contaminación atmosférica en la zona de Quintero y Puchuncaví.

El documento, elaborado por la **Comisión de Asesoramiento de Vigilancia en el Medio Ambiente** del Colegio Médico de Chile, se centra en la salud de la población de la zona, que afecta a la denominada zona de Quintero y Puchuncaví, y apunta a los efectos nocivos de la contaminación atmosférica en la zona, tanto a nivel general como específico, y a los efectos nocivos de la contaminación atmosférica en la zona de Quintero y Puchuncaví.

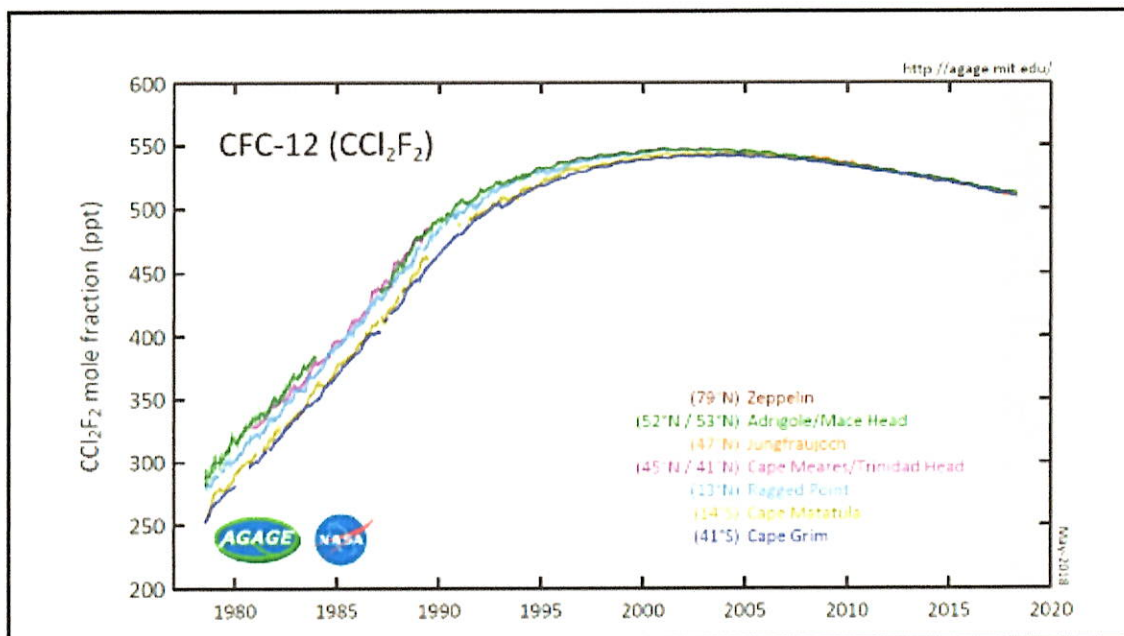
De ese modo, en primera instancia el estudio hace referencia al episodio generado el 21 de agosto, que afectó a al menos 30 niños de la comuna de Quintero y acudieron al hospital "aquejados por cefaleas, vómitos, diarrea, síntomas y signos neurológicos". En la ocasión, el Servicio de Salud informó de la presencia de cuatro gases atribuidos a los síntomas: **nitrobenzeno, tolueno, isobutano y Metil Clorofeno**, compuesto que está prohibido en Chile desde 2015, a raíz del acuerdo del Protocolo de Montreal (1987).

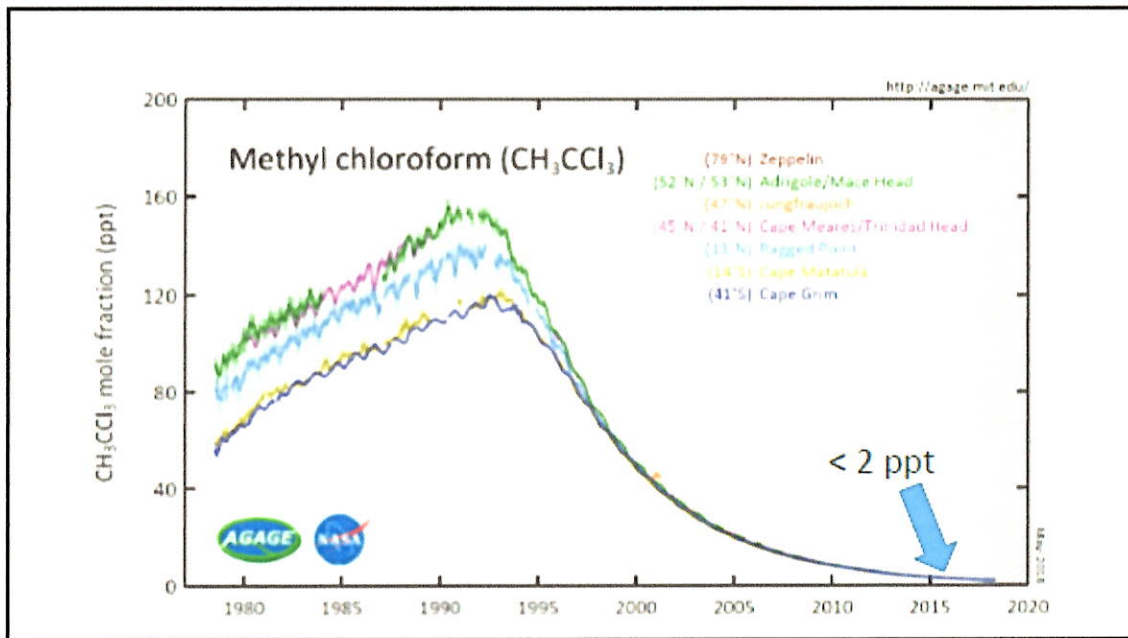
En su texto, el informe al que se refiere el CMCh, indica que el nivel de contaminación atmosférica en la zona de Quintero y Puchuncaví, es superior al permitido por la legislación chilena, y que esto genera efectos nocivos en la salud de la población de la zona, tanto a nivel general como específico, y a los efectos nocivos de la contaminación atmosférica en la zona de Quintero y Puchuncaví.

The GCMS used within AGAGE to measure CFCs installed at Ny-Alesund in 2010



<http://agage.eas.gatech.edu/instruments-gcms-medusa.htm>
Miller et al., Anal. Chem., 2008





What are VOCs?

VOCs (Volatile Organic Compounds) includes a wide variety of organic chemicals that are at normal atmospheric conditions liquids.

However, they have a high vapor pressure and will also be present in the air above the liquid phase.

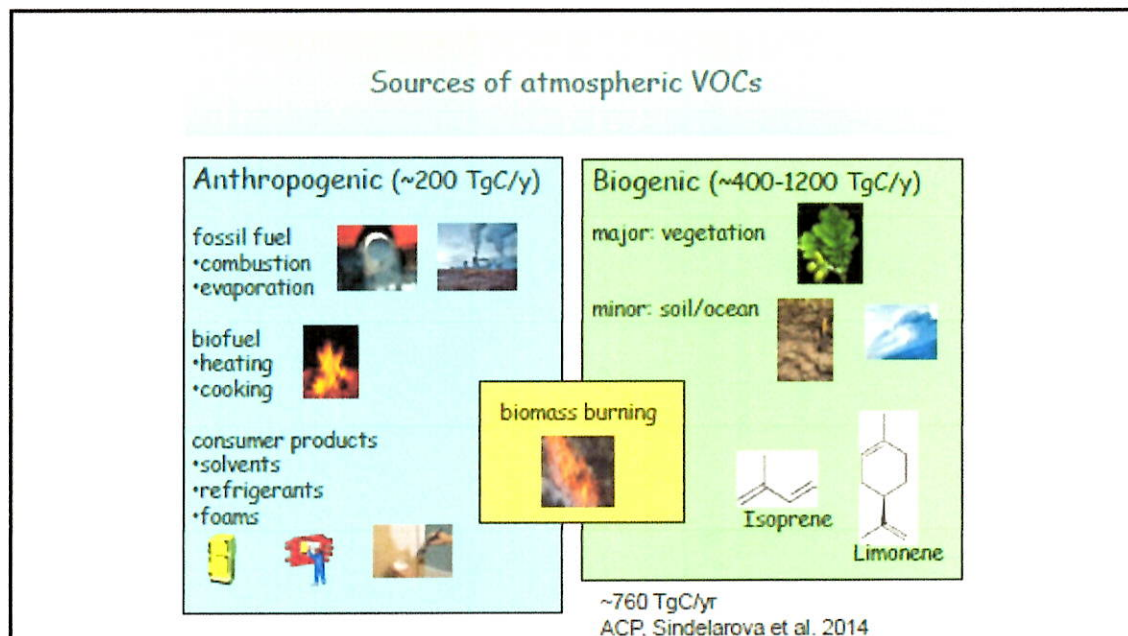
Some examples :

Hydrocarbons: Propane, Butane... Benzene, Toluene, Xylene...

Alcohol: Methanol, Ethanol, Propanol ...

Aldehydes and Ketones: Formaldehyde, Acetaldehyde... Acetone

Organic Acids: Formic Acid, Acetic Acid ...Fatty Acids



VOC – volatile organic compounds

- Oil and gas and coal are natural products
- Widely used in the energy-sector, as fuel for transportation and as chemical feedstock. Most of our modern materials have their origin in fossil fuels.
- Our tolerance for those compounds is usually very high – but there are EXCEPTIONS – like Benzene which is carcinogenic. Therefore the compound is regulated and concentration limits are quite low – less than $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ as a yearly average (EU limit value).
- This is a very low limit compared to all the other VOCs. There are no limit values for VOCs in outdoor air.
- Previously, limit value for total sum of VOC in outdoor air existed at $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$. This limit was removed due to fact that no health issues were documented for the total sum of VOC.

VOC – Limit Values (Outdoor)

The screenshot shows the 'Air Quality Standards' page on the European Commission's Environment website. It includes a navigation menu and a table of pollutant limits.

Pollutant	Concentration	Averaging period	Legal nature	Permitted exceedances each year
Benzene	5 µg/m ³	1 year	Limit value to be met as of 1.1.2010**	n/a

VOC – Limit Values (Occupational Exposure)

The screenshot shows the OSHA website page for VOC limit values. It includes a table with regulatory and recommended limits for Benzene, Xylene, and Propane.

Substance	CAS No. ^(a)	Regulatory Limits			Recommended Limits	
		ppm ^(c)	mg/m ³ (=)	OSHA PEL ^(b) (permissible exposure limit)	NIOSH REL ^(d) (recommended limit)	ACGIH ^(e) 2010 TLV ^(f)
Benzene, see 1310-107-8. See Table 2.2 for the limits applicable in the operations of vessels included in 1310-107-8 ^(g)	71-43-2		1 ppm (5) 5 ppm See Section 52.18	8-hour TWA (S) STEL (C) Ceiling	Up to 10-hour TWA (S) STEL (C) Ceiling	8-hour TWA (S) STEL (C) Ceiling
Xylene (o-, m-, p-isomers)	1330-20-7	100	415	100 ppm (S) 150 ppm (C) 300 ppm	100 ppm (S) 150 ppm (C)	100 ppm (S) 150 ppm (C)
Propane	44-98-6	1000	1800	1000 ppm	1000 ppm	See TLV Book Appendix F (D, E)

VOC – Limit Values (Occupational Exposure)

UNITED STATES DEPARTMENT OF LABOR
 Occupational Safety and Health Administration

Regulatory Limits
 OSHA PELs⁽¹⁾

Recommended Limits
 Cal/OSHA PEL⁽²⁾, NIOSH REL⁽³⁾, ACGIH⁽⁴⁾ 2018 TLV⁽⁵⁾

Substance	8-hour Time Weighted Average (TWA)	Acceptable Ceiling Concentration	Acceptable maximum peak above the acceptable ceiling concentration for an 8-hr shift		Recommended Limits		
			Concentration	Maximum Duration	Cal/OSHA PEL ⁽²⁾ (or OSHA PEL ⁽¹⁾)	NIOSH REL ⁽³⁾ (or OSHA PEL ⁽¹⁾)	ACGIH ⁽⁴⁾ 2018 TLV ⁽⁵⁾
					8-hour TWA (S) STEL (C) Ceiling	Up to 10-hour TWA (S) STEL (C) Ceiling	8-hour TWA (S) STEL (C) Ceiling
Toluene (257-12-19-7)	200 ppm	300 ppm	500 ppm	10 min	10 ppm (S) 150 ppm (C) 1,500 ppm	100 ppm (S) 150 ppm (C)	25 ppm

Comments on concentration levels of certain compounds widely discussed in Chilean media

- high ppm values of the 4 compounds measured with MIRAN

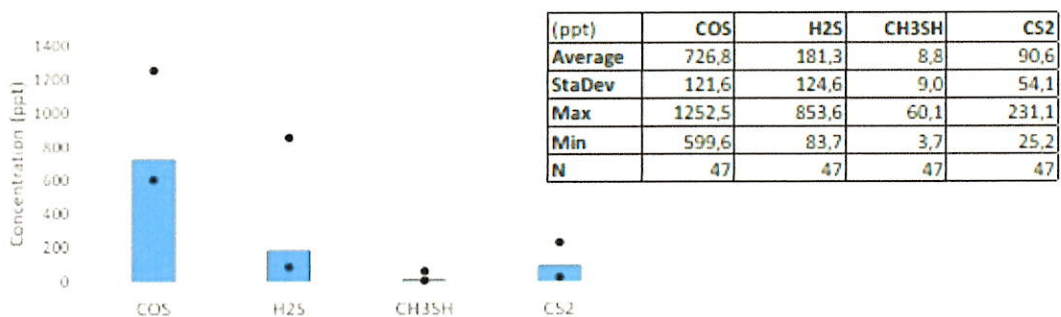
Based on our measurements:

- *Methyl chloroform* levels were million times lower.
- *Nitrobenzene* was not detected, detection level 1 µg/m³.
- *Toluene* and *iso-butane* were in the low ppb levels and not in ppm levels.

Results from the measurements

- We analyzed over 50 canister samples and over 25 Tenax samples.
- This involved large tables of analytical results.

Sulphur Compounds (ppt levels)



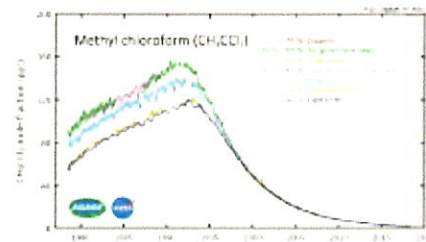
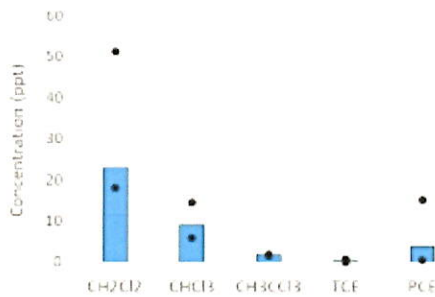
- Sulphur components, very smelly, associated with coal combustion or oil/gas.
- These values are low and cannot be smelled.

Chlorinated solvents (ppt levels)

ppt	CH2Cl2	CHCl3	CH3CCl3	TCE	PCE
Average	23,1	9,0	1,7	0,2	3,7
StaDev	7,6	1,8	0,1	0,1	3,1
Max	51,3	14,6	1,9	0,6	15,3
Min	18,1	6,0	1,5	0,0	0,5
N	38	38	38	38	38

Methyl chloroform was measured at all the sampling points between 1.5 and 1.9 ppt. This is global atmospheric background.

The other chlorinated solvents are at also very low levels



Cooling Agents (ppt levels)

Sample	HFC-22 HFC-343 HFC-143i HFC-125 HFC-134a HFC-152a H-123i H-130i							
	C	C	C	C	C	C	C	C
3A (AES GENERI)	238	26	22	51	107	5	5	5
4A (CODELCO VENTANAS)	241	24	22	28	104	5	5	5
10A (Cross-section, near to the beach)	256	27	22	27	99	5	5	5
11A (Half of the cross-section)	237	25	22	26	99	5	5	5
9A (by side road, Site Filomena School)	206	24	22	1037	1248	5	5	5
9A (by side road, Site Filomena School 1)	237	24	22	34	108	6	5	5
5A (highway, ENAP west area)	236	25	22	34	108	5	5	5
7A (road to MAITINES)	236	25	22	27	108	5	5	5
13A (in front of ENAP)	236	25	22	28	108	5	5	5
10A (cross-section, near to the beach)	256	25	22	135	101	5	5	5

mixing ratio in ppt (vol)

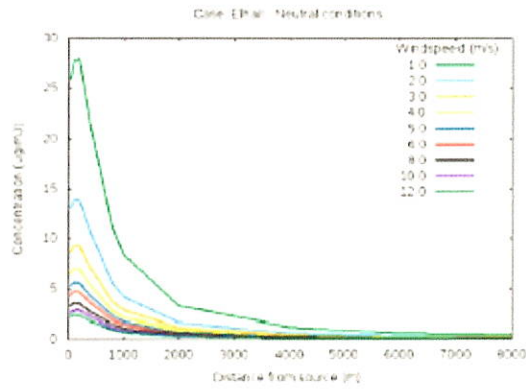
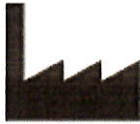
These compounds are associated with cooling processes or fire extinguishers ongoing in Ventanas Industrial area.

These values indicate that there are no leaking processes.

Dispersion

How do concentration change with distance from the source at different wind speed

Industrial area



Residential area



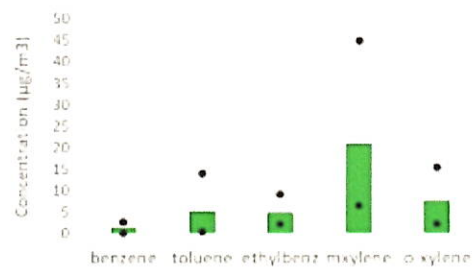
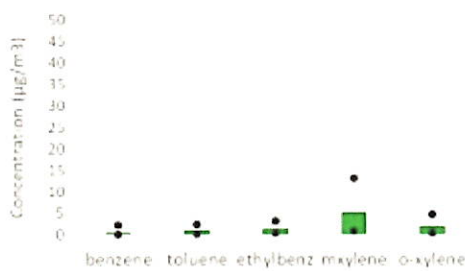
BTEX (µg/m³)

Residential – Regional

µg/m ³	benzene	toluene	ethylbenz	mxylene	o-xylene
Average	0,3	1,0	1,2	5,2	1,9
StaDev	0,4	0,6	0,7	3,1	1,1
Max	2,2	2,4	3,2	13,3	4,8
Min	0,1	0,2	0,3	0,8	0,3
N	32	32	32	32	32

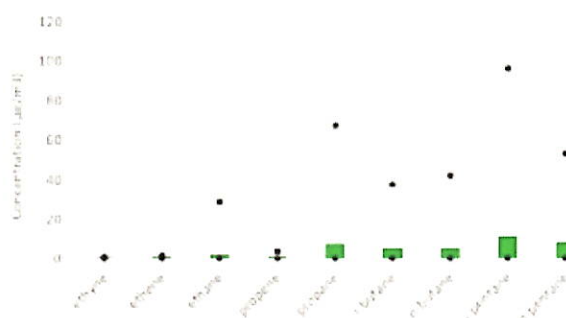
Industrial

µg/m ³	benzene	toluene	ethylbenz	mxylene	o-xylene
Average	1,0	4,9	4,6	20,9	7,4
StaDev	0,6	3,7	2,1	10,1	3,8
Max	2,5	14,1	9,1	44,8	15,5
Min	0,1	0,3	2,1	6,5	2,0
N	15	15	15	15	15



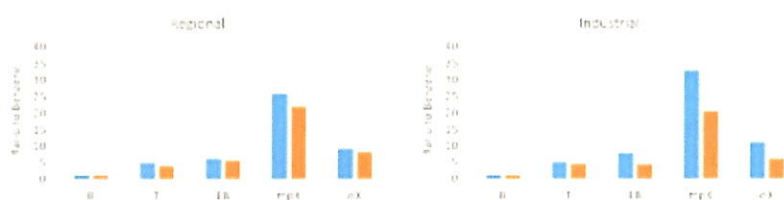
Light Hydrocarbons ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ethyne	ethene	ethane	propene	propane	i-butane	n-butane	i-pentane	n-pentane
Average	0,3	0,6	1,6	0,5	7,4	5,2	5,2	11,0	8,0
StdDev	0,2	0,3	4,2	0,5	11,3	9,1	9,0	19,3	12,9
Max	1,0	1,5	28,9	3,7	67,6	37,6	42,3	96,4	53,3
Min	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
N	47	47	47	47	47	47	47	47	47



Evaluating the ratios of certain VOCs

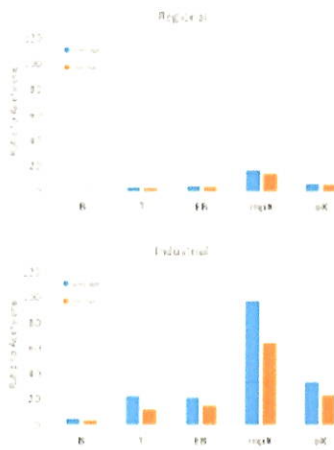
We look at the ratio between compounds to identify fingerprints of different emission sources



The result of normalizing by benzene does not allow to distinguish between evaporation or combustion processes (e.g. traffic).



Normalization of BTEX by acetylene



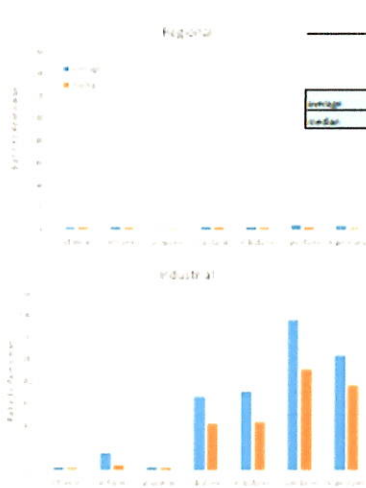
	Residential					Industrial				
	B	T	EB	m,p-x	o-x	B	T	EB	m,p-x	o-x
average	1	3	4	17	6	5	22	21	97	33
median	1	3	4	14	5	3	12	15	65	23

The normalization to acetylene however shows very different fingerprints.

Acetylene is only produced by combustion processes, there is no natural source.

The fingerprint from evaporation processes in the industrial area is very different (high ratio) than the fingerprint in residential areas (low ratio).

Normalization of light hydrocarbons by acetylene



	Residential								Industrial							
	ratio to acetylene								ratio to acetylene							
	Ethane	Ethane+propane	Propane	Butane	Pentane	Hexane	Heptane	Octane	Ethane	Ethane+propane	Propane	Butane	Pentane	Hexane	Heptane	Octane
average	1.9	2.6	2.1	2.4	2.2	4.0	3.1		2.0	25	3	66	70	136	104	
median	1.9	1.7	1.1	2.0	1.7	2.3	1.6		1.9	4	2	42	43	91	77	

The normalization of light hydrocarbons by acetylene shows also very different fingerprints.

Acetylene is only produced by combustion processes, there is no natural source.

The fingerprint from evaporation processes in the industrial area is very different (high ratio) than the fingerprint in residential areas (low ratio).

Results at Concón ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

			TVOC	sum all 14	sum C2-C5	sum BTEX
Con-con No 1	SE	1		324	180	144
Con-con No 2	SE	1		147	119	28
Con-con No 3	SE	1		185	136	49
CONCON4	SW	6 m/s	362	408	16	392
CONCON 5 (street 14/Street Saint Agustín)	SE	2 m/s	254	434	176	258
CONCON 6 highest street level (street 12/street Vergara)	SE	2 m/s	187	236	71	165
CONCON 7 - Level low (Reference: street 14 /Street Cortes)	SE	2 m/s		110	66	44
CONCON 2 - Middle Level (Reference: Street 13 /Street Cortes)	E	1 m/s	125	58	37	21

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ethyne	ethene	ethane	propene	propane	i-butane	n-butane	i-pentane	n-pentane	benzene	toluene	ethylbenz	m-xylene	o-xylene
Average	0,6	1,3	3,3	8,8	20,1	12,0	9,3	21,6	17,0	1,9	11,8	14,4	79,7	30,0
StdDev	0,4	0,5	2,1	16,9	14,7	8,5	8,0	15,7	15,1	1,1	7,7	12,6	74,1	29,6
Max	1,5	2,4	7,2	53,0	57,6	24,5	25,4	47,1	50,1	3,8	24,2	40,8	233,4	94,8
Min	0,3	0,6	0,3	0,3	1,1	0,7	0,7	5,4	3,8	0,4	2,5	2,2	11,6	4,3
N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

Summary : Concón

- The nearby domestic areas are clearly influenced from the nearby industry
- Especially during night time and under low windspeed conditions – the concentrations are high
- The episodes are very variable in time and very different from street to street in the nearby areas
- The concentrations are in a range where most people can sense the pollution episodes
- The situation during winter time should be monitored as well
- There should also be included different measurements – like heavy hydrocarbons and PAH

Appendix E - Anexo E

Comunicación y misiones de NILU a Chile

Se realizaron más de 10 reuniones (videoconferencia) entre NILU y el Ministerio del Medio Ambiente para planificar la campaña en terreno y hacer seguimiento a las actividades del proyecto. Además, una visita de Rodrigo A. Romero entre el 29 y el 31 de octubre (2018) a NILU fue apoyada por reuniones con expertos de NILU en meteorología y monitoreo de la contaminación del aire en áreas industriales para diseñar la campaña en terreno. Esta comunicación con el Ministerio del Medio Ambiente fue la base para decidir concentrarse en los compuestos orgánicos y una campaña de medición que pudiera proporcionar información sobre la huella de los contaminantes orgánicos en la región.

Se realizaron tres misiones a Chile en el marco del proyecto. La primera tuvo lugar la semana del 5 al 9 de noviembre (2018), en la que el investigador principal Norbert Schmidbauer viajó a Santiago de Chile para instalar los muestreadores y dar instrucciones para el muestreo posterior, además de las especificaciones necesarias para enviar el material a NILU para su análisis posterior. Esta misión también incluyó comunicación con las autoridades y la prensa para explicar los objetivos del proyecto. Durante la primera misión se decidieron los principales sitios de muestreo y la campaña de medición. La segunda misión se realizó en enero de 2019, y en ella el Dr. Norbert Schmidbauer viajó a Chile para realizar mediciones adicionales, incluida la medición adicional en Concón. La última misión se realizó en marzo de 2019. Durante esta misión, el Dr. Norbert Schmidbauer y la Dra. Susana López-Aparicio viajaron a Chile para presentar los resultados finales y su interpretación en un taller (véase el Anexo D). Durante la última misión, se realizaron varias reuniones con autoridades locales, regionales y nacionales y se visitó una de las escuelas.

NILU – Instituto Noruego de Investigación del Aire

NILU - Instituto Noruego de Investigación del Aire es una institución independiente y sin fines de lucro creada en 1969. A través de sus investigaciones, NILU profundiza la comprensión del cambio climático, la composición atmosférica, la calidad del aire y las sustancias peligrosas. A partir de sus investigaciones, 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 - Competencia - 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

Correo electrónico: nilu@nilu.no

<http://www.nilu.no>

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