

ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES DE GASES EN QUINTERO Y PUCHUNCAVÍ EN EL PERÍODO 22 AGOSTO- 25 SEPTIEMBRE 2018 Y COMENTARIOS A LOS INFORMES DE LA SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

Dra. Fernanda Salinas¹
Dra. Zoë Fleming²
Marzo 2019.

RESUMEN

El presente informe tiene como objetivo realizar un breve análisis de los resultados de las mediciones realizadas por el equipo MIRAN en la zona de Quintero y Puchuncaví. Estos antecedentes fueron solicitados por transparencia y entregados por la Superintendencia del Medioambiente. Se analizan además los informes que presentaron la Superintendencia del Medioambiente y el Ministerio del Medio Ambiente a la Ilustrísima Corte de Apelaciones de Valparaíso en este respecto.

ANTECEDENTES

El complejo industrial de las comunas de Quintero y Puchuncaví tiene instaladas industrias con actividades de fundición de cobre, complejo termoeléctrico a carbón, industrias petroleras, terminales de gas licuado, e industria química, entre otras (Fig. 1).

De acuerdo a la formulación de cargos realizada por la SMA a Gasmar, en la Bahía de Quintero-Puchuncaví existen 10 unidades fiscalizables que se relacionan con un total de 59 RCAs (Fig. 2).

REACCIÓN DEL GOBIERNO ANTE LAS INTOXICACIONES

A raíz de los casos de intoxicación masiva en la zona de Quintero y Puchuncaví, y la ausencia de información respecto a las causas de tales intoxicaciones, el Gobierno de Chile, a través del Presidente de la República, en su cuenta de twitter, anunció *“no permitiremos que se siga contaminando con gases tóxicos, afectando la salud de las personas”*, indicando que se realizarían mediciones con el equipo portátil Thermo Scientific™ MIRAN SapphIRe XL Portable Ambient Analyzer, que permite identificar 120 gases, para *“evaluar, sancionar a los culpables y establecer exigencias más rigurosas”*.

El equipo Thermo Scientific™ MIRAN SapphIRe XL Portable Ambient Analyzer (en adelante, “el equipo MIRAN”) usa espectroscopía infrarroja para identificar los compuestos por su longitud de onda. El equipo incluye una biblioteca que permite identificar 120 compuestos tóxicos industriales comunes, y permite incorporar cientos de compuestos más.

MEDICIONES REALIZADAS CON EL EQUIPO MIRAN

Mediante solicitud de información AW003T0002953 a la Superintendencia del Medio Ambiente, solicitamos los resultados de todas las mediciones realizadas con el equipo MIRAN. Obtuvimos de la Superintendencia del Medio Ambiente los resultados de las mediciones realizadas entre el 22 de agosto y el

1 ONG FIMA. Correspondencia a: salinas@fima.cl

2 Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, Universidad de Chile y NCAS (National Centre for Atmospheric Science), Reino Unido.

Figura 1.
Representación de las áreas de las principales industrias presentes en la zona de Quintero y Puchuncaví



Fuente: <https://resumen.cl/articulos/crisis-socioambiental-impactos-complejo-industrial-ventanas-quintero-puchuncavi>

25 de septiembre en formato Excel (Ord. N°2866 SMA, Anexo 1). La Superintendencia del Medio Ambiente reporta que se realizaron 157 mediciones. Las mediciones se realizaron, según podría desprenderse de los datos entregados, en un total de 14 puntos de medición. Sin embargo, no contamos con certeza de esta inferencia, ya que los datos entregados por la Superintendencia del Medio Ambiente no cuentan con coordenadas UTM de los puntos de medición, sino solo nombres que apelan a lugares.

Los puntos recibieron distinto número de eventos de medición. Nueve puntos fueron medidos solo una vez, mientras que los otros recibieron dos, cuatro, 17, 61 y 63 mediciones respectivamente (Tabla 1, Figura 2).

En consecuencia, mientras algunos sectores estuvieron caracterizados de manera reiterada durante el período informado, como el Colegio Sargento Aldea en Puchuncaví, y el Colegio Santa Filomena en Quintero (63 y 61 mediciones respectivamente, Tabla 1), las empresas COPEC, GASMAR, OXIQUIM y CODELCO recibieron menos de cinco mediciones en todo el período (Tabla 1, Fig. 2). Otras empresas, como CORDEX, Cementos Melón, AES Gener, GNL y ENEL no fueron monitoreadas.

Adicionalmente, la Corte de Apelaciones de Valparaíso solicitó al Ministerio del Medio Ambiente presentar los resultados de las mediciones realizadas con el equipo MIRAN. El Ministerio del Medio Ambiente presentó los

Figura 2.
Representación geográfica de las RCAs relacionadas con las 10 unidades fiscalizables por la SMA en la Bahía Quintero-Puchuncaví.



Fuente: Formulación de Cargos SMA a Gasmar.

Tabla 1.

Puntos de medición y número de mediciones realizadas en cada uno en el período reportado entre el 22 de agosto y el 25 de septiembre 2018.

Punto de medición	Número de mediciones
Cerro Alfaro Parque Municipal	1
Chocota-Puchuncaví	1
Colegio Orione	1
Colegio Velásquez	1
COPEC	1
Cristo Cerro La Cruz	1
GASMAR	1
Municipalidad de Quintero	1
Rungue-Puchuncaví	1
CODELCO	2
OXIQUIM	4
ENAP	17
Colegio Santa Filomena- Quintero	61
Colegio Sargento Aldea- Puchuncaví	63
Total	156

Figura 2.
Representación geográfica de los puntos de medición y representación con colores del número de mediciones realizadas en cada uno en el período entre el 22 de agosto y 25 de septiembre 2018.



resultados de las mediciones realizadas entre el 22 de agosto y el 08 de septiembre de 2018 en formato pdf.

Al contrastar los datos de ambas fuentes, la recibida desde la Superintendencia del Medio Ambiente con los datos presentados por el Ministerio del Medio Ambiente a la Corte de Apelaciones de Valparaíso, pudimos detectar que parte de los datos enviados por la Superintendencia del Medio Ambiente habían sido filtrados, y correspondían solo a una parte de la totalidad de datos entregados por el Ministerio del Medio Ambiente. Sin

embargo, este último organismo presentó los resultados de las mediciones realizadas solo hasta el 08 de septiembre, y no hasta el 25 de Septiembre, como la Superintendencia del Medio Ambiente.

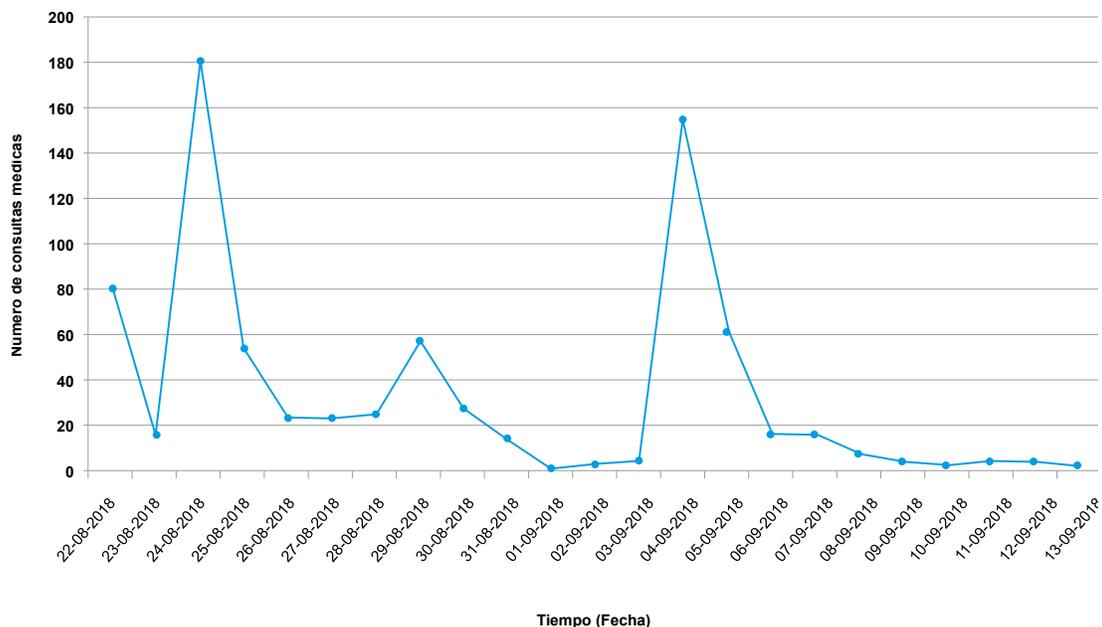
CONSULTAS MÉDICAS REGISTRADAS ENTRE EL 22 DE AGOSTO Y EL 13 DE SEPTIEMBRE

Según la Unidad de Epidemiología del Departamento de Salud Pública/ Secretaría Regional Ministerial (SEREMI)/ Región de Valparaíso/ Ministerio de Salud- Chile, entre el 22 de agosto y el 13 de septiembre 2018 se realizaron un total de 792 consultas médicas en los establecimientos de salud de Quintero y Puchuncaví asociadas a los eventos de contaminación atmosférica. Los días en los que se registraron incrementos en el número de consultas fueron el 22, 24 y 28 de agosto y el 4 de septiembre 2018 (Fig. 3).

COMPUESTOS DETECTADOS POR EL EQUIPO MIRAN

A raíz de las mediciones de gases realizadas en la zona de Quintero y Puchuncaví con el equipo MIRAN, la Superintendencia entregó un registro

Figura 3. Número de consultas realizadas en los establecimientos de salud de Quintero y Puchuncaví asociadas a los eventos de contaminación atmosférica entre el 22 de agosto y el 13 de septiembre 2018.



Fuente: Unidad de Epidemiología del Departamento de Salud Pública/ Secretaría Regional Ministerial (SEREMI)/ Región de Valparaíso/ Ministerio de Salud- Chile.

correspondiente a un total de 67 compuestos, mientras que en el registro del Ministerio del Medio Ambiente se registraron 124 compuestos. Los compuestos más frecuentemente registrados en el período informado por la SMA fueron la piridina, el metilcloroformo, el tolueno, el metilcloruro, el dicloroetano, el nitrobenceno, el bencilcloruro, el etilbenceno y el cloruro de vinilo entre otros (Tabla 2).

Según los datos de los resultados de las mediciones realizadas con el equipo MIRAN que fueron entregados por la Superintendencia del Medioambiente por solicitud de información, fueron 25 los compuestos detectados en los días en los que hubo máximos en el número de consultas en los centros de salud en el período entre el 22 de agosto y el 13 de septiembre. Estos compuestos incluyen alcohol octílico, bencilcloruro, bromuro de isopropilo, butanol, ciclohexano, dicloroetano, etilmercaptano, isobutano, malonato de dietilo, metilcloruro, metilcloroformo, nitrobenceno y tolueno, entre otros (Tabla 3). Algunos compuestos, como el alcohol octílico, el isobutano, el nitrobenceno y el 2-metil-2pirrolidona alcanzaron concentraciones superiores a 120ppm.

La concentración de los compuestos detectados en los días de máximos en las consultas médicas varió entre eventos, tanto en los datos informados por la SMA como por el MMA. En los datos de la SMA, el 22 de agosto, los compuestos con máximos en las concentraciones fueron el alcohol diacetona, alcohol octílico, bromuro de isopropilo, butanol, ciclohexano, dimetilacetamida, etilmercaptano, isobutano, malonato de dietilo, metil-isobutil-cetona, n-metil-2-pirrolidona, pentanol, PGME y trietilamina (Fig. 4). Para el 24 de agosto, los compuestos que tuvieron máximos en sus concentraciones fueron el bencilcloruro, dióxido de carbono, metilcloroformo, nitrobenceno, piridina y tolueno (Fig. 4). Para el 29 de agosto solo se detectó tolueno, y se señala que no se detectaron compuestos o que los datos tenían HQI <10% (Fig. 4). El 04 de septiembre se detecta ciclohexano, dióxido de carbono y metilcloroformo, y se informa que no se detectaron compuestos, o que los que los datos tenían HQI <10% (Tabla 3, Fig. 4).

De los compuestos registrados en los días de los máximos en las intoxicaciones, se registran, en los datos de la SMA, con frecuencia el acetileno, el bencilcloruro, el dicloroetano, el dióxido de carbono, el metilcloruro, el metilcloroformo, el nitrobenceno, la piridina y el tolueno (Fig. 4).

En cambio, en los datos entregados por el

Tabla 2.

Compuestos más frecuentemente detectados y número de registros en las mediciones realizadas entre el 22 de agosto y el 25 de septiembre en un total de 156 mediciones reportadas por la SMA.

Compuesto	Frecuencia
Piridina	72
Dióxido de carbono	71
Metilcloroformo (1,1,1-tricloroetano)	66
Tolueno	64
Metil cloruro	45
Dicloroetano	29
Nitrobenceno	27
Bencil cloruro	24
Acetileno	21
Etilbenceno	20
Cloruro de vinilo	19
Dietilamina	14
Clorobenceno	12
Ciclohexano	11
Heptano	10

MMA de las mismas mediciones realizadas con el equipo MIRAN, que no fueron filtrados, se detecta un total de 67 compuestos en los cuatro días en los que hubo máximos en el número de consultas en los centros de salud (Tabla 4).

Adicionalmente, en los datos del MMA, los compuestos que mostraron máximos en los días de intoxicaciones fueron el acetileno, benceno, bencil cloruro, dióxido de carbono, alcohol diacetona, etil benceno, formaldehído, metil cloruro, metil cloroformo, piridina y tolueno (Fig. 5).

ANTECEDENTES EN RELACIÓN A ALGUNOS DE LOS COMPUESTOS IDENTIFICADOS CON EL MEDIDOR DE GASES MIRAN XL

Acetileno. Es un gas incoloro, más ligero que el aire y con olor similar al ajo. En estado líquido es altamente explosivo. Se produce a través de la reacción del agua con el Carburo de Calcio (CaC₂). Como gas puro se utiliza en los equipos de espectrometría de masas.

Si está presente en el aire, este puede provocar dolores de cabeza, mareos, falta de respiración y pérdida del conocimiento si es que se encuentra en concentraciones suficientes como para diluir la concentración de oxígeno. Es moderadamente tóxico para los peces y no se espera ningún efecto ecológico.

Se registró en un total de 21 mediciones realizadas con el equipo MIRAN (Tabla 2), con concentraciones inferiores a 30 ppm (Fig. 4).

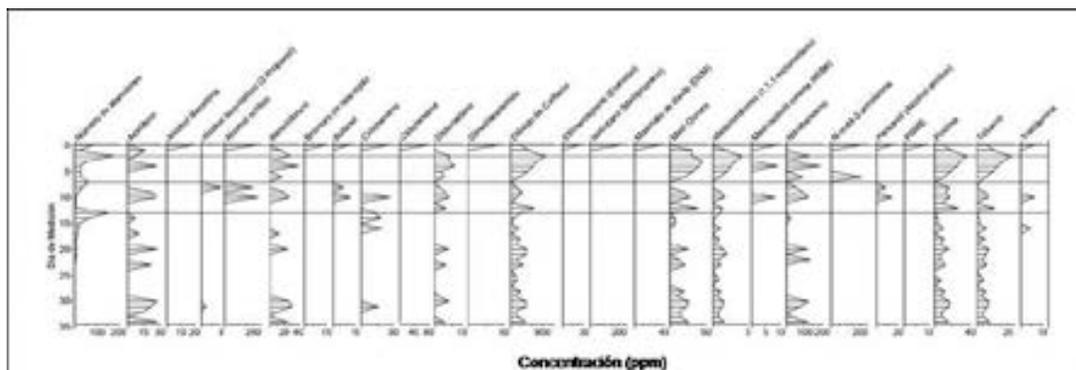
Tabla 3.

Compuestos detectados por el equipo Miran XL según los datos informados por la Superintendencia del Medio Ambiente en los días de máximos de consultas médicas y su concentración máxima cada día señalado.

Compuestos (PPM)	22-08-2018 Concentración máxima (ppm)	24-08-2018 Concentración máxima (ppm)	29-08-2018 Concentración máxima (ppm)	04-09-2018 Concentración máxima (ppm)
Acetileno		6,5		
Alcohol diacetona	17,65			
Alcohol isopropílico (2-Propanol)	16,67			
Alcohol octílico	217,55			
Bencilcloruro		29,3		
Bromuro de isopropilo	14,25			
Butanol	11,13			
Ciclohexano	25,34			13,19
Dicloroetano		8,09		
Dimetilacetamida	42,19			
Dióxido de Carbono	291,5	988,47		293,19
Etilmercaptano (Etanotiol)	22,39			
Isobutano (Metilpropano)	206			
Malonato de dietilo (DEM)	33,54			
Metil Cloruro		28,87		
Metilcloroformo (1,1,1-tricloroetano)		4,07		1,12
metil-isobutil-cetona (MIBK)	8,3			
Nitrobenzeno		126,8		
N-metil-2-pirrolidona	201,75			
Pentanol (Alcohol amílico)	13,3			
PGME	8,49			
Piridina	11,22	37,18		
Tolueno	8,55	27,68	3,29	
Trietilamina	6,3			
Piridina	11,22	37,18		
Tolueno	8,55	27,68	3,29	
Trietilamina	6,3			

Figura 4.

Número de consultas médicas en la zona de Quintero y Puchuncaví entre el 22 de agosto y el 13 de septiembre 2018. Los días en los que se presentaron máximos en las consultas médicas, que corresponden al 22, 24 y 29 de agosto y 04 de septiembre 2018, se destacan con líneas horizontales rojas. Concentración (ppm) de compuestos identificados con el equipo Miran en los días de máximos en el número de consultas médicas. Se muestra la concentración de cada compuesto en el período de medición entre el 22 de agosto y el 25 de septiembre 2018 (representado como día 0 al día 35).



Alcohol diacetona. Es un líquido incoloro que se utiliza como disolvente en líquido de frenos hidráulicos y de anticongelantes. Este compuesto *puede ser dañino para el ser humano por sobre las 50 ppm, causando irritación a la piel y a los ojos por contacto. Al inhalarlo este puede producir irritación de garganta y nariz y tos.* La exposición por un tiempo más prolongado puede causar *dolores de cabeza, náuseas, vómitos, sensación de debilidad y desmayos.* Además, *a largo plazo puede dañar los riñones y el hígado.*

Es fácilmente biodegradable y no se bioacumula.

Alcohol isopropílico. También recibe el nombre de propan-2-ol, 2-propanol e isopropanol. Es un líquido volátil e incoloro con un sabor amargo y un olor frutal, similar al de la acetona. Sus usos son variados, pudiéndose encontrar en solventes, tintas, preparación de fármacos, productos de belleza y desinfectantes de manos. Este compuesto se puede elaborar mediante tres métodos: hidratación indirecta de propileno, hidratación directa de propileno e hidrogenación catalítica de acetona.

Es un compuesto tóxico con una concentración límite de exposición de 200 ppm (ACGIH por un tiempo límite de 8 horas). Se debe usar equipo de protección personal de lentes de seguridad, guantes, ropa de protección, máscara de protección y máscara de gas con filtro en caso de altas concentraciones de gas. La ingestión de este puede causar dolores abdominales, dificultad respiratoria, náuseas, vómitos y pérdida del conocimiento. *La inhalación puede producir dolor/ sequedad de garganta, tos, dolor de cabeza, vértigo, somnolencia, narcosis, cáncer de los senos nasales y depresión del sistema nervioso central.*

Se registró con concentraciones inferiores a 8 ppm (Fig. 4).

Alcohol octílico. También nombrado

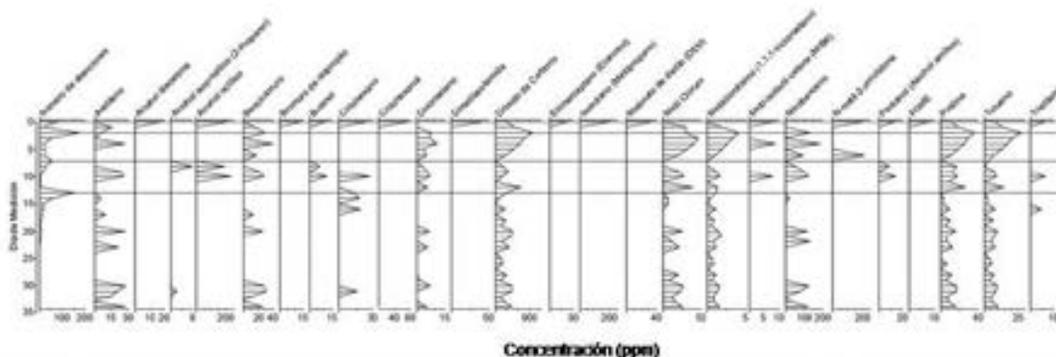
Tabla 4.

Compuestos detectados por el equipo Miran XL según los datos informados por el MMA en los días de máximos de consultas médicas.

Compuestos		
1,1-Dichloroethane	Diethyl Malonate	MIBK
Acetone	Diethylamine	Nitrobenzene
Acetophenone	Dimethyl carbonate	Nitrous oxide
Acetylene	Dimethylacetamide	Octane
Amyl alcohol	Ethane	Octanethiol
Benzene	Ethyl alcohol	Octene
Benzyl Chloride	Ethyl Benzene	Octyl alcohol
Bromobutane	Ethyl Chloride	Pentane
Butane	Ethyl Mercaptan	PGME
Butanol	Formaldehyde	Propane
Butyl Alcohol	Heptafluoropropane	Propanol
Butyl methyl ether	Heptane	Propyl Bromide
Carbon Dioxide	Hexanes	Pyridine
Carbon Disulfide	Isiopropyl ether	Sulfur Dioxide
Cellosolve	Isiopropyl alcohol	Terahydrofuran
Chlorotrifluoroethane	Isobutane	Tetrachloroethane
Ciclohexane	m-cresol	Toluene
CO	Methane	Triethylamine
Cyclohexane	Methyl Acetylene	Vinyl Chloride
Cyclohexanol	Methyl Chloride	
Diacetone Alcohol	Methyl Chloroform	
Dichloroethane	Methyl ethyl ketone	
Diethyl Malonate	Methyl Pyrrolidone	
Diethyl Ether	Methyl Salicylate	

Figura 5.

Concentración (ppm) de los compuestos detectados por el equipo MIRAN en la zona de Quintero y Puchuncaví entre el 22 de agosto y el 13 de septiembre 2018 (representado como día 0 al día 35) en los días en los que se presentaron máximos en las consultas médicas, que corresponden al 22, 24 y 29 de agosto y 04 de septiembre 2018, que se destacan con líneas horizontales rojas. Concentración (ppm) de compuestos identificados con el equipo Miran en los días de máximos en el número de consultas médicas. Se muestra la concentración de cada compuesto en el período de medición entre el 22 de agosto y el 25 de septiembre 2018. No se grafica el Methyl Salicylate, Octane and Triethylamine.



1-octanol, es un compuesto de consistencia líquida, incoloro y con un olor penetrante. Se usa principalmente como disolvente de variados elementos y como medio de extracción por solventes. Además, es utilizado en la fabricación de colorantes, drogas sintéticas, detergentes y cosméticos.

Este compuesto puede ser dañino para el ser humano si es ingerido o *inhalado, pudiendo irritar los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Una exposición a largo plazo podría afectar el sistema nervioso central.*

Es dañino para el medio ambiente, especialmente para los organismos acuáticos. Evitar la incorporación de este compuesto al medio ambiente.

Se registró con concentraciones inferiores a 200 ppm.

Bencil cloruro. Este compuesto es un líquido incoloro, soluble en agua y con un olor poco agradable. Comúnmente se formaba a través de la reacción del alcohol bencílico con ácido clorhídrico, pero hoy en día se fabrica por la reacción fotoquímica del tolueno en estado gaseoso combinado con cloro. Sus usos están ligados principalmente en la elaboración de otros químicos como algunos tintes y productos farmacéuticos. Además, está presente en la elaboración de productos de limpieza.

Este compuesto no se encuentra en productos comerciales y es nocivo si llega a ser ingerido. *Al ser inhalado puede producir tos aguda e irritación del tracto respiratorio y si entra en contacto con la piel produce irritación.* Está catalogado en el grupo 2 de IARC (International Agency for Research in Cancer), lo que significa que podría ser una sustancia cancerígena para el ser humano.

Es fácilmente biodegradable, principalmente por hidrólisis, pero aun así, es tóxico para la vida acuática, especialmente para los peces.

Se registró en 24 mediciones (Tabla 2), con concentraciones inferiores a 40 ppm (Fig. 4).

Bromuro de isopropilo. Es un líquido incoloro que se utiliza principalmente en la fabricación de tintes y fármacos. *Puede llegar a ser perjudicial para el ser humano en concentraciones sobre las 10 ppm en un rango de 8 horas.* El contacto puede causar irritación en la piel y en los ojos, además de enrojecimiento en los ojos. *Su inhalación puede causar irritación en la nariz, garganta y pulmones, provocando tos con silbido o falta de aire. A largo plazo puede causar disminución de la fertilidad tanto en hombres como en mujeres* debido a que genera una disminución en el número de espermatozoides y trastornos menstruales. Además, *puede afectar al sistema nervioso, el hígado y puede causar anemia.*

Se registró en concentraciones inferiores a 15

ppm (Fig. 4).

Butanol. Líquido incoloro de olor rancio y dulce, siendo desagradable en concentraciones altas, es soluble en agua e inflamable. Se forma a partir de la hidrogenación catalizada de Butiraldehído en un sistema cerrado que después es destilado. Sus usos son variados, pudiéndose encontrar en la industria cosmética, farmacológica, textiles y también se usa como materia prima para la formación de otros químicos.

La inhalación de este compuesto causa irritación del tracto respiratorio superior y de los ojos. Puede producir dificultad respiratoria, tos, dolor de cabeza, mareos y somnolencia. Puede absorberse en la sangre y causar síntomas similares a los de la ingestión. La ingestión puede causar dolor abdominal, náuseas, dolor de cabeza, mareos y diarrea. Dosis altas pueden afectar riñones, hígado y la audición. Irritante de la piel.

Se registró con concentraciones inferiores a 15 ppm.

Ciclohexano. Líquido incoloro inflamable con olor a petróleo. Se produce naturalmente en el petróleo en concentraciones de 0.5-1.0%. Se utiliza principalmente en la producción de nylon, también está presente en aceites crudos y en la formulación de gasolinas.

La sobreexposición a este compuesto puede ser perjudicial para el ser humano, pudiendo causar *irritación de los ojos, la piel y el sistema respiratorio, somnolencia, dermatitis, narcosis, coma.* Además, es tóxico para organismos acuáticos, aunque se espera que se degrade fácilmente en el ambiente.

Se registró en 11 mediciones, con concentraciones inferiores a 30 ppm.

Ciclohexanol. Es un líquido espeso con un leve olor a naftalina, también puede encontrarse en estado sólido pegajoso. Se usa en la elaboración de nylon, lacas, pinturas, barnices y como solvente en productos de limpieza y desengrase.

Este compuesto puede ser tóxico para el ser humano. En contacto con la piel puede producir irritación y quemaduras, *la inhalación puede producir irritación en la nariz y la garganta; una elevada exposición puede provocar dolores de cabeza, náuseas, vómitos, mareos y desmayos. A largo plazo puede dañar el hígado y los riñones.* Exposición máxima de 50 ppm en condiciones laborales (turnos de 8 horas).

Se registró en concentraciones inferiores a 80 ppm.

Dicloroetano. Líquido incoloro altamente inflamable con un olor similar al cloroformo. Se produce por cloración directa o por oxiclación. Es usado principalmente en la producción de PVC, también se utiliza como materia prima para

la elaboración de otros químicos.

Puede ser dañino para el ser humano y sus efectos varían según la forma de contacto. Por inhalación *puede producir irritación de la nariz, garganta y pulmones*; la ingestión puede causar quemaduras de la boca y la garganta; el contacto con los ojos y la piel puede causar irritación. La exposición general puede causar inicialmente entusiasmo, dolor de cabeza, mareos, somnolencia, problemas al corazón, daño al hígado y riñones y coma. Según estudios la dosis letal varía entre 20-50 ml.

Se registró en 29 mediciones, en concentraciones inferiores a 15 ppm.

Metilcloroformo. Su nombre químico es tricloroetano. Es un líquido incoloro, de olor dulce, que se utilizaba industrialmente como solvente. Se produce a partir de la reacción de cloruro de vinilo con cloruro de hidrógeno a 20-50°, y luego se hace reaccionar con cloro bajo radiación ultravioleta.

Se utiliza para el desengrase de metales y como solvente de aceites. *Está prohibido en Chile* y en varios países signatarios del Protocolo de Montreal por su efecto de *destrucción de la capa de ozono*. Desde 2012 en Chile está prohibida su importación y exportación. Era el líquido que se utilizaba para limpiar el film fotográfico y como solvente del líquido corrector.

Cuando es inhalado o ingerido, el metilcloroformo deprime el sistema nervioso central y puede causar mareo, confusión, y en concentraciones altas, inconsciencia y hasta la muerte en casos de inhalaciones intencionales. El contacto prolongado con la piel puede provocar la remoción de las grasas de la piel y causar irritación crónica. El tricloroetano no se retiene en el cuerpo por largos períodos. Sin embargo, *su exposición crónica puede estar asociada a anomalías en el hígado, riñones y corazón. Mujeres embarazadas deben evitar estar expuestas a este compuesto ya que ha sido relacionado con defectos al nacer en animales de laboratorio.*

Se registró en 66 mediciones, con concentraciones inferiores a 5 ppm.

Nitrobenceno. Es un aceite amarillo pálido con olor parecido a la almendra. Cuando se congela forma cristales amarillo-verdoso. Es un precursor de la anilina, que a su vez es un precursor de tintas, explosivos, fármacos, pesticidas y productos químicos de caucho. En laboratorios es ocasionalmente usado como solvente. Su producción es una de los procesos de la industria química más peligroso porque la reacción libera enormes cantidades de calor.

Es altamente tóxico (valor umbral límite= 5mg/m³). El aceite es rápidamente absorbido por

la piel. La exposición prolongada puede causar serios daños al sistema nervioso central, deteriorar la visión, causar daño hepático o renal, anemia e irritación del pulmón. *La inhalación de vapores puede producir dolor de cabeza, náusea, fatiga, mareo, cianosis (color azulado de la sangre por baja presencia de oxígeno), debilidad en brazos y piernas, y en raros casos puede ser fatal.*

La absorción por la piel del aceite ocurre rápidamente, y puede incrementar el ritmo cardíaco, causar convulsiones o raramente la muerte. La ingesta puede causar dolor de cabeza, mareo, náusea, vómitos e irritación gastrointestinal, pérdida de sensación/uso en las extremidades y causar sangramiento interno.

Es clasificado como un agente posiblemente carcinogénico para los humanos. Se ha demostrado que causa cáncer de hígado, riñón y tumores y carcinomas en la tiroides de animales de laboratorio.

Se registró en 27 mediciones, con concentraciones inferiores a 200 ppm.

Isobutano. También se conoce como 2-metilpropano o metilpropano, es un gas incoloro e inodoro que se obtiene a partir de la isomerización de butano. Es un precursor de las parafinas ramificadas, que a través del proceso de alquilación con olefinas ligeras forman componentes de combustibles de alto octanaje. La reacción se realiza con ácido sulfúrico o ácido fluorhídrico como catalizador en las refinerías. Se utiliza además como refrigerante, diluyente, y como propelente para aerosoles. Es un gas inflamable, que también es utilizado como combustible para cocinillas.

Al ser inhalado produce dificultad para respirar. Es dañino para la vida acuática.

Se espera que este compuesto se biodegrade rápidamente, no se bioacumule y no se considera persistente.

Se registró en concentraciones inferiores a 200 ppm.

Tolueno. También conocido como toluol o metilbenceno, es un líquido incoloro insoluble en agua con olor a diluyente de pinturas. Se utiliza principalmente como materia prima industrial y como solvente. Existe de manera natural en el petróleo y es un subproducto de la producción de gasolina. Se usa como precursor del benceno, es explosivo, se utiliza en la fabricación de espumas de poliuretano, se usa como solvente de pinturas y sellos de silicona, combustible.

La inhalación moderada del tolueno puede causar cansancio, confusión, debilidad, pérdida de memoria, náusea, pérdida de apetito, pérdida de la

audición y pérdida de la visión a color. *La inhalación de grandes cantidades de tolueno en poco tiempo puede causar náuseas, somnolencia, pérdida del conocimiento e incluso la muerte.* No existe suficiente información para clasificar el potencial carcinogénico.

Se registró en 64 mediciones, en concentraciones inferiores a 25 ppm.

COMENTARIOS AL INFORME PRESENTADO POR LA SUPERINTENDENCIA DEL MEDIOAMBIENTE Y EL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE A LA CORTE DE APELACIONES

El objetivo de las mediciones de gases buscaba “evaluar, sancionar a los culpables y establecer exigencias más rigurosas” y el Presidente de la República aseguró que “no permitiremos que se siga contaminando con gases tóxicos, afectando la salud de las personas”. Al respecto, tenemos los siguientes comentarios en relación al informe de la Superintendencia del Medio Ambiente presentado a la Ilustrísima Corte de Apelaciones de Valparaíso:

1. **Nombre del punto de medición.** Existe *falta de rigurosidad* en el registro de datos realizada por el Ministerio del Medio Ambiente frente a la situación de crisis ambiental y sanitaria en las comunas de Quintero y Puchuncaví al *no registrar las coordenadas UTM* de cada una de las mediciones realizadas.
2. **Diseño del muestreo.** El informe de la Superintendencia no detalla la metodología ni el diseño del muestreo realizado. A partir de los datos entregados, no se hace posible entender una lógica ni los criterios en la toma de decisiones para elegir ni los lugares, ni el horario, ni la frecuencia con la que se realizaron los muestreos. Si bien la frecuencia de las mediciones realizadas en el Colegio Sargento Aldea en Puchuncaví y en el Colegio Santa Filomena en Quintero permitirían caracterizar parcialmente la calidad del aire al que estuvieron expuestos especialmente los niños de esos establecimientos de las comunas afectadas en el período de medición, los lugares y frecuencias elegidos no concuerdan con la intención de caracterizar de manera adecuada la emisión de gases por parte de las industrias que se encuentran en la zona.
3. **Ausencia de dióxido de azufre en las mediciones.** En las mediciones realizadas

con el equipo portátil Thermo Scientific™ MIRAN SapphIRE XL Portable Ambient Analyzer entregadas por transparencia *no se informa la detección de dióxido de azufre en las mediciones.* Al momento de consultar las estaciones del Portal Red de Monitoreo Calidad de Aire del Complejo Industrial Ventanas se registra, por ejemplo, para el día 19 de diciembre del 2018, el reporte por minuto de calidad de aire de todas las estaciones entre las 02:00 y las 15:15 h. En este reporte se observa que el *SO₂ está presente en casi todas las estaciones de monitoreo de manera permanente,* y con múltiples máximos en cada una de ellas, con un máximo de concentración cerca de las 12:00 del día en la estación Los Maitenes (Fig. 6).

4. **Calidad de los datos.**

El informe de la Superintendencia del Medioambiente versa únicamente en referencia y revisión respecto al Hit Quality Index (HQI), que indican en el informe que serían “*criterios para evaluar la calidad de los datos*”, mediante rangos (Figura 7).

Todos los datos caracterizados con el equipo portátil Thermo Scientific™ MIRAN SapphIRE XL Portable AmbientAnalyzer en el período entre el 22 de agosto y el 25 de septiembre tuvieron un HQI con valor inferior a 70%, que de acuerdo al ThermoMatch Instruction Manual Spectrum Correlation Software, corresponderían al “grado de certeza con el que un grupo de hasta cinco compuestos detectados contribuyen a un escaneo desconocido” cuando se realiza una medición de emparejamiento múltiple. El manual del ThermoMatch a continuación señala que la barra de arrastre del Conjunto Resultado (Result Set) permite seleccionar diferentes conjuntos de comuestos que pueden “parearse” (match) con la muestra desconocida. El manual señala que el HQI disminuye a medida que la barra de arrastre del Conjunto Resultado (Result Set) es desplazada hacia la derecha. Añade que la barra de arrastre puede ser modificada con el mouse o los botones para subir o bajar la página. E indica que la barra de arrastre no aparece cuando solo hay un Conjunto Resultado.

Es sugerente que en más de un mes de mediciones, con más de 150 mediciones realizadas, no se corrigieran las condiciones para lograr obtener datos “de buena calidad”. Por otra parte, es posible que el HQI obtenido en las mediciones hay sido inferior a 40% porque

Figura 6.

Concentración de SO₂ por minuto el día 19 de diciembre del 2018 en todas las estaciones de monitoreo, consultada a las 15:15. Fuente: Portal Red de Monitoreo Calidad de Aire del Complejo Industrial Ventanas.

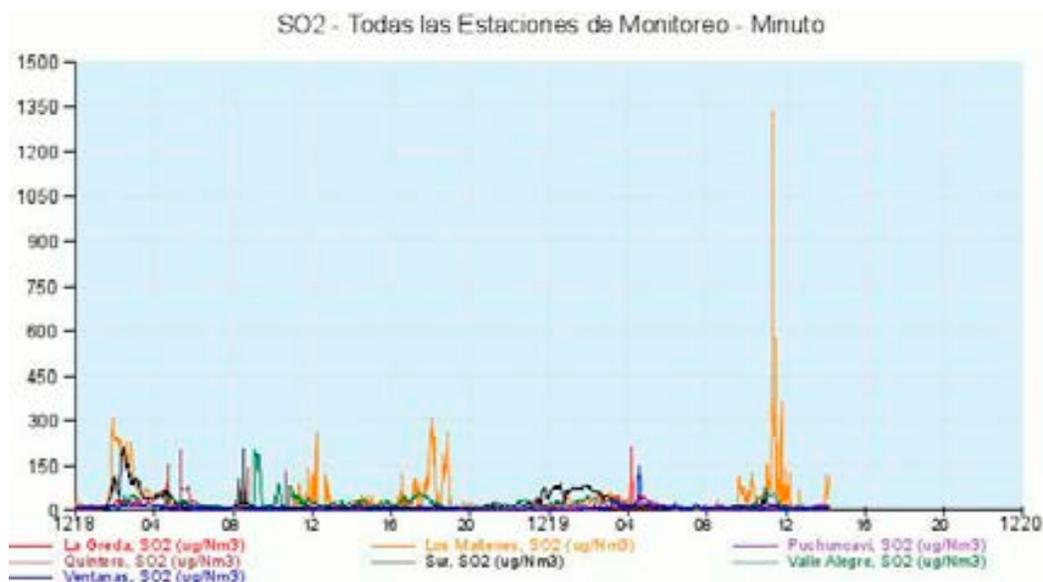


Figura 7.

Rangos de Hit Quality Index (HQI) establecidos en el informe de la Superintendencia del Medio Ambiente, enviados a la Corte de Apelaciones de Valparaíso en Noviembre 2018, mediante Ord. N° 2940 SMA.

HQI > 90, Excelent Hit

HQI 80 - 90%, Good Hit

HQI 70 - 80%, Fair Hit

HQI < 70, Poor Hit

se midieron todos los compuestos de manera simultánea. Según el manual, existe la posibilidad de medir cada compuesto por separado (Thermo Fisher Scientific Inc., 2015).

El equipo MIRAN está diseñado justamente para identificar compuestos industriales peligrosos y medir sus concentraciones. Ideal para la utilización de consultores, profesionales de respuesta a emergencias, agencias regulatorias y otros.

En la medida en la que varios compuestos, como el tolueno, la piridina, el metil cloroformo y el metil cloruro, por mencionar sólo algunos, son detectados de manera reiterada y consistente en el tiempo (Fig. 6), y tienen concentraciones que se mantienen dentro de ciertos rangos, no se justifica que estos datos no sean analizados como la situación de emergencia ambiental y sanitaria amerita.

CONCLUSIONES

En el presente informe realizamos un primer análisis, tanto de la metodología como de los resultados entregados por la Superintendencia del Medioambiente y el Ministerio del Medio Ambiente en relación a las mediciones realizadas por el equipo MIRAN en la zona de Quintero y Puchuncaví a raíz de las intoxicaciones masivas. En relación al diseño del muestreo utilizado para realizar las mediciones, no resulta evidente la intención de cumplir con los objetivos de identificar y sancionar a los responsables de la contaminación con gases tóxicos que afectan la salud de las personas. Sin embargo, el equipo permitió identificar al menos un total de 124 compuestos gaseosos, de los cuales, 12 fueron detectados de manera reiterada con una frecuencia mayor a 10 mediciones en los datos de la SMA.

En los días en los que se registraron máximos en el número de consultas médicas en la zona de Quintero y Puchuncaví, se informa el registro de un total de 67 compuestos con diversos niveles de toxicidad y efectos sobre la salud de las personas, algunos de ellos altamente tóxicos y cancerígenos. Es urgente que se analicen la totalidad de los datos obtenidos y en profundidad, para cumplir con los objetivos establecidos por el Ejecutivo y se proteja adecuadamente la salud de las personas y la integridad del medioambiente, informando los resultados de las mediciones a las personas y a las autoridades de salud competente. Asimismo, es

fundamental diseñar un muestreo adecuado que permita caracterizar adecuadamente los compuestos y las fuentes de emisión de estos.

Consideramos que el uso del equipo MIRAN no debe seguir suspendido, sino que debe ser utilizado adecuadamente, ya que está diseñado especialmente para este tipo de mediciones de emergencia, que permitan identificar la presencia de compuestos peligrosos en altas concentraciones.

Los datos obtenidos con el equipo MIRAN deben ser considerados, analizados y utilizados para identificar la fuente emisora, el equipo y el monitoreo no debiera ser descartado, sino que debiera realizarse un diseño de monitoreo efectivo que permita cumplir con los objetivos establecidos por el Ejecutivo.

AGRADECIMIENTOS

Este informe contó con la colaboración de Connie Roberts, María José Kaffman e Ivana Avendaño.

REFERENCIAS

- AdvanSix. (2016). Product Safety Summary. Cyclohexanol. CAS Number: 108-93-0. URL: https://www.advansix.com/assets/uploads/2017/01/Cyclohexanol-PSS_v1.1.pdf
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Public Health Service. (1990). Toxicological profile for Nitrobenzene. 121p. URL: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp140.pdf>
- Boruta, M. (2012). FT-IR Search Algorithm – Assessing the Quality of a Match. Spectroscopy Editors, Special Issues, 27 (8). URL: <http://www.spectroscopyonline.com/ft-ir-search-algorithm-assessing-quality-match?id=&sk=&date=&pageID=3>
- The Danish Environmental Protection Agency. (2014). Survey of Benzyl Chloride (CAS no. 100-44-7). Brunn, P., M Strandsen & A Schmidt, eds. URL: <https://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2014/11/978-87-93283-21-3.pdf>
- Carl Roth GmbH & Co KG. (2015). Ficha de datos de seguridad conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH). Modificado por 2015/830/UE. 1-Octanol ≥99%, para síntesis. . URL: https://www.carlroth.com/downloads/sdb/es/4/SDB_4439_ES_ES.pdf
- Chevron Phillips Chemical Company LP. (2014). Product Stewardship Summary Cyclohexane. URL: <http://www.cpchem.com/en-us/ehs/Documents/Cyclohexane%20PPS%202014%20update%20final.pdf>
- Chevron Phillips Chemical Company LP. (2014). Safety Data Sheet. Isobutane. URL: http://www.cpchem.com/msds/100000100432_SDS_US_EN.PDF
- Comité Internacional de Expertos del IPCD. (2005). International Chemical Safety Cards (WHO/IPCS/ILO). N°CAS 67-63-0. Propan-2-ol. URL: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/501a600/nspn0554.pdf>
- Comité Internacional de Expertos del IPCD. (2002). International Chemical Safety Cards N° CAS: 111-87-5. 1-octanol. URL: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/1001a1100/1030.pdf>
- Dorwil. Química Analítica. (2008). Hoja de Datos de Seguridad. Butanol. CAS No: 71-36-3. URL: <http://www.dorwil.com.ar/msds/Butanol.pdf>
- EPA. (2000). Nitrobenzene. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-09/documents/nitrobenzene.pdf>
- EPA. (2003). Toxicological Review of Cyclohexane. CAS No. 110-82-7. In support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS). URL: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/toxreviews/1005tr.pdf
- Gottardini, E., S. Rossi, F. Cristofolini & L. Benedetti. (2007). Use of Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy as a tool for pollen identification. *Aerobiologia* 23:211-219.
- GTM (Grupo Transmerquin). (2014). Hoja de Datos de Seguridad. Diacetona Alcohol. URL: <http://www.gtm.net/images/industrial/d/DIACETONA%20ALCOHOL.pdf>
- IARC (International Agency for Research on Cancer) Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans. (2012). Isopropyl alcohol manufacture by the strong-acid process. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, No. 100F. Lyon (FR). URL: <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono100F-32.pdf>
- INFRA S.A. (2011). Hoja de Datos de Seguridad (HDS) Acetileno - C₂H₂ (Gas). URL: https://www.javeriana.edu.co/documents/4486808/5015300/ACETILENO+_INFRA+2011.pdf/617a2f20-2dd6-48d5-839c-24aa70a4a92c?version=1.0
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en

el Trabajo. (2013). n-Butanol. Documentación Toxicológica para el Establecimiento del Límite de Exposición Profesional de n-butanol. N° CAS: 71-36-3. URL: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/LEP%20_VALORES%20LIMITE/Doc_Toxicologica/Capitulos%2072_82/Ficheros/DLEP%2072.%20n-butanol.pdf

LabChem Performance through chemistry. (2012). Isopropyl Alcohol (2-propanol) Safety Data Sheet. Federal Register 77(58). Rules and Regulations. URL: <http://www.labchem.com/tools/msds/msds/LC15750.pdf>

New Jersey Department of Health. Hoja Informativa sobre Sustancias Peligrosas. (2008). 2-Bromopropano. N° CAS: 75-26-3. URL: <https://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0267sp.pdf>

New Jersey Department of Health. (2003). Hazardous Substance Fact Sheet. Cyclohexanol. CAS Number: 108-93-0. URL: <https://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0569.pdf>

New Jersey Department of Health. (2009). Hoja Informativa sobre Sustancias Peligrosas. Alcohol Diacetona. URL: <https://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0606sp.pdf>

New Jersey Department of Health. (2012). Hazardous Substance Fact Sheet. Isopropyl alcohol. URL: <https://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1076.pdf>

New Jersey Department of Health. Hoja Informativa sobre Sustancias Peligrosas. Isobutano. URL: <http://www.dcne.ugto.mx/Contenido/CCESH/Fichas%20Seguridad/Isobutano.pdf>

Oak Ridge National Laboratory (2000). 1,1,1-Trichloroethane Cas Reg. No.71-55-06. Interim acute exposure guideline levels (AEGs) for NAS/COT Subcommittee for AEGs. URL: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/tsd203.pdf>

Organisation for Economic Co-operation and Development. 2001. n-Butyl Alcohol. CAS N°:

71-36-3. URL: <http://www.inchem.org/documents/sids/sids/71363.pdf>

Public Health England. (2017). 1,2-dichloroethane. General Information. Compendium of Chemical Hazards. URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/613708/1_2-Dichloroethane_general_information.pdf

Quimidroga, S.A. (2011). Ficha de Datos de Seguridad CE 1907/2006 (REACH). Diacetona Alcohol. URL: <http://www.ecosmep.com/cabe-cera/upload/fichas/7089.pdf>

Said, MM., S. Gibbons, A.C. Moffat & M. Zloh. (2011). International Journal of Pharmaceutics 415:102-109.

Thermo Fisher Scientific Inc. (2015). Miran 205B Series SapphIRe. Instruction Manual. Portable Ambient Air Analyzers. Part Number BK3538. 26Jun2015. 214p. URL: <https://www.fishersci.com/shop/products/thermo-scientific-miran-sapphire-portable-ambient-analyzers-xl-model-120-single-gas-application-single-battery-charger/19171044>

Universidad de Sonora. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Programa Institucional de Salud y Seguridad Ambiental. PISSA – UNISON. (2001). Resumen de Datos de Seguridad y Factores de Riesgo en el Manejo de Sustancias Químicas. Alcohol Octílico. N° CAS: 111-87-5. URL: <http://www.qb.uson.mx/PISSA/frames/hojas/ALCOHOL%20OCTILICO.pdf>

Universidad Nacional. Escuela Química. (2002). Hoja de seguridad 1-octanol MSDS. N° CAS: 111-87-5. URL: <https://www.coursehero.com/file/24930006/1-octanolpdf/>

World Health Organization. (1998). Concise International Chemical Assessment Document 1. 1,2-dichloroethane. URL: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42027/9241530014.pdf;jsessionid=F1C113F73FD1E6B3C6E0FFD405F15073?sequence=1>