



dictuc
INGENIERÍA QUE TRANSFORMA

Informe 1525926

Original

Modelación de calidad del aire para COV en la zona de Quintero-Puchuncaví

Para: Superintendencia del Medio Ambiente

Santiago, 29 de julio de 2019

Empresa



Certificada

Título del Proyecto

Modelación de calidad del aire para COV en la zona de Quintero-Puchuncaví

Autores:

Jefe de proyecto: Héctor Jorquera González

Dictuc S.A.

Vicuña Mackenna Nº 4860, Macul – Santiago

Datos Mandante

Razón Social: Superintendencia del Medio Ambiente

RUT: 61.979.950-k

Dirección Teatinos #280 Piso 8, Santiago

Datos Cliente (si es distinto al Mandante)**Resumen**

Este Informe presenta una modelación de calidad del aire para el periodo del 20 al 26 de agosto de 2018 en la zona de Quintero, V Región.

Cuerpo del informe

24 hojas (incluye portada)

Fecha del informe

29/07/2019

Información Contractual

OC N° 611669-649-SE19

Contraparte técnica

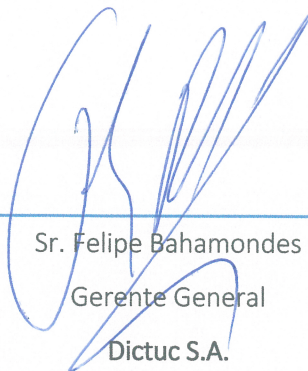
Nombre: Juan Pablo Rodríguez Fernández

Cargo: Jefe Sección de Calidad del Aire y Emisiones Atmosféricas

E-mail: jrodriguez@sma.gob.cl



Sr. Héctor Jorquera G.
Profesor Responsable
Dictuc S.A.



Sr. Felipe Bahamondes
Gerente General
Dictuc S.A.



NORMAS GENERALES

- El presente informe presenta los resultados preliminares del estudio: “Modelación de calidad del aire para COV en la zona de Quintero-Puchuncaví”, desarrollado durante el mes de julio 2019.
- El presente informe fue preparado por **Dictuc** a solicitud del **Mandante**, bajo su responsabilidad exclusiva.
- Los alcances de este estudio están definidos explícitamente en la Sección 3 del presente informe. Las conclusiones de este informe se limitan a la información disponible para su ejecución.
- Para el desarrollo de este estudio **Dictuc** utilizó información individualizada en la Sección 4 del presente Informe.
- La información contenida en el presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente, para fines publicitarios, sin la autorización previa y por escrito de **Dictuc** mediante un Contrato de Uso de Marca.
- El **Mandante** podrá manifestar y dejar constancia verbal y escrita, frente a terceros, sean éstos autoridades judiciales o extrajudiciales, que el trabajo fue preparado por **Dictuc**, y si decide entregar el conocimiento del presente informe de **Dictuc**, a cualquier tercero, deberá hacerlo en forma completa e íntegra, y no partes del mismo.
- El presente informe es propiedad del **Mandante** sin embargo si **Dictuc** recibe la solicitud de una instancia judicial hará entrega de una copia de este documento al tribunal que lo requiera, previa comunicación por escrito al **Mandante**.
- El presente informe es resultado de las metodologías desarrolladas por **Dictuc**, del alcance del informe encomendado y de los antecedentes que el **Mandante** puso a disposición de **Dictuc**. El **Mandante** acepta expresamente que los resultados del presente informe pueden en definitiva, no serles favorables a sus intereses particulares.
- El **Mandante** declara conocer y aceptar los términos y condiciones generales para la prestación de servicios, disponibles para todo el público en su sitio web oficial: <http://www.dictuc.cl/tyc>

CONTENIDO

1	Introducción	6
2	Objetivos del Estudio.....	6
2.1	Productos entregables	6
3	Alcances	6
4	Metodología y plan de trabajo	7
4.1	Plan de Trabajo	7
4.2	Metodología.....	7
4.2.1	Estimación de las emisiones evaporativas de los cinco COV especificados.	7
4.2.2	Generación de las emisiones horarias de COV.	8
4.2.3	Modelación de la dispersión de las emisiones de COV en la zona de estudio usando el modelo CALPUFF.....	9
5	Resultados.....	13
5.1	Emisiones horarias de los cinco COV analizados.....	13
5.2	Distribución espacial de las concentraciones horarias modeladas.....	14
5.3	Serie de tiempo de concentraciones de COV en receptores	21
6	Conclusiones	24

RESUMEN EJECUTIVO

En este Estudio se realizó una modelación de calidad del aire para analizar las concentraciones ambientales de cinco compuestos orgánicos volátiles (COV) emitidos desde un estanque separador API de propiedad de ENAP, en la localidad del Quintero, V Región. Los cinco contaminantes modelados fueron: benceno, tolueno, xileno, etilbenceno y diclorometano. El periodo modelado incluyó desde el 20 al 26 de agosto de 2018. Para estos fines, el Consultor ocupó información pública (proveniente del SINCA: <https://sinca.mma.gob.cl/>), e información proporcionada por el Mandante.

Los resultados indican que las emisiones evaporativas de COV variaron significativamente en esos 7 días, fundamentalmente debido a la influencia del viento. Las emisiones estimadas (en kg) fueron de 115, 115, 67, 38 y 2.7 para benceno, tolueno, xileno, etilbenceno y diclorometano, respectivamente.

Para el periodo modelado, los máximos impactos de concentración ambiental se presentaron todos en el mismo punto, de coordenadas UTM (WGS84, huso 19S): 266277 m E y 6370645 m N. Este punto se encuentra a 100 m al oeste del separador API de ENAP. Los máximos valores (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) fueron estimados en: 371, 383, 223, 128 y 8.7 para benceno, tolueno, xileno, etilbenceno y diclorometano, respectivamente.

Además de la distribución espacial de las concentraciones de COV, se estimaron las concentraciones horarias en tres receptores (coordenadas UTM):

Punto 1 (Quintero), 263458 m E, 6369241 m N

Punto 2 (Loncura), 264999 m E, 6369705 m N

Punto 3 (vivienda cercana a ENAP), 265900 m E, 6370316 m N

Los resultados indican que las mayores concentraciones se presentaron en el Punto 3, seguidas del punto 2 y del 1, en concordancia con la distancia que separa la fuente emisora de los respectivos receptores. Dada la distinta ubicación de cada receptor con respecto a la fuente, las máximas concentraciones en ellos ocurren a diferentes horas. Las máximas concentraciones horarias (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) se entregan en la siguiente Tabla:

Tabla 1 Resumen de máximas concentraciones estimadas en receptores discretos.

COV \ Receptor	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Benceno	0.75	8.1	101
Tolueno	0.77	8.3	104
Xileno	0.45	4.8	60.5
Etilbenceno	0.26	2.8	34.7
Diclorometano	0.02	0.19	2.4
Suma 5 COV	2.2	24.2	303
Fecha y hora	08/21 04	08/20 07	08/26 03



1 Introducción

La Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante “El Cliente”) solicita a DICTUC S.A. (en adelante, “el Consultor”) la ejecución de un estudio de modelación de calidad del aire para la zona Quintero-Puchuncaví. El estudio incluye la estimación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) y su posterior modelación con el software CALMET-CALPUFF u otro equivalente (lagrangiano o superior).

2 Objetivos del Estudio

- a) Estimación de emisiones del separador API del sector ampliación de ENAP Quintero, de los siguientes Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs): benceno, tolueno, xileno, etilbenceno y diclorometano.
- b) Modelación de dispersión atmosférica en la zona de Quintero-Puchuncavi, realizada con el software CALMET-CALPUFF u otro equivalente (lagrangiano o superior).

2.1 Productos entregables

- a) Emisiones de COVs en g/seg para la unidad indicada y los cinco COV especificados.
- b) Archivos de configuración y resultados de CALPUFF-CALPOST (conc.dat, calpost.inp, calpost.lst)
- c) Concentraciones máximas horarias de COV (expresado como suma de benceno, tolueno, xileno, etilbenceno y diclorometano) para el periodo 20 a 26 de agosto 2018.
- d) Serie de tiempo de concentraciones de COV (expresado como suma de benceno, tolueno, xileno, etilbenceno y diclorometano) para el periodo 20 a 26 de agosto 2018.

3 Alcances

El Informe considera exclusivamente labores de oficina, no incluye visitas a terreno ni otras actividades. El Cliente ha proporcionado los siguientes antecedentes al Consultor:

- a) Para la estimación de emisiones, se entregará un archivo Excel, con la siguiente:
 - i. Resultado análisis de muestras líquidas del separador API, de COVs y HCT, realizado por el ISP (Excel).
 - ii. Dimensiones de las fuentes (Excel).
 - iii. Parámetros de la fuente (caudal, densidad del aire, peso molecular, etc.).
- b) Para la modelación de dispersión atmosférica:
 - i. Meteorología WRF (periodo simulación agosto 2017 a septiembre 2018).
 - ii. Dimensiones fuentes

Modelación de calidad del aire para COV en la zona de Quintero-Puchuncaví

Informe de Avance

Página 6 de 24

Código V01: FI-A.03-DSA



4 Metodología y plan de trabajo

4.1 Plan de Trabajo

El Plan de trabajo considera las siguientes actividades:

- Estimación de las emisiones evaporativas de COV, para benceno, tolueno, xileno, etilbenceno y diclorometano.
- Configuración de la modelación meteorológica para el modelo CALPUFF.
- Modelación de la calidad del aire, considerando las emisiones evaporativas calculadas en a).
- Producto: informe técnico con todos los resultados y conclusiones de la asesoría; respaldos digitales de modelaciones y de mapas de contaminación (kmz, shp).

4.2 Metodología

La metodología propuesta incluye las siguientes actividades:

4.2.1 Estimación de las emisiones evaporativas de los cinco COV especificados.

Se usó la información de propiedades físico-químicas de los COV en estudio y las condiciones ambientales en la zona. Se asumió que el análisis de la concentración de COV ($\mu\text{g/L}$) corresponde al film superficial de la fase líquida en el separador API del sector ampliación de ENAP Quintero. También se asume que dichas concentraciones medidas son representativas de todo el periodo modelado (20 a 26 de agosto 2018).

En forma específica, la tasa de evaporación de un COV está dada por:

$$F = K_a \cdot C_w \cdot \frac{H}{R \cdot T} \quad (1)$$

Donde C_w es la concentración del COV en la fase líquida (obtenida del análisis químico realizado por el ISP), H su constante de Henry, R la constante de gases, T la temperatura absoluta. El coeficiente de transferencia de masa K_a está dado por la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{K_a} = \frac{1}{k_a} + \frac{H}{R \cdot T \cdot k_w} \quad (2)$$

Donde k_a y k_w corresponden a los coeficientes de transferencia de masa para el film gaseoso y líquido en la interfaz agua-aire, respectivamente.

Modelación de calidad del aire para COV en la zona de Quintero-Puchuncaví

Informe de Avance

Página 7 de 24

Código V01: FI-A.03-DSA



En el caso de los cinco COV analizados, resultó que sus constantes de Henry son suficientemente altas para que la expresión de la tasa de evaporación se simplifique al régimen controlado por la transferencia de masa a través de la película de líquido, la cual está dada por:

$$F = k_W \cdot C_W \quad (3)$$

La expresión para el coeficiente de transferencia de masa en la película líquida está dada por la siguiente expresión¹:

$$k_{W,CO_2} \left[\frac{cm}{s} \right] = \begin{cases} 0.65 \times 10^{-3} & \text{si } u_{10} \leq 4.2 \text{ m/s} \\ (0.79 \times u_{10} - 2.68) \times 10^{-3} & \text{si } 4.2 < u_{10} \leq 13 \text{ m/s} \\ (1.64 \times u_{10} - 13.69) \times 10^{-3} & \text{si } u_{10} > 13 \text{ m/s} \end{cases} \quad (4)$$

Donde u_{10} es la velocidad del viento medida a 10 m sobre el suelo. A partir de esta expresión para el CO₂ como COV de referencia, es posible calcular el coeficiente de transferencia de masa para cualquier compuesto orgánico 'i' usando la expresión:

$$k_{W,i} \left[\frac{cm}{s} \right] = k_{W,CO_2} \left[\frac{cm}{s} \right] \times \left(\frac{600}{Sc_{i,W}} \right)^a ; \quad a = \begin{cases} 0.67 & \text{si } u_{10} \leq 4.2 \text{ m/s} \\ 0.50 & \text{si } u_{10} > 4.2 \text{ m/s} \end{cases} \quad (5)$$

Donde $Sc_{i,W}$ es el número de Schmidt² para el componente 'i' en agua.

4.2.2 Generación de las emisiones horarias de COV.

Las expresiones anteriores indican que la tasa de evaporación va a depender de las condiciones meteorológicas locales. Se usó los datos de velocidad del viento disponibles en la estación de monitoreo SINCA de Loncura, la cual está cercana a la ubicación de la fuente emisora. Como faltaban algunos registros de velocidad del viento para el periodo modelado, se agregaron los datos de velocidad del viento en las estaciones SINCA Sur y Quintero³. Para efectos de cálculo se consideró la máxima velocidad del viento medida en esas tres estaciones en cada hora del periodo modelado.

Finalmente, la tasa de evaporación (g/s m²) calculada con las ecuaciones (3), (4) y (5) se expresó en emisiones (g/s) usando la superficie del separador API de ENAP (ver siguiente figura), que es de 200 m².

¹ Fuente: R. P. Schwarzenbach, P.M. Gschwend y D.M. Imboden, Environmental Organic Chemistry, 2ª Edición, Wiley, 2003, Tabla 20-4.

² Corresponde al ratio de la viscosidad cinemática del agua y la difusividad del componente 'i' en agua.

³ Datos incluidos en la planilla de respaldo digital: "Ambientales.xlsx".



Figura 1 Ubicación de la Fuente emisora del separador API de ENAP. El punto de referencia corresponde a las coordenadas UTM (WGS84, zona 19S) 266295 m E, 6370639 m S.

4.2.3 Modelación de la dispersión de las emisiones de COV en la zona de estudio usando el modelo CALPUFF.

Se usó la meteorología simulada con el numérico numérico de pronóstico WRF para generar el archivo CALMET.DAT, el cual se usa como insumo meteorológico para el modelo de dispersión CALPUFF, el cual se configuró para que su dominio de modelación calce con el dominio considerado en el modelo WRF y traspasado al archivo CALMET.DAT. El dominio tiene una extensión horizontal de 50 x 50 m, como se aprecia en la figura 2, y una extensión vertical hasta 4000 m sobre el nivel del suelo.

Se definió una grilla de receptores de 10 x 10 km, espaciados cada 100 m entre sí, de manera de representar la variabilidad espacial de los aportes de la fuente emisora a las concentraciones ambientales de COV en la zona. Esta grilla se presenta en la figura 3.

Modelación de calidad del aire para COV en la zona de Quintero-Puchuncaví

Informe de Avance

Página 9 de 24

Código V01: FI-A.03-DSA

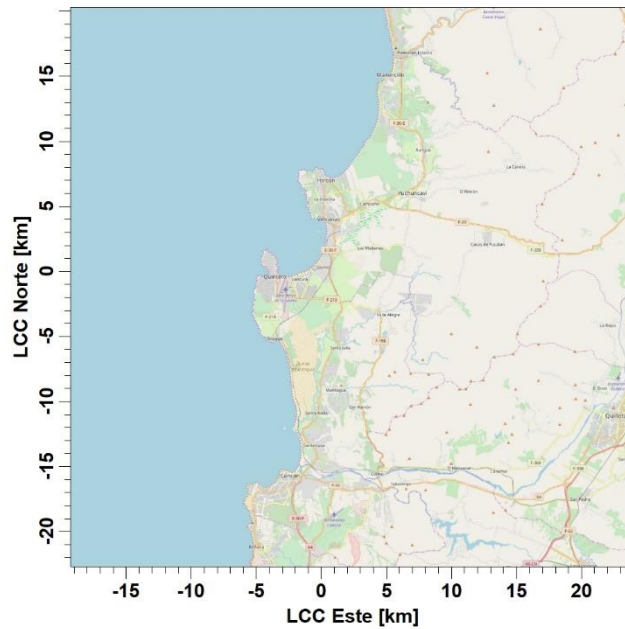


Figura 2 Dominio de modelación para zona Quintero-Puchuncaví

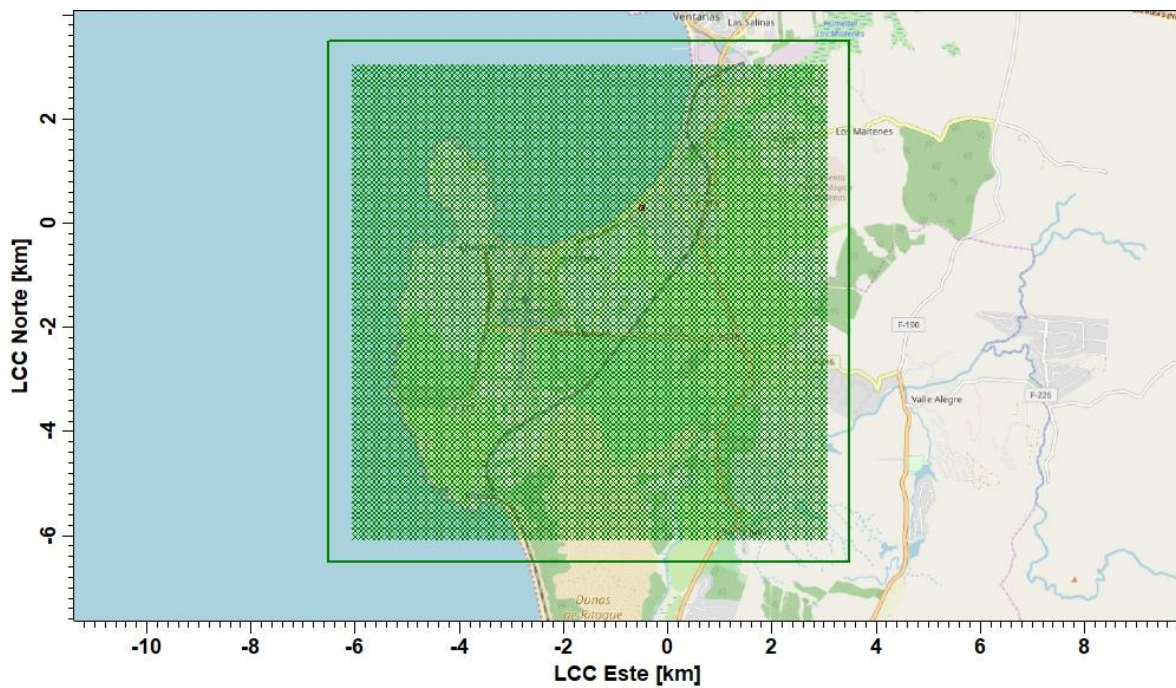


Figura 3 Grilla de receptores para cálculo de concentraciones.

Modelación de calidad del aire para COV en la zona de Quintero-Puchuncaví

Informe de Avance

Página 10 de 24

Código V01: FI-A.03-DSA



Además de los receptores de grilla, se incluyeron tres receptores discretos:

Punto 1 (Quintero), 263458.00 m E, 6369241.00 m N

Punto 2 (Loncura), 264999.00 m E, 6369705.00 m N

Punto 3 (vivienda cercana a ENAP), 265900.00 m E, 6370316.00 m N

En esos tres receptores discretos se calcularon las concentraciones modeladas como serie de tiempo de valores simulados. La siguiente figura muestra la ubicación de esos tres receptores, y a continuación se muestra un zoom para mostrar la ubicación de la fuente emisora modelada.

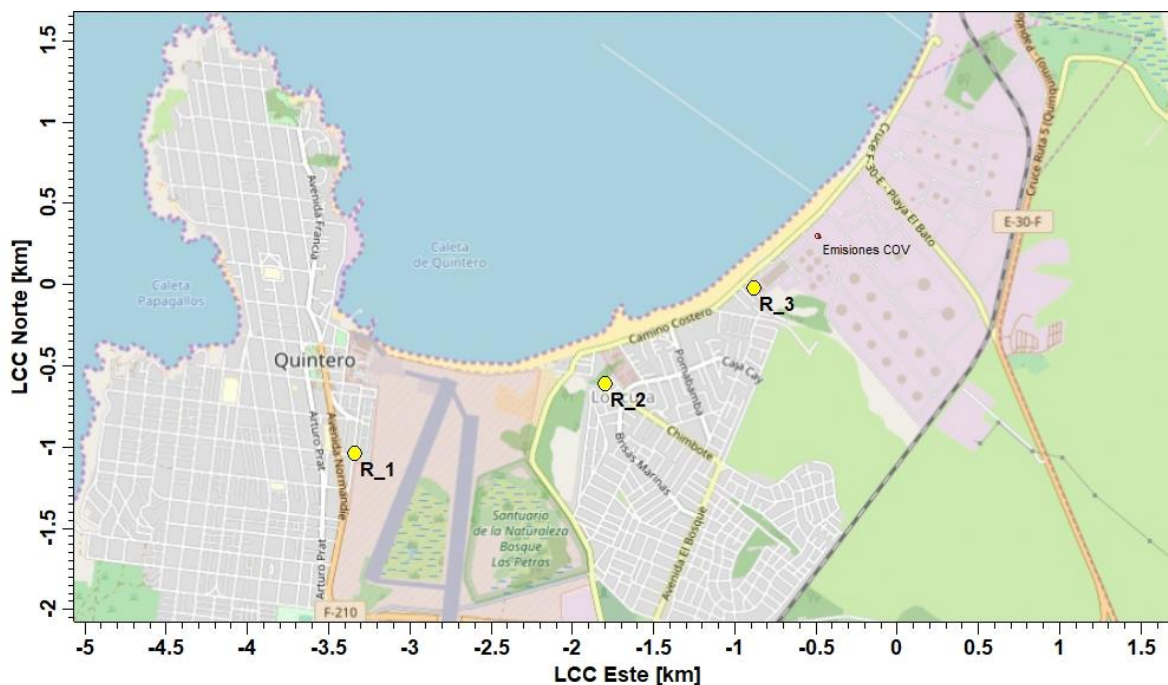


Figura 4 Ubicación de los tres receptores discretos considerados en la modelación.

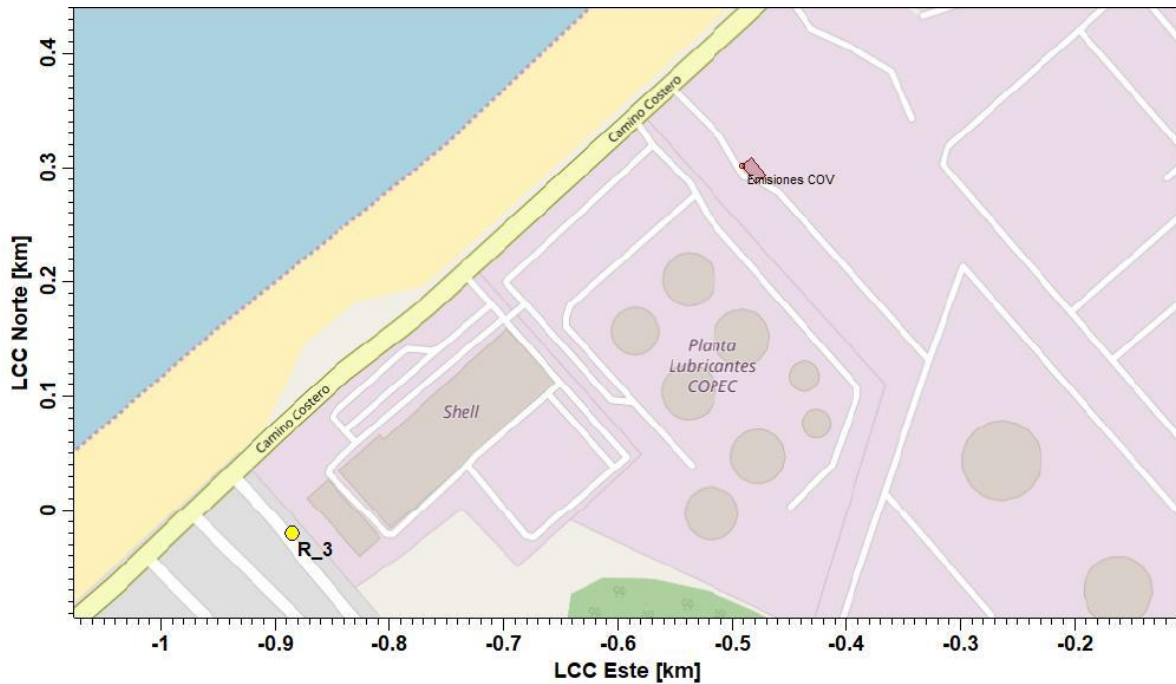


Figura 5 Acercamiento de la figura anterior para destacar ubicación de la fuente emisora de COV.



5 Resultados

5.1 Emisiones horarias de los cinco COV analizados.

La siguiente figura presenta las emisiones estimadas en forma horaria usando la metodología descrita en la sección anterior⁴. Las emisiones están directamente relacionadas con las concentraciones medidas por el ISP en muestras del separador API de ENAP, como indica la ecuación (3). Para facilidad de visualización se emplea escala logarítmica en las emisiones.

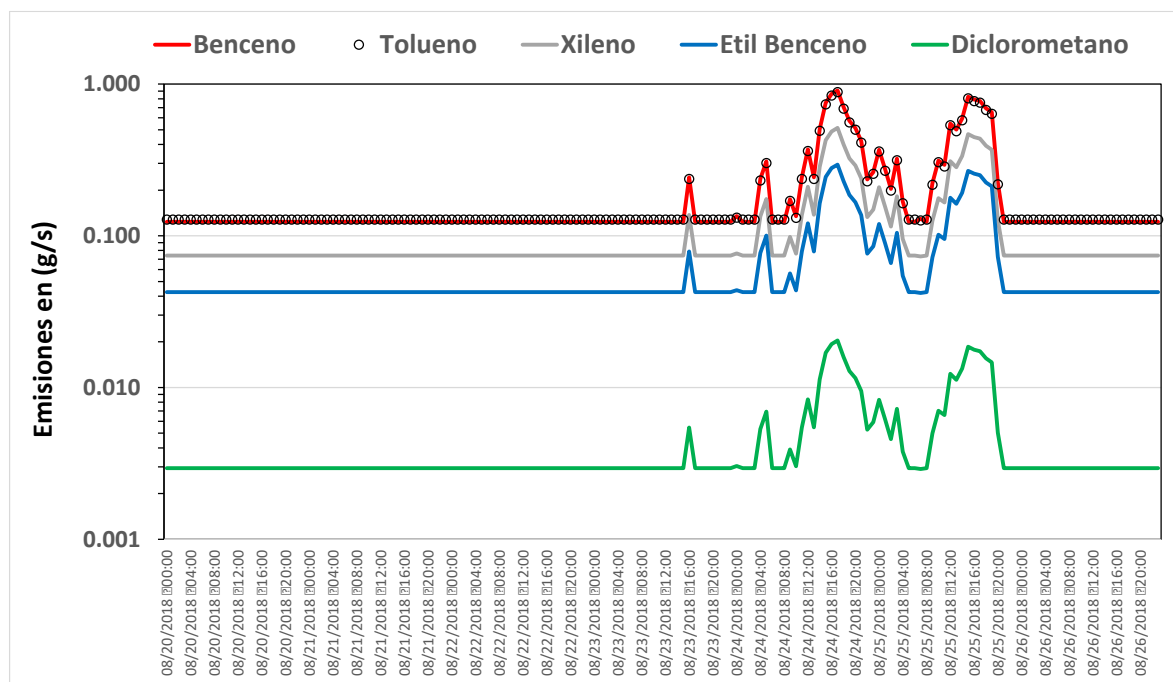


Figura 6 Emisiones de los cinco COV modelados (g/s), periodo 20 -26 agosto 2018.

La mayor parte del tiempo la tasa de emisión es constante, ya que la velocidad del viento se mantiene por debajo de 4.2 (m/s), como se detalla en las ecuaciones (4) y (5). Las alzas en las tasas de emisión se deben justamente a que la velocidad del viento fue superior a 4.2 (m/s), particularmente los días 24 y 25 de agosto, como se muestra en la siguiente figura.

⁴ El respaldo digital de los cálculos está contenido en la planilla: "Emisiones.xlsx".

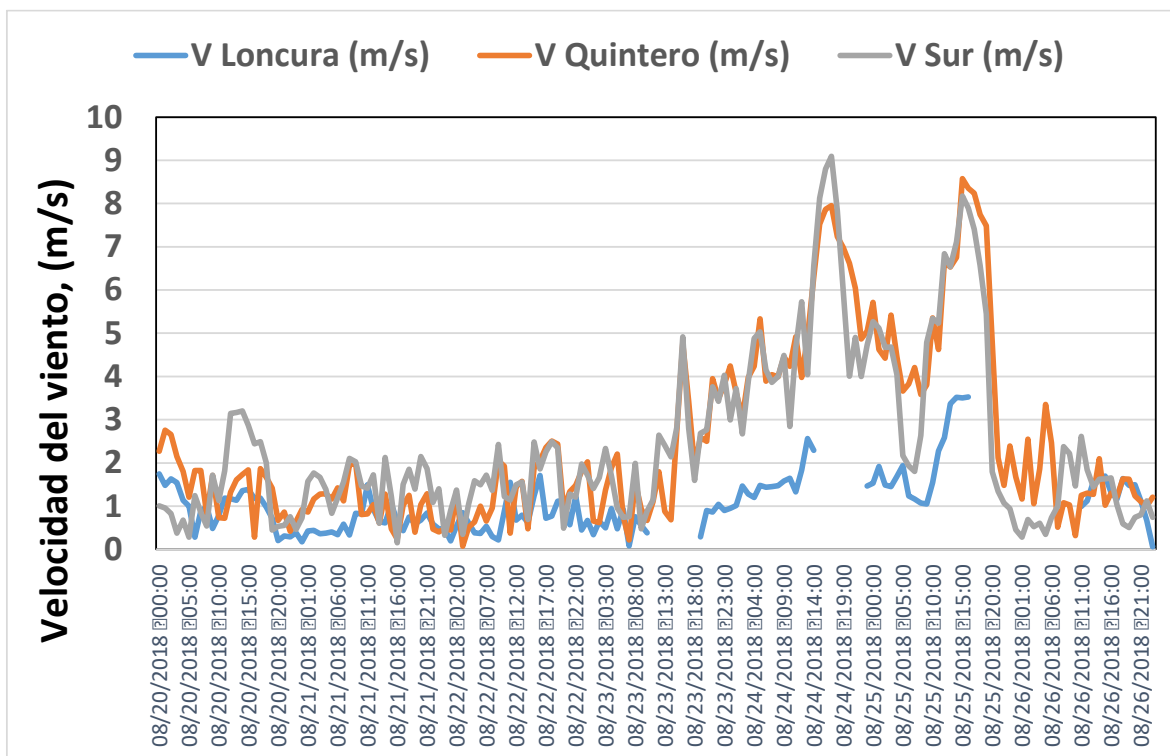


Figura 7 Velocidad del viento (m/s) registrada en las estaciones SINCA de la zona, para el periodo de modelación.

Las emisiones totales (kg) para el periodo modelado fueron de 115, 115, 67, 38 y 2.7 para para benceno, tolueno, xileno, etilbenceno y diclorometano, respectivamente.

5.2 Distribución espacial de las concentraciones horarias modeladas

Las siguientes figuras muestran la distribución espacial de las máximas concentraciones horarias de los cinco COV modelados, en el periodo 20-26 agosto 2018. Las figuras son todas similares ya que se trata de una sola fuente y que todas las emisiones están correlacionadas entre sí (dependen de la misma variable ambiental, velocidad del viento). Además, en todos los casos el punto de máximo impacto corresponde al mismo punto, cuyas coordenadas (en el sistema LCC utilizado por WRF) son $X = -502$ m, $Y = 300$ m. En coordenadas UTM (WGS85, 19S), ese punto tiene coordenadas 266277 m E y 6370645 m N.

Para cada compuesto modelado se presenta una figura que incluye toda la zona de influencia junto con un acercamiento que permite visualizar mejor la ubicación de los máximos impactos horarios, en particular con respecto a la ubicación del receptor 3.

Modelación de calidad del aire para COV en la zona de Quintero-Puchuncaví

Informe de Avance

Página 14 de 24

Código V01: FI-A.03-DSA

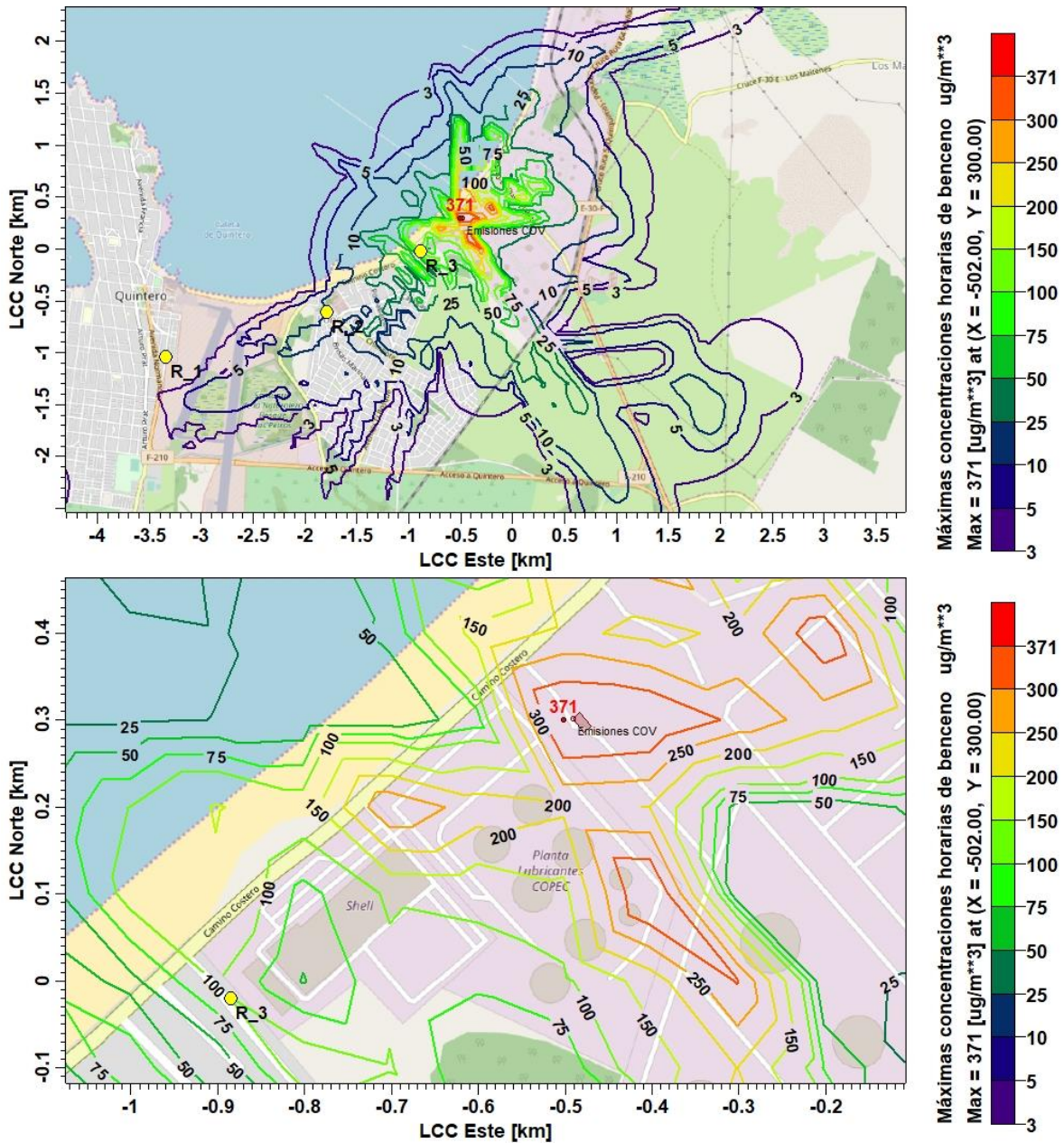


Figura 8 Distribución espacial de las concentraciones horarias máximas de benceno en la zona modelada. Panel superior: vista completa; panel inferior: acercamiento a la Fuente emisora y punto de máximo impacto.

Modelación de calidad del aire para COV en la zona de Quintero-Puchuncaví

Informe de Avance

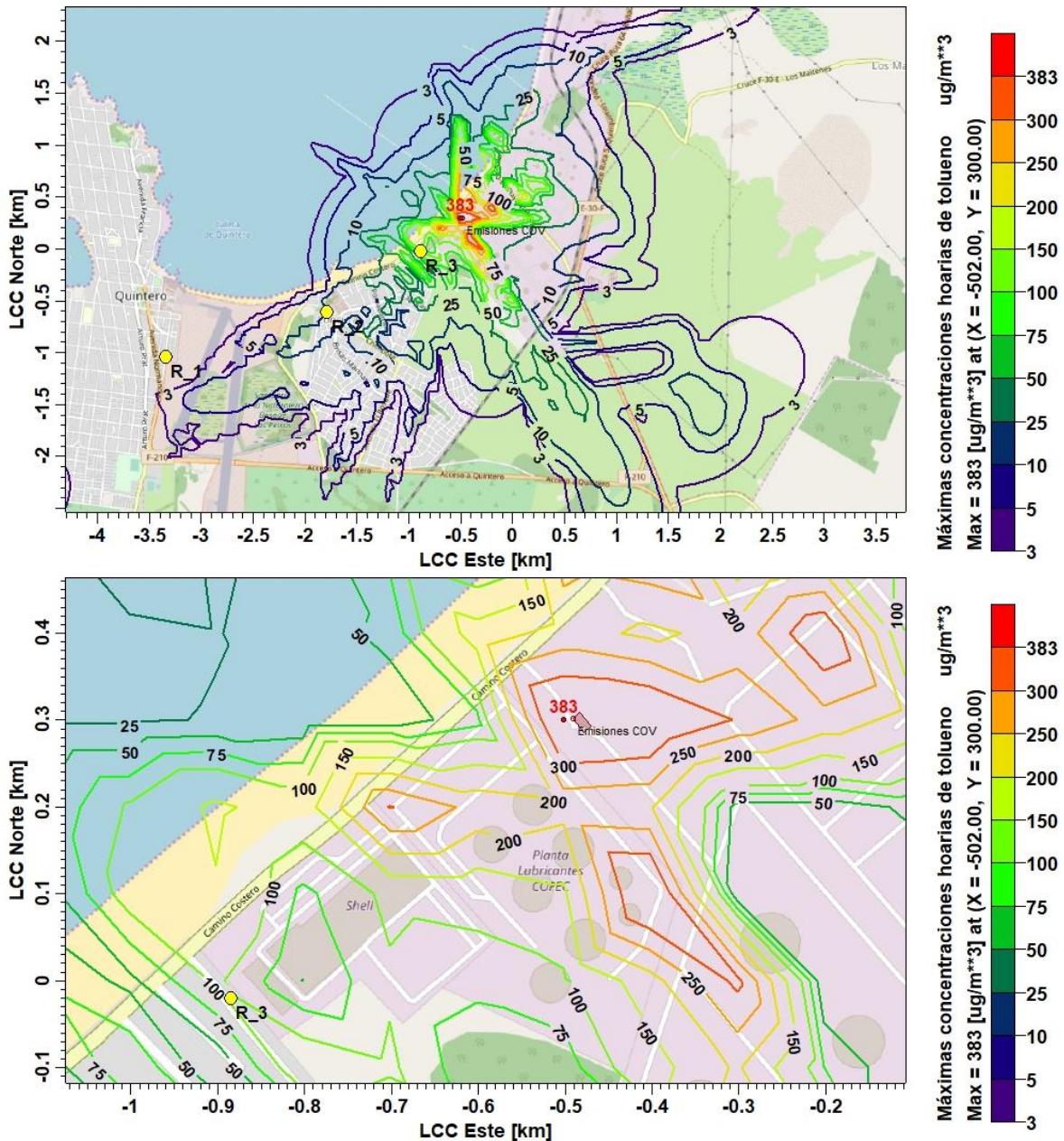


Figura 9 Distribución espacial de las concentraciones horarias máximas de tolueno en la zona modelada. Panel superior: vista completa; panel inferior: acercamiento a la Fuente emisora y punto de máximo impacto.

Modelación de calidad del aire para COV en la zona de Quintero-Puchuncaví

Informe de Avance

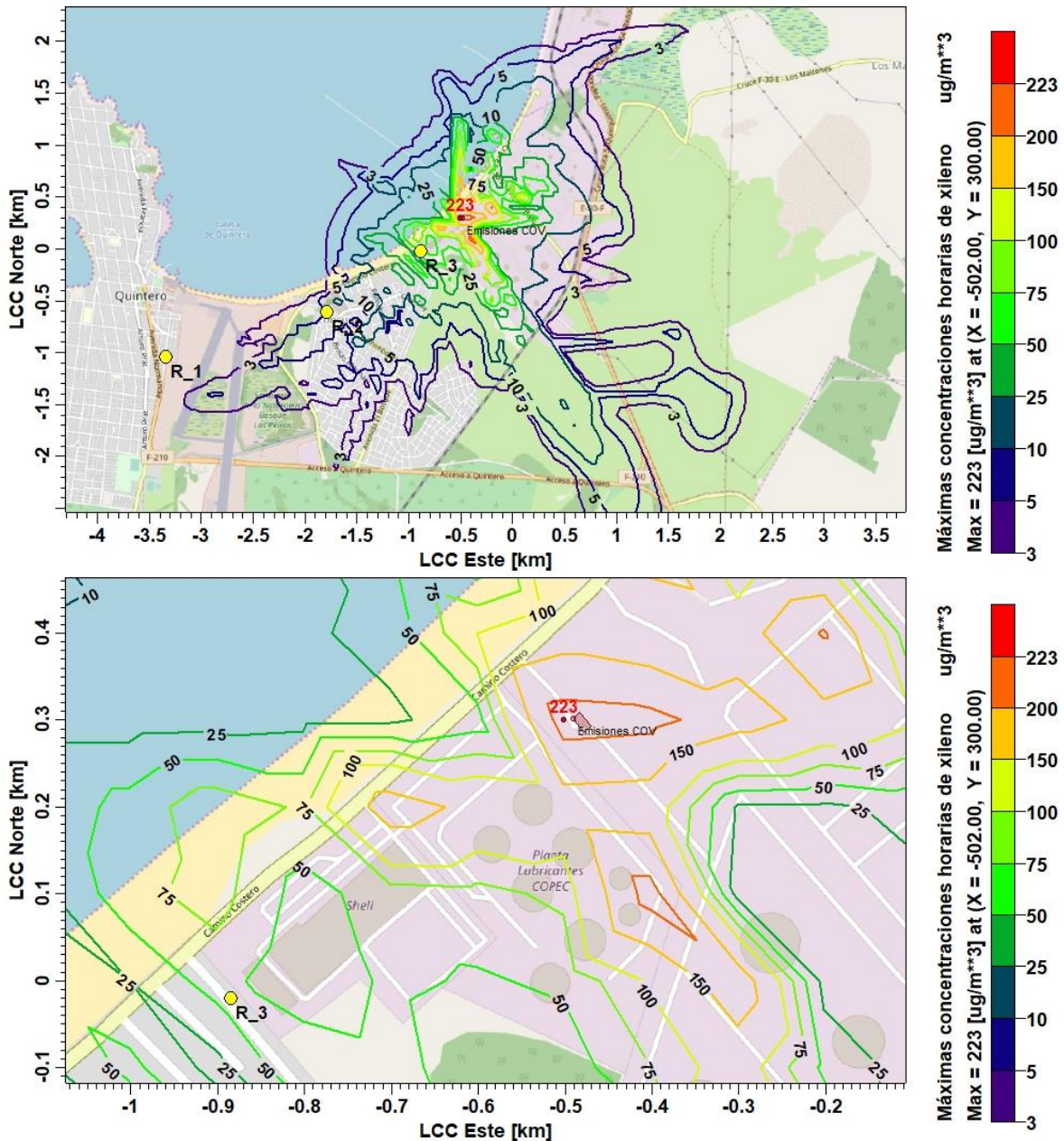


Figura 10 Distribución espacial de las concentraciones horarias máximas de xileno en la zona modelada. Panel superior: vista completa; panel inferior: acercamiento a la Fuente emisora y punto de máximo impacto.

Modelación de calidad del aire para COV en la zona de Quintero-Puchuncaví

Informe de Avance

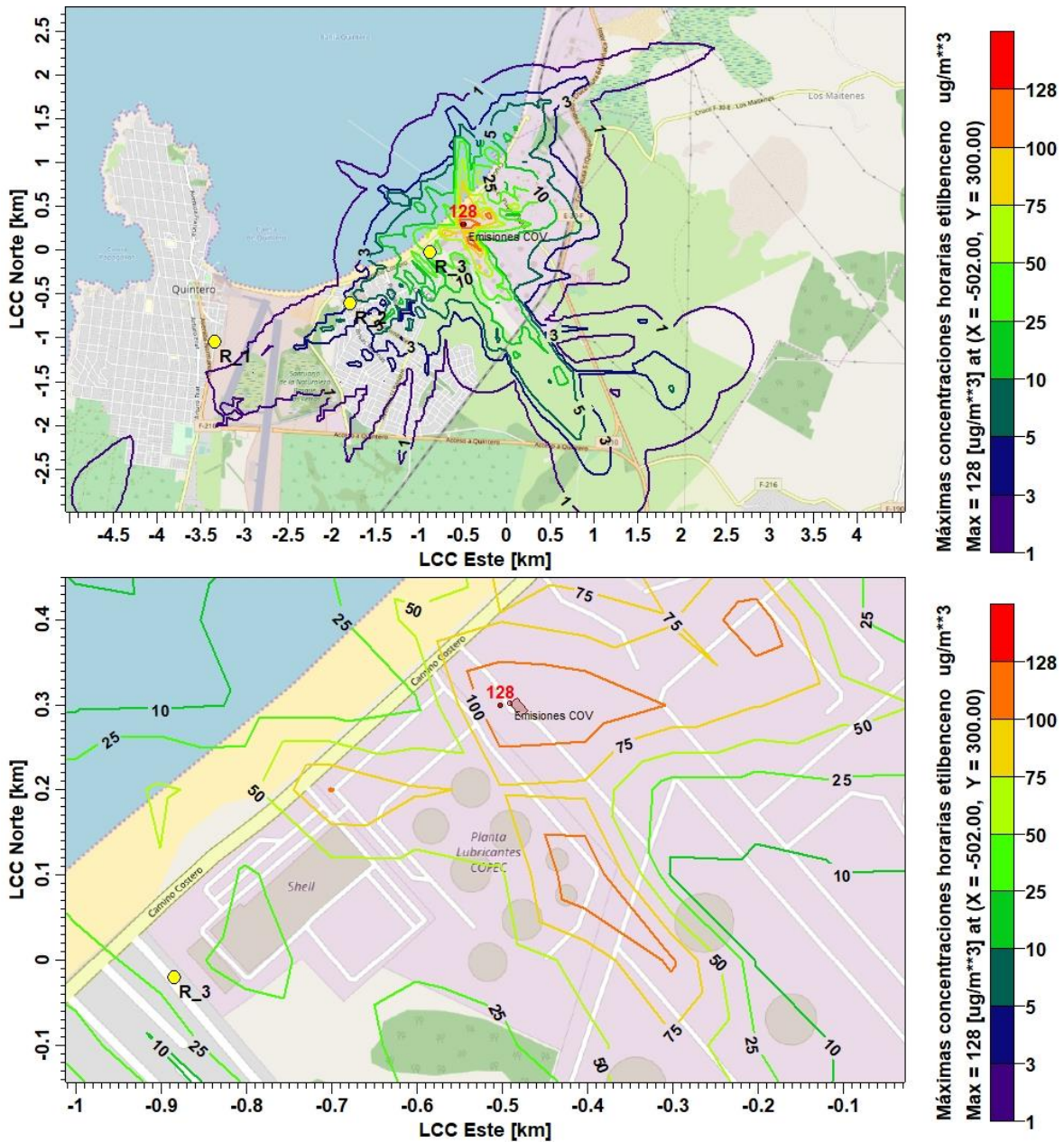


Figura 11 Distribución espacial de las concentraciones horarias máximas de etilbenceno en la zona modelada. Panel superior: vista completa; panel inferior: acercamiento a la Fuente emisora y punto de máximo impacto.

Modelación de calidad del aire para COV en la zona de Quintero-Puchuncaví

Informe de Avance

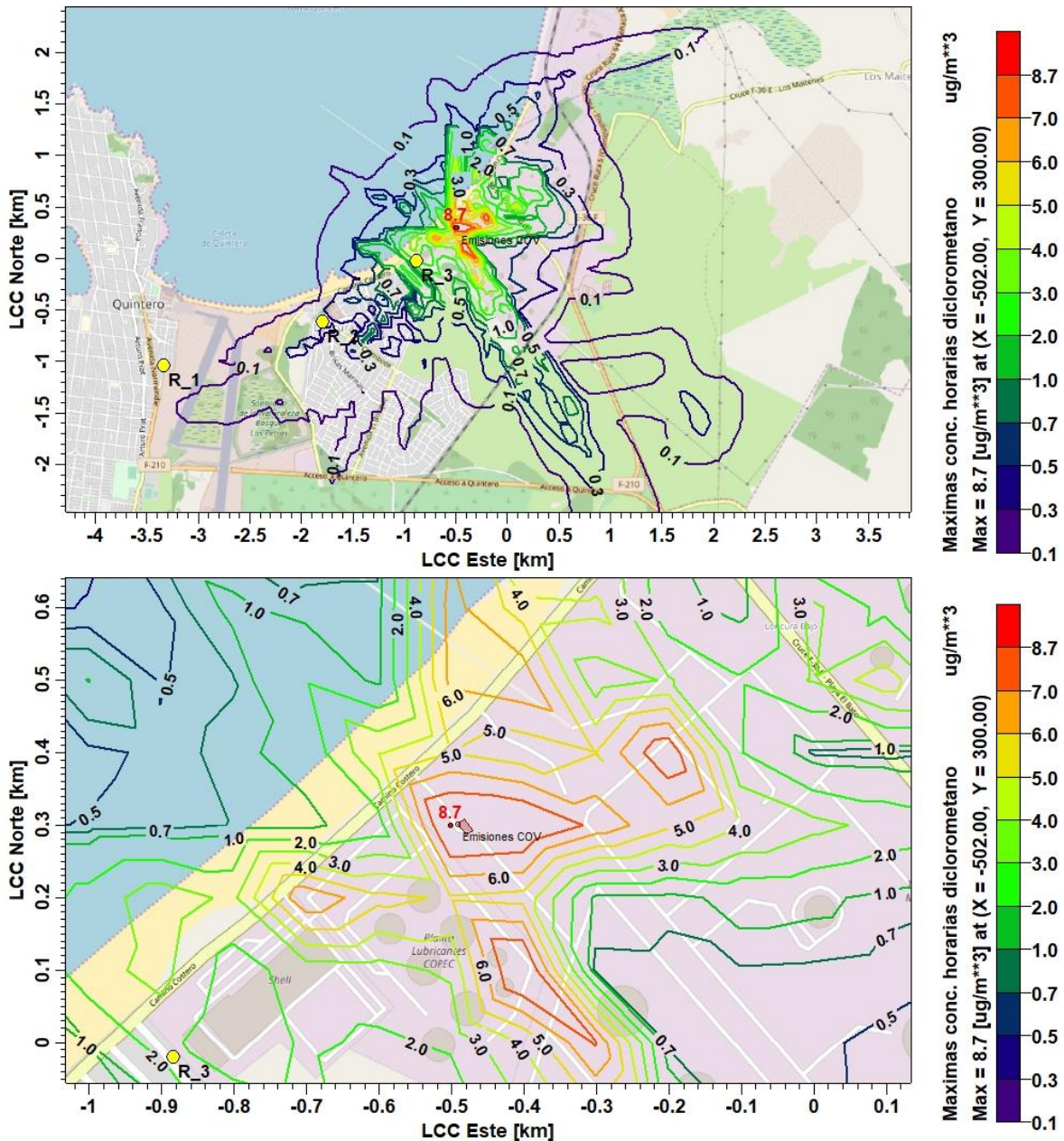


Figura 12 Distribución espacial de las concentraciones horarias máximas de diclorometano en la zona modelada. Panel superior: vista completa; panel inferior: acercamiento a la Fuente emisora y punto de máximo impacto.

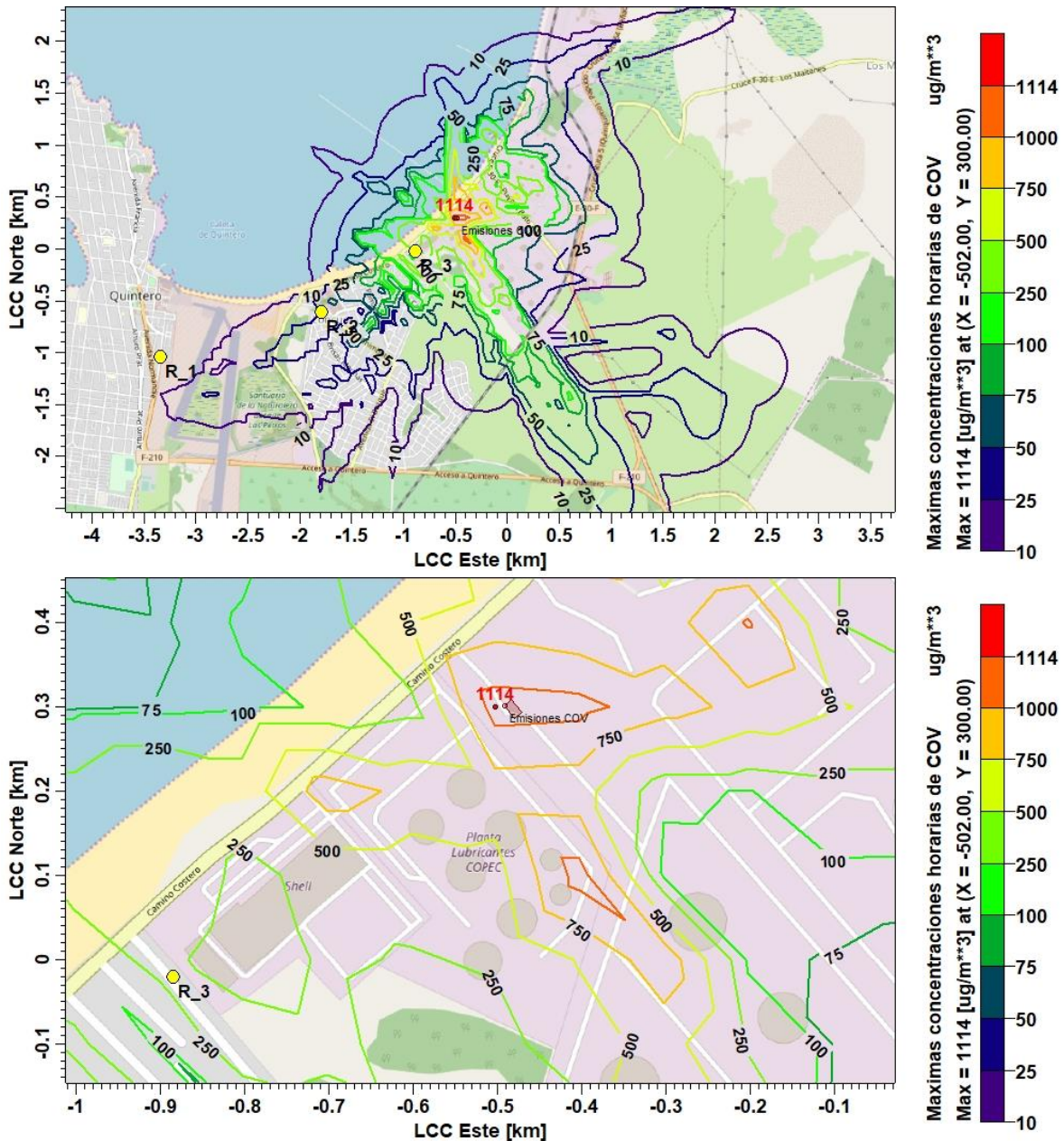


Figura 13 Distribución espacial de las concentraciones horarias máximas de la suma de los cinco COV en la zona modelada. Panel superior: vista completa; panel inferior: acercamiento a la Fuente emisora y punto de máximo impacto.

Modelación de calidad del aire para COV en la zona de Quintero-Puchuncaví

Informe de Avance



5.3 Series de tiempo de concentraciones de COV en receptores

A partir de los resultados de la modelación de calidad del aire, es posible obtener la serie de tiempo de las concentraciones de todos los COV modelados (y su suma), para tres receptores discretos definidos por el Mandante:

Punto 1 (Quintero), 263458.00 m E, 6369241.00 m N

Punto 2 (Loncura), 264999.00 m E, 6369705.00 m N

Punto 3 (vivienda cercana a ENAP), 265900.00 m E, 6370316.00 m N

Las siguientes figuras muestran los resultados para cada receptor. Las concentraciones se ordenan en magnitud de acuerdo a la distancia con respecto a la fuente emisora: son menores en el receptor 1 (Quintero), intermedias en el receptor 2 (Loncura) y mayores en el receptor 3 (vivienda cercana a ENAP).

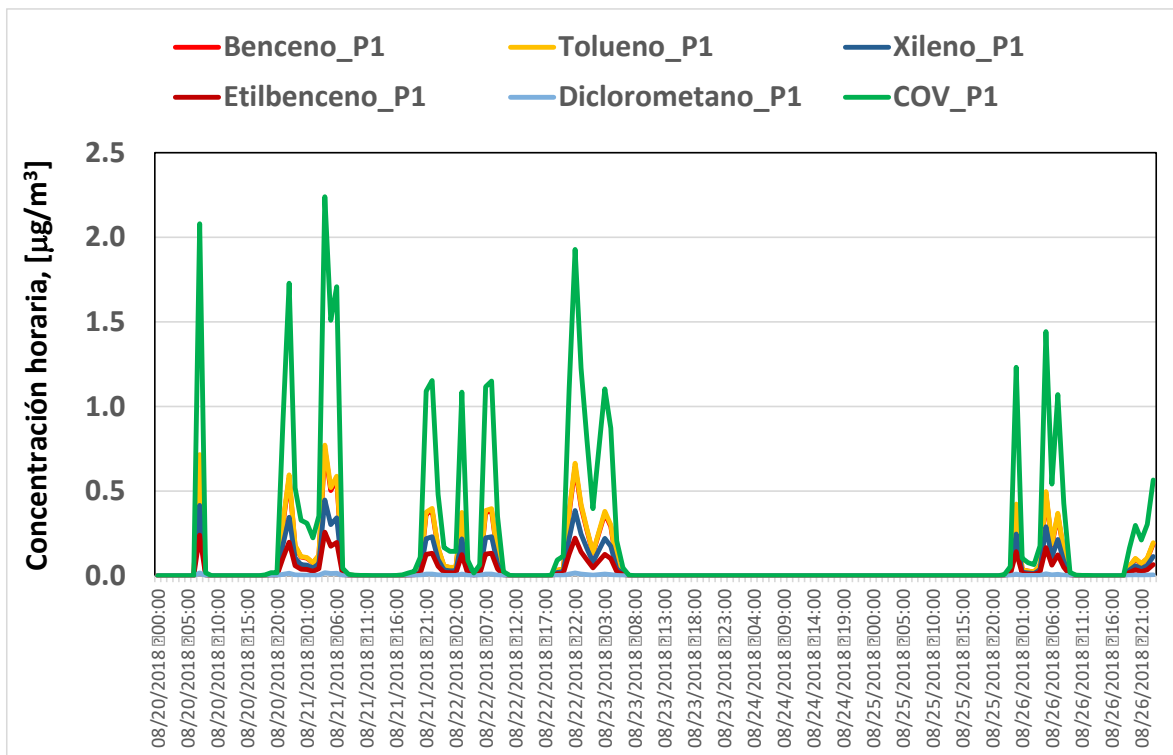


Figura 14. Serie de tiempos de concentraciones modeladas en receptor Quintero.

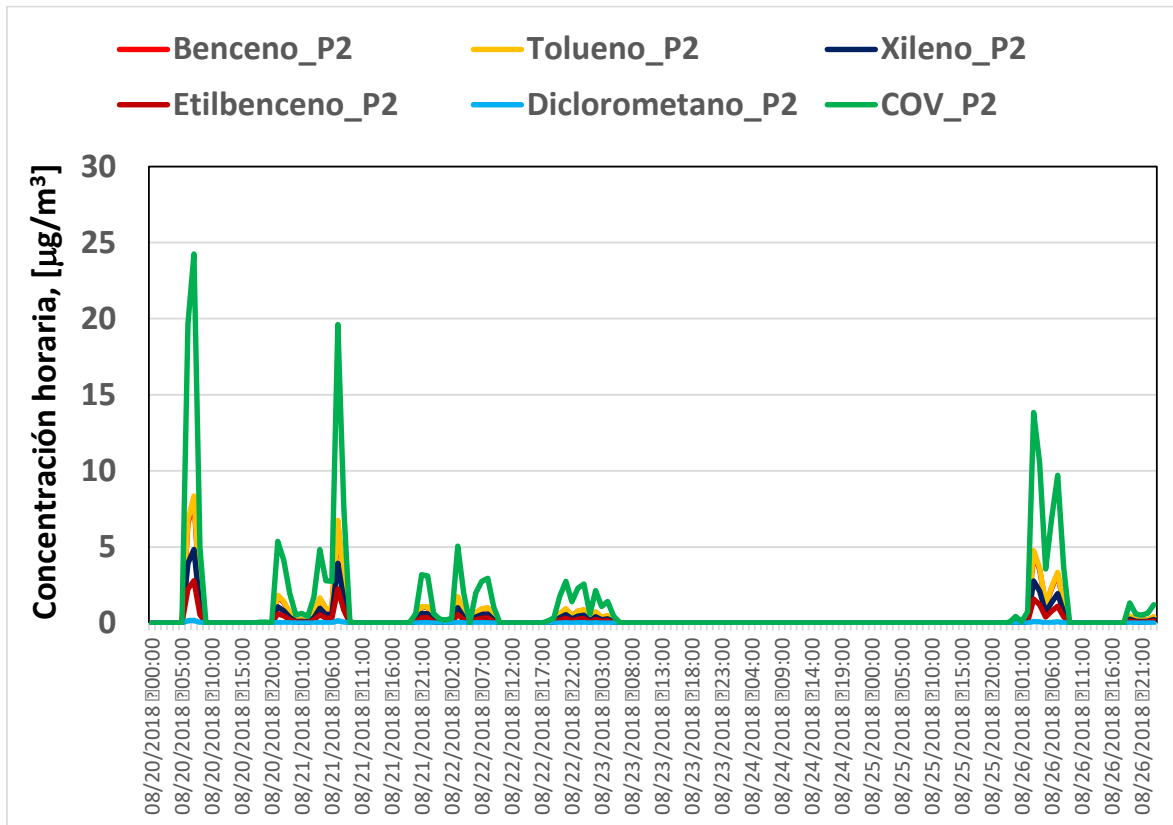


Figura 15. Serie de tiempos de concentraciones modeladas en receptor Loncura.

Dadas las distintas ubicaciones de los tres receptores con respecto a la fuente emisora, las máximas concentraciones horarias se presentan en distintas fechas en cada receptor: 21 de agosto - 4 am para receptor 1, 20 agosto - 7 am para receptor 2 y 26 agosto - 6 am para receptor 3.

Estas tres situaciones corresponden a condiciones de madrugada o amanecer, donde la estabilidad atmosférica es intensa y esto propicia que las emisiones de COV se mantengan a baja altura y entonces las concentraciones en los receptores sean máximas. Este comportamiento es característico de fuentes de emisión de área.

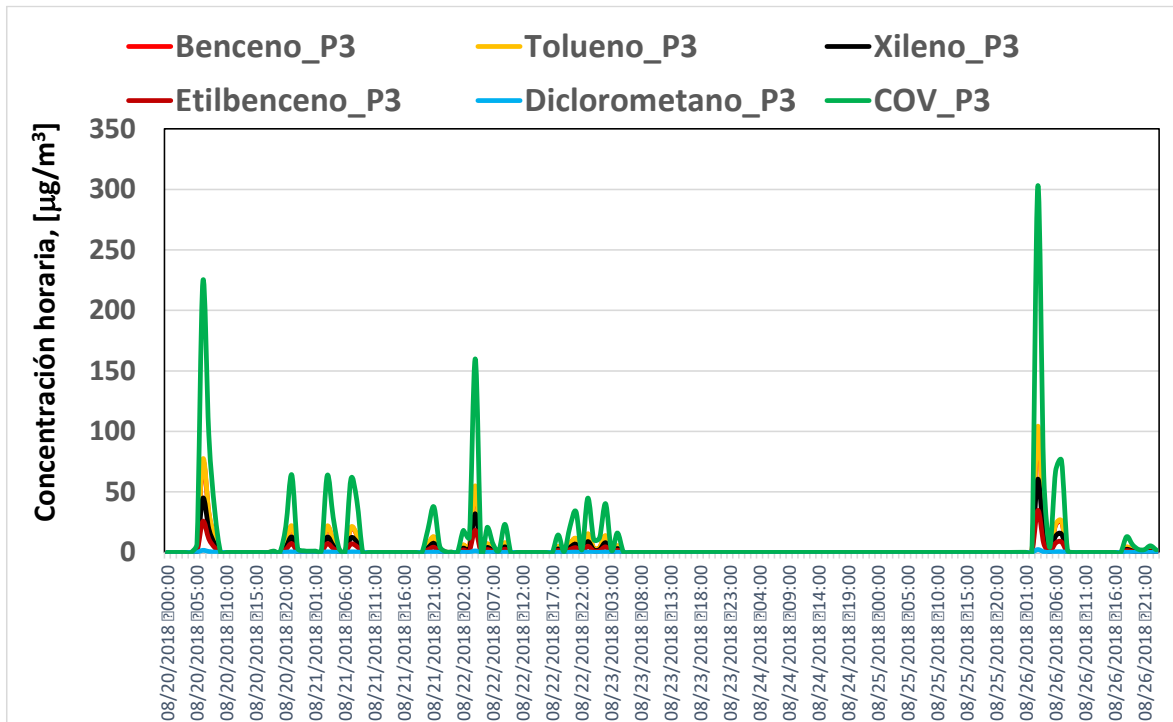


Figura 16. Serie de tiempos de concentraciones modeladas en receptor cercano a ENAP.



6 Conclusiones

En este Estudio se realizó una modelación de calidad del aire para analizar las concentraciones ambientales de cinco compuestos orgánicos volátiles (COV) emitidos desde un estanque separador API de propiedad de ENAP, en la localidad del Quintero, V Región. Los cinco contaminantes modelados fueron: benceno, tolueno, xileno, etilbenceno y diclorometano. El periodo modelado incluyó desde el 20 al 26 de agosto de 2018. Para estos fines, el Consultor ocupó información pública (proveniente del SINCA: <https://sinca.mma.gob.cl/>), e información proporcionada por el Mandante.

Los resultados indican que las emisiones evaporativas de COV variaron significativamente en esos 7 días, fundamentalmente debido a la influencia del viento. Las emisiones estimadas (en kg) fueron de 115, 115, 67, 38 y 2.7 para benceno, tolueno, xileno, etilbenceno y diclorometano, respectivamente.

Para el periodo modelado, los máximos impactos de concentración ambiental se presentaron todos en el mismo punto, de coordenadas UTM (WGS84, huso 19S): 266277 m E y 6370645 m N. Este punto se encuentra a 100 m al oeste del separador API de ENAP. Los máximos valores (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) fueron estimados en: 371, 383, 223, 128 y 8.7 para benceno, tolueno, xileno, etilbenceno y diclorometano, respectivamente.

Además de la distribución espacial de las concentraciones de COV, se estimaron las concentraciones horarias en tres receptores (coordenadas UTM): Punto 1 (Quintero), 263458 m E, 6369241 m N; Punto 2 (Loncura), 264999 m E, 6369705 m N; Punto 3 (vivienda cercana a ENAP), 265900 m E, 6370316 m N. Los resultados indican que las mayores concentraciones se presentaron en el Punto 3, seguidas del punto 2 y del 1, en concordancia con la distancia que separa la fuente emisora de los respectivos receptores. Dada la distinta ubicación de cada receptor con respecto a la fuente, las máximas concentraciones en ellos ocurren a diferentes horas. Las máximas concentraciones horarias (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) se entregan en la siguiente Tabla:

Tabla 2 Resumen de máximas concentraciones estimadas en receptores discretos.

COV \ Receptor	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Benceno	0.75	8.1	101
Tolueno	0.77	8.3	104
Xileno	0.45	4.8	60.5
Etilbenceno	0.26	2.8	34.7
Diclorometano	0.02	0.19	2.4
Suma 5 COV	2.2	24.2	303
Fecha y hora	08/21 04	08/20 07	08/26 03