

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
Escuela Politécnica Superior de Gandía  
Grado en Ciencias Ambientales

---



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA POLITÈCNICA  
SUPERIOR DE GANDIA

**“Evaluación de la calidad del aire en la playa de  
Almassora. Impacto del polígono industrial,  
El Serrallo”**

***Trabajo Final de Grado***

Autora:

***Alicia Pardo Gascón***

Tutoras:

***Mónica Catalá Icardo***

***Carmen Gómez Benito***

**GANDÍA, 2021**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero agradecer a Mónica Catalá Icardo y a Carmen Gómez Benito por acoger de muy buen gusto mi idea de TFG y ayudarme y guiarme en cada situación. Para mí ha sido un reto y gracias a vosotras he podido disfrutar cada paso realizado.

Mi agradecimiento a la Asociación de Vecinos de la Playa de Almassora por facilitarme los datos sobre Contaminación Acústica y por toda la información sobre la situación actual de la Playa. Agradecer a todos los vecinos de la Playa de Almassora la buena acogida que tuvo el cuestionario sobre la percepción de los olores.

Agradecer a Miguel Molina que me haya podido dar la oportunidad de conocer la Playa de Almassora y toda su compañía, apoyo y comprensión a lo largo del trabajo. Has sido mi luz.

Gracias a mis padres, por el apoyo ante estos duros meses de trabajo.

## RESUMEN

El presente estudio trata de evaluar la calidad del aire en la Playa de Almassora y estudiar el impacto que tiene el polígono de El Serrallo sobre la zona. Este polígono está formado por grandes compañías como BP Oil España, UBE Corporation Europe, UBE Chemical, Iberdrola, CLH, Repsol Butano, Praxair y Sita. Estas son potenciales emisoras de contaminantes como CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, material particulado o compuestos orgánicos volátiles (COVs). Se han realizado cuestionarios a los vecinos de la Playa para constatar en qué grado perciben la influencia del polígono en su hábitat. Los niveles de estos contaminantes se han obtenido de la estación de la Red Valenciana de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica (RVVCCA) situada en la zona (Almassora UM). Estos datos se han representado usando, entre otras, rosas de los vientos de los diferentes contaminantes, obteniendo así una visión global de la situación en la que se encuentra la Playa de Almassora respecto del polígono petroquímico El Serrallo y de la procedencia de los niveles de contaminante alcanzados. También se han comparado las concentraciones medidas con los valores permitidos que establece la legislación vigente.

Palabras Clave: Contaminación atmosférica; El Serrallo; Playa de Almassora; Calidad del aire; Polígono petroquímico.

## ABSTRACT

The present study evaluates the air quality in Almassora Beach and the impact of the industrial estate '*El Serrallo*', in which there are large companies such as BP Oil Spain, UBE Corporation Europe, UBE Chemical, Iberdrola, CLH, Repsol Butano, Praxair and Sita, on the area is studied. These companies are potential emitters of pollutants such as CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, particulate matter or volatile organic compounds (VOCs). Residents of the Beach have been asked to fill in a questionnaire to verify to what degree they perceive the influence of the industrial estate in their habitat. The levels of these pollutants have been obtained from the Almassora UM monitoring station, which is in the area of study and belongs to the Valencian Network for the Surveillance and Control of Atmospheric Pollution ('*Red Valenciana de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica*', RVVCCA). These data have been represented using, among others, wind roses diagrams of the different pollutants, which give us an overall view of both the situation in which the Almassora Beach is with respect to the '*El Serrallo*' petrochemical industrial area, and about the origin of the levels of contamination reached. The measured concentrations have also been compared with the permitted values established by current legislation.

Key Words: Atmospheric Pollution, El Serrallo; Almassora Beach; Aire Quality, Petrochemical Industrial Estate

## Contenido

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN .....  | 1  |
| 1.1 LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA .....   | 1  |
| 1.1.1 PRINCIPALES CONTAMINANTES Y FUENTES DE PRODUCCIÓN .....                        | 1  |
| 1.1.2 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFERICA SOBRE LA SALUD .....                   | 3  |
| 1.2 ESTUDIOS SOBRE CALIDAD DEL AIRE EN ZONAS INDUSTRIALES .....                      | 4  |
| 1.3 LEGISLACIÓN DE APLICACIÓN.....   | 5  |
| 1.3.1 LEGISLACIÓN NACIONAL .....   | 6  |
| 1.3.2 LEGISLACIÓN AUTONÓMICA .....   | 7  |
| 1.4 MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA .....                                   | 7  |
| 1.4.1 RED VALENCIANA DE VIGILANCIA Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN<br>ATMOSFÉRICA..... | 8  |
| 1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....  | 9  |
| 2. OBJETIVOS .....   | 10 |
| 3. METODOLOGÍA.....  | 11 |
| 4. AREA DE ESTUDIO.....  | 12 |
| 4.1.1 DESCRIPCIÓN DE “EL SERRALLO” .....   | 15 |
| 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....   | 20 |
| 5.1 COMPUESTOS DE AZUFRE (SO <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> S) .....                  | 20 |
| 5.2 COMPUESTOS DE NITRÓGENO (NO, NO <sub>2</sub> y NO <sub>x</sub> ) .....           | 23 |
| 5.3 COMPUESTOS DE CARBONO INORGÁNICO .....   | 27 |
| 5.4 OZONO .....  | 27 |
| 5.5 MATERIAL PARTICULADO (PM) .....  | 29 |
| 5.6 COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV's) .....                                     | 32 |
| 5.7 CUMPLIMIENTO DEL RD 102/2011 .....   | 37 |
| 5.8 CONTAMINACIÓN ODORIFERA .....  | 39 |
| 5.8.1 PERCEPCIÓN DE LOS OLORES .....   | 39 |
| 5.9 CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.....  | 41 |
| 6. PROPUESTAS DE MEJORA.....   | 42 |
| 7. CONCLUSIONES.....   | 44 |
| 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....   | 45 |
| ANEXO I: ANEXO FOTOGRAFICO   |    |
| ANEXO II: PLANO DE EMERGENCIAS EL SERRALLO   |    |
| ANEXO III: CONTAMINACIÓN ACÚSTICA  |    |
| ANEXO IV: MODELO ENCUESTA SOBRE OLOR   |    |

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Según Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera en su artículo 3, la Contaminación Atmosférica se define como “La presencia en la atmósfera de materias, sustancias o formas de energía que impliquen molestia grave, riesgo o daño para la seguridad o la salud de las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza” (1)

Por tanto, al hablar de contaminantes atmosféricos se hace referencia a las sustancias o formas de energía presentes en la atmósfera, tanto de origen antropogénico como natural, en concentración suficiente y durante el tiempo necesario, para interferir en el confort, salud o bienestar de las personas o del medioambiente.

Es cierto que la contaminación atmosférica no es un fenómeno nuevo para el ser humano, pero, a raíz del desarrollo tecnológico y de la revolución industrial, los impactos en la atmósfera han sido más notables, ya que tuvo lugar un auge del carbón como combustible, aumentaron los procesos químicos de las industrias y prosperó la industria metalúrgica. Todo este desarrollo trajo consigo una serie de problemas ambientales que hoy en día se siguen padeciendo. Entre estos cabe destacar: el *Smog fotoquímico* (niebla tóxica formada por la reacción de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos en presencia de radiación solar), lluvia ácida (precipitaciones tóxicas formadas como consecuencia de elevadas concentraciones de óxidos de nitrógeno y azufre), destrucción de la capa de ozono (destrucción del ozono estratosférico por emisión a la atmósfera de moléculas como los clorofluorocarburos (CFC's)), el calentamiento global (generado por la emisión de gases de efecto invernadero como metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono...) y el *Smog Industrial* (niebla tóxica y muy nociva para la salud formada por SO<sub>2</sub>, partículas y gotitas de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

### 1.1.1 PRINCIPALES CONTAMINANTES Y FUENTES DE PRODUCCIÓN

Existen infinidad de sustancias que son consideradas como contaminantes atmosféricos, pero podemos clasificarlas según su origen en emisiones naturales o emisiones artificiales o antropogénicas; en la Tabla 1 se puede observar los tipos de fuentes.

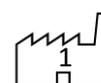


Tabla 1: Principales fuentes de contaminación atmosférica según su origen. Fuente: M.D Encinas Malagón (2)

| FUENTES NATURALES  | FUENTES ARTIFICIALES  |   |
|--|---|---|
|  | FIJAS   | MÓVILES   |
| Volcanes<br>Incendios forestales por rayos<br>Plantas en descomposición (agua y suelo)<br>Océanos<br>Suelo<br>Tormentas eléctricas | Centrales térmicas<br>Centrales nucleares<br>Procesos industriales<br>Incineración de residuos<br>Calefacciones domésticas<br>Quema de la biomasa | Vehículos diesel<br>Vehículos gasolina<br>Sin plomo |

Otro modo en la que podemos clasificar los contaminantes atmosféricos es en contaminantes primarios, si se emiten directamente a la atmosfera a partir de la fuente que los genera, y contaminantes secundarios, cuando son formados a partir de la reacción de los contaminantes primarios u otros compuestos en la atmósfera (Tabla 2).

Tabla 2: Contaminantes primarios y secundarios y principal fuente de contaminación. Fuente: M.D Encinas Malagón (2)

| TIPO      | PRIMARIO                           | SECUNDARIO   | FUENTES MAYORITARIAS ARTIFICIALES             |
|-----------|------------------------------------|--|---|
| Azufre    | SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S | SO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , MeSO <sub>4</sub> | Carburantes con S                             |
| Nitrógeno | NO, NH <sub>3</sub>                | NO <sub>2</sub> , MeNO <sub>3</sub>                                  | Combustión a altas temperaturas               |
| Orgánicos | C <sub>1</sub> -C <sub>3</sub>     | Aldehídos, cetonas, ácidos   | Combustión, refinado de petróleo, disolventes |
| Carbono   | CO, CO <sub>2</sub>                | Ninguno  | Combustión                                    |
| Halógenos | HF, HCl                            | Ninguno  | Industrias metalúrgicas                       |

Actualmente, los contaminantes atmosféricos de mayor importancia, en los países desarrollados, son el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), ozono troposférico (O<sub>3</sub>) y las partículas en suspensión de diámetro inferior a 2.5 y 10 µm (PM2.5 y PM10), ya que superan con frecuencia los límites establecidos para la protección de la salud.

La fuente antropogénica más importante del dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) son las emisiones de los vehículos motorizados en las principales ciudades y áreas metropolitanas, debido a la quema de combustibles fósiles. Por tanto, una zona industrial, una central térmica o simplemente industrias en las que en alguna etapa se quemen combustibles fósiles también son fuentes importantes de emisión de este contaminante. El NO<sub>2</sub> a su vez puede sufrir reacciones químicas favoreciendo la formación de ozono troposférico y PM 2.5.

Efectivamente, la fuente más importante para el ozono troposférico es la presencia de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y los compuestos orgánicos volátiles (COV's) junto con luz solar, formándose por reacción de estos durante el denominado smog fotoquímico. El término NO<sub>x</sub> hace referencia a la suma de NO y NO<sub>2</sub>. El ozono es pues principalmente un contaminante secundario.

Las concentraciones más elevadas de ozono se dan habitualmente en zonas rurales o suburbanas (2, 3), ya que, en las zonas urbanas, más próximas a las fuentes de emisión, el ozono, que es un fuerte oxidante, es consumido por reacción con monóxido de nitrógeno (NO) y otros contaminantes.

El grupo de compuestos que forma los COV's es muy numeroso y engloba una gran variedad de compuestos con distintas propiedades y toxicidad. En general los hidrocarburos insaturados son los que más contribuyen al *Smog fotoquímico*, mientras que los que presentan anillos aromáticos presentan una mayor toxicidad, siendo muchos de ellos cancerígenos y mutagénicos.

Por último, las partículas en suspensión se pueden clasificar en función de su tamaño. Actualmente la legislación establece valores límite para las PM 2.5 y PM 10 (4) aunque en muchas estaciones de la Red Valenciana de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica (RVVCCA) se miden también de manera habitual las PM1, ya que se sabe que, cuanto menor es el tamaño de partícula, más perjudiciales son sus efectos sobre la salud. Las fuentes de las PM 2.5 mayoritariamente son las emisiones de los vehículos diésel o procesos mecánicos procedentes de industrias y reacción en la atmósfera de contaminantes gaseosos. En cambio, las PM 10 sobre todo proceden de procesos de combustión, erosión y agricultura. Cabe decir que estas partículas pueden tener también un origen natural como las intrusiones de arena del Sahara, entre otras.

En la atmósfera tenemos muchos otros grupos de contaminantes, como los compuestos halogenados, metales tóxicos, óxidos de azufre, etc. (5)

### **1.1.2 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFERICA SOBRE LA SALUD**

Es un hecho que la contaminación atmosférica entraña grave riesgo para la salud. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS (Organización Mundial de la Salud)), en el año 2016 hubo aproximadamente 4.2 millones de muertes relacionadas con la calidad del aire. La OMS apunta que la contaminación atmosférica provoca una cuarta parte (24%) de todas las muertes adultas por cardiopatías, un 25% por enfermedades cardiovasculares, el 43% de las muertes por neumopatías obstructiva crónica y el 29% de las muertes por cáncer de pulmón. (5, 6)

Es cierto que no todos los contaminantes atmosféricos afectan al organismo por igual. El grado de afectación va a depender de la concentración del contaminante, la dosis, las propiedades físicas o químicas, el tiempo y la frecuencia de exposición. (5)

#### **Efectos de los Óxidos de Nitrógeno (NOx)**

Los óxidos de nitrógeno afectan mayoritariamente al sistema respiratorio. El NO<sub>2</sub> es mucho más tóxico que el NO.

El NO afecta principalmente al transporte de oxígeno por la sangre, ya que se adhiere a la hemoglobina, reduciendo el transporte de O<sub>2</sub>. En cambio, el NO<sub>2</sub>, produce irritación nasal y ocular con una concentración de 13 ppm. A una concentración de 28 ppm congestión y enfermedades pulmonares y a una concentración de más de 100 ppm, con una exposición más o menos breve, puede ser mortal (7).

#### **Efectos de los Óxidos de Azufre**

Principalmente los compuestos de azufre afectan mayoritariamente al sistema respiratorio produciendo irritación de los pulmones, bronquitis o enfisemas. Una



exposición aguda también puede causar una fuerte irritación de ojos y piel, dolor de cabeza y ansiedad. Potencian su efecto tóxico en presencia de humedad y partículas. (6)

### **Efectos de las Partículas en Suspensión PM2.5 y PM10**

Se pueden considerar a las partículas en suspensión como uno de los contaminantes que más efectos potencialmente negativos tiene sobre la salud. Pueden entrar en el sistema respiratorio e incluso llegar a los alveolos. Las partículas de menor tamaño (PM1 o menores) se cree que pueden alcanzar el torrente sanguíneo. De este modo penetran sustancias nocivas en el organismo que pueden agravar o producir patologías que incluso lleven a una muerte prematura (8).

### **Efectos del CO y CO<sub>2</sub>**

El monóxido de carbono al igual que ocurre con el NO se inhala, entra a los pulmones y produce una disminución del transporte de O<sub>2</sub> en sangre ya que reacciona con la hemoglobina. Esta pérdida de transporte de oxígeno puede provocar detrimento de oxigenación de órganos y tejidos, disfunciones cardíacas, daños en el sistema nervioso, fatiga, mareos y muerte en dosis alta y durante un periodo prolongado.

El CO<sub>2</sub> en concentraciones altas puede afectar al sistema respiratorio ya que desplaza al oxígeno, dificultando así la oxigenación. Esto puede causar falta de concentración, somnolencia, mareos, etc. (9)

### **Efectos de los COV's**

Dentro de los COV's tenemos diferentes grados de peligrosidad. El Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico (10) establece la siguiente clasificación:

- *Compuestos extremadamente peligrosos para la salud: benceno, cloruro de vinilo y 1,2 dicloroetano.*
- *Compuestos clase A: los que pueden causar daños significativos al medio ambiente, como, por ejemplo: acetaldehído, anilina, tricloroetileno, etc.*
- *Compuestos clase B: tienen menor impacto en el medio ambiente. Pertenecen a este grupo, entre otros, acetona y etanol.*

El benceno es un compuesto cancerígeno, clasificado por la *International Agency for Research on Cancer* (IARC, 1982) como tal, Clasificación Grupo A (probada su evidencia en humanos), contribuyendo a la aparición de diversos cánceres como leucemias, leucemias no linfocíticas, mielomas, linfoma de Hodking entre otros. Otros estudios apuntan que el benceno es depresor de sistema nervioso central provocando fuertes mareos, somnolencia, temblores y confusión; también puede producir anemias ya que afecta al sistema hematopoyético. (11)

## **1.2 ESTUDIOS SOBRE CALIDAD DEL AIRE EN ZONAS INDUSTRIALES**

El crecimiento económico y el desarrollo de la sociedad viene de la mano del crecimiento industrial. Se necesita cada vez generar más y más energía y, en muchas ocasiones, a partir de combustibles fósiles.



Las zonas industriales tienen un impacto en el medio, ya que las actividades que llevan a cabo en los procesos de conseguir materias o energía emiten a la atmósfera una serie de contaminantes. Dependiendo del sector y los tipos de procesos, la tecnología que se utilice y los materiales que se gasten, tendrá mayor o menor impacto en la atmósfera. Para poder saber el impacto que una zona industrial tiene sobre el medio, se necesitan realizar estudios y mediciones de los contaminantes emitidos y de la situación de cada zona.

Estos estudios permiten conocer la relación entre las zonas industriales, la emisión a la atmósfera de distintos contaminantes y los efectos en la salud de las personas.

En el “Plan de Mejora de la Calidad del Aire de la Zona ES1003: Mijares-Peñagolosa (A. Costera) y Aglomeración ES1015: Castelló” de la Generalitat Valenciana (12), se recogen los riesgos, actividades y contaminantes atmosféricos que pueden derivarse de la actividad industrial propia de la Zona ES1003 y ES1015, que mayoritariamente están relacionadas con la industria cerámica.

No hay demasiados estudios realizados sobre impacto de las zonas industriales, pero para un desarrollo sostenible son necesario este tipo de estudios de impacto. Contra mayores y más completos sean los estudios previos que se realicen, más se podrá alargar en el tiempo la actividad de una zona industrial en concordancia con la producción económica, la salud de las personas y el cuidado al medio ambiente.

### 1.3 LEGISLACIÓN DE APLICACIÓN

Como se ha indicado, a partir la Revolución Industrial (siglo XVIII) las emisiones de contaminantes atmosféricos han ido aumentando. En el siglo XX se ha sido testigo de los problemas de salud derivados de industrias, minas, fábricas... El Cambio Climático y los gases de efecto invernadero también han traído consigo consecuencias que han requerido, entre otras cosas, dictar una serie de normativas que velen por mantener unos niveles de contaminación admisibles.

No fue hasta 1971 en el Convenio de Ginebra de Contaminación Transfronteriza cuando se estableció el protocolo EMEP (European Monitoring Evaluation Programme) para establecer una red de vigilancia de la contaminación atmosférica de fondo.

Años más tarde, en el Convenio de Viena en el 1985, se atiende al control de la producción de sustancias que dañan la capa de ozono. En el 1992 tiene lugar la Conferencia de Río de Janeiro, donde se habla de la normativa marco para atajar el cambio climático actuando sobre los compuestos que provocan el efecto invernadero. Años más tarde, tienen lugar otras dos conferencias más, la de Kioto en 1997 y París 2015 sobre el cambio climático, seguidas de otras más.

Por otro lado, la Unión Europea en 1999 fija objetivos de reducción de emisiones de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMCOVs y NH<sub>3</sub> para cada estado miembro. (13)

Las normativas europeas que hacen referencia a la calidad del aire, se recogen en en las siguientes directivas (14):

**Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa.**

- Esta Directiva sustituye a la Directiva Marco y a las tres primeras Directivas Hijas e introduce regulaciones para nuevos contaminantes, como las partículas de tamaño



inferior a 2,5 µm, así como nuevos requisitos en cuanto a la evaluación y los objetivos de calidad del aire, teniendo en cuenta las normas, directrices y los programas correspondientes a la Organización Mundial de la Salud.

**Directiva 2004/107/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente.

- También conocida como 4ª Directiva Hija, es la única norma derivada de la Directiva Marco original que sigue en vigor.

**Directiva 2015/1480/CE**, de la Comisión, de 28 de agosto de 2015 por la que se modifican varios anexos de las Directivas 2004/107/CE y 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en los que se establecen las normas relativas a los métodos de referencia, la validación de datos y la ubicación de los puntos de muestreo para la evaluación de la calidad del aire ambiente.

**Decisión 2011/850/UE**, 12 de diciembre de 2011, relativa al intercambio recíproco de información y la notificación sobre la calidad del aire ambiente a la Comisión europea, establece que los Estados miembros facilitarán la información sobre el sistema de evaluación que debe aplicarse en el año civil siguiente respecto a cada contaminante en zonas y aglomeraciones.

- Esta Decisión se aplica desde el 1 de enero del 2014 y deroga a partir de esa fecha la Decisión 97/101/CE sobre intercambio de información, la Decisión 2004/224/CE de 20 de febrero de 2004 de planes o programas y la Decisión 2004/461/CE de 29 de abril de 2004, relativa al cuestionario sobre la evaluación de la calidad del aire ambiente.

### 1.3.1 LEGISLACIÓN NACIONAL

Actualmente la legislación nacional en cuanto a calidad del aire viene representada por las siguientes normas (15):

- **Ley 34/2007**, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.

Esta Ley actualiza la base legal para los desarrollos relacionados con la evaluación y la gestión de la calidad del aire en España, y tiene como fin último el de alcanzar unos niveles óptimos de calidad del aire para evitar, prevenir o reducir riesgos o efectos negativos sobre la salud humana, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza. Mediante la misma se habilita al gobierno a definir y establecer los objetivos de calidad del aire y los requisitos mínimos de los sistemas de evaluación de la calidad del aire, y sirve de marco regulador para la elaboración de los planes nacionales, autonómicos y locales para la mejora de la calidad del aire.

- **Real Decreto 102/2011**, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.

Esta norma transpone al ordenamiento jurídico español el contenido de la Directiva 2008/50/CE, de 21 de mayo de 2008 y la Directiva 2004/107/CE, de 15 de diciembre de 2004.

Este real decreto fue modificado por el Real Decreto 678/2014 para modificar los objetivos de calidad del sulfuro de carbono establecidos en la disposición transitoria única, y por el Real Decreto 39/2017, para transponer a nuestro ordenamiento jurídico la Directiva 2015/1480, que establece normas relativas a los métodos de referencia, validación de datos y ubicación de los puntos de medición para la evaluación de la calidad del aire ambiente, e incorporar los nuevos

*requisitos de intercambio de información establecidos en la Decisión 2011/850/UE. Además, este último real decreto prevé la aprobación de un Índice Nacional de Calidad del Aire que permita informar a la ciudadanía, de una manera clara y homogénea en todo el país, sobre la calidad del aire que se respira en cada momento.*

### **1.3.2 LEGISLACIÓN AUTONÓMICA**

En cuanto a las normas sobre la calidad del aire en la Comunidad Valenciana se encuentran reguladas por:

**DECRETO 161/2003**, de 5 de septiembre, del Consell de la Generalitat, por el que se designa el organismo competente para la evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en la Comunidad Valenciana y se crea la Red Valenciana de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica. (16)

## **1.4 MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA**

Para preservar la salud de las personas y medioambiente y asegurar el cumplimiento de la legislación vigente, se hace necesario conocer la calidad del aire tanto en núcleos urbanos, zonas industriales y entornos naturales. Para ello, actualmente se utilizan técnicas automatizadas, formando estaciones de medición automáticas controladas por ordenador, que permiten vigilar la calidad del aire ambiental de una zona. En ellas se realizan mediciones continuas de contaminantes como el (SO<sub>2</sub>), (PM), (NO), (NO<sub>2</sub>), (CO), (O<sub>3</sub>) y, en cierta medida, también la concentración total de hidrocarburos o componentes orgánicos individuales (p. ej., benceno, tolueno, xilenos). En las estaciones se realizan además mediciones de factores meteorológicos como la velocidad y dirección del viento, precipitación, radiación solar, humedad relativa...

No obstante, también podemos medir la calidad del aire atmosférico con estaciones que miden muestras aleatorias. Estas estaciones móviles son mucho menos comunes, pero en ciertos casos pueden ser necesarias para dar una correcta y completa evaluación de la calidad del aire de una zona o para evaluar posibles nuevos emplazamientos. (17)

En España, tal y como se puede consultar en el Ministerio de Transición Ecológica, las comunidades autónomas son las encargadas de gestionar las redes de medición de la calidad del aire. (17) Además, el Ministerio de Transición Ecológica junto con la Agencia Estatal de Meteorología gestiona la red EMEP/VAG/CAMP. Esta red, como podemos ver en la página web de AEMET (18), está dedicada a la observación de la composición química de la atmósfera a escala regional lejos de fuentes contaminantes. Atiende a los programas EMEP, VAG (Vigilancia de la Atmósfera Global) y CAMP.

*“El Programa EMEP (Programa Concertado de Vigilancia y Evaluación del Transporte a Larga Distancia de los Contaminantes Atmosféricos en Europa) deriva del convenio de Ginebra sobre contaminación transfronteriza de 1977. Su fin es proporcionar a los países miembros información sobre la concentración y depósito de contaminantes atmosféricos, así como del transporte de estos a través de las fronteras nacionales.*

*El Programa VAG (Vigilancia de la Atmósfera Global, 1989) se encuentra dentro del PIAMA (Programa de Investigación de la Atmósfera y el Medio Ambiente). Instituido para*



*comprender los cambios naturales y antropogénicos de la atmósfera, conocer las interacciones entre la atmósfera, el océano y la biosfera y para facilitar información científicamente fiable para el desarrollo de políticas medioambientales nacionales e internacionales. La importancia de la VAG crece con el reconocimiento de los importantes vínculos entre la calidad del aire y el cambio climático.*

*El Programa CAMP (Programa Integral de Control Atmosférico), fruto del convenio Oslo-París de 1992 para la Protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico Nordeste y tiene por objeto conocer los aportes atmosféricos terrestres a esta región atlántica y estudiar sus efectos sobre el medio marino.” (17)*

A lo largo de la península podemos encontrar diferentes redes de evaluación de la calidad del aire:

- Rediam (Red de Información Ambiental de Andalucía)
- RCGA (Red de Calidad del Gobierno de Aragón)
- Red de Control y Vigilancia del aire de Canarias
- RVVCCA (Red Valenciana de vigilancia y control de la Contaminación atmosférica)
- Red de Control y Vigilancia de la calidad del aire en Cantabria
- REPICA (Red Extremeña de Protección e Investigación de la calidad del aire)
- Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid
- RCAPV (Red de control de la calidad del aire del País Vasco)

#### **1.4.1 RED VALENCIANA DE VIGILANCIA Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA**

La Red Valenciana de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica (RVVCCA) nació a mediados de los años 90 con la intención de monitorizar la calidad atmosférica en las principales ciudades y zonas de gran poder industrial. (14)

Actualmente los objetivos de este Organismo son varios:

- Conocer y realizar un seguimiento de los principales contaminantes (SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, PM, COVs (compuestos orgánicos volátiles), O<sub>3</sub>, Pb, Ni, Cd y Sb) y de las variables que afectan a su propagación
- Asegurar el cumplimiento de la legislación vigente
- Informar a la población de eventuales superaciones de los umbrales de información y de alerta establecidos
- Establecer una base de datos de los niveles de contaminantes

La RVVCCA en la actualidad realiza el seguimiento de la calidad del aire en 64 puntos fijos distribuidos en toda la Comunidad Valenciana.

A parte de las estaciones fijas, existen también las estaciones móviles equipadas con analizadores automáticos, para cuantificar en continuo la contaminación atmosférica en aquellas zonas donde no existen estaciones fijas o donde se necesite algún diagnóstico



rápido. En el estudio nos centramos en los datos recogidos por la estación de Almassora UM (Unidad móvil), que se instaló como consecuencia de las quejas de los vecinos de la playa de Almassora y del Grau de Castelló, como se comentará a continuación.

## 1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

No hay prácticamente estudios sobre zonas industriales que sean públicos y de calidad, pero los fragmentos o resúmenes que se encuentran disponibles se centran habitualmente en un solo contaminante atmosférico concreto, en este caso las partículas en suspensión. Además, cada estudio tiene en cuenta distintos tipos de zonas industriales.

Los motivos anteriores y visitar y convivir en la zona de la Playa de Almassora, próxima al polígono petroquímico de El Serrallo, me hizo darme cuenta de que la población se quejaba de un problema grave de olores, dolores de cabeza, ruido... lo que parecía indicar que la calidad del aire en dicha zona no era la adecuada. Todo ello me llevó a la búsqueda de estudios de la calidad del aire en esa zona, y a constatar que no había apenas estudios publicados y que el acceso a la información solo la tenían las empresas. De aquí mi inquietud por realizar el presente estudio preliminar sobre la calidad del aire en la Playa de Almassora.

De esta manera conocí iniciativas como la plataforma de vecinos del Grau de Castelló "Frenen la Contaminació", cuya misión es luchar para conseguir un aire de calidad. Desde la plataforma resaltan la importancia de la realización de un estudio exhaustivo y de calidad del aire que se respira. Y en concreto de cómo afecta al ambiente un polígono próximo a la playa, El Serrallo.

Esta plataforma se ha movido y luchado activamente. Gracias a la presión ejercida sobre el Ayuntamiento, la Regiduría de transición ecológica encargó al Laboratorio del Centre de Medi Ambient de la Universitat Politècnica de Catalunya un estudio de la calidad del aire de la zona perimetral al Puerto de Castelló y el polígono petroquímico de El Serrallo. Este estudio está centrado en la detección de la concentración de COV's. En el estudio preliminar del Plan de Calidad del Aire de Castelló (19) se modelizan los NMCOVS (Compuestos orgánicos volátiles no metánicos) durante 4 años, del 2015 al 2018 incluidos. Los resultados muestran concentraciones medias de NMCOVS cerca del foco de entre 280 y 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y unas concentraciones mínimas de dispersión en el mapa de entre 2-6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En los periodos más cálidos, los NMCOVS tienden a la dispersión sudsudoeste (Playa de Almassora, zona residencial) y en los meses más fríos la dispersión es hacia el mar. Las concentraciones máximas horarias se muestran en la Ilustración 1 extraída del propio informe preliminar.

Este estudio, que como se ha indicado se centra en la concentración total de COV's, no es un estudio completo ni da la información necesaria a los ciudadanos del aire que están respirando. Pero sí que refleja, como se aprecia en la Ilustración 1, que el polígono es una fuente importante de COVNM (Compuestos orgánicos volátiles distintos del metano), ya que las concentraciones más elevadas de estos se alcanzan en sus proximidades, disminuyendo estas por dispersión conforme nos alejamos del mismo. Por ello, el objeto de mi Trabajo Final de Grado es contribuir a mejorar la información sobre este punto haciendo un estudio preliminar de la calidad del aire, y el impacto del polígono industrial de El Serrallo en la Playa de Almassora, empleando las herramientas



y los datos disponibles a través de la RVVCCA, que a su vez sirva de base para futuras líneas de estudio o investigación.

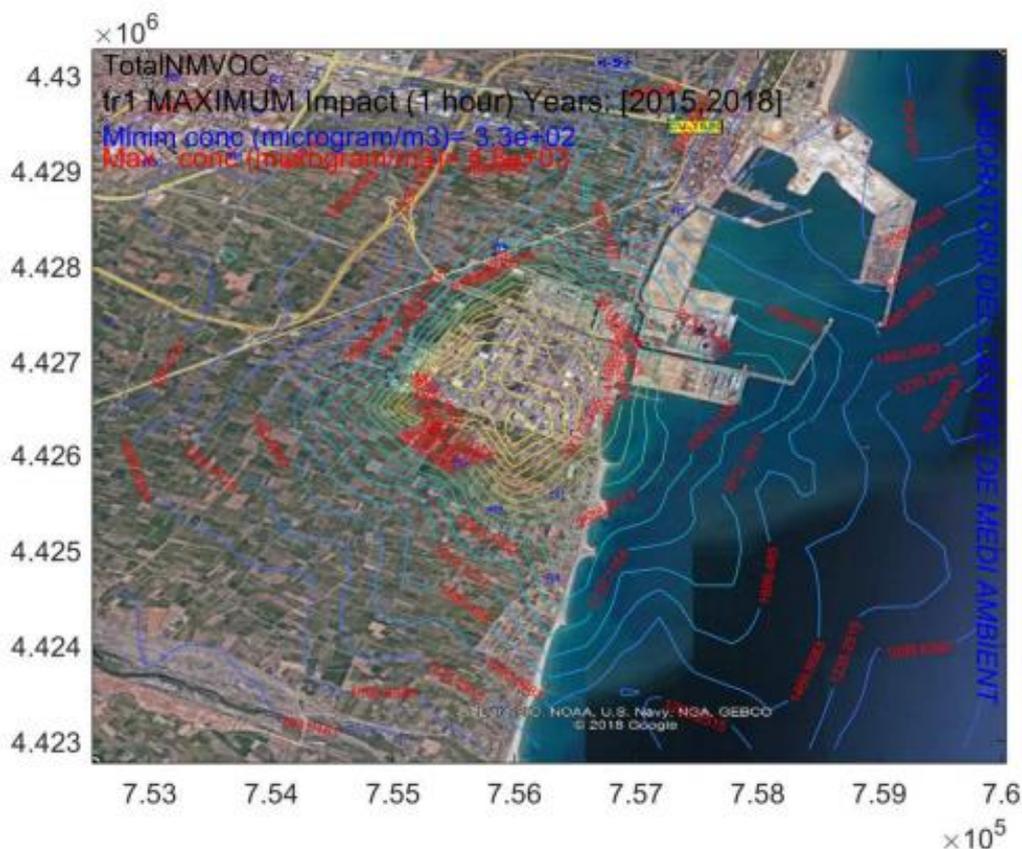


Ilustración 1: Mapa de Concentraciones de COV's del Informe Preliminar de Modelización para evaluar el impacto del Serrallo Fuente: LABORATORI DEL CENTRE DE MEDI AMBIENT (LCMA)

## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal que tiene este trabajo es **evaluar la calidad del aire en la playa de Almassora a partir de los datos recogidos por las estaciones de la RVVCCA.**

En esta zona existe una gran preocupación por parte de los vecinos, que buscan crear conciencia en las diferentes instituciones públicas de ámbito local para que desarrollen estudios de calidad sobre la contaminación generada por la proximidad al polígono de El Serrallo. Por tanto, se espera que este trabajo sirva de base y precedente para futuros estudios.

Como objetivos secundarios que tiene este estudio podemos destacar:

- Estudiar la evolución, a lo largo del año 2020, de los contaminantes medidos en la Estación de Almassora UM y compararlos con otras estaciones de la RVVCCA.
- Detectar las fuentes emisoras más importantes que afectan a los niveles de los contaminantes registrados en la zona.
- Estudiar, a través de una encuesta, la percepción y la frecuencia con la que los vecinos notan malos olores.
- Discutir y evaluar si los niveles están dentro de los valores máximos permitidos fijados por el RD 102/2011.

### 3. METODOLOGÍA

Para poder llevar a cabo los objetivos del apartado anterior se ha realizado primeramente una búsqueda bibliográfica acerca de la situación en la que se encontraba el polígono, las empresas y la playa de Almassora. El estudio de la calidad del aire en la playa de Almassora se ha realizado recopilando, analizando e interpretando los datos de la RVVCCA que podemos consultar públicamente en la página web de la Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica (<https://agroambient.gva.es/es/web/calidad-ambiental/red-valenciana-de-vigilancia-y-control-de-la-contaminacion-atmosferica>). Los datos se han procesado en una hoja de cálculo Excel.

Esta estación está en el término municipal de Almassora en una zona residencial (Calle Sequier s/n). En el ANEXO I: Anexo fotográfico, imagen 2 se adjunta un plano de la zona. Es una estación que lleva en funcionamiento tan sólo un año y medio, ya que su primera medición tuvo lugar en febrero del año 2020, por lo que no se tienen mediciones completas de este año.

En la estación se miden los siguientes contaminantes:

- Benceno ( $C_6H_6$ )
- Dióxido de Azufre ( $SO_2$ )
- Dióxido de Nitrógeno ( $NO_2$ )
- Dirección de viento
- Humedad relativa
- Monóxido de Carbono (CO)
- Monóxido de Nitrógeno (NO)
- Óxidos de Nitrógeno totales ( $NO_x$ )
- Ozono ( $O_3$ )
- Partículas en Suspensión ( $< 10 \mu m$ ) (PM10)
- Partículas en Suspensión ( $< 2,5 \mu m$ ) (PM2.5)
- Precipitación
- Sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ )
- Temperatura media
- Tolueno ( $C_7H_8$ )
- Velocidad de viento
- Velocidad de viento máxima
- Xileno ( $C_8H_{10}$ )

Como se ha indicado, esta estación fue creada por necesidad bajo la presión de las constantes quejas debido al fuerte olor a gas que se apreciaba en la zona residencial de la playa de Almassora, colindante al polígono de El Serrallo.

En este trabajo se han utilizado también datos de distintas estaciones de control con el objetivo de poder comparar y explicar los valores de la estación de interés. Se han utilizado los datos del 2020 principalmente, aunque en algún caso se ha completado la información con los datos disponibles del 2021, tanto mediciones diarias como mediciones horarias de las estaciones siguientes:

Almassora UM (Año 2020 y 2021) datos anuales y datos horarios.

Almassora C.P Ochando (Año 2020 y 2021) datos anuales.

Castelló Grau (Año 2020 y 2021) datos anuales.

Alacant El Pla (Año 2020 y 2021) datos anuales.

Castelló-Patronat (Año 2020 y 2021) datos anuales.

Elx-Parc de Bombers (Año 2020 y 2021) datos anuales.

Valencia-Pista de Silla (Año 2020 y 2021) datos anuales.

Valencia-Centre (Año 2020) datos anuales y datos horarios.

Por otro lado, para poder tener información sobre la frecuencia, cantidad y origen de los malos olores percibidos por los vecinos de la zona, se ha realizado una encuesta a pie de calle a una muestra de 122 personas de la Playa de Almassora. Los datos se han recogido y metido en una base de datos (Excel) y se han procesado para sacar datos y porcentajes. En el ANEXO IV: MODELO ENCUESTA SOBRE OLOR se recoge el modelo de cuestionario y algunas gráficas extraídas del procesamiento de los datos en una hoja de cálculo Excel.

Además, para poder obtener información acerca de las fuentes de emisiones más importantes, se han elaborado rosas de los vientos con las concentraciones de los contaminantes utilizando el software WRPLOT. En este programa se han introducido los valores de año, mes, día, hora, dirección del viento y concentración del contaminante.

Finalmente se han estudiado bibliográficamente algunas propuestas de mejora para reducir las emisiones de contaminantes en las industrias, así como para el impacto visual del propio polígono de El Serrallo.

## **4. AREA DE ESTUDIO**

### **Localización**

Tanto la Playa de Almassora como El Serrallo se encuentran en la Comunidad Valenciana en la zona este del litoral de la provincia de Castelló. La playa de Almassora es la zona litoral del término municipal de Almassora, y cuenta con 26.742 habitantes (INE,2020).

El Polígono de El Serrallo, aunque más cerca del límite con Almassora, forma parte del término municipal de Castelló. En el ANEXO I: Anexo fotográfico, Imagen 1, se puede apreciar la situación de la Playa de Almassora y del polígono de El Serrallo y carreteras.

El área de estudio limita, al norte con el Grao de Castelló y puerto, al noroeste, con Castelló, al oeste, con Almassora, al sur con Burriana y, finalmente, al este nos encontramos el mar Mediterráneo.

### **Infraestructura Verde**

La playa de Almassora se sitúa a 5 km del núcleo urbano y en ella se encuentra la desembocadura del Río Mijares, siendo considerado como Paisaje Protegido de acuerdo con la ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

El Río Mijares es uno de los más importantes de la Provincia de Castellón (20) tanto en caudal como en longitud. Nace en la Provincia de Teruel a unos 1600 metros sobre el nivel del mar. En la Comunidad Valenciana transcurre por el Alto Mijares y la Plana Baja recogiendo todas las aguas que bajan del sistema montañoso del macizo del Peñagolosa y de las Sierras de Espadán y de Pina. La importancia ecológica del río se hace destacar en su tramo más bajo entre la población de Almassora y la llegada al mar, donde el río forma unas pequeñas lagunas, llamadas “Les Goles”, en las que abunda la vegetación acuática y subacuática y comunidades heliofíticas, además de especies y comunidades típicas de las riberas y de los cauces fluviales.

No solo se encuentran especies de vegetación, también fauna y aves gracias a su presencia estable de agua. Muchas de estas especies son de especial interés para su conservación, como nátidas, ardeidas, láridos, limícolas y paseriformes palustres... por estas razones este tramo final del río está incluido en el Catálogo de Zonas Húmedas de la Comunidad valenciana, aprobado por Acuerdo de 10 de septiembre de 2002, del Consell de la Generalitat.

Desde el 9 de mayo de 2000, la desembocadura del Río Mijares se declaró también, por Acuerdo del Consell de la Generalitat, como Zona de Especial Protección para las Aves (zona ZEPA), de acuerdo con la Directiva 79/409/CEE, de 2 de abril de 1979, del Consejo, relativa a la Conservación de las Aves Silvestres. La zona, asimismo, fue incluida, por Acuerdo de 10 de julio de 2001, del Consell de la Generalitat, entre los Lugares de Interés Comunitario (LIC) de la Comunidad Valenciana, en virtud de la Directiva 92/43/CEE, de 21 de mayo de 1992, del Consejo, relativa a la Conservación de los Hábitats Naturales y de la Fauna y Flora Silvestres. (28)

Se tiene constancia de que tuvieron lugar por la zona varios asentamientos humanos históricos como el Torrelló de Boverot, de adscripción bronce-ibérica (Almazora), el poblado de Vinarragell, de adscripción ibérico-medieval (Burriana), el Castell de Almançor, también medieval (Almazora), o el asentamiento eneolítico de Villa Filomena (Villarreal). Actualmente, con un alto valor patrimonial y religioso encontramos las ermitas de la Virgen de Gracia (Villarreal) y de Santa Quiteria (Almazora), ambas muy apreciadas por la población local. (20)

En el ANEXO I: Anexo fotográfico, Imagen 3, se encuentra el plano de las zonas de protección.

## Ordenación del territorio

Otro aspecto sumamente importante en la zona de estudio es la clasificación de los suelos y la ordenación del territorio.

La playa de Almassora, sobre la década de los 90, mayoritariamente era una zona de naranjos en la que había medio centenar de viviendas tradicionales como apunta Lorena Ortega, redactora de El PAIS en el artículo publicado en 2015 “Chollos en primera línea de polígono petroquímico”, en el también habla de cómo el Ayuntamiento decidió declararlo urbanizable en el Plan General de Ordenación Urbana de 1998: “*Se hizo para poder llevar todos los servicios básicos a esas alquerías (...) Se urbanizó de forma desordenada, ajustando las promociones de adosados al tamaño de la finca comprada al agricultor. Se ha pasado de 40 casas a 400 y los servicios no estaban pensados para tanto (...) El plan aprobó que con solo una parcela de 200 metros cuadrados se pudieran edificar 170metros*”.

El hándicap era el polígono conocido como El Serrallo, que nació a finales de los años 60 en el límite del término de Castellón y que proyectó su crecimiento al mismo tiempo que en la vecina Almassora, multiplicándose las promociones de viviendas. El polígono petroquímico acoge a industrias como Repsol, Iberdrola, UBE, CLH, Ecocat y BP que instaron a la Generalitat a paralizar un crecimiento urbanístico que no respetaba el límite de dos kilómetros de distancia.

Como se desprende del artículo anterior, la clasificación del suelo se modificaba por intereses y se saltaban las zonas de seguridad establecidas en El Plan de Emergencia Exterior del polígono de El Serrallo de 2000 metros. (21)

La actualidad la clasificación del suelo según el Plan de Acción Territorial (PAT) se muestra en la Ilustración 2

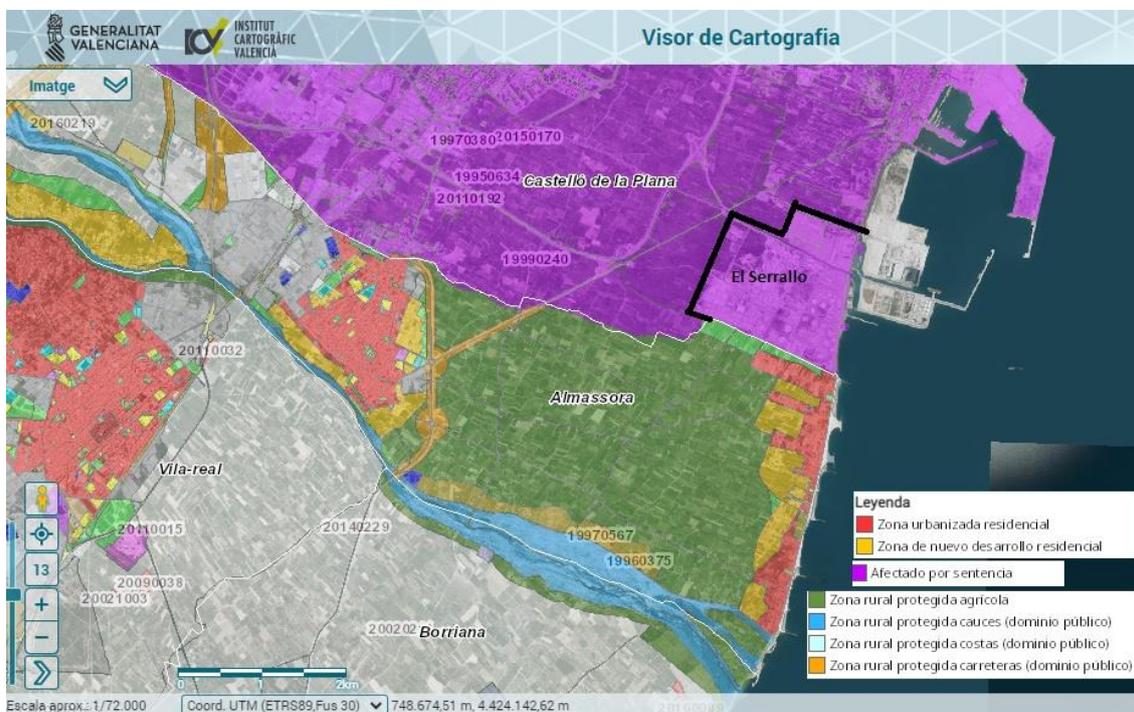


Ilustración 2: Plano con la Clasificación del suelo. Fuente: Visor Cartográfico ICV

Como se puede observar la línea de costa es toda Zona Urbanizada Residencial y Zona de nuevo Desarrollo Residencial. Hacia el interior del término municipal, entre el núcleo

urbano y la playa, se observa como la mayor parte del terreno está catalogado como Zona Rural Protegida agrícola, donde se encuentran numerosos campos de cítricos.

El nuevo Plan de Acción Territorial del área funcional de Castelló, concretamente en el Estudio Ambiental y Territorial Estratégico, Capítulo I. Objetivos y elementos integrantes de la Infraestructura Verde en el artículo 34, encontramos (22):

#### **Artículo 34. Perímetro de protección respecto del riesgo químico del polígono El Serrallo**

1. Se define un perímetro de protección de 500 metros en torno al suelo urbano del polígono El Serrallo en el municipio de Castelló de la Plana. Este perímetro deberá adecuarse a las posibles ampliaciones del polígono.

2. Los usos permitidos en este perímetro, siempre que sean compatibles con la regulación de la zona en que se ubique, son:

1. Agrícolas, ganaderos y forestales.
2. Industria pesada y de baja densidad, entendida como aquella en la que se requiere como mínimo 100 m<sup>2</sup>/trabajador.
3. Logísticos.
4. Instalaciones que no generen afluencia masiva (menos de 500 personas simultáneamente).
5. Infraestructuras de transporte: carreteras con densidad inferior a 10.000 vehículos diarios y vías de tren con una frecuencia inferior a 50 trenes de pasajeros al día.

3. Las viviendas legalmente implantadas en este ámbito quedarán en situación de fuera de ordenación regulado en el artículo 193.3 de la Ley 5/2014, de 25 de julio, de la Generalitat, de ordenación del territorio, urbanismo y paisaje, de la Comunitat Valenciana.

4. Estas zonas deberán disponer de vías de evacuación localizadas mayoritariamente fuera del perímetro de protección.

Como se puede ver en el punto 3, las viviendas que entren dentro de dicho perímetro quedarían fuera de ordenación, dejando de tener los derechos pertinentes a una vivienda en un suelo residencial urbanizable.

Esta publicación del PAT ha recibido multitud de alegaciones (23) y tendrá un nuevo proceso de participación pública para validar la nueva propuesta. (24)

#### **4.1.1 DESCRIPCIÓN DE “EL SERRALLO”**

Como se ha indicado anteriormente, El Serrallo es un polígono del sector petroquímico que se encuentra al sureste del término municipal de Castelló. Se encuentra al sur del puerto de Castelló y colindante con la playa de Almassora que es el área del estudio.

Surgió en los años 60, en concreto en 1967 con la puesta en marcha de la refinería conocida como *ESSO Petróleos Españoles*, que más tarde pasó a ser *PETROMED* y, por último, en 1991 fue comprada por la multinacional BP y se llamó *BP Oil España*, S.A. (25)

Años más tarde, *UBE Corporation Europe* (UCE), con el nombre de PROQUIMED S.A, quedó integrada en el grupo empresarial de PETROMED que más tarde BP vende a UBE Industries.

En los años 1972 y 1973, se pusieron en funcionamiento las torres 1 y 2 de la central térmica de Iberdrola, que 38 años más tarde fueron demolidas por ser un peligro, ya que el hormigón comenzaba a deteriorarse (26)

Campsa, que después paso a llamarse Compañía Logística de Hidrocarburos CLH S.A, y actualmente, es Exolum, se hizo un hueco también en el polígono.

En la Ilustración 3 podemos observar toda la plataforma logística del puerto de Castelló. La zona de amarillo corresponde al polígono de El Serrallo al sur del puerto.

En cuanto a la zona Verde, el parque logístico de Castellón todavía no está aprobado en el Plan General Estructural su completa industrialización (27) Lo que sí tendrá lugar será la Terminal Ferroviaria que ya está en proceso de construcción.

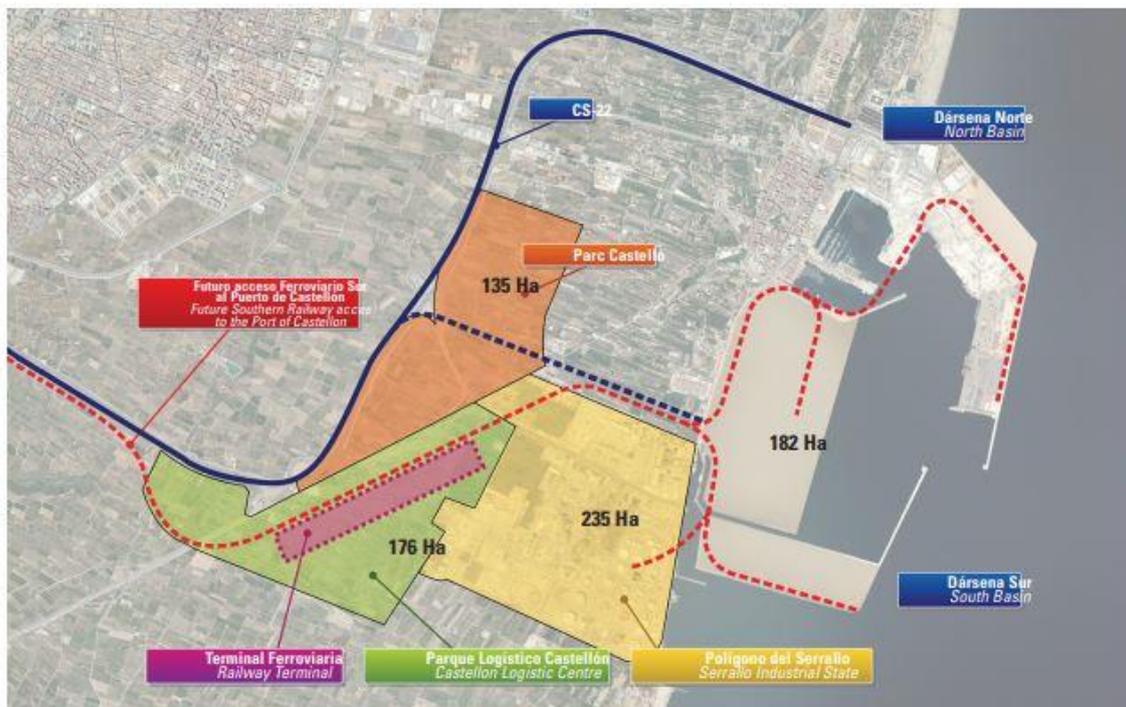


Ilustración 3: Plano con la plataforma logística del Puerto de Castellón Fuente: PortCastelló

### Vías de acceso

Los accesos principales al polígono son la CS-22 y la CV-18. A ellas se pueden llegar desde la CV-10 (Autovía de la Plana), la AP-7 (Autovía del Mediterráneo) y la N-340 (Carretera del Mediterráneo).

La señalización para acceder a El Serrallo es confusa y las vías de acceso están en pésimas condiciones. Estas vías son las mismas que se utilizan para acceder a la playa de Almassora. También hay un acceso marítimo al polígono por la dársena sur.

Actualmente el puerto de Castelló tiene un acceso ferroviario norte desde el apeadero de Les Palmes a la entrada al puerto, y está en construcción el acceso ferroviario a la dársena sur. En un futuro se enlazará esa estación con la estación intermodal. (28)

## Industrias en el polígono

En el polígono industrial de El Serrallo se encuentran grandes empresas multinacionales siendo referentes en la industria química de Castelló. La refinería BP Oil España S.A es uno de los máximos exponentes en la industria además de uno de los mayores puntos de entrada de productos de petróleo en España.

A continuación, comentan algunos aspectos importantes de las diversas compañías que se encuentran dentro del polígono.

**BP Oil España S.A** se puso en marcha en el año 1967. Su misión se centra en el refinado en crudo de petróleo y su posterior comercialización de los productos ya refinados. Además, esta empresa cuenta en el polígono con un almacén de coque.

Según los datos proporcionados por su propia página web (29), la refinería cuenta con una capacidad de procesamiento de crudo de 110.000 barriles al día, es decir, una producción de 6 toneladas al año.

Según la codificación de RD 508/2007 y RD 815/2013, la descripción de la actividad publicada en el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (PRTR) es que la empresa BP Oil España S.A es una Instalación donde su actividad principal es el refino de petróleo o crudo de petróleo con código 1.a.i

Por otro lado, en el mismo PRTR tenemos disponibles datos de emisiones a la atmosfera generados por esta industria a lo largo de un periodo aproximado de 8 años y que se resume a continuación, junto a otras industrias en las gráficas 1 y 2. (30)

**UBE Corporation Europe (UCE)** es una empresa que fabrica una amplia variedad de productos que incluye productos químicos y farmacéuticos, cemento y materiales de construcción, y maquinaria industrial, como podemos ver en su informe anual no financiero (31).

*“Su principal misión es la elaboración de Caprolactama a partir de Hidroxilamina y Ciclohexanona, que es una de las materias primas que se utiliza para la fabricación de Nylon-6. El Nylon-6, junto con el Nylon-66, constituye una gran parte del mercado de fibras sintéticas del mundo.*

*Durante el proceso de elaboración de la Caprolactama, se produce un residuo, el Sulfato Amónico, el cual se trata y se vende como fertilizante para la tierra. A partir de algunos ácidos producidos en el proceso anteriormente descrito, se fabrica 1,6-Hexanodiol, producto utilizado en la industria farmacéutica y de alto valor añadido.*

*También cuenta con varias líneas de producción de 1,5-Pentanodiol (PDL) y Policarbonatodiol (PCD) los cuales se utilizan para la producción de filme para envases de alimentación, componentes de automoción y productos de ingeniería de consumo.”*

Así apunta Alexis Fabregat en su Trabajo Final de Grado, *Plan de mantenimiento y rediseño de la red de refrigeración de la unidad de sulfato amónico en UBE Corporation Europe S.A. en Castellón.* (32)

Cabe destacar la transparencia de la empresa, ya que podemos encontrar públicos los datos de su informe no financiero donde encontramos toda la gestión y organización de la empresa y su funcionamiento. Según el informe la empresa cuenta desde el 2009 con

un Sistema de Gestión Integrado que es la **Norma ISO 14001**. También sigue voluntariamente el programa de **Responsible Care** desde 1999.

Además, se acogen a varios documentos de referencia de Mejores Técnicas Disponibles (MTD's), los documentos BREF's.

- **BREF de aguas y gases residuales en la industria química (CWW BREF)**. Con fecha de obligado cumplimiento en junio de 2020. Se encuentra en pleno desarrollo dentro de UCE.
- **BREF de química orgánica de gran volumen (LVOC BREF)**. Con fecha de obligado cumplimiento en noviembre de 2021. También en fase de implementación.
- **BREF de incineración (WI BREF)**. Con fecha de obligado cumplimiento a partir de diciembre de 2023. Se está en fase de análisis inicial.
- **BREF de gases residuales en la industria química (WGC BREF)**. Documento en desarrollo, se espera sea publicado durante 2020 o 2021, obligando a su cumplimiento a partir de 2024 o 2025. En fase de análisis. (Referencia)

**Central Térmica de Castelló (Iberdrola)**. Es una de las pioneras en El Serralló. Comenzó con dos grupos de ciclo combinado convencional torre I y torre II, pero, como se ha indicado, por el deterioro del hormigón fueron demolidas. Actualmente tiene ciclos alimentados con gas natural, siendo potencia de estos grupos de 1650 MW.

Podemos consultar públicamente en el PRTR la cantidad de contaminantes que se emiten a lo largo de un periodo aproximado de 8 años, hasta el 2019.

Observamos como los gases de efecto invernadero como el Metano (CH<sub>4</sub>), el CO<sub>2</sub> y el CO aumentan su concentración en (kg/año), también aumentan los COVNM, Óxidos de azufre (SOx/SO<sub>2</sub>), algunos metales como el mercurio y aumentan considerablemente la emisión de partículas PM10.

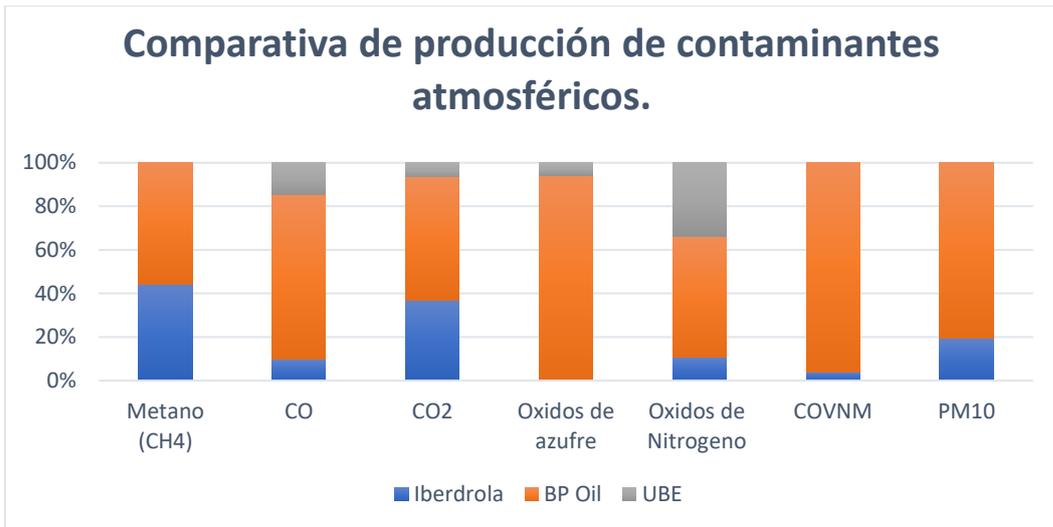
**Compañía logística de Hidrocarburos (CLH) S.A.** La actividad básica de esta empresa se basa en el transporte y almacenamiento de productos derivados del petróleo, principalmente gasolinas, gasóleos, fuel oleos, y carburantes de aviación. Actualmente ha cambiado el nombre a Exolum.

**Repsol Butano S.L** cuenta con una estación embotelladora de gas propano y butano. Las principales operaciones que realizan son el envasado de GLP (butano, propano y sus mezclas) en botellas de capacidades varias y el transporte entre depósitos de almacenamiento y camiones cisterna y gaseoductos.

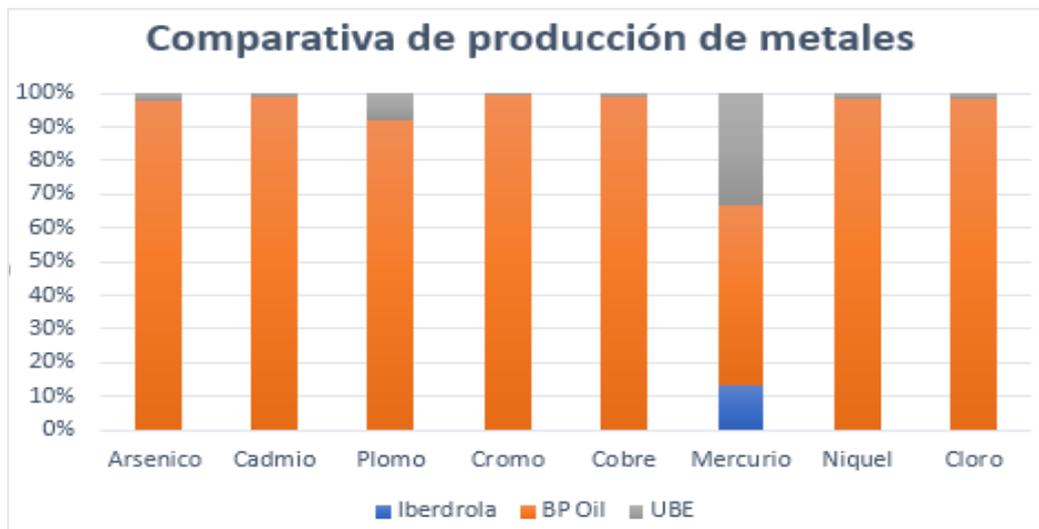
**Praxair** es una empresa especializada en la producción y distribución de gases industriales a toda Europa.

**Sita Spe Iberica** es una empresa que se encarga de la gestión de residuos especiales, su recuperación, almacenamiento, eliminación e incineración de los residuos de carácter especial como pueden ser residuos peligrosos (químicos, lodos de tratamiento, aceites) y no peligrosos (químicos).

En las gráficas 1 y 2 se muestran los datos públicos del PRTR donde se compara la contribución relativa de distintos contaminantes producidas por las diferentes industrias.



Gráfica 1: Comparativa de la producción de contaminantes atmosféricos por las distintas empresas que forman El Serrallo. Fuente: PRTR y Elaboración propia



Gráfica 2: Comparativa de la producción de metales por las diferentes industrias de El Serrallo. Fuente: PRTR y Elaboración propia

El polígono de El Serrallo tiene un Plan de Emergencia Exterior del polígono, pero no es público. En el ANEXO II: PLANO DE EMERGENCIAS DEL SERRALLO se muestra un plano donde se ve el alcance en caso de accidente de cada una de las industrias enumeradas anteriormente.

La empresa con mayor alcance por accidente sería UBE Corporation Europe, donde el riesgo llegaría a la población de Almassora y medio núcleo urbano de Castelló, abarcando también toda la zona litoral de la playa de Almassora hasta la desembocadura del Rio Mijares, siendo Paisaje Protegido como se ha comentado anteriormente. La segunda con mayor alcance sería Repsol y BP Oil.

No obstante, son un factor importante las condiciones climáticas, que pueden favorecer o no la dispersión de estos contaminantes y nubes tóxicas.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

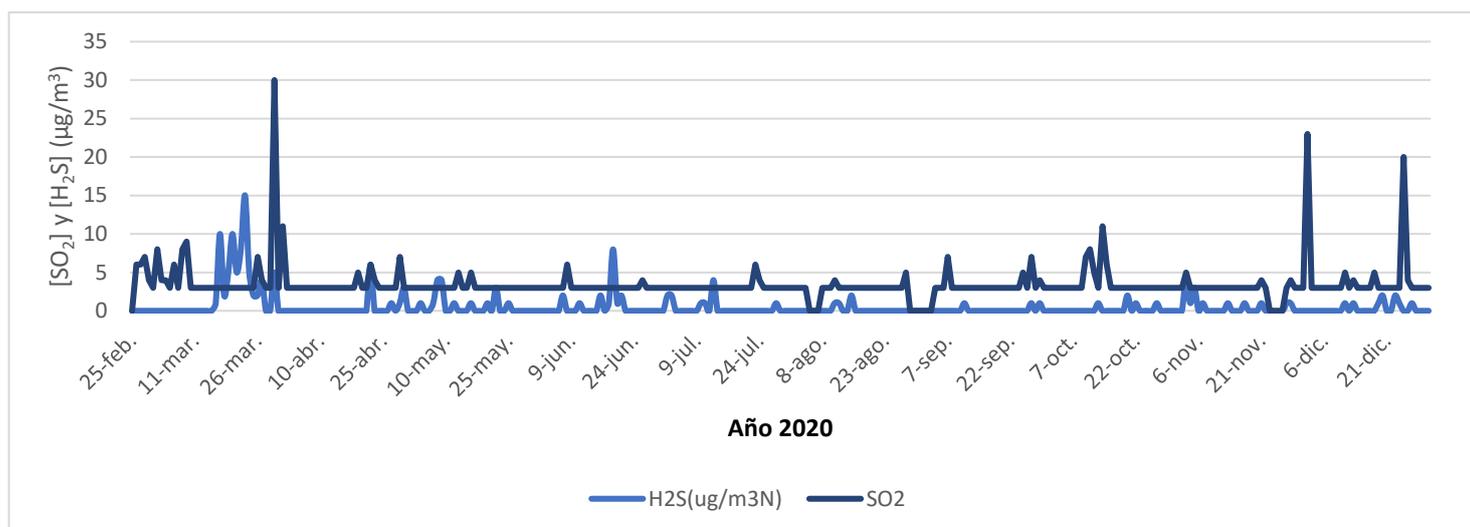
A continuación, se presentan los resultados del estudio de los niveles de contaminantes registrados en la estación Almassora UM agrupados por familias químicas.

Los datos recogidos en la RVVCCA nos permiten comprobar si las concentraciones de inmisión que recogen las estaciones de medición están dentro de los límites que determina la ley. Actualmente en España nos acogemos a los valores límite fijados por el RD 102/2011. Muchos de los valores máximos, fijados en este Real Decreto vienen establecidos por la Directiva 2008/50/CE sobre la calidad del aire ambiental. Todavía en la actualidad existen muchos contaminantes atmosféricos que todavía no tienen establecido un valor límite y muchos de ellos todavía ni se recogen por las estaciones de medición de las Redes de vigilancia. Para poder elaborar un buen estudio de la calidad atmosférica es necesario tener datos de todos los contaminantes que están presentes ya que ello nos va a dar mucha más información acerca de los peligros y las potenciales fuentes de emisión.

### 5.1 COMPUESTOS DE AZUFRE (SO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S)

En general, en los países desarrollados, las emisiones de SO<sub>2</sub> en las últimas décadas se han visto drásticamente reducidas gracias a los métodos de control de las emisiones y el tratamiento que reciben algunos combustibles para disminuir su contenido en azufre. No obstante, dada su toxicidad y los problemas medioambientales que genera (lluvia ácida, formación de partículas, etc), sigue siendo un contaminante de interés y se registra en la mayoría de las estaciones de la RVVCCA.

En la estación de Almassora UM se tienen datos de forma continua de las concentraciones de SO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S, ambos contaminantes principalmente primarios. Las fuentes de emisión del dióxido de azufre podrían ser la refinería de petróleo que se encuentra en el polígono El Serrallo, la central térmica, las actividades de combustión de carburantes y el transporte. Normalmente la zona en la que se encuentra la estación de medición es una zona muy poco transitada por vehículos, ya que se trata de una zona residencial con una baja densidad de coches. Se encuentra rodeada de campos de naranjos y el polígono de El Serrallo, donde sí que se puede encontrar más movimiento de automóviles. La presencia de H<sub>2</sub>S en la zona está relacionada con la actividad de las refinerías.



Gráfica 3: Concentración de SO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S a lo largo del año 2020 en Almassora UM Fuente: Elaboración Propia

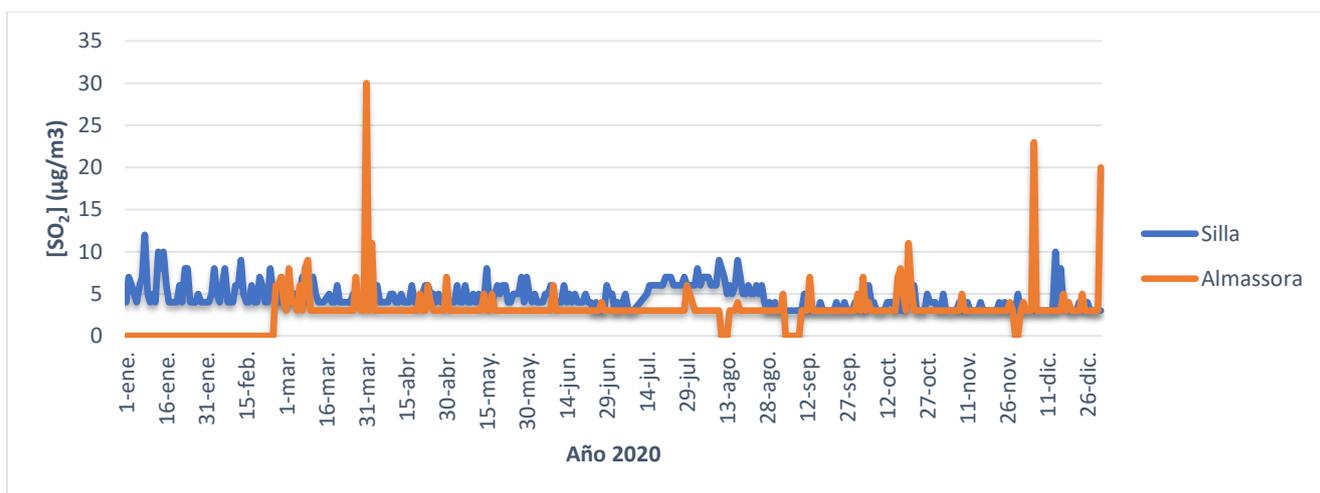
En la gráfica 3 se muestran la concentración de SO<sub>2</sub> y de H<sub>2</sub>S registradas en la estación Almassora UM a lo largo del año 2020. El año es incompleto, ya que abarca del 24 de febrero de 2020 al 31 de diciembre de 2020. Como se observa, la concentración de ambos contaminantes se mantiene prácticamente constante, en torno a 3 y 0 µg/m<sup>3</sup> para SO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S respectivamente, si bien puntualmente se presentan picos en su concentración. Estos picos son más frecuentes en los meses fríos del año, alcanzando valores de hasta 30 µg/m<sup>3</sup> en el caso del SO<sub>2</sub> y de 15 µg/m<sup>3</sup> en el del H<sub>2</sub>S. En la tabla 3 se resumen los valores límite establecidos por la legislación actual (4) para el SO<sub>2</sub>. Como se observa, se está muy lejos de superar estos valores máximos establecidos por la legislación. No obstante, la OMS establece una guía diaria para el SO<sub>2</sub> de 20 µg/m<sup>3</sup>, que sí se ha superado en 3 ocasiones a lo largo del periodo de estudio, lo que indica que es un contaminante de interés en la zona. En cuanto al H<sub>2</sub>S, la legislación actual no establece valor límite pero si un valor objetivo de 40 µg/m<sup>3</sup> (media de 24 h), que tampoco se alcanza.

Tabla 3: Valores límite de inmisión para el SO<sub>2</sub> (a 293 K y 101,3 kPa). Fuente: RD 102/2011 (4)

|   | Período de promedio                                    | Valor   | Fecha de cumplimiento del valor límite |
|---|--|---|--|
| Valor límite horario                                  | 1 hora   | 350 µg/m <sup>3</sup> , valor que no podrá superarse en más de 24 ocasiones por año civil | En vigor desde el 1-1-2005             |
| Valor límite diario                                   | 24 horas   | 125 µg/m <sup>3</sup> , valor que no podrá superarse en más de 3 ocasiones por año civil  | En vigor desde el 1-1-2005             |
| Nivel crítico (para la protección de los ecosistemas) | Año civil e invierno (del 1 de octubre al 31 de marzo) | 20 µg/m <sup>3</sup>  | En vigor desde el 11-6-2008            |

Se han comparado algunas estaciones de la Comunidad Valenciana, como Alacant-El Pla, Almassora C.P Ochando, Castelló Grau, Castelló-Patronat, Eix-Parc de Bombers, Valencia-Pista de Silla. La estación con valores más cercanos a los niveles detectados

en Almassora UM es la Pista de Silla, una zona de gran afluencia de vehículos, además de ser una zona industrial. En la gráfica 4, se puede observar que los niveles de  $\text{SO}_2$  en la Pista de Silla son en general más elevados, debido a su proximidad a la Pista de Silla, una de las principales vías de acceso a Valencia. Sin embargo, los niveles máximos no superan las  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , lo que evidencia que el tráfico por sí mismo no puede ser el responsable de los niveles registrados en Almassora, teniendo por tanto la actividad industrial próxima un claro efecto sobre los niveles registrados.



Gráfica 3: Concentración de  $\text{SO}_2$  a lo largo del año 2020 en la Pista de Silla y Almassora UM Fuente: Elaboración Propia

Para poder determinar de dónde pueden ser procedentes los picos elevados de la estación de Almassora UM se realiza una rosa de vientos de la concentración de  $\text{SO}_2$  que muestra la frecuencia de las concentraciones registradas en función de la dirección del viento (ver Ilustración 4).



Ilustración 4: Rosa de Viento de  $\text{SO}_2$  sobre la estación Almassora UM. Fuente: Elaboración Propia (WRPLOT)

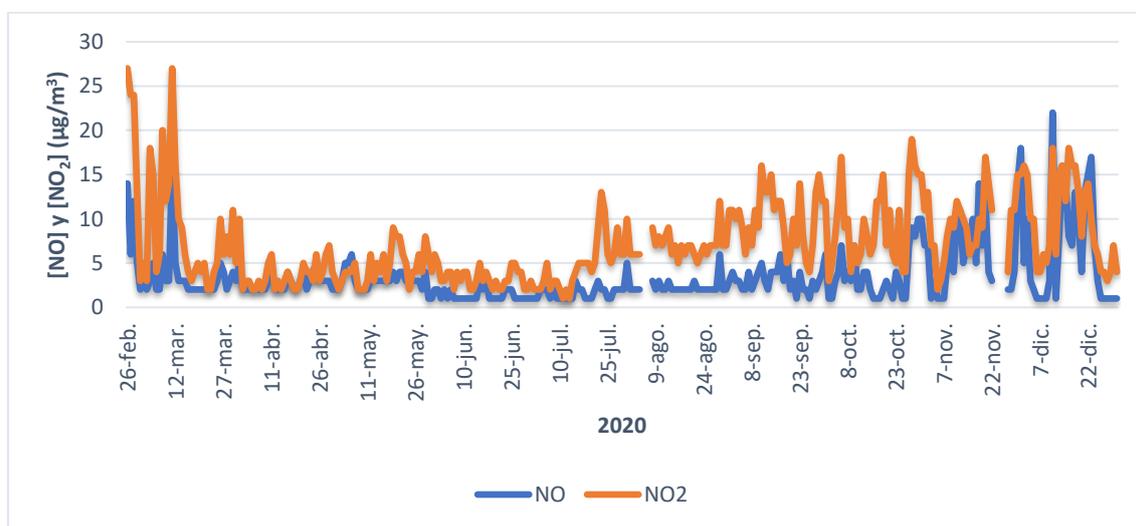
Como se observa en la Ilustración 4 los picos más elevados de dióxido de azufre proceden del polígono El Serrallo y están por tanto relacionados con su actividad.

## 5.2 COMPUESTOS DE NITRÓGENO (NO, NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>)

En la estación Almassora UM se registran tanto los niveles de óxidos de nitrógeno, como de NO y NO<sub>2</sub>. La quema de combustibles fósiles, tanto a nivel industrial como debido al tráfico, son habitualmente las fuentes más importantes de emisión a la atmosfera de estos compuestos. Su formación se debe tanto al nitrógeno presente en los combustibles, como a la reacción entre el oxígeno y nitrógeno atmosférico a elevadas temperaturas, siendo este último mecanismo el más importante.

En el polígono El Serrallo encontramos una central térmica e industria petroquímica. El método más habitualmente empleado para controlar las emisiones de hidrocarburos en la industria petroquímica es el método de combustión con llama directa o antorcha, que básicamente consiste en completar la combustión de los gases generados en la actividad quemándolos (de ahí la típica imagen de la antorcha en este tipo de actividades). Este método permite disminuir significativamente la cantidad de hidrocarburos emitidos a la atmósfera, que serán emitidos en forma de CO<sub>2</sub> principalmente. Pero dado que el proceso se lleva a cabo a temperaturas muy elevadas, en él se forman cantidades importantes de óxidos de nitrógeno. Podría ser por tanto un contaminante importante en la zona.

En la gráfica 5 se muestra la variación de la concentración a lo largo del año 2020 en la estación de Almassora UM de NO y NO<sub>2</sub>.

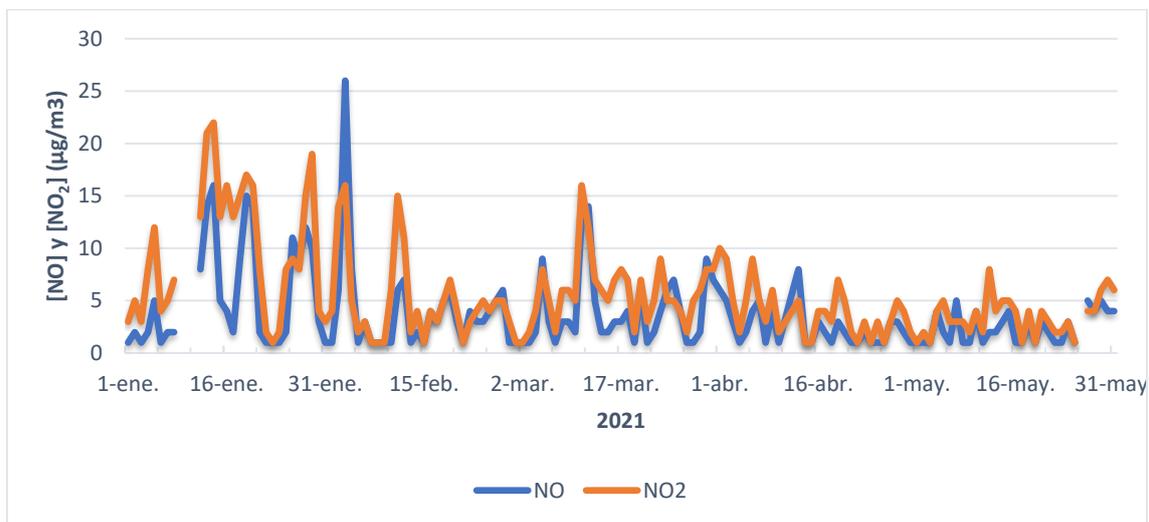


Gráfica 5: Concentración de NO<sub>2</sub> y NO del año 2020 en Almassora UM. Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica 5 podemos comprobar que entre abril y principios de julio del año 2020 los niveles, tanto de NO<sub>2</sub> y NO, se mantuvieron más bajos. Durante esos meses tuvo lugar un confinamiento total de la población por el virus COVID-19, reduciendo el uso del transporte y el uso de vehículos motorizados que es una fuente importante de emisión de estos gases, además de producirse un descenso general de la actividad industrial. De hecho, las actividades no esenciales también quedaron interrumpidas durante unas

semanas. Cabe suponer que esto conllevara una menor actividad en la industria petroquímica, dada la menor necesidad de sus productos.

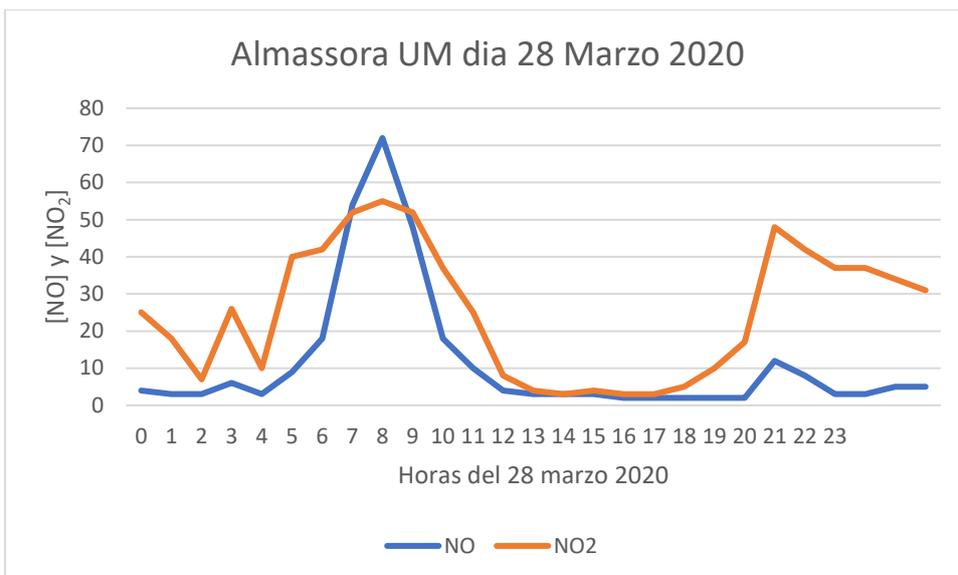
Para poder comprobar si esa reducción es debido a la situación producida por la pandemia, se ha representado los datos del 2021.



Gráfica 6: Concentración de  $\text{NO}_2$  y  $\text{NO}$  del año 2021 en Almassora UM. Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica 5, correspondiente al año 2020, se puede comprobar como los valores de los meses de marzo a junio oscilan entre  $3\text{-}8\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que en el mismo periodo del año 2021 encontramos picos de entre  $4\text{-}16\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Cabe decir que la tendencia general en todas las estaciones para este contaminante es que las concentraciones más elevadas de  $\text{NO}_x$  se den en los meses más fríos y los valores más bajos en verano. El principal factor que determina esta variación es el proceso ya comentado de formación del *Smog fotoquímico*, cuyo origen es la reacción entre los  $\text{NO}_x$  y los  $\text{COV}'s$  en presencia de radiación solar. Dado que en verano los niveles de radiación solar son más elevados, la reacción entre los precursores se ve favorecida y los niveles de  $\text{NO}_x$  disminuyen. El mismo efecto se puede observar a lo largo del día, dándose las menores concentraciones de  $\text{NO}_x$  a las horas de mayor radiación solar, como se puede observar en la Gráfica 7. Como se observa, en las horas pico de tráfico aumentan los niveles de  $\text{NO}_x$ , que a continuación, y conforma aumenta la cantidad de radiación solar, van disminuyendo.



Gráfica 7: Concentración de NO<sub>2</sub> y NO del día 28 de marzo del 2020 en Almassora UM Fuente: Elaboración Propia

Se han comparado los valores promedio del NO<sub>2</sub> de todas las estaciones de la Comunidad Valenciana, y se ha observado que la estación de Almassora C.P Ochando, que se encuentra a escasos 7 km del Polígono de El Serrallo, en la localidad de Almassora pueblo, es la segunda estación con mayor concentración promedio anual de NO<sub>2</sub> de la Comunidad valenciana (24 µg/m<sup>3</sup>), sólo por detrás de la Estación de Valencia-Centre (28 µg/m<sup>3</sup>), a pesar de que el nivel de tráfico en Almassora es menor al de una gran ciudad como es Valencia. Es cierto que a escasos metros se encuentra la CV-18, siendo una de las carreteras principales de acceso al Grau de Castelló, Castelló, Almassora Playa y Almassora pueblo, pero no podemos afirmar que el tráfico sea comparable con el Valencia-Centre. Más bien parece que refleja el impacto de la actividad industrial de la zona.

Con el fin de corroborar esto, se ha preparado una rosa de los vientos en la que se puede observar cuál es la dirección del viento que da lugar a los mayores niveles de inmisión. En la Ilustración 5, se muestra la Rosa de los vientos para la concentración de NO<sub>2</sub> correspondiente a la estación de Almassora C.P. Ochando.

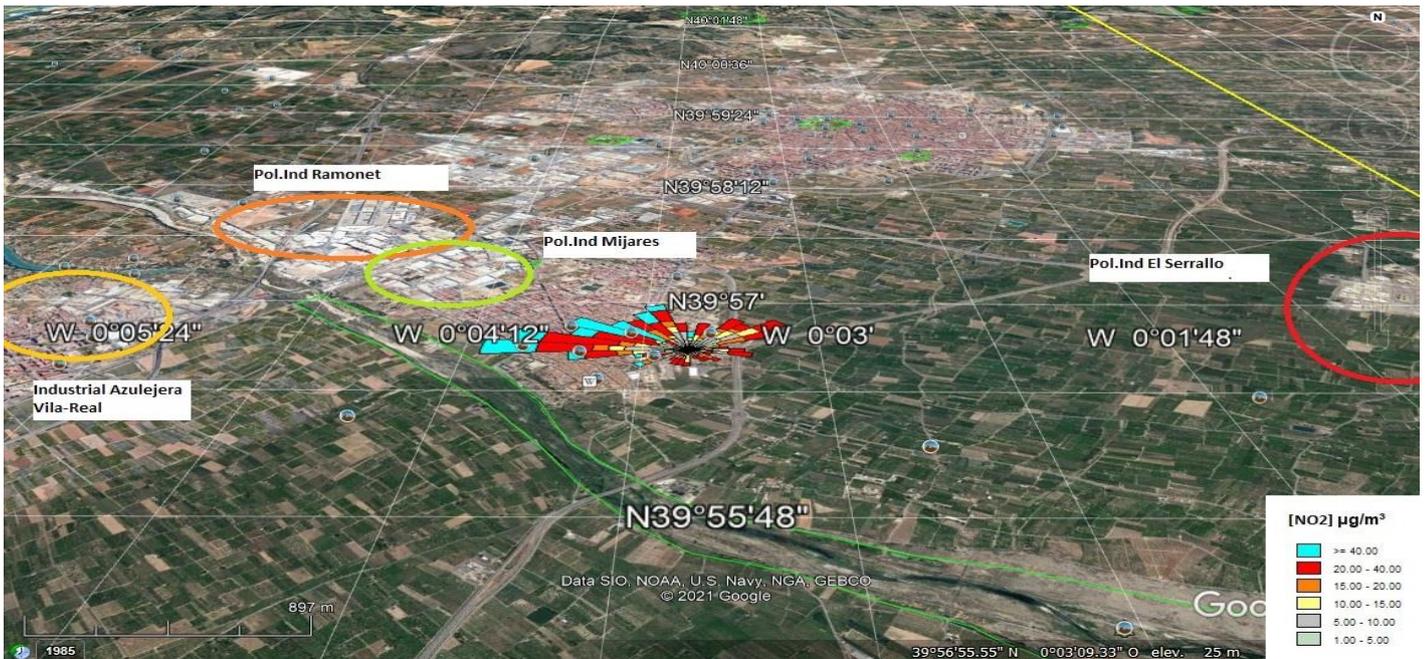


Ilustración 5: Rosa de Vientos de NO<sub>2</sub> en la estación de Almassora C.P. Ochando Fuente: Elaboración Propia (WRPLOT)

Como podemos observar, las mayores emisiones de NO<sub>2</sub> en este caso no son las que proceden del polígono industrial de El Serrallo, si no las procedentes de los polígonos industriales de Almassora (Ramonet y el Mijares) y de la zona industrial azulejera al oeste, en Villa-Real. Cabe destacar que también llegan grandes emisiones del polígono de El Serrallo, pero parece que en este caso no es la fuente de emisión principal. De hecho, si observamos la Ilustración 6, elaborada con los datos anuales del 2020 de NO<sub>2</sub> procedentes de la estación de Almassora UM, se corrobora lo dicho anteriormente.

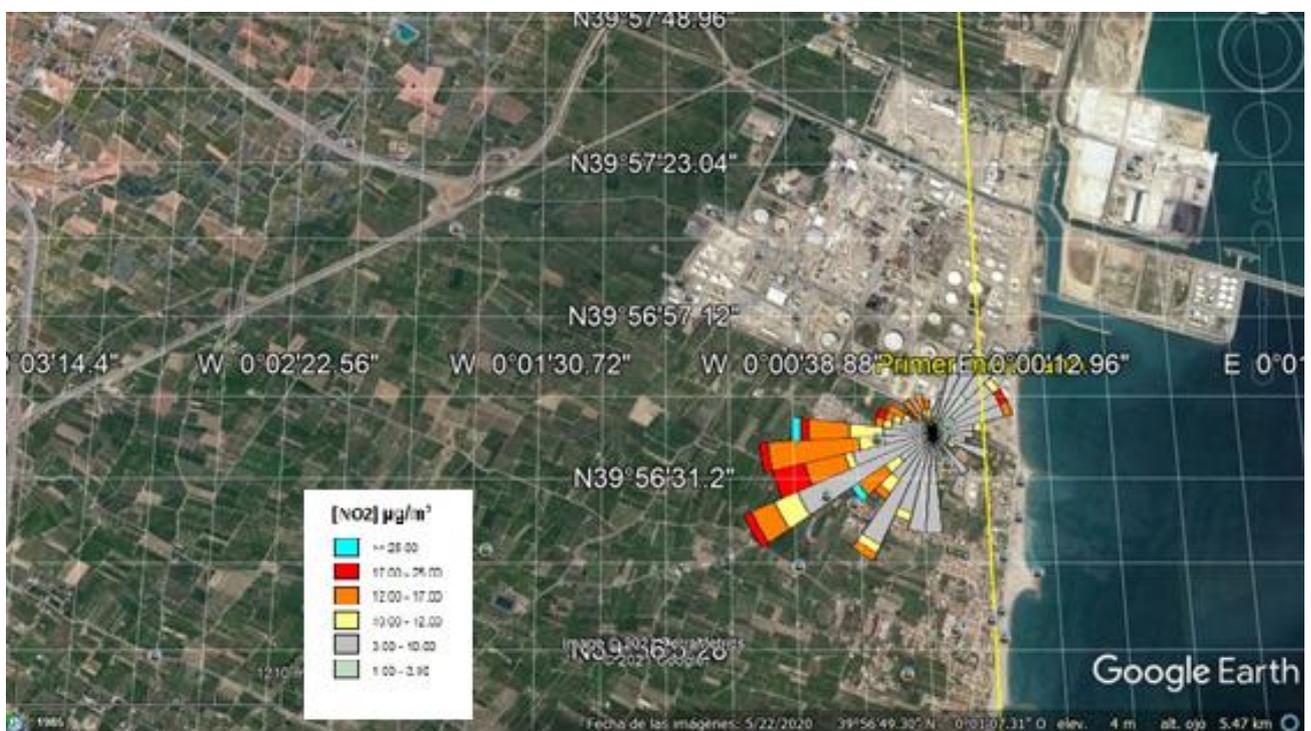


Ilustración 6: Rosa de los Vientos del NO<sub>2</sub> en la estación Almassora UM. Fuente: Elaboración propia (WRPLOT)

En el apartado 5.7 CUMPLIMIENTO DEL RD 102/2011 se hace un análisis del cumplimiento de los valores fijados por la ley 102/2011 (4), que no se llegan a superar en la playa de Almassora.

No obstante, no se deben de dejar de tomar medidas para reducir las emisiones de este contaminante y mucho menos se debe pasar por alto, ya que como se ha observado hay picos elevados, siendo, como se ha indicado, la estación Almassora C.P Ochando la segunda de la Comunidad Valenciana con los valores más altos de estos compuestos de nitrógeno. Hay que tener en cuenta además que los NOx son precursores de contaminantes como el ozono y de problemáticas como la lluvia ácida.

### 5.3 COMPUESTOS DE CARBONO INORGÁNICO

En la estación de Almassora UM también se proporcionan los niveles de inmisión del CO. Este es un contaminante que puede resultar de la actividad industrial por quema incompleta de carburantes fósiles o del tráfico de vehículos. Actualmente, la industria representa un 30% de las emisiones de CO en España. (33)

En la estación de Almassora UM se mantiene una concentración constante de 0,1 mg/m<sup>3</sup> teniendo picos concretos durante los meses de febrero a mayo de 0,2 mg/m<sup>3</sup>.

Según la información del Real Decreto 102/2011 (ver tabla 4) el CO en esta zona no sobrepasa en ningún caso el valor límite establecido, quedando muy alejado del mismo, por lo que no se puede considerar como un contaminante de gran relevancia en la zona.

Tabla 4: Valores límite de inmisión para el CO según el RD 102/2011 (4)

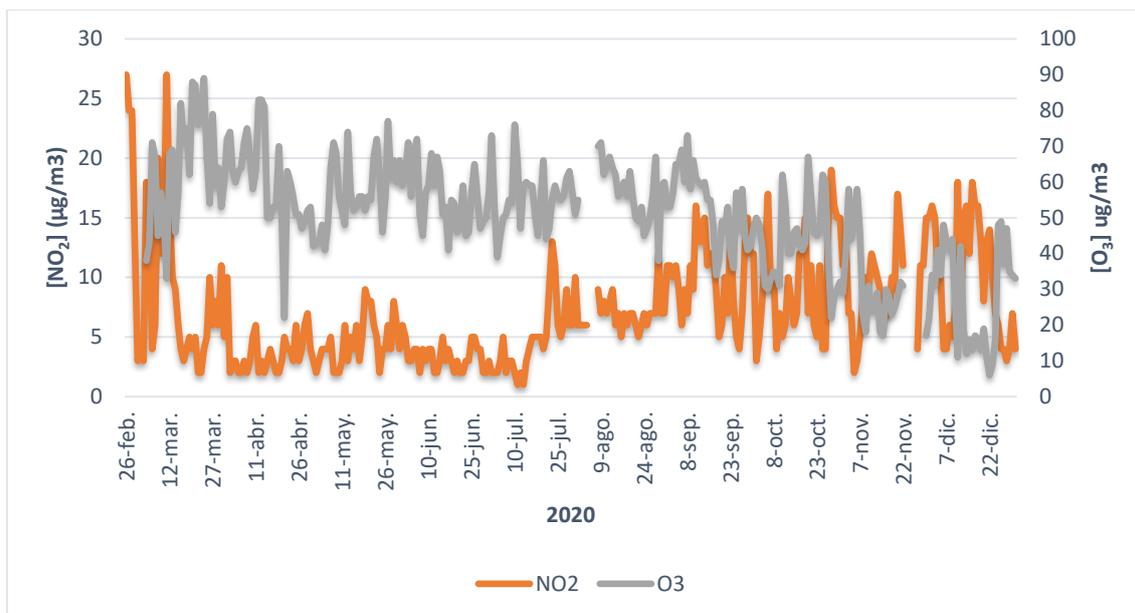
#### G. Valor límite del monóxido de carbono para la protección de la salud

El valor límite se expresará en mg/m<sup>3</sup>. El volumen debe ser referido a una temperatura de 293 K y a una presión de 101,3 kPa.

|               | Período de promedio                               | Valor límite         | Fecha de cumplimiento del valor límite |
|---------------|---|----------------------|--|
| Valor límite. | Máxima diaria de las medias móviles octohorarias. | 10 mg/m <sup>3</sup> | En vigor desde el 1 de enero de 2005.  |

### 5.4 OZONO

El ozono es principalmente un contaminante secundario, ya que se genera por reacción de los NOx y los COV's en presencia de luz solar (*Smog fotoquímico*). También se pueden formar por la presencia de CO y radiación solar.



Gráfica 8: Concentración de NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> del 2020 en Almassora UM. Fuente: Elaboración Propia

En la Gráfica 8 podemos observar la relación inversa entre el ozono y el dióxido de nitrógeno, ya que los máximos de uno coinciden con los mínimos del otro y a la inversa. La tendencia generalmente observada en cualquier estación muestra niveles menores de ozono en los meses más fríos del invierno, que van aumentando conforme la cantidad de radiación solar se incrementa a lo largo de la primavera y el verano, para volver a disminuir en otoño. Tendencia opuesta a la descrita para los NO<sub>x</sub> en el apartado anterior, dada la relación inversa que existe entre estos contaminantes como consecuencia de los procesos de formación del *Smog fotoquímico*. Esta tendencia se observa claramente en la segunda mitad de la Gráfica 8. Sin embargo, es más difícil observarla en la primera mitad, por una parte, debido a la falta de datos de los dos primeros meses y, por otra, al efecto de la pandemia ya comentado.

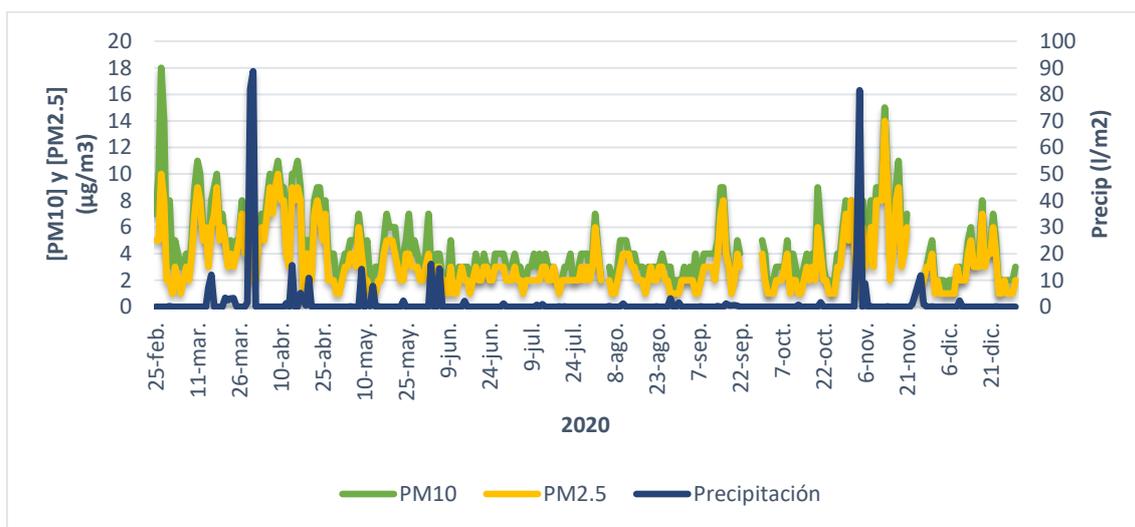
Al ser un contaminante secundario, el control de los niveles de ozono pasa por controlar las emisiones de sus precursores, principalmente NO<sub>x</sub> y COV's. Cabe indicar que la estación Almassora UM se encuentra en una zona suburbana/rural donde los niveles de ozono suelen ser más elevados que en las zonas urbanas, como ya se comentó.

Como se observa en la Gráfica 8 el pico más alto de ozono fue de 89 µg/m<sup>3</sup>. La comparación con la legislación vigente no es directa, ya que el valor objetivo (en este caso no existe valor límite) establecido de 120 µg/m<sup>3</sup> (ver apartado 5.7) se refiere a la máxima diaria de las medias móviles octohorarias. Pero sí permite ver que los niveles alcanzados están relativamente próximos a estos valores máximos. Aunque este no se supere, queda claro que es un contaminante para tener en cuenta en la zona.

Cabe indicar que las concentraciones de ozono alcanzadas en la estación de Almassora UM son ligeramente superiores a las registradas en Almassora C.P. Ochando, a pesar de que las concentraciones de NO<sub>2</sub> en la primera son significativamente menores. Hay que tener en cuenta que el otro precursor del ozono, junto con el NO<sub>2</sub>, son los hidrocarburos, y estos últimos como se discutirá más adelante son particularmente abundantes en Almassora UM por la proximidad de El Serrallo.

## 5.5 MATERIAL PARTICULADO (PM)

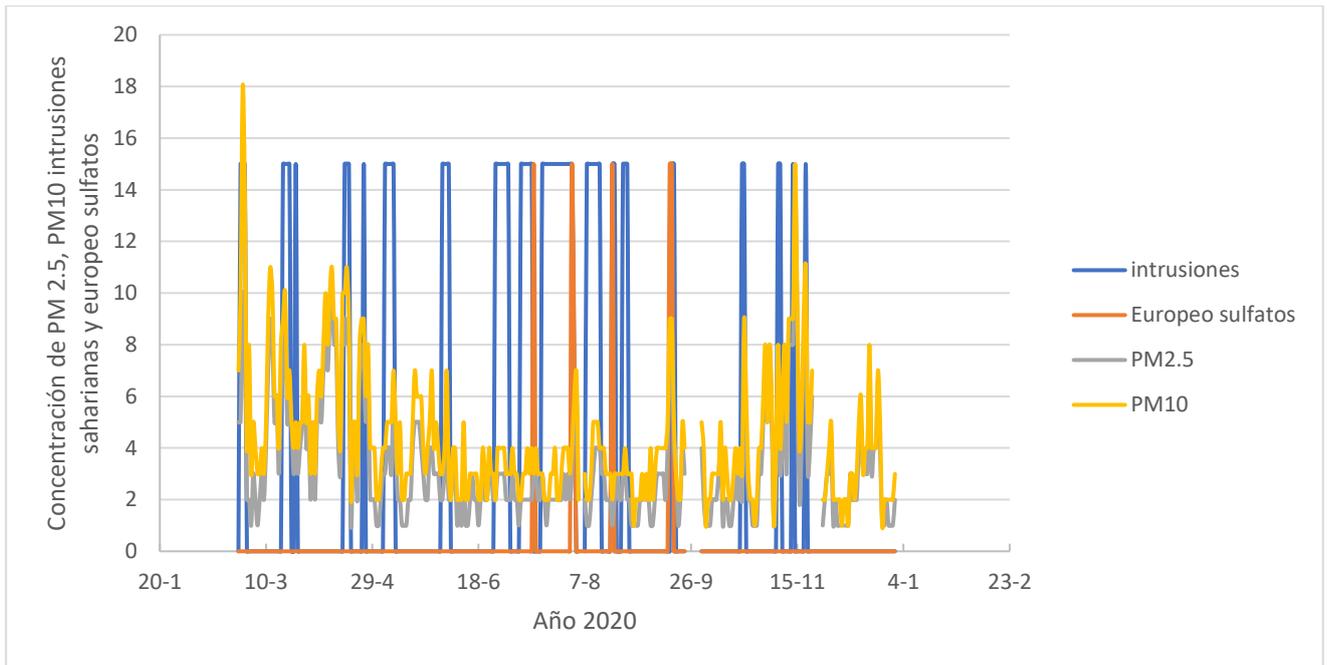
Las PM son el material particulado que se puede encontrar en suspensión en la atmósfera. Al igual que para los otros contaminantes, los niveles de PM pueden ser de origen natural o antropogénico. La zona de estudio es una zona portuaria e industrial cercana al mar, por lo que las partículas en suspensión pueden estar derivadas no solo de la actividad industrial, sino también de los aerosoles marinos naturales, como puede ser el cloruro de sodio. Otras fuentes antropogénicas en esta zona pueden ser la quema de carburantes fósiles que genera emisiones de partículas de óxidos metálicos y de carbono o la propia condensación de algunos compuestos orgánicos volátiles. En la estación de Almassora UM se miden tanto PM2.5 como PM10.



Gráfica 9: Concentración PM2.5 y PM10 del 2020 en Almassora UM Fuente: Elaboración Propia

Como podemos observar en la Gráfica 9, los picos máximos de precipitación conllevan mínimos en los niveles de inmisión de material particulado debido a la sedimentación húmeda del mismo.

De forma natural, los niveles de partículas en suspensión pueden ser particularmente elevados en determinados momentos debido a episodios de transporte a larga distancia de partículas en suspensión. Estas incluyen aportes de polvo africano, de sulfatos procedentes de Europa y partículas originadas por combustión de biomasa. De este modo, aunque en la zona de la estación no se estén emitiendo grandes cantidades de PM se pueden registrar niveles elevados, ya que estas partículas pueden recorrer grandes distancias arrastradas por los vientos antes de ser eliminadas de la atmósfera por sedimentación húmeda o seca. Esto puede explicar algunos de los máximos registrados en nuestra estación. Para comprobarlo en la Gráfica 10 se han incluido los días en que en la zona del levante español han tenido lugar este tipo de intrusiones. La magnitud de la señal es arbitraria y no tiene que ver con la magnitud de la intrusión, ya que la información suministrada por el Ministerio únicamente indica los momentos en que estos procesos de intrusión a larga distancia se han dado en una determinada zona del país. Como se observa, efectivamente estos episodios ayudan a explicar algunos de los máximos registrados en la estación, aunque no todos.



Gráfica 10: Concentración PM10 y PM2.5 Almassora UM vs Intrusiones y europeo sulfato Fuente: Elaboración Propia

Para poder observar la fuente principal de las PM10 se ha realizado una Rosa de Vientos que se muestra en la Ilustración 7.



Ilustración 7: Rosa de vientos de las PM10 del año 2020 en Almassora UM Fuente: Elaboración propia (WRPLOT)

Como se puede observar las mayores emisiones de PM10 vienen de la zona de campos de cítricos e industria que se encuentra al suroeste, las azulejeras de Villa Real y el polígono del Ramonet y de Mijares en el término municipal de Almassora, si bien también se registran concentraciones elevadas procedentes del polígono de El Serrallo y de la zona portuaria, donde además hay una industria cementera. La gran variedad de

fuentes que pueden generar este contaminante, tanto naturales como antropogénicas, explica estos resultados.

Consultando los datos públicos de la RVVCCA sobre PM10 en el año 2020 (ver tabla 5) se observa como las estaciones de control y medición que se sitúan en los alrededores de los puertos (se han seleccionado las estaciones próximas al puerto de Valencia, Alicante y Castellón) tienen niveles muy altos de PM10, tanto en el número de superaciones diarias de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (valor límite diario para la protección de la salud) de PM10 como el propio valor promedio de PM10 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Los datos que se recogen de la zona marítima de Castelló son superiores a la zona de Valencia y Alicante. Por lo que no solo los aerosoles marítimos son los productores de estas emisiones. La industria cementera próxima a este puerto puede ser una fuente importante de material particulado, así como las PM generadas a partir de COV's emitidos por la industria petroquímica, la actividad cementera y la agrícola.

*Tabla 5: Comparación de estaciones de la RVVCCA situadas cerca de los puertos relativa a las PM10. Fuente: Elaboración Propia (RVVCCA)*

| <b>Estaciones RVVCCA</b>               | <b>N.º de superaciones diarias de 50 PM10 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b> | <b>Valor promedio de PM10 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b> |
|--|---|---|
| <b>Alacant_AP_ISM</b>                  | 1   | 9   |
| <b>Alacant_AP_T_Fruterero</b>          | 9   | 16  |
| <b>Alacant_Parc_Mar_Prov</b>           | 21  | 28  |
| <b>Alacant_AP_D_Pesquera</b>           | 26  | 24  |
| <b>Valencia_Port_Moll Trans-Ponent</b> | 0   | 9   |
| <b>Castelló-Grau</b>                   | 25  | 25  |
| <b>Castelló-AP-Gregal</b>              | 30  | 16  |
| <b>Castelló-AP-Xaloc</b>               | 5   | 19  |
| <b>Castelló-AP-Llevant</b>             | 10  | 21  |
| <b>Almassora UM</b>                    | 0   | 4   |

Según información del Real Decreto 102/2011 relativa a las PM10, no se sobrepasan los valores límite diarios ni anuales que se puede consultar en el apartado 5.7 CUMPLIMIENTO DEL RD 102/2011, ni tampoco los valores establecidos por la OMS (que baja la media anual a 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (34) en la estación objeto de nuestro estudio, pero sí se superaría en varias estaciones cercanas correspondientes a la zona marítima de Castelló.

En cuanto a las PM2.5, son menos las estaciones que miden estas partículas en suspensión, pero no por ello son menos nocivas para la salud de las personas y ecosistemas. Consultando los datos públicos de la RVVCCA sobre las PM2.5 del año 2020 se observa cómo la tendencia también es ligeramente superior en la zona portuaria

de Castelló. En la Tabla 6 se muestra el valor promedio de las PM 2.5 en diversas estaciones portuarias. Las estaciones portuarias de Alicante no miden PM2.5 por lo que no se han podido incluir en la comparativa.

Tabla 6: Comparativa de las estaciones de la RVVCCA portuarias que miden PM2.5. Fuente: Elaboración propia (RVVCCA)

| Estaciones RVVCCA                  | Valor Promedio de PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
|------------------------------------|--|
| Valencia_Port_Moll<br>Trans-Ponent | 6  |
| Castelló-Grau                      | 18   |
| Castelló-AP-Gregal                 | 11   |
| Castelló-AP-Xaloc                  | 13   |
| Castelló-AP-Llevant                | 14   |
| Almassora UM                       | 3  |

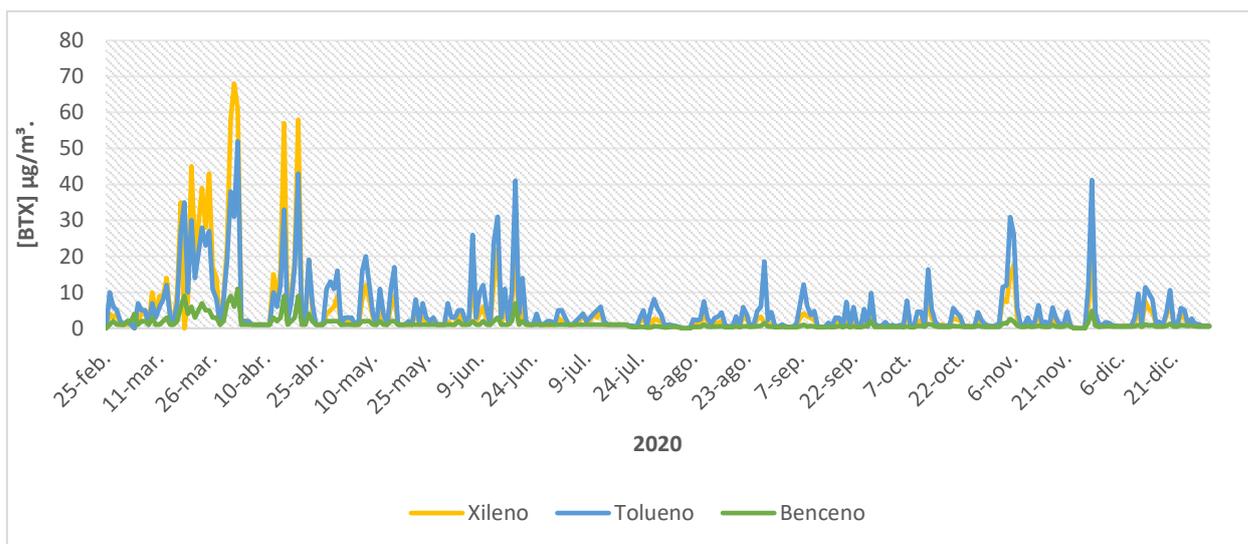
De acuerdo con la información de la RVVCCA para el año 2020 el valor promedio más alto de toda la Comunidad Valenciana de PM2.5 se registró en la estación Castelló-Grau, siendo de  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . El valor límite anual establecido por la legislación actual (4) para PM2.5 es de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , aunque la OMS lo baja hasta un valor de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor superado en muchas de las estaciones de la zona. Esto da una idea de la importancia de este contaminante en la zona.

## 5.6 COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV's)

Los COV's más habituales son los hidrocarburos tales como el metano, el propano, los alcanos, bencenos y diversos compuestos empleados como disolventes. Son pocas las estaciones que en la actualidad miden estos compuestos. Actualmente la ley solo establece valor límite de emisión para el benceno.

En la estación de Almassora UM se miden los hidrocarburos aromáticos denominados BTX: benceno ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ), tolueno ( $\text{C}_7\text{H}_8$ ) y xileno ( $\text{C}_8\text{H}_{10}$ ).

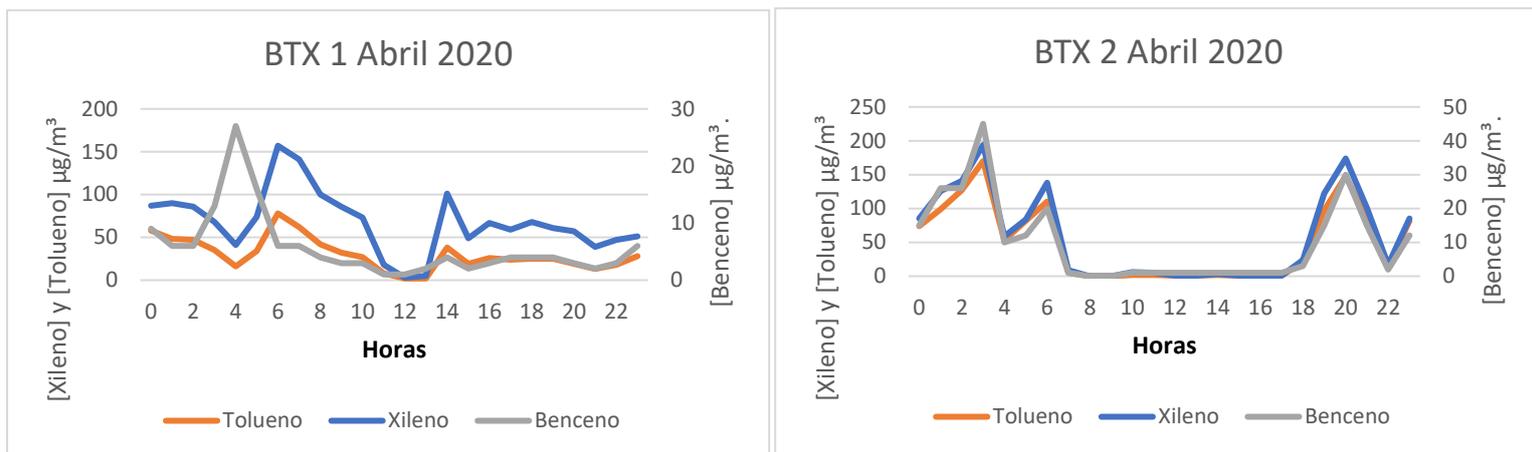
En la Grafica 11 se muestra la variación de la concentración de BTX a lo largo del año 2020 en la estación Almassora UM. En ella podemos observar cómo los meses de febrero a junio la concentración de BTX presenta picos muy elevados, que se repiten hasta principios de noviembre y diciembre. Según la normativa vigente que se establece en el RD 102/2011 (4) el valor límite anual para el benceno es de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . El promedio anual en nuestra estación (a partir de los datos disponibles) fue de  $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . No obstante, y aunque se cumple con la legislación vigente, cabe señalar que dicha concentración se supera puntualmente hasta en 14 días, llegando a alcanzar una concentración de  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el 2 de abril, y esto a pesar del confinamiento por la situación de pandemia y, por tanto, la disminución de emisiones procedentes de fuentes tales como el tráfico. También se debe tener en cuenta que se dispone únicamente de datos a partir del 25 de febrero del 2020, por lo que esas superaciones podrían ser mayores.



Gráfica 11: Concentración de BTX del 2020 en Almassora UM. Fuente: Elaboración Propia

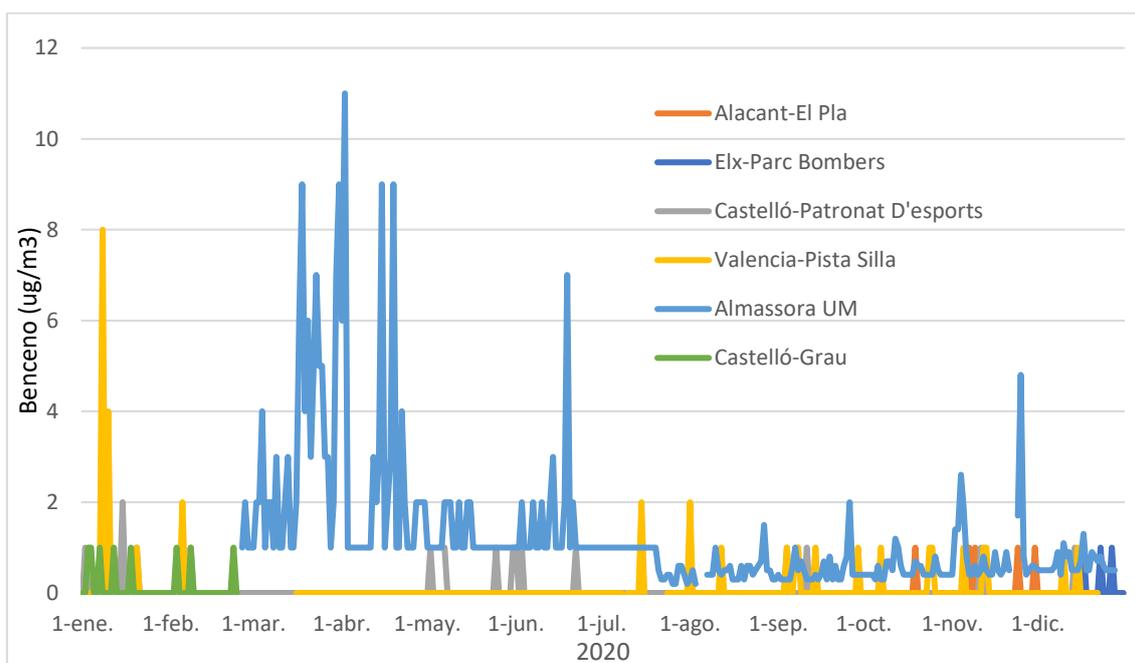
El tolueno y xileno son dos hidrocarburos para los que no se ha establecido un valor límite de inmisión pero con fines comparativos, que permitan ver la importancia relativa de los valores alcanzados, se quiere comentar que la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite promedio de 200 ppm (767 mg/m<sup>3</sup> a 1 atm y 20°C) para tolueno en el aire de trabajo en una jornada de 8 horas diarias, y el Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH) recomienda un límite promedio de 100 ppm para tolueno en el aire durante una jornada de 10 horas diarias. La OMS aboga por que la cantidad semanal recomendada de tolueno no exceda los 260 µg/m<sup>3</sup> (35) (997 mg/m<sup>3</sup> a 1 atm y 20°C). El nivel máximo de xileno en el aire del trabajo según la OSHA no debe exceder 100 ppm (442 mg/m<sup>3</sup>) durante una jornada de 8 horas diarias, 40 horas semanales. (35) En nuestra estación, los picos más elevados se dieron los días 1 y 2 de abril con máximos que quedan muy alejados de estos valores. No obstante, hay que indicar que las concentraciones máximas permitidas en higiene ocupacional siempre son mayores a las permitidas en atmósferas exteriores a nivel de inmisión. Esto es así porque se aplican solamente a periodos reducidos de tiempo, se considera que afectan a una población homogénea (adultos sanos y en plenitud física) y no se consideran daños a otros bienes. No obstante, a partir de los datos horarios suministrados por la estación, se han obtenidos las gráficas diarias para los tres contaminantes correspondientes a estos días de mayor concentración, de modo que sea más fácil la comparación con los valores anteriores (Gráficas 12 y 13).

El 1 de abril se observa para el xileno un pico máximo de 157 µg/m<sup>3</sup> entre las 6-8 horas y un pico de Benceno de 27 µg/m<sup>3</sup> entorno a las 4 horas. Durante prácticamente todo el día el benceno permanece en torno a 4-5 µg/m<sup>3</sup> (recordar que el límite máximo anual estipulado por la ley para el benceno es de 5 µg/m<sup>3</sup>). Por lo general la tendencia es a que los valores de inmisión registrados de estos hidrocarburos sean mayores por la noche entre las 2-8 de la mañana. Tanto el día 1 como el día 2 de abril el pico máximo de benceno se encuentra entre las 2-6 horas de la mañana con un pico máximo el día 2 de 45 µg/m<sup>3</sup>. Este dato es alarmante ya que puede entrañar riesgo para la salud de las personas y los ecosistemas. Hay que recordar que, como se ha comentado anteriormente, el benceno es un compuesto cancerígeno.



Gráfica 12 y 13: Concentración de BTX del 2020 en Almassora UM los días 1 y 2 de abril Fuente: Elaboración Propia (RVVCCA)

Para poder tener una visión más amplia de estos contaminantes y en concreto del benceno, que es el hidrocarburo del que se dispone un valor límite establecido por la ley, en la Gráfica 14 se han comparado todas las estaciones de la Comunidad Valenciana que midieron este contaminante en el año 2020.



Gráfica 14: Comparación de la concentración de benceno en todas las estaciones de la Comunidad Valenciana Fuente: Elaboración Propia (RVVCCA)

Como se observa, ninguna de ellas supera el Valor Límite Anual de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  que estipula la legislación R.D 102/2011 (4), pero es cierto que, en la estación de estudio, Almassora UM, y en un par de ocasiones en la estación de Valencia-Pista de Silla se obtienen valores muy elevados de Benceno.

Es interesante relacionar la dirección de viento con la concentración de contaminante ya que esto puede darnos información sobre el origen de la fuente emisora de BTX.

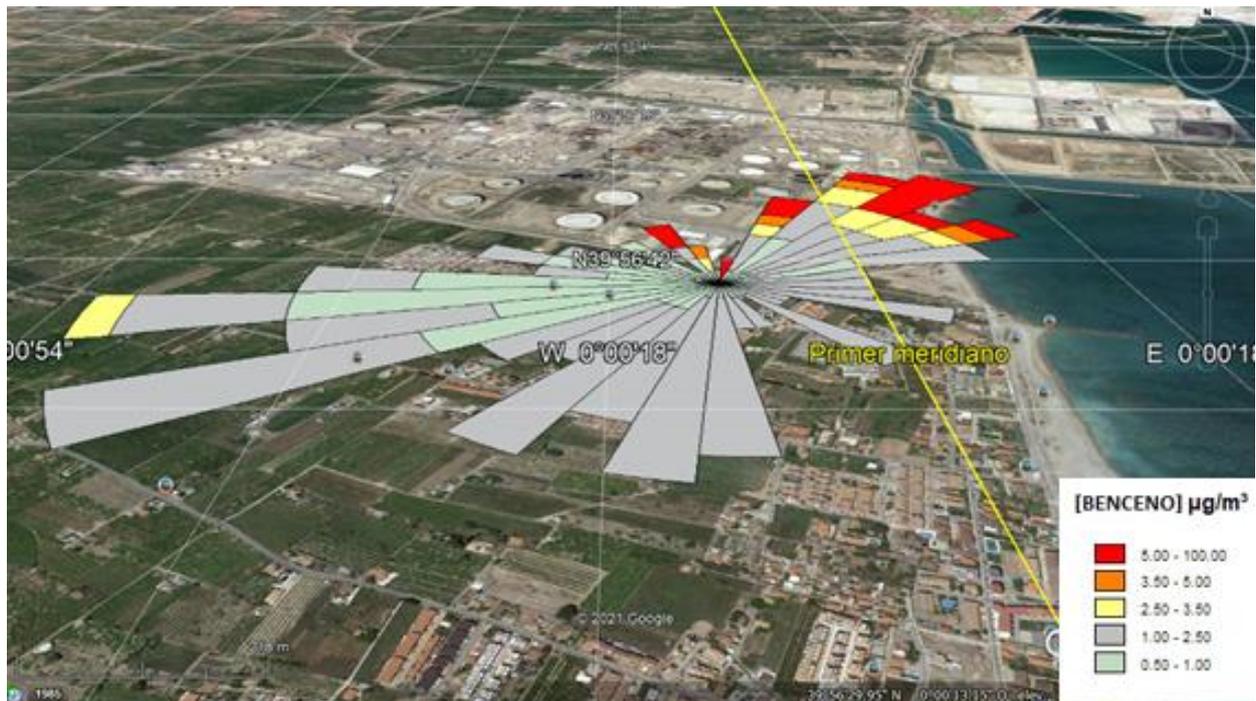


Ilustración 8: Rosa de Vientos de la concentración de benceno del año 2020 en Almassora UM Fuente: Elaboración propia (WRPLOT)

En la Ilustración 8 se puede observar cómo, claramente, las concentraciones más altas de benceno se producen cuando el viento procede del Norte y Noreste. Las concentraciones que encontramos a lo largo del año cuando el viento viene de otras direcciones presentan valores muy inferiores. Podemos afirmar que el polígono de El Serrallo sí que es una fuente de emisión importante de este hidrocarburo.

Para poder ver más clara la fuente se han cogido los días de mayor concentración de benceno del año 2020 medidos por la estación de Almassora UM, que corresponden al periodo del 30 de marzo al 3 de abril. Claramente, en la Ilustración 9 podemos volver a confirmar que la principal fuente emisora de benceno es el polígono de El Serrallo.



Ilustración 9: Rosa de Vientos de la concentración de benceno de los días con mayor concentración (30 marzo-3 abril) en la estación Almassora UM. Fuente: Elaboración propia (WRPLOT)

Ya que los demás hidrocarburos también están relacionados, se han representado el xileno y el tolueno en las Ilustraciones 10 y 11.



Ilustración 10: Rosa de Vientos de la concentración de Xileno del año 2020 en Almassora UM Fuente: Elaboración propia (WRPLOT)



Ilustración 11: Rosa de Vientos de la concentración de Tolueno del año 2020 en Almassora UM Fuente: Elaboración Propia (WRPLOT)

Se confirma por tanto que las fuentes emisoras más importantes del benceno, tolueno y xileno son es el polígono de El Serrallo y la actividad del puerto. Las concentraciones de BTX son muy elevadas cuando los vientos soplan del norte procedentes de El Serrallo, lo cual es lógico dado que son compuestos asociados a la actividad petroquímica, o de la zona portuaria donde los barcos propulsados por la combustión de hidrocarburos generan la emisión de estos compuestos. Cabe señalar que, lógicamente, estos no serán los únicos hidrocarburos emitidos por estas actividades. No obstante, son los únicos de los que se dispone información cuantitativa. El origen del olor a gas que perciben los vecinos, probablemente esté relacionado con otros hidrocarburos que se generen en la actividad desarrollada en estos sectores. Hay que tener en cuenta la elevada volatilidad de muchos hidrocarburos que, durante las operaciones llevadas a cabo en las operaciones de refinado, trasvases, almacenamiento, gestión de residuos, etc pueden pasar fácilmente a la atmósfera en cierto porcentaje, a pesar de las medidas de control que se lleven a cabo. Del mismo modo en los procesos de combustión, tanto en la central térmica como en otras actividades, se emiten, tantos hidrocarburos no quemados, como otros hidrocarburos intermedios generados durante el proceso de combustión.

## 5.7 CUMPLIMIENTO DEL RD 102/2011

Como se ha indicado, los datos recogidos en la RVVCCA nos permiten comprobar si las concentraciones de inmisión que recogen las estaciones de medición están dentro de los límites que establece la ley. Aunque se ha ido comentando este aspecto al hablar de cada contaminante, a modo de resumen se ha elaborado la Tabla 7, en la que se recogen los datos de la estación Almassora UM para el año 2020 junto con información de la legislación vigente y de la OMS.

Tabla 7: Comparación de los contaminantes (año 2020) y los límites de inmisión establecidos por el RD 102/2011 (4) y la OMS. Fuente:Elaboración propia

| Contaminante          | C. máxima horaria ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | C. máxima diario ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | C. media anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Valor límite permitido (RD102/2011) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Valor límite recomendado OMS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | N.º de superación |
|-----------------------|--|---|---|--|---|-------------------|
| <b>SO<sub>2</sub></b> | 109  | 30  | 3.60  | 350 horario<br>125 diario  | 20 diario<br>500 (10min)                                  | 0                 |
| <b>NO<sub>2</sub></b> | 82   | 27  | 7   | 200 horario<br>40 anual  | 200 horario<br>40 anual                                   | 0                 |
| <b>CO</b>             | 0.9  | 0.2   | 0.12  | 10.000 medias móviles octohorarias                               | 10000 medias móviles octohorarias                         | 0                 |
| <b>O<sub>3</sub></b>  | 130  | 89  | 51  | 120 medias móviles octohorarias (Valor objetivo)                 | 100 medias móviles octohorarias                           | 13                |
| <b>PM 2.5</b>         | 51   | 14  | 3.32  | 25 diario y anual  | 10 anual<br>25 diario                                     | 0                 |
| <b>PM10</b>           | 62   | 18  | 4.40  | 50 diario<br>40 anual  | 20 anual<br>50 diario                                     | 0                 |
| <b>Xileno</b>         | 211  | 68  | 4.72  | No se contempla  | 435 mg/m <sup>3</sup>                                     | 0                 |
| <b>Benceno</b>        | 45   | 11  | 1.3   | 5 anual  | 1.7 anual   | 0                 |
| <b>Tolueno</b>        | 296  | 52  | 5.60  | No se contempla  | 260 semanal   | 0                 |
| <b>NMCOV TOTALES*</b> |  |   | 4800 (2015-2018)                            | No se contempla  |   |                   |

\*Según el Estudio Preliminar encargado al Laboratorio del Centre de Medi Ambient de la Universitat Politècnica de Catalunya encargado por la Regidoria de Transición Ecológica de Castellón a petición de la plataforma Frenem la contaminació.

Si tenemos en cuenta los datos obtenidos y los datos que establecen las leyes, observamos como todos los contaminantes están dentro de los valores máximos permitidos. No obstante, en el caso de ciertos contaminantes, dichos valores se aproximan mucho a lo establecido por la ley superando en muchas ocasiones las directrices que recomiendan instituciones gubernamentales como la OMS, como es el caso del SO<sub>2</sub>.

Las PM10, aunque no sobrepasan el valor límite fijado por ley, es cierto que el máximo horario es un valor alto. Esto indica que no hay que pasar por alto tampoco la emisión de este material en suspensión ya que puede conllevar un riesgo para la salud de las personas.

El benceno tiene una media anual de  $1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  muy alejado del valor máximo anual de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , pero es cierto que los valores horarios son muy elevados llegando a obtener datos de  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de concentración horaria, superando 9 veces el valor de concentración fijado como límite del promedio anual. Además, son varios los días, en concreto 14, en los que se supera este valor llegando a tener días donde la concentración media es de  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cabe decir que estos datos no son de un año completo por lo que sí que hay que tener especial cuidado con este hidrocarburo debido a sus numerosos efectos en la salud.

También los valores de ozono obtenidos son bastante elevados, si bien en este caso no existe valor límite y sólo hay valor objetivo.

## 5.8 CONTAMINACIÓN ODORIFERA

Para poder dar una visión más completa sobre la calidad del aire también es necesario medir la contaminación odorífera. Actualmente, la ley no contempla unos valores límite ni existen en las estaciones de control técnicas que permitan medirlo. Hay que tener en cuenta que el olor presente en la zona puede ser consecuencia de una gran variedad de compuestos simultáneamente. Existe una norma, la UNE-EN 13725: 2004 "Calidad del aire. Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica", que establece y desarrolla la toma de muestras, la cuantificación del olor y el cálculo de emisiones en los focos del olor.

Según esta norma hay varias metodologías para tomar las muestras y calcular las emisiones. Podemos encontrar las narices electrónicas (sensores), mediciones de campo, Nomogramas (instrumento gráfico de cálculo), modelización, que es el método más empleado, usando modelos matemáticos de dispersión de contaminantes y por último las quejas. (36)

Para la realización de este estudio me pareció interesante poder optar a usar el método de "quejas". El método de modelización es muy interesante y desde luego una oportunidad de cara al futuro para completar el estudio de la calidad del aire en la playa de Almassora. Para llevar a cabo la metodología se pasó a los vecinos de la Playa de Almassora un cuestionario acerca de la percepción de los olores y la contaminación.

### 5.8.1 PERCEPCIÓN DE LOS OLORES

Una queja recurrente cuando se habla con la gente que vive en la zona de la playa de Almassora, y que es fácilmente constatable por cualquier visitante, es la percepción de olores desagradables. Para tener estimación semicuantitativa de esta percepción se realizó una encuesta a un grupo representativo de 122 personas. En el ANEXO IV: MODELO ENCUESTA PERCEPCIÓN DEL OLOR se muestra el cuestionario pasado.

Entre todos los vecinos de la playa de Almazora encuestados, el 91,5 % viven entre la zona delimitada entre el Camino Catalans y Camino L'Om Blanc. En un inicio, la encuesta iba dirigida únicamente a esta zona de la playa. No obstante, debido a la acogida favorable que tuvo entre los residentes, se extendió a vecinos de otras zonas de la playa. Al tratarse de una zona residencial, que se había compuesto históricamente de segundas viviendas para el verano, la primera pregunta de la encuesta estaba enfocada a saber si el encuestado tenía en esta zona su vivienda habitual o bien se trataba de una segunda vivienda, donde residían unos pocos meses al año. Los resultados fueron que el 86,8 % de los encuestados vivían de forma habitual en la zona, mientras que solo un 13,2 % no residían durante todo el año en la playa de Almazora.

La tercera pregunta de la encuesta pretendía conocer la percepción de los encuestados respecto a la presencia de contaminación en la zona. Cabe remarcar que todos los encuestados respondieron afirmativamente. Por tanto, todo el mundo tiene la percepción de que existe contaminación, aunque se perciba a distintos niveles. El 55,4 % de los encuestados ha respondido que la contaminación existente en la zona es muy alta, mientras que el 28,9 % de las respuestas afirmaban que la contaminación era alta. Estos dos resultados nos indican que la amplia mayoría de los vecinos, **el 84,3%, tienen la creencia de que su zona de residencia tiene un nivel de contaminación elevado.**

Cuando los vecinos de la zona de la playa fueron encuestados acerca del tipo de contaminación, **el 97,5 %, respondió a los olores.** El 63,6 % de los encuestados eligieron los ruidos como contaminación relevante y el 26,4 % manifestaron que la suciedad era también un problema. Únicamente el 8,3% achacó a otros motivos la principal causa. Estos resultados dan un porcentaje mayor a 100% debido a que la respuesta era múltiple. Los resultados nos muestran claramente que la principal percepción de contaminación son los olores, que pueden estar relacionados con ciertos COV'S y con el ácido sulfhídrico.

Si bien la pregunta número cuatro de la encuesta mostró cómo los vecinos percibían los olores como principal indicador de contaminación en la zona, las respuestas de la quinta pregunta (¿Percibe olores inusuales?) no dejaban lugar a dudas, siendo incluso redundante: el 98,3 % de los encuestados afirmaba haber percibido olores no usuales en la zona.

Seguidamente se les preguntaba sobre la intensidad de los olores percibidos, pudiendo seleccionar varias opciones a la vez. El **48,8 % de los encuestados afirmaba que los olores son muy fuertes en la zona**, mientras que el 44,6 % ha respondido "fuertes" como la intensidad de los olores en la zona. Una intensidad media de los olores percibidos ha recibido el 18,2 % de las respuestas totales. Únicamente una respuesta, el 0,8 % del total, ha respondido que son débiles.

Los vecinos de la playa fueron preguntados también sobre la frecuencia con la que se perciben estos olores. **El 49,6 % de los encuestados afirman que prácticamente a diario se perciben estos.** El 30,6 % de los residentes han respondido que tienen una frecuencia de dos a tres veces por semana, el 11,6 % perciben los olores una vez a la semana y el 2,5 % una vez por mes. Pero si desglosamos estas respuestas por caminos, la parte baja y alta del Camino L'Om Blanc respectivamente, zonas más próximas al polígono, la frecuencia de los olores tiene un porcentaje muy similar (casi diariamente), pero conforme nos alejamos del polígono industrial de El Serrallo, las frecuencias temporales van disminuyendo, pasando a predominar la semanal, como son los casos de los caminos Catalans y Benafeli. En la octava pregunta, se pedía a los encuestados que describieran los olores que percibían, pudiendo elegir múltiples respuestas. En una

amplia mayoría, **el 81,8 % de las respuestas totales, señalaban que olían a gas.** Seguidamente, **41,3 % de las respuestas también advertían de un olor a producto químico o alcohol.** El **39,6 % de las respuestas, señalaban que también se percibían olores a gasolina.** Finalmente, el **20,6 %, de las respuestas, aunando las respuestas de huevo podrido, alcantarilla y azufre,** señalaron que habían notado olores que podrían provenir de ácido sulfhídrico o derivados de este.

La pregunta nueve era la más abierta de toda la encuesta, en la que los vecinos tenían que poner cuál creían que era el origen de estos olores. Todos los encuestados señalaron las industrias que se encuentran en el polígono industrial El Serrallo, en especial la refinería de petróleo, y en el puerto de Castellón como causantes de estos olores.

En la pregunta 10 se indagaba sobre el grado de molestia que estos olores ocasionaban a los entrevistados. Sólo un 9,2% percibía el problema como una molestia leve, **mientras que para el resto era de notable a muy grave.** Finalmente, se les preguntó a los encuestados acerca de si pensaban que estos olores, y, por tanto, los elementos químicos que estaban inhalando, eran perjudiciales para la salud. **El 92,5% de los encuestados afirmaban tal premisa, mientras que el 6,6% ha respondido que “No sabe/No contesta”.** Únicamente una persona, **el 0’8% de los encuestados, ha respondido que considera que los gases inhalados no son nocivos para la salud.** Esta pregunta muestra la percepción negativa que tienen los residentes en la playa de Almazora sobre los olores que perciben, opinando en una inmensa mayoría que estos son perjudiciales para su salud, y que, como se desprende de la pregunta número nueve, el polígono petroquímico y el puerto de Castellón son los principales causantes de dichos olores.

## 5.9 CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

Según la ley 37/2003 del 17 de noviembre sobre el Ruido, la contaminación acústica es la *“presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente”*.

La mayoría de las fuentes de contaminación acústica son por la acción humana. En la citada ley 37/2003 podemos encontrar que la actividad industrial o las infraestructuras portuarias son actividades catalogadas como potenciales fuentes de contaminación acústica. (37,38) En la zona del estudio se encuentran estas dos actividades.

Como se vio en los resultados de la encuesta, para los vecinos de la playa de Almassora un problema que les causa molestias graves es el ruido. Actualmente, en la estación de Almassora UM de la RVVCCA no se disponen de mediciones acústicas por lo que no se puede valorar.

Gracias a la presión de los vecinos de la playa de Almassora se han conseguido junto con los Agentes medioambientales de la zona tomar medidas contra el ruido. En el ANEXO III: DATOS CONTAMINACIÓN ACÚSTICA se adjuntan los datos de este estudio. Como se puede en dicho anexo, del 18 al 26 de abril de 2021, se tienen por la noche un porcentaje muy elevado de mediciones, por encima de los 50 dB (valor máximo establecido para una zona residencial). En concreto un 99.14 % de las

mediciones nocturnas están por encima de los 51.1 dB. Todas las demás semanas en las que se han tomado medidas, los decibelios que se han alcanzado en el periodo nocturno comprendido entre las 23-7 horas han estado en valores superiores a 51.1 dB en más de un 70%.

Durante el día los valores de decibelios se mantienen o aumentan ligeramente. Teniendo porcentajes del 5-17% de mediciones por encima de 55.1 dB, siendo puntuales (1-5% de las medidas) los casos donde se encuentran mediciones de más de 70 dB.

La contaminación acústica puede conllevar graves consecuencias en la salud de las personas. Puede entrañar riesgos psicopatológicos, como agitación respiratoria, aceleración del pulso, aumento de la presión arterial, dolor de cabeza y, ante sonidos extremos y constantes, gastritis, colitis o incluso infartos. También riesgos psicológicos, como episodios de estrés, fatiga, depresión, ansiedad o histeria tanto en seres humanos como en animales. También son frecuentes trastornos en el sueño, ya que un ruido por encima de los 45 dB impide conciliar el sueño o dormir correctamente. La Organización Mundial de la salud recomienda conciliar el sueño a no más de 30 dB. Esto puede influir, a posteriori, en nuestra conducta provocando episodios de agresividad o irritabilidad. Por último, el ruido, puede afectar a nuestra capacidad de concentración, lo que al tiempo puede provocar bajo rendimiento. (36)

## 6. PROPUESTAS DE MEJORA

Tras una revisión bibliográfica se proponen las siguientes medidas de mejora. Hay que tener en cuenta que la falta de información concreta de los procesos llevados a cabo en las instalaciones actuales, dificulta la elaboración de este apartado, que por tanto se plantea únicamente como una revisión de las estrategias de control disponibles para el tipo de actividades llevadas a cabo en la zona.

### PROPUESTAS DE TECNICAS DE MEJORA PARA LA INDUSTRIA BP OIL

La refinería BP Oil es la industria que más emisiones puede generar de COV's, como apuntan los datos del Registro Estatal de Emisiones y Fuentes contaminantes. Las propuestas de mejora por ello deberían ir focalizadas en su mayoría en el uso de las Mejores Técnicas Disponibles en las refinerías. (38)

Para poder minimizar las emisiones de COV's las refinerías deben adoptar un sistema de plantas de recogida de vapores orgánicos y establecer un sistema de antorchas (esto a su vez puede ser un gran productor de NOx), entre otras técnicas.

El trasvase de COV's es una actividad que puede conllevar gran emisión de este contaminante por lo que es necesario una correcta eliminación (39):

-Los depósitos y cisternas deben estar conectadas adecuadamente para enviar el aire saturado a las unidades de eliminación/recuperación

-Los COV's pueden ser recuperados/eliminados

Por otro lado, se puede disponer del sistema de antorchas como control de las emisiones en un sentido indirecto. Se reducen las emisiones de hidrocarburos, pero se emiten cantidades importantes de CO<sub>2</sub> y óxidos de nitrógeno, como ya se ha comentado.

Las antorchas son sobretodo elementos de seguridad como sumidero de gases en situaciones de emergencia.

A parte de las técnicas que se encuentran en la Guía de MDT en refinerías, otros métodos que se pueden emplear en la refinería BP Oil son el control por adsorción y condensación de hidrocarburos y la separación por membranas. En esta técnica los vapores orgánicos tienen una velocidad de permeación entre 10 y 100 veces mayor que O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> o CO<sub>2</sub>. El gas pasa a través de la membrana, obteniéndose un gas enriquecido que puede ser recuperado por condensación o absorción o ser eliminado por oxidación catalítica. Se crea una diferencia de presión a ambos lados de la membrana (exceso de presión en el lado de alimentación y vacío en el del permeado). Normalmente se aplica para corrientes con concentraciones elevadas de VOCs. Permite reutilizar materias primas. (39)

### PROPUESTAS DE TECNICAS DE MEJORA PARA LA REDUCCIÓN DE OXIDOS DE NITROGENO

La técnica de “combustión es dos etapas” permite en algunas plantas alimentadas con gas reducir las emisiones de NO en un 90 % (40) Además el gas de las antorchas que se emplean en técnicas de control de COV's puede ser recuperado y reciclado al sistema de gas combustible o se puede quemar en un cogenerador para proporcionar energía eléctrica. (41)

### PROPUESTAS DE MEJORA PARA EL IMPACTO VISUAL Y LAS PM

Una de las técnicas de mejora que se puede emplear para frenar el impacto visual que genera el polígono respecto a la Playa de Almassora es una pantalla verde. Esta propuesta está de hecho actualmente proyectada en el “Estudio técnico de Mejoras del Perímetro Sur de la Refinería de Castellón y del Polígono El Serrallo, Grao de Castellón (Castellón)”. Rev-1, a esperas de nueva resolución. (41)

Los resultados obtenidos del citado proyecto indican que:

Una barrera de entre 10 y 12 m de altura cortaría la mayor parte de las visuales salvo para algunos puntos de observación situados a mayor altura (observadores situados en una segunda o tercera planta de un edificio), por lo que la mejor opción es crear una barrera conjunta tanto en el exterior del polígono como en el interior. Las alturas necesarias pueden ser conseguidas con la plantación de arbolado de porte medio-alto. Entre las especies arbóreas que se han escogido destacan, el *Populus nigra* “itálica”, *Tamarix ramosissima*, *Phoneix dactylifera*, *Syagrus romanzoffianum*, entre otros. Además de todas las anteriores propuestas es muy importante que las empresas, desarrollen una actividad sostenible. Esta sostenibilidad puede verse favorecida por la implantación de normas ambientales como la ISO 14001. La aplicación de las normas ambientales puede proporcionar un equilibrio sostenible. Además, de cara a la imagen que dan las empresas económicamente también puede ser precisamente esta sostenibilidad un reclamo económico.

## 7. CONCLUSIONES

Se ha realizado una evaluación preliminar de la calidad del aire de la Playa de Almassora y del impacto que tiene sobre esta el polígono de El Serrallo.

Según los datos que hemos obtenido, ninguno de los contaminantes medidos en la zona por la Red Valenciana de vigilancia y control de la contaminación atmosférica (RVVCCA) acuerdo al RD 102/2011 (4), sobrepasa los valores límite de admisión. No obstante, hay concentraciones que se encuentran muy cercanas a estos límites o a los valores máximos recomendados por la OMS, como es el caso del SO<sub>2</sub> donde el máximo recomendado por la OMS es de 20 µg/m<sup>3</sup> y obtenemos un valor de 30 µg/m<sup>3</sup> diario en la estación de Almassora UM. Los valores de Ozono no sobrepasan, pero también se encuentran cerca del valor objetivo establecido por la legislación. Por otra parte, las concentraciones de COV's, en concreto benceno, tolueno y xileno registradas en Almassora UM, son las más altas de toda la Comunidad Valenciana en el año 2020.

La elaboración de las rosas de vientos de los diferentes contaminantes con el software WRPLOT ha permitido estudiar la procedencia de los contaminantes. En la mayoría de los casos se ha establecido que el polígono petroquímico El Serrallo y la zona portuaria son la principal fuente de contaminación en la playa de Almassora. Únicamente en el caso del NO<sub>2</sub> se ha encontrado que otras zonas industriales del término municipal de Almassora, Onda y Vila-Real tienen un impacto mayor en los niveles registrados. De hecho, en la estación de Almassora C.P. Ochando se ha visto que se sobrepasa el límite máximo de admisión diario de 50 µg/m<sup>3</sup> en 54 ocasiones. En ambos casos, la actividad de la industria azulejera e industrial en las referidas localidades parece estar contribuyendo a los elevados niveles de NO<sub>2</sub>.

En cuanto a la contaminación acústica, según los datos que se encuentran en el ANEXO II: DATOS CONTAMINACIÓN ACUSTICA, sí que se excede en varias ocasiones los valores límite recomendados en la ley 37/2003 (38) de 55 dB en horario nocturno.

Por otro lado, como conclusión de la encuesta sobre la percepción de olores realizada a los vecinos de la playa de Almassora, un porcentaje muy elevado piensa que existe una alta contaminación en la zona del estudio y que notan un fuerte olor más de 3 ocasiones a la semana. Además, para más del 90% de los encuestados las molestias que ocasiona el fuerte olor son muy graves.

Para poder concluir, cabe volver a recordar la definición de la Ley 34/2007 sobre la Contaminación Atmosférica como **“presencia en la atmósfera de materias, sustancias o formas de energía que impliquen molestia grave, riesgo o daño para la seguridad o la salud de las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza”**.

Si bien es cierto que en la zona del estudio los datos no sobrepasan los valores establecidos por la ley, si nos atenemos a la definición, podemos concluir que sí que existe contaminación en cuanto a que las sustancias presentes en la atmósfera están causando una “molestia grave” en la población. Molestia probablemente relacionada con los olores derivados de COV's y del ácido sulfhídrico. A pesar de la baja concentración del H<sub>2</sub>S, este un contaminante que se percibe a muy bajas concentraciones.

Como futura línea de actuación, indicar que sería conveniente realizar un estudio de mayor profundidad, que incluyera la determinación de otros compuestos orgánicos que

también pueden ser responsables de los olores percibidos por la población, con el fin de buscar soluciones adecuadas para minimizar el impacto de las actividades del polígono y zona portuaria en la playa de Almassora. Del mismo modo, sería conveniente ampliar la zona de estudio, dado que, aunque en la localidad de Almassora y el Grau de Castellón no se han detectado tantos problemas por olores, su proximidad a la zona industrial puede estar afectando a la calidad de su aire. Muchos contaminantes no presentan olor y no por ello dejan de ser peligrosos. Al contrario, pueden serlo mucho más. Además, en la población de Almassora se han detectado niveles muy elevados de NO<sub>2</sub>, los mayores de toda la Comunidad Valenciana, debido a otras actividades de la zona. Esto, sumado al efecto del polígono de El Serrallo y la zona portuaria podría resultar peligroso para la salud de la población y para el medioambiente.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. España. Ley 34/2017, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera. *Boletín Oficial del Estado*, 15 de noviembre de 2017, núm. 275, p. 46962 a 46987.
2. ENCINAS MALAGÓN, M. D. *Medio ambiente y contaminación. Principios básicos*. [en línea]. España, 2011 ISBN: 978-84-615-1145-7 [Consulta 24-07-2021] Disponible en: <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio%20Ambiente%20y%20Contaminaci%C3%B3n.%20Principios%20b%C3%A1sicos.pdf?sequence=6>
3. *Ecologistas en acción*. Ecologistas en acción [consulta 15-05-2021]. Disponible en: <https://www.ecologistasenaccion.org/>
4. España. Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. *Boletín Oficial del Estado*, 29 de enero de 2011, núm. 25, p. 9574 a 9626.
5. Contaminación Atmosférica. (Curso 2016/2017) “Tema 4. Contaminación atmosférica con azufre”.
6. *Air pollution*. World Health Organization [consulta 18-05-2021]. Disponible en: [https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1)
7. Contaminación Atmosférica. (Curso 2016/2017) “Tema 7. Compuestos inorgánicos de nitrógeno”.
8. *Partículas*. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico [consulta 20-05-2021]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/salud/particulas.aspx>
9. *Monóxido de carbono*. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico [consulta 20-05-2021]. Disponible en:

- <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/salud/monoxido-carbono.aspx#:~:text=El%20CO%20penetra%20en%20el,cabeza%2C%20mar eos%20y%20fatiga%3B%20estos>
10. *De compuestos orgánicos volátiles*. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico [consulta 20-05-2021]. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/act-emis/compuestos\\_organicos\\_volatiles.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/act-emis/compuestos_organicos_volatiles.aspx)
  11. *IARC Monographs Volume 120: Benzene*, [En línea] International Agency for Research on Cancer. [Consulta: 02-06-2021] Disponible en: <https://www.iarc.who.int/news-events/iarc-monographs-volume-120-benzene/>
  12. LAMPARERO LÁZARO, Jorge. *Plan de Mejora de la Calidad del Aire de la Zona ES1003: Mijares-Penyagolosa (A. Costera) y Aglomeración ES1015: Castelló*. [en línea] Miró Bayarri, José V (cord.). 2008. [Consulta: 02-06-2021] Disponible en: <https://agroambient.gva.es/documents/20549779/92789116/12719-58812-PLAN+CASTELLON+FINAL+PORTADA/94e86767-8f25-4b61-b750-cd036919f4d5>
  13. Contaminación Atmosférica. (Curso 2016/2017) “Tema 2. Control de la Calidad el Aire”.
  14. PACHÉS GINER, María Aguas Vivas. Red Valenciana de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica. 2020.
  15. *Normativa*, Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico [consulta 20-05-2021]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/normativa/>
  16. Comunidad Valenciana. Decreto 161/2003, de 5 de septiembre, del Consell de la Generalitat, por el que se designa el organismo competente para la evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en la Comunidad Valenciana y se crea la Red Valenciana de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica. *Diari Oficial de la Comunitat Valenciana*, 16 de septiembre de 2003, núm. 4.588, p. 23226 a 2328.
  17. *Redes de vigilancia de la calidad del aire*. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico [consulta 28-06-2021]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/evaluacion-datos/redes/default.aspx>
  18. AEMET, AEMET [consulta 30-06-2021]. Disponible en: <http://www.aemet.es/es/portada>

19. GALLEGO PIÑOL, Eva y Francisco Perales Lorente, José. *Estudi preliminar de modelització numèrica per avaluar l'abast de l'impacte del Polígon Industrial El Serrallo*. [en línea] Barcelona: Universitat, Departament d'Enginyeria Química, 2019. [consulta 1-08-2021].
20. *Desembocadura del Millars*, Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica [consulta 04-08-2021] Disponible en: <https://agroambient.gva.es/es/web/espacios-naturales-protegidos/desembocadura-del-millars-5679>
21. ORTEGA, Lorena. Chollos en primera línea de polígono petroquímico. *El Mundo*, 2015 [Consulta 15-07-2021] Disponible en: [https://elpais.com/ccaa/2015/08/12/valencia/1439403559\\_340321.html](https://elpais.com/ccaa/2015/08/12/valencia/1439403559_340321.html)
22. *Plan de acción territorial del área funcional de Castelló*. [en línea] Conselleria de Política Territorial, Obras Públicas y Movilidad, [consulta 22-07-2021]. Disponible en: <https://politicaterritorial.gva.es/documents/20551069/163739430/01.1+Esborran+y+del+Pla+i+Document+Inicial+Estrat%C3%A8gic+%28valenci%C3%A0%29/af+a7100d-f9f2-472f-add1-eb68b9e99d03>
23. *El Plan de Acción Territorial espera más de 400 alegaciones procedentes de Almassora y Castelló*. Castellón información, 2020 [Consulta 24-07-2021] Disponible en: <https://www.castelloninformacion.com/el-pat-espera-mas-de-400-alegaciones-de-almassora-y-castello/>
24. *Conselleria retoma las mesas sectoriales para la elaboración del plan de Acción Territorial de Castellón*. Castellón información, 2021 [Consulta 28-07-2021] Disponible en: <https://www.castelloninformacion.com/conselleria-retoma-las-mesas-sectoriales-para-elaborar-el-pat-de-castellon/>
25. *En la Refinería de Castellón contamos con más de 50 años de historia*. BP Oil España [Consulta 30-07-2021] Disponible en: [https://www.bp.com/es\\_es/spain/home/donde-estamos/refineria-de-castellon/historia-refineria-castellon.html](https://www.bp.com/es_es/spain/home/donde-estamos/refineria-de-castellon/historia-refineria-castellon.html)
26. *Desmantelan las torres de Iberdrola, signo económico de los años 70 en Castellón*. Associació Valenciana d'arqueologia industrial, 2010 [Consulta 15-08-2021] Disponible en: <https://arqueologiaindustrial.wordpress.com/2010/11/13/desmantelan-las-torres-de-iberdrola-signo-economico-de-los-anos-70-en-castellon/>
27. VICENTE, Daniel. *El Consell 'condena' al parque industrial junto a la Intermodal a 885.716 m2 menos disponibles*. *El Mundo*, 2020 [Consulta 17-08-2021]

- Disponible en: <https://www.elmundo.es/comunidad-valenciana/castellon/2020/11/15/5fb03642fc6c83ca558b459e.html>
28. *Información de la red ferroviaria del puerto de Castellón*. Autoridad Portuaria de Castellón. Castelló, 2018 [Consulta 26-08-2021] Disponible en: <https://www.portcastello.com/wp-content/uploads/2018/02/informacion-de-la-red-ferroviaria-del-puerto-de-castellon.pdf>
  29. *BP Oil España*, BP Oil España [Consulta 24-08-2021] Disponible en: [https://www.bp.com/es\\_es/spain/home.html](https://www.bp.com/es_es/spain/home.html)
  30. *BP OIL ESPAÑA S.A.U. REFINERIA DE CASTELLÓN (COD. PRTR: 704)*. Registro Estatal de Emisiones y Fuentes contaminantes, 2020. [Consulta 24-08-2021] Disponible en: [https://prtr.es.es/informes/fichacomplejo.aspx?Id\\_Complejo=607](https://prtr.es.es/informes/fichacomplejo.aspx?Id_Complejo=607)
  31. *Memoria de Sostenibilidad*, [en línea] UBE Corporation Europe, 2020. [Consulta 16-08-2021] Disponible en: <https://ube.es/wp-content/uploads/2021/01/Informe-no-Financiero-2019.pdf>
  32. FABREGAT PORCAR, Alexis. “Plan de mantenimiento y rediseño de la red de refrigeración de la unidad de sulfato amónico en UBE Corporation Europe S.A. en Castellón”. Director: Kudama Habib Ameen. Proyecto Fin de Grado. Universitat Jaume I de Castelló, Ingeniería mecánica, Castelló, 2018.
  33. GALLEGO PICÓ, Alejandra, Gonzáles Fernández, Ignacio et al. *Contaminación atmosférica*. Madrid: UNED, 2012. 441 p. ISBN: 978-84-362-6428-9.
  34. *Calidad del aire y salud*, Organización Mundial de la Salud, 2018. [Consulta: 17-08-2021] Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
  35. *Límites recomendados por razones de salud en la exposición profesional a determinados solventes orgánicos*. [En línea] España: Organización Mundial de la Salud, 1980. [Consulta: 17-08-2021] ISBN: 92-4-320664-8 Disponible en: [http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41228/WHO\\_TRS\\_664\\_spa.pdf?sequence=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41228/WHO_TRS_664_spa.pdf?sequence=1)
  36. España. Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental. *Boletín Oficial del Estado*, 17 de diciembre de 2005, núm. 301, p. 41356 a 41363.
  37. *Contaminación Olorífera* [en línea] Asociación Española para la calidad. [Consulta 21-08-2021] Disponible en: [https://www.aec.es/c/document\\_library/get\\_file?uuid=3527643c-0525-42fd-9943-1c881254e44f&groupId=10128](https://www.aec.es/c/document_library/get_file?uuid=3527643c-0525-42fd-9943-1c881254e44f&groupId=10128)

38. *Guía de mejores técnicas disponibles en España del sector refino de petróleo* [en línea]. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, 2004. [Consulta 24-08-2021]  
ISBN.: 84-8320-259-X Disponible en: <https://prtr.es/data/images/Gu%C3%ADa%20MTD%20en%20Espa%C3%B1a%20Sector%20Refino-CA3011F7BAF05D92.pdf>
39. Contaminación Atmosférica. (Curso 2016/2017) “Tema 15. Control de emisiones de COVs. Fuentes fijas”.
40. Contaminación Atmosférica. (Curso 2016/2017) “Tema 8. Control de los óxidos de nitrógeno”.
41. *Estudio técnico de Mejoras del Perímetro Sur de la Refinería de Castellón y del Polígono El Serrallo, Grao de Castellón (Castellón). Rev-1.* [en línea] Castelló: CITEC, [consulta 4-9-2021].