



**SOLICITUD DE INICIO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL SIMPLIFICADA
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN GRUPO DE BALSAS DE EVAPORACIÓN DE
EFLUENTES PROCEDENTES DE UNA INDUSTRIA DE ADEREZO DE ACEITUNAS
EN ALMENDRALEJO (BADAJOZ)**

ANEXO I. ESTUDIO DE DISPERSIÓN DE OLORES

ANEXO I. ESTUDIO DE DISPERSIÓN DE OLORES



Estudio de dispersión de olores de las balsas de evaporación y su futura ampliación en la planta de *Olives & Pickles*, en Almendralejo, Badajoz

Fecha: 24/02/2017

TROPOSFERA[®]
SOLUCIONES SOSTENIBLES PARA EL MEDIO AMBIENTE

Informe nº: 0224/17

© Troposfera Soluciones Sostenibles, S.L.

C/Real, 217-Bajo; 15401 - Ferrol (A Coruña). España.

✉ troposfera@troposfera.es · ☎ 0034 881.25.80.26

<http://www.troposfera.es>



ESTUDIO DE DISPERSIÓN DE OLORES DE LAS BALSAS DE EVAPORACIÓN Y SU FUTURA AMPLIACIÓN EN LA PLANTA DE OLIVES & PICKLES, EN ALMENDRALEJO, BADAJOZ

Realizado para



Por **TROPOSFERA**
SOLUCIONES SOSTENIBLES PARA EL MEDIO AMBIENTE

EQUIPO TÉCNICO:

David Cartelle Fernández. Director Técnico	Lic. Biología
Anxo Rodríguez López. Resp. Dpto. Modelización	Dr. Ing. Químico
David Valiño Martínez. Técnico Dpto. Modelización	Ing. Ambiental



Contenido

1.- OBJETO DEL ESTUDIO	4
1.1.- LOCALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES	5
1.2.- INTRODUCCIÓN A LOS ESTUDIOS DE DISPERSIÓN	6
1.3.- LOS OLORES	7
2.- METODOLOGÍA.....	7
AERMOD: Fundamentos del Modelo de Difusión	7
3.- DOMINIO DE SIMULACIÓN	10
4.- METEOROLOGÍA	12
4.1.- Valores climatológicos de Almendralejo	12
4.2.- MODELIZACIÓN METEOROLÓGICA	14
El modelo WRF	15
5.-ESTIMACIÓN DE EMISIONES.....	18
5.1.- Introducción a la determinación de los olores.....	18
5.2.-Zonas de emisión de olor en la Planta	20
5.2.- Estimación de las emisiones de olor	22
6.- RESULTADOS.....	25
6.1.- Resultados del percentil 98 de los valores horarios	26
6.1.1.- Situación actual	26
6.1.2.- Situación de ampliación	27
6.2.- Resultados sobre receptores discretos	28
6.2.1.- Situación actual	29
6.2.2.- Situación de ampliación	29
6.3.- Resultados de la modelización de fenoles	29
7.- CONCLUSIONES	30
8.- REFERENCIAS BIBIOGRÁFICAS	32

1.- OBJETO DEL ESTUDIO

El grupo *Olives & Pickles S.L.* es una empresa especializada en la producción y envasado de aceituna de mesa en su planta de producción situada en Almendralejo, Badajoz.

Este tipo de actividad genera grandes cantidades de aguas residuales del proceso de lavado de las aceitunas que deben ser depuradas. Estas aguas se almacenan en balsas para su previa evaporación y es este proceso el que es susceptible de ocasionar molestias por olores. Dicho efluente está compuesto mayormente por el líquido de conservación de la aceitunas de mesa hasta el momento de su envasado.

El objeto del presente estudio es la realización de la simulación de la dispersión de los olores procedentes de las fuentes emisoras de las balsas pertenecientes a la planta de *Olives & Pickles*, y la simulación de una situación de ampliación futura en la que se construirían 5 balsas más a mayores de las existentes.

El estudio se realiza mediante la aplicación de un modelo numérico de dispersión atmosférica.

Para el estudio de dispersión del penacho de la chimenea, se ha utilizado el modelo de difusión **AERMOD**.

AERMOD es un modelo de penacho en estado estacionario que incorpora la dispersión basada en la estructura y conceptos de escalado de la turbulencia en la capa límite planetaria, incluyendo el tratamiento de fuentes de área, de volumen y puntuales (chimeneas), todo ello para terrenos complejos y simples. Incorpora los algoritmos del modelo PRIME (Plume Rise Model Enhancements) para evaluar los efectos dinámicos de edificios en las inmediaciones de las fuentes. Mediante este modelo, es posible estimar los niveles de inmisión por olores alcanzados en el entorno de las instalaciones.



Existen varios modelos con los cuales afrontar la simulación de la dispersión de los contaminantes en la atmósfera. En el estado del arte actual, los modelos regulatorios de la EPA (Agencia de protección ambiental de EE.UU) son los más utilizados para realizar estas simulaciones.

El 9 de noviembre de 2005, AERMOD fue aprobado por la US EPA y promulgado como modelo regulatorio, substituyendo al ISCST3, del cual puede considerarse una evolución. Desde entonces, AERMOD es uno de los modelos más utilizados, estando su uso ampliamente contrastado y publicado en la Guideline on Air Quality Models (revisado por el Appendix W (FDF) of 40 CFR Part. 51) de la US EPA, estando además considerado como un modelo de última generación (http://www.epa.gov/ttn/scram/dispersion_prefrec.htm#aermod).

Los datos meteorológicos, necesarios para la ejecución del modelo, han sido tomados de la serie horaria de condiciones meteorológicas sobre el entorno de la planta, correspondientes al año 2016, elaboradas a partir de datos del modelo meteorológico de mesoescala WRF y tratados con los pre-procesadores adecuados.

1.1.- LOCALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES

La planta de *Olives & Pickles* se encuentra situada en Almendralejo, Badajoz, a unos 4 km del centro urbano. Las coordenadas de las balsas en las que se depositan los afluentes de la planta son (UTM, huso 29 - WGS-84): X= 720.497 m, Y= 4.283.740 m.

En la siguiente figura se detalla la localización de las instalaciones:

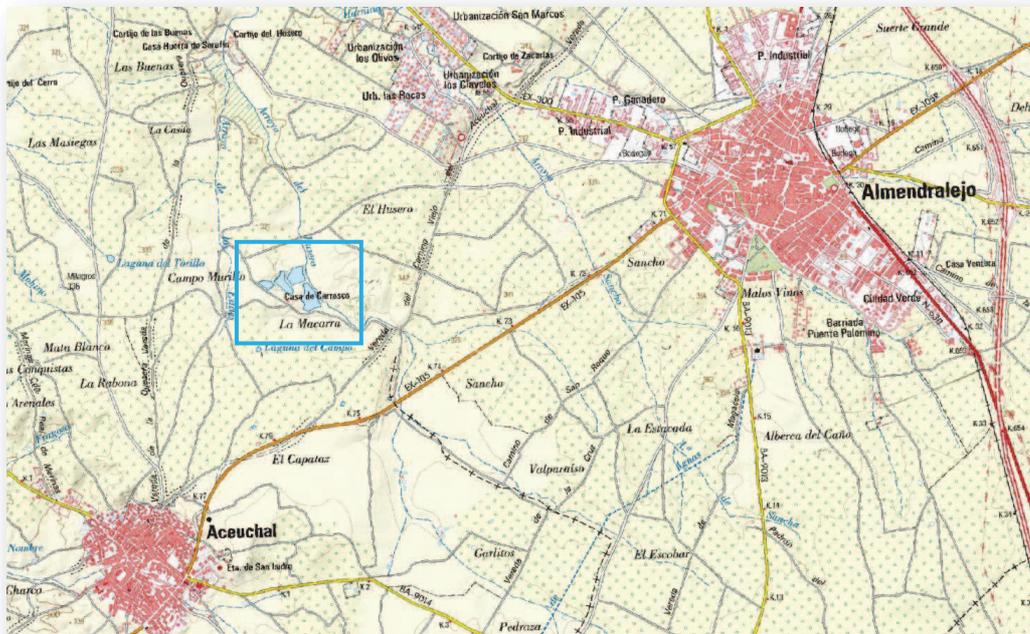




Figura 1.- Localización de las balsas de efluentes de la planta de *Olives & Pickles* en Almendralejo, Badajoz.

1.2.- INTRODUCCIÓN A LOS ESTUDIOS DE DISPERSIÓN

La 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 (Diario Oficial de la Unión Europea nº L 152/1 del 11.06.2008), incorpora el uso de la modelización matemática de la contaminación atmosférica entre las técnicas de evaluación de la calidad del aire. Concretamente en el punto 6 de su introducción se señala “Cuando sea posible, deben aplicarse técnicas de modelización que permitan interpretar los datos puntuales en función de la distribución geográfica de la concentración, lo que podría servir de base para calcular el grado de exposición colectiva de la población residente en la zona”, indicando, en su ANEXO I, los objetivos de calidad de los datos para la evaluación de la calidad del aire ambiente por esta metodología.

A nivel estatal, se establece en el Real Decreto 102/2011 de 18 de octubre, que podrán utilizarse otras técnicas (distintas a la medición) para evaluar y predecir la calidad del aire, como los modelos matemáticos. Aunque hasta el momento no existe un modelo regulatorio a nivel estatal ni a nivel europeo, sí se han publicado guías de aplicación de los modelos más adecuados para cada caso, realizados por el grupo de trabajo de modelización para el V Seminario de Calidad del Aire de España, auspiciado por el Ministerio de Medio Ambiente en España, y en Europa el Foro para la modelización de la calidad del aire en Europa (FAIRMODE) financiado por la UE.



1.3.- LOS OLORES

Un olor se define como la sensación resultante de la recepción de un estímulo por el sistema sensorial olfativo.

Para el estudio de la problemática de los olores se llevan utilizando desde hace tiempo los modelos matemáticos de dispersión como complemento y herramienta de validación de las medidas de campo. En este sentido, los modelos de dispersión son una excelente solución para comprender la evolución temporal y espacial de los olores:

- ▶ Proporciona estimaciones imparciales, reproductivas, y cuantitativas de las concentraciones del olor en muchos puntos en el dominio de estudio.
- ▶ Permite la evaluación de numerosos factores ya sea individualmente o de modo global.
- ▶ Permite el planteamiento del escenario “en el peor caso”.
- ▶ Permite evaluar los beneficios en la reducción de emisiones de la fuente emisora.
- ▶ Es substancialmente más bajo en coste que la evaluación de la calidad del aire por métodos analítico.
- ▶ Es la ÚNICA manera de evaluar el impacto en escenarios futuros.

La dispersión de olores está principalmente sujeta por la topografía alrededor de la fuente emisora de olores y las condiciones atmosféricas (Jacobson et al., 2005).

Los principales parámetros utilizados para describir las condiciones atmosféricas son la temperatura ambiente, la capa de mezcla, la clase de estabilidad atmosférica, velocidad y dirección de viento, humedad relativa y radiación solar. (Guo et al., 2001b). Por otro lado, la clase de estabilidad atmosférica tiene un impacto sustancial en la dispersión de los olores (Jacobson et al., 2000).

La concentración de olor es, según la norma UNE EN 13725, “el número de unidades de olor europeas por metro cúbico en condiciones normales”. La concentración de olor se mide en unidades de olor europeas y su símbolo es OU_E . En general, la concentración de olor se calcula a partir del número de veces que hay que diluir un gas para que pueda ser detectado por el 50% de un grupo de personas adecuadamente entrenadas para ello (panel olfatométrico).

2.- METODOLOGÍA

AERMOD: Fundamentos del Modelo de Difusión

El sistema de modelización AERMOD está estructurado en tres módulos diferentes, el propio módulo AERMOD, y dos módulos llamados AERMAP y AERMET.

En la siguiente Figura 2 se presenta un esquema descriptivo del funcionamiento del modelo de dispersión AERMOD.

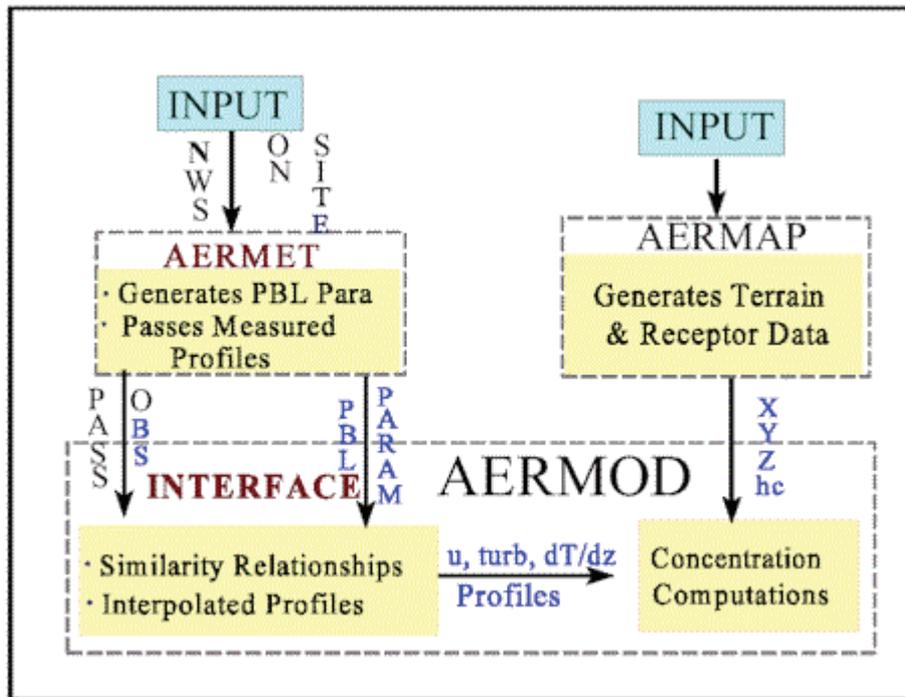


Figura 2.- Representación esquemática de funcionamiento de AERMOD

AERMET es el módulo meteorológico que procesa los datos de capa límite y otros parámetros requeridos para el funcionamiento de AERMOD. Como datos de entrada AERMET acepta datos de estaciones meteorológicas y radiosondeos o datos procedentes del acoplamiento de algún modelo meteorológico. AERMET crea dos ficheros requeridos por AERMOD, un archivo de información meteorológica en superficie y un archivo del perfil en altura.

Por su parte, **AERMAP** se encarga de procesar la topografía a partir de datos del terreno, con el fin de calcular una altura de influencia representativa del terreno o también denominada escala de altura del terreno. A su vez este módulo define el número de receptores discretos donde el modelo AERMOD calculará la concentración de los contaminantes y/o define las coordenadas de un dominio cartesiano donde AERMOD evaluará la concentración.

AERMOD es un modelo de penacho en régimen estacionario recomendado por la Agencia de Protección del Medio Ambiente norte-americana (EPA, www.epa.gov/ttn/scram/dispersion_prefrec.htm).

El modelo asume que la distribución de concentraciones es gaussiana bajo condiciones de capa límite estable tanto en la dirección horizontal como la vertical, mientras que en condiciones de capa límite convectiva la distribución de la concentración horizontal es gaussiana y la distribución vertical se describe a partir de una función de densidad de probabilidad bi-gaussiana.

AERMOD permite considerar fuentes de tipo puntual, superficiales o volumétricas, y es aplicable a áreas de topografía tanto simple como compleja. AERMOD considera el terreno complejo mediante el concepto de división de trayectoria de flujo. De tal

manera que el comportamiento del penacho que resulta del efecto del terreno es un promedio compensado de dos flujos: uno por encima del obstáculo y otro alrededor de éste.

En los sucesivos capítulos se detallan las distintas etapas y procesos de la metodología utilizada en la modelización de la dispersión con AERMOD, la cual se esquematiza en la siguiente Figura 3:

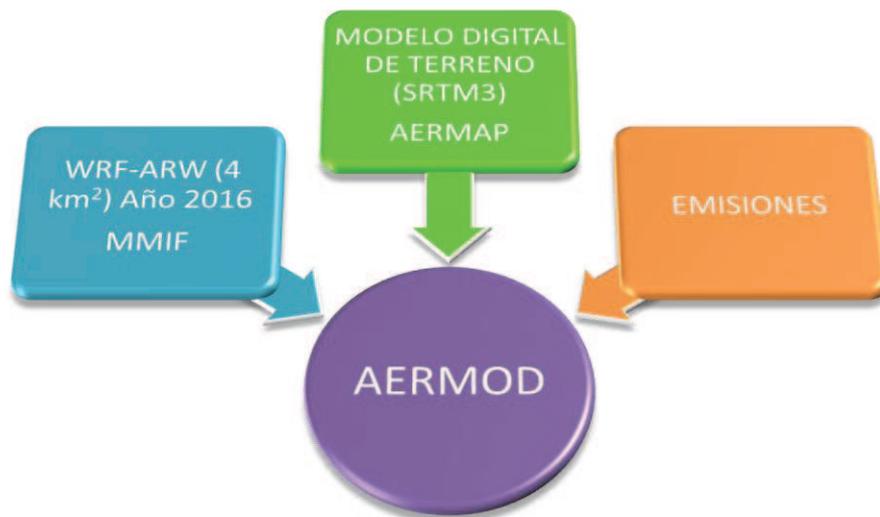


Figura 3.- Diagrama de la metodología de modelización

Por último, AERMOD considera que las emisiones viajan en línea recta, que la meteorología no varía en el espacio (meteorología estacionaria), que no existen emisiones previas y que la velocidad del viento siempre es no nula.

AERMOD también necesita como datos de entrada los siguientes parámetros:

- » Localización y características de las fuentes emisoras incluyendo diferentes parámetros físicos y la intensidad de emisión.
- » Localización de puntos receptores y/o definición de un dominio cartesiano de resolución horizontal dada.
- » Datos meteorológicos del punto donde se ubican los focos emisores. Específicamente requiere valores horarios de velocidad del viento, dirección del viento, temperatura, humedad relativa, cobertura nubosa y altura de las nubes.
- » Información topográfica del terreno a modelizar con una resolución horizontal dada.
- » Definición de los parámetros albedo, coeficiente de Bowen y longitud de rugosidad según los usos del suelo asignados a la ubicación del foco emisor (rural, en este caso).

3.- DOMINIO DE SIMULACIÓN

El dominio seleccionado (Figura 4) para el presente estudio abarca, con una resolución de 200 metros de celda, un área de 144 km² en torno a las instalaciones de la planta de procesado y envasado de aceitunas de *Olives & Pickles* en Almendralejo, Badajoz.

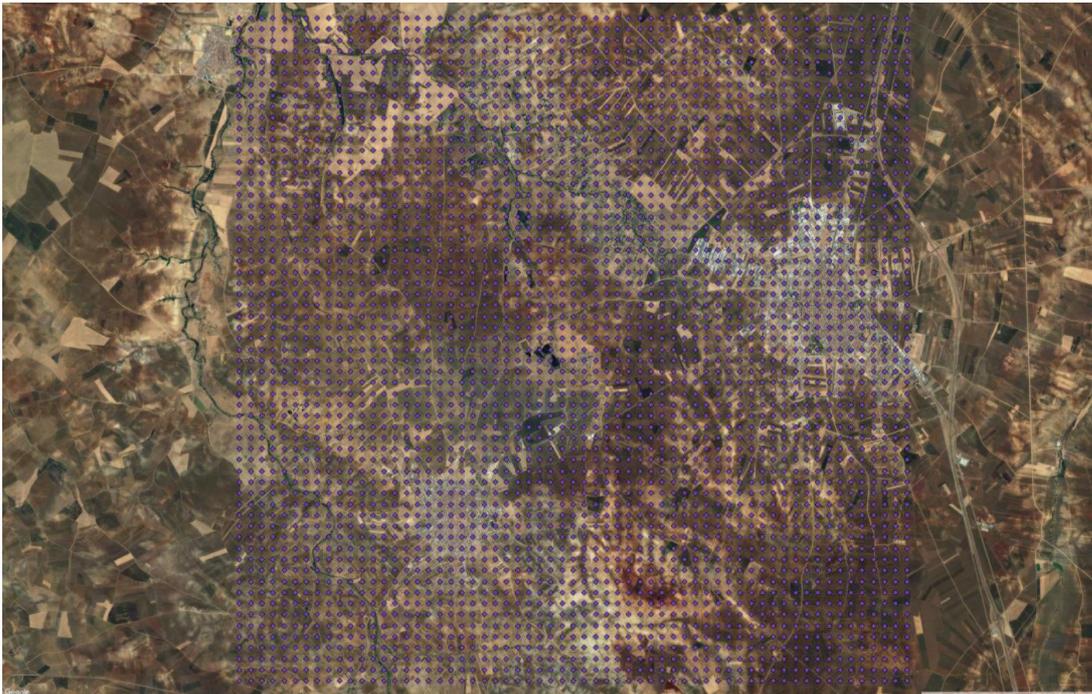


Figura 4.- Descripción y representación del dominio utilizado para la simulación de la calidad del aire con el modelo AERMOD.

Así, la esquina inferior izquierda del dominio de simulación queda definida por las coordenadas UTM (huso 29, WGS-84) X=714.494 m; Y= 4.277.740 m.

De este modo, el dominio, de 144 km², abarca las inmediaciones de las balsas de efluentes de la planta, así como las poblaciones de Almendralejo y Aceuchal.

Para este dominio se incorporaron datos de uso del suelo disponibles en la base de datos del Global Land Cover Characterization (GLCC). Estos datos tienen una resolución de 300 m y contienen 22 clases de usos de suelo definidos según el LCSS (Land Cover Classification System). El GLCC está basado en las observaciones llevadas a cabo por el sensor MERIS del satélite ENVISAT entre diciembre de 2004 y junio de 2006.

Para este dominio se incorporaron además datos topográficos para construir el modelo digital de terreno (MDT), obtenidos a partir del "Shuttle Radar Topography Mission" (SRTM), con una alta resolución (90 m). Posteriormente, estos datos se incorporaron al modelo AERMOD a través del pre-procesador AERMAP.

En la siguiente Figura 5, se expone el modelo digital de terreno construido para la simulación:



Figura 5.- Modelo digital de terreno para el dominio.

La versión de AERMOD utilizada en este estudio es la última disponible, 14134, y las opciones de dispersión consideradas para su ejecución fueron las regulatorias por defecto.

Por otro lado se han considerado, entre otras, las opciones de topografía compleja (*elevation*) y atribuyendo una ocupación del terreno de tipo rural. No se ha considerado la posible transformación química de las emisiones en la atmósfera, teniendo en cuenta que los tiempos de vida o residencia de los distintos compuestos gaseosos en la capa límite atmosférica varían sensiblemente dependiendo de las condiciones atmosféricas así como del tipo de compuesto que conforme.

Por último, para alimentar el modelo con datos meteorológicos se ha utilizado el modelo meteorológico WRF como “*input*” al modelo AERMOD, a través del preprocesador de la US EPA denominado **MMIF**. Se trata de un proceso documentado y avalado procedimentalmente por la EPA.



4.- METEOROLOGÍA

4.1.- Valores climatológicos de Almendralejo

Almendralejo y su entorno geográfico participan de un clima mediterráneo, con un marcado factor continental, atenuado por la cercanía al dominio oceánico, sin barreras orográficas de entidad que interfieran los vientos dominantes del oeste.

A nivel térmico se caracteriza por un verano cálido y un invierno suave, con una corta transición de primavera.

El término municipal está comprendido entre las isotermas de los 15°C y 17°C. Las heladas que se producen en invierno son por irradiación bajo condiciones anticiclónicas fuertes. Las últimas heladas suelen quedar restringidas hasta finales de marzo, no siendo extrañas algunas heladas esporádicas a inicios de abril. La isoterma del verano está en los 25°C, registrándose valores máximos absolutos superiores a los 40°C.

Las estaciones intermedias, primavera y otoño, son más uniformes térmicamente. Las temperaturas medias oscilan entre los 15°C y los 19°C. La primavera es un poco más inestable y fría, situándose los valores medios entre los 15°C y los 16°C. Las heladas se producen por irradiación y bajo condiciones de tiempo anticiclónico muy acusado, por lo general se producen por la noche, siendo poco persistentes y tendiendo a desaparecer con las primeras horas del día.

Una tónica dominante es la ausencia de precipitaciones, que se prolonga desde mediados de mayo a octubre, siendo su régimen irregular e impredecible. Esta ausencia de precipitaciones se ve interrumpida ocasionalmente por la presencia de tormentas y aguaceros. Viene siendo normal la ausencia total o casi total de precipitaciones en los meses de julio y agosto.

Las precipitaciones anuales son muy irregulares, situándose los 300 y 700 mm anuales, producidas casi en su totalidad en otoño, invierno, y principios de primavera. Los veranos son muy secos. Este régimen irregular se debe al estar en una zona de contrastes y cambios en los fenómenos meteorológicos.

La presencia de lluvia se hace prácticamente nula de mayo a octubre, salvo tormentas estivales (bajas térmicas) producidas por un recalentamiento de la superficie.

En resumen, nos encontramos en una zona de clima mediterráneo atenuado caracterizado por los contrastes estacionales, según el Sistema de Köpen, un clima templado de verano seco (Csa).¹

Los datos climatológicos normales (Tabla 1) se corresponden con los datos recogidos para el período 1981-2010 por la estación de 'Badajoz Aeropuerto', situada en los

¹<http://almendralejoempresarial.com>

alrededores de Badajoz, coordenadas geográficas 38° 53' 0" N - 6° 48' 50" O y altitud de 185 m, la más cercana a la situación del dominio modelizado.

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	9.9	15.7	4.1	68	74	6.3	0.0	0.6	3.0	4.9	10.8	182
Febrero	11.3	17.4	5.2	53	71	6.0	0.0	0.6	3.1	2.1	8.2	186
Marzo	13.9	20.8	7.0	42	64	5.0	0.0	0.7	1.7	0.5	9.3	221
Abril	15.5	22.2	8.8	60	61	6.9	0.0	1.7	1.0	0.0	6.6	236
Mayo	18.9	26.0	11.7	39	57	4.4	0.0	1.8	0.3	0.0	7.7	287
Junio	23.3	31.2	15.5	9	50	1.1	0.0	0.4	0.1	0.0	15.0	331
Julio	26.7	35.2	18.2	2	44	0.4	0.0	0.4	0.5	0.0	22.3	360
Agosto	26.9	34.7	19.0	4	47	0.4	0.0	0.5	0.2	0.0	20.6	337
Septiembre	23.9	31.0	16.7	27	54	2.0	0.0	1.2	0.1	0.0	11.5	243
Octubre	19.2	25.4	13.0	67	64	6.1	0.0	1.0	0.9	0.0	8.8	220
Noviembre	14.1	19.7	8.5	86	72	6.8	0.0	1.0	2.0	0.3	8.7	182
Diciembre	11.3	16.4	6.1	94	77	7.6	0.0	1.0	3.1	2.1	8.4	163
Año	17.9	24.7	11.2	543	61	52.5	0.0	11.0	15.6	9.6	139.0	-

Tabla I.- Datos climatológicos de la estación 'Badajoz Aeropuerto'. (FUENTE: AEMET)

Leyenda

- T** --- Temperatura media mensual/anual (°C)
- TM** --- Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
- Tm** --- Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
- R** --- Precipitación mensual/anual media (mm)
- H** --- Humedad relativa media (%)
- DR** --- Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
- DN** --- Número medio mensual/anual de días de nieve
- DT** --- Número medio mensual/anual de días de tormenta
- DF** --- Número medio mensual/anual de días de niebla
- DH** --- Número medio mensual/anual de días de helada
- DD** --- Número medio mensual/anual de días despejados
- I** --- Número medio mensual/anual de horas de sol

A continuación se expone la rosa anual de viento para la estación de 'Badajoz - Talavera La Real'², siendo la estación climática, con observaciones entre 1971 y 2000 más cercana al dominio de simulación de este estudio:

²Fuente: AEMET

VALORES NORMALES. PERIODO 1971-2000

BADAJOZ 'TALAVERA LA REAL'

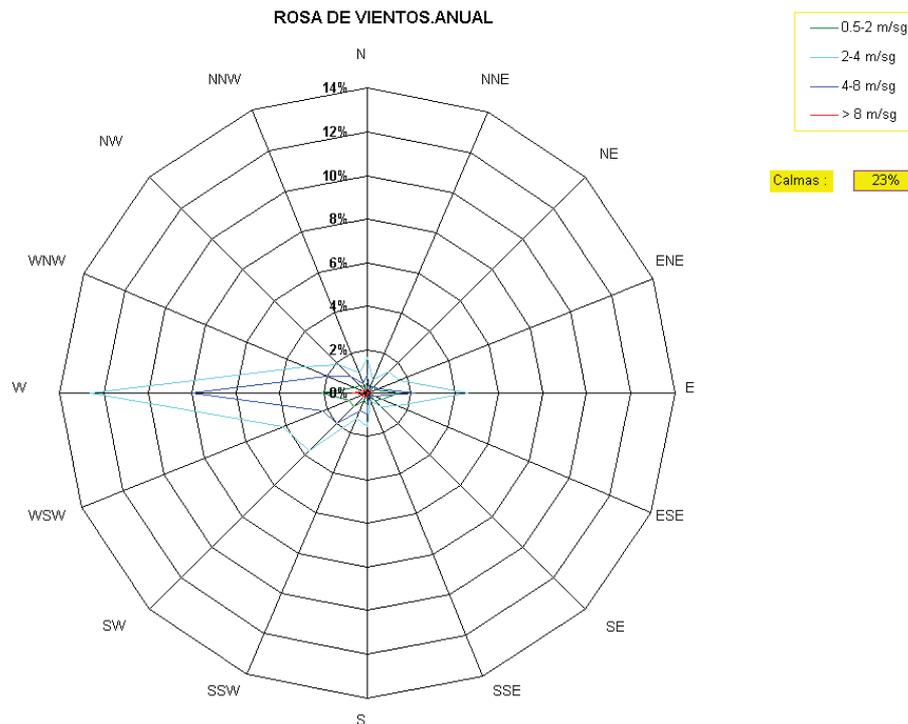


Figura 6.- Rosa de vientos en la estación 'Badajoz - Talavera La Real' para el período 1971-2000. FUENTE: AEMET

4.2.- MODELIZACIÓN METEOROLÓGICA

En la mayor parte de las localizaciones en las que se desarrollan trabajos de modelización de la dispersión de contaminantes atmosféricos, existe la dificultad añadida de que no existen datos de estaciones meteorológicas de superficie y/o de radiosondeos (datos meteorológicos en altura). Es por ello que en el estado del arte actual se utilizan frecuentemente datos de modelos meteorológicos para suplir estos datos de medidas, tanto en superficie como en altura.

En este sentido, la EPA ha desarrollado recientemente un preprocesador meteorológico, denominado **MMIF** (*The Mesoscale Model Interface Program*) que convierte las salidas de los modelos meteorológicos de diagnóstico y pronóstico a los parámetros y formatos requeridos para la entrada directa en los modelos de dispersión; en concreto para los modelos **AERMOD**, **CALPUFF** y **SCICHEM**.

La versión actual del MMIF (3.2) procesa específicamente los campos geofísicos y meteorológicos del modelo MM5 (*Fifth Generation Mesoscale Model*) y del modelo *Weather Research and Forecasting* (WRF). Además, el preprocesador MMIF incorpora diversas opciones, como diversos cálculos para la altura de la capa límite.

Una de las ventajas del preprocesador MMIF es la generación de ficheros meteorológicos de entrada directa a AERMOD, sin pasar por el preprocesador AERMET, de datos en superficie y altura (*"upper air"*) a partir de estos modelos meteorológicos. Así, en el presente estudio se han generado los ficheros meteorológicos de AERMOD directamente desde MMIF, sin realizar el preproceso de AERMET. Además, las



opciones utilizadas para la extracción de los datos meteorológicos han sido las recomendadas por la US EPA; a continuación se exponen estas opciones utilizadas en MMIF:

- » Fecha Inicio: Start 2016-01-01_01:00:00
- » Fecha Fin: Stop 2016-12-31_23:00:00
- » Coordenadas de extracción: POINT LATLON 38.674 -6.465
- » Capas en altura: layers top 20,40,80,160,320,640,1200,2000,3000,4000 m.
- » Stability Golder

Como entrada al preprocesador MMIF se utilizaron los datos del modelo meteorológico de mesoescala WRF (*Weather Research and Forecasting*). De este modo, se realizó la simulación para todo el año 2016 de la meteorología de la zona a través del modelo WRF-ARW, con una resolución para el dominio de simulación correspondiente a la planta de 4 km². Una vez realizadas las simulaciones con el modelo WRF se extrajeron para las coordenadas de la planta los datos meteorológicos en superficie y en altura. Como se comentó anteriormente, toda esta tarea se realizó a través del preprocesador de la EPA **MMIF** (*The Mesoscale Model Interface Program*), que convierte los campos de las salidas del modelo de mesoescala WRF en los parámetros y formatos requeridos por AERMOD.

El modelo WRF

El WRF (<http://www.wrf-model.org>) es un modelo meteorológico de última generación que permite obtener campos de viento, presión, temperatura y humedad, entre otros, con alta resolución espacio-temporal, los cuales son de suma importancia como datos de entrada de los modelos de calidad de aire. El modelo WRF tiene la particularidad de poder ser configurado localmente para representar dominios espaciales en diferentes escalas de acuerdo al estudio que desee realizarse.

En lo referente a este estudio, se ejecutó la pasada de WRF para un año de datos (2016), inicializado a partir de los datos de re-análisis FNL del National Centers for Environmental Prediction (NCEP). Partiendo de condiciones a escala sinóptica del FNL, se ha seguido un patrón de dominios anidados hasta obtener varios dominios de modelado a alta resolución (4 km²) que cubren toda la península ibérica, obteniendo datos horarios de más de 20 parámetros meteorológicos y a 27 niveles diferentes de altura. El dominio de 4 km² es el utilizado para generar los campos meteorológicos de AERMOD precisados en este estudio.

A continuación se expone el mapa con los dominios anidados (D1, D2, y los D3 de 36, 12 y 4 km² de resolución, respectivamente, que se ejecutan en las máquinas de TROPOSFERA SOLUCIONES SOSTENIBLES, S.L.):

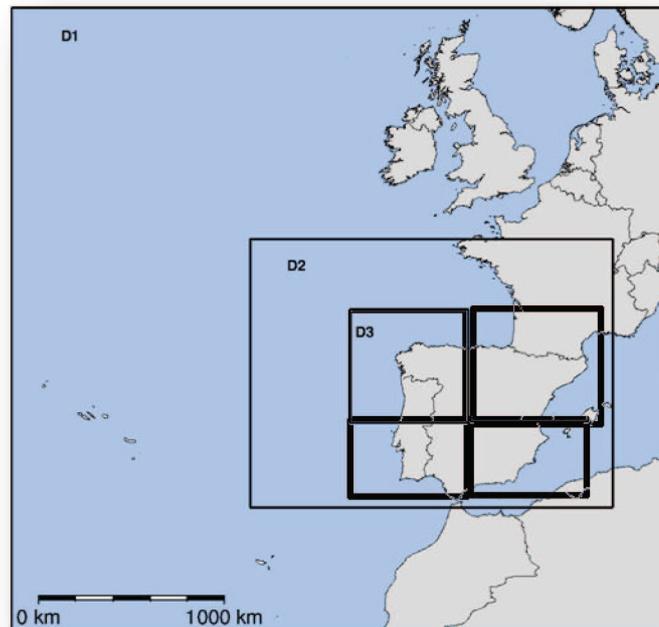


Figura 7.- Dominios utilizados para el modelo meteorológico WRF

El WRF está diseñado para utilizarse tanto en funciones de predicción como de re-análisis. Presenta una arquitectura modular, pudiendo ser aplicadas diferentes parametrizaciones de tipo dinámico o físico, entre otros. Ofrece también diversos sistemas de asimilación de datos reales, así como un paradigma de desarrollo software que permite su ejecución tanto en ordenadores personales como en grandes estaciones de computación paralela. WRF es adecuado para un amplio espectro de aplicaciones a distintas escalas, pudiendo trabajar a resoluciones de cientos de metros hasta miles de kilómetros.

Para comprobar que las condiciones meteorológicas del estudio reflejan las situaciones sinópticas y regímenes de viento característicos de la zona de estudio, se realizan ciertas verificaciones sobre los resultados. Dentro de estas revisiones se generan ciertos estadísticos y se comparan con las estaciones existentes en la zona. Uno de ellos es la generación de rosas de viento de los datos extraídos del MMIF y su comparación con los datos meteorológicos (medidos) de dicha zona .

A continuación se expone la rosa de vientos obtenida para el período enero-diciembre de 2016 de los datos de AERMET extraídos por MMIF, en las coordenadas de las instalaciones de la planta de *Olives & Pickles* en Almendralejo:

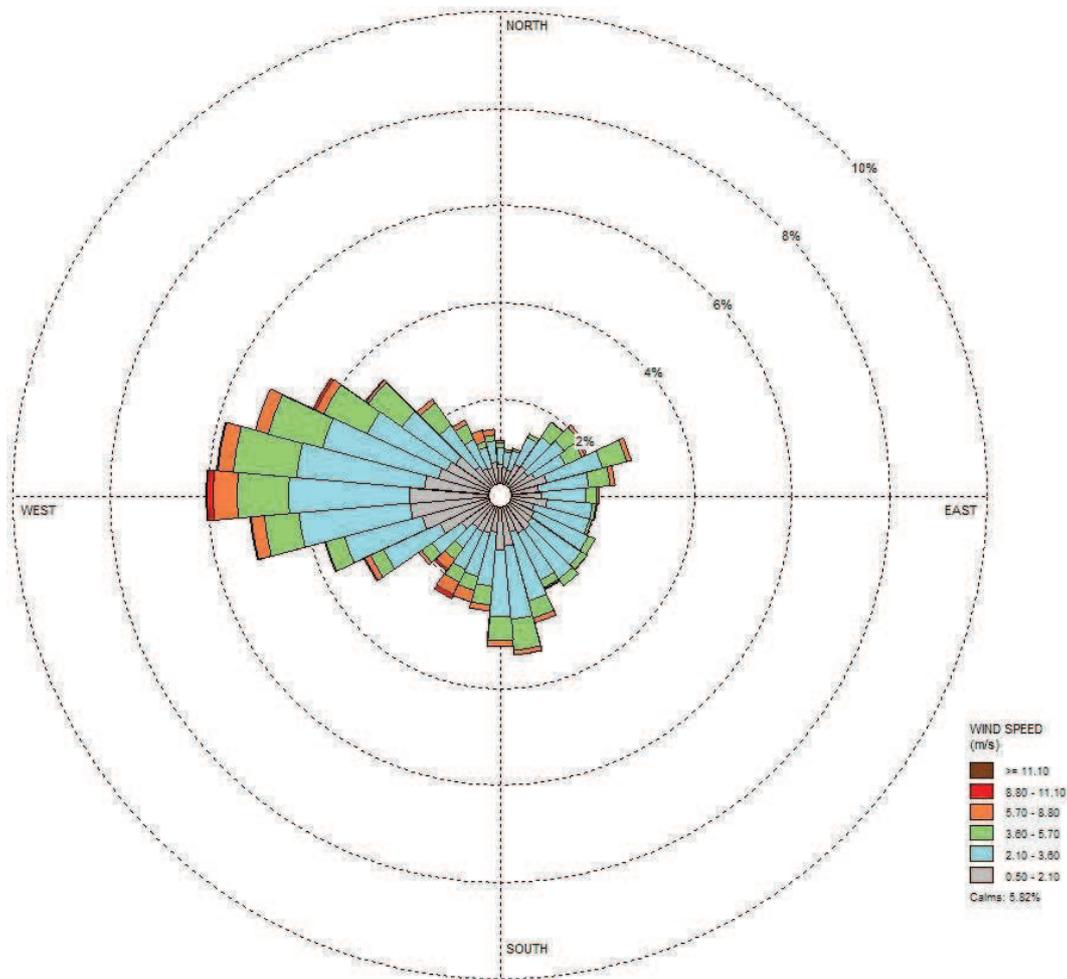


Figura 8.- Rosa de vientos en la estación virtual generada por MMIF planta de *Olives & Pickles* en Almendralejo durante el año 2016.

En la rosa de vientos obtenidos por MMIF para la zona se observa que los rumbos predominantes en la zona de estudio son los correspondientes a las componentes **O** y **SSE**; correspondiéndose las mayores velocidades con la componente **O**. La planta de *Olives & Pickles* en Almendralejo, se encuentra en un paisaje con apenas desnivel ni elevaciones de terreno que impidan que se representen los vientos dominantes del **O**.

Estos regímenes de vientos calculados por WRF y extraídos por MMIF son similares a los datos aportados en la Figura 6 correspondientes a la estación de 'Badajoz - Talavera La Real', elegida por ser la más cercana a la ubicación de la planta con registro climático.

Si bien, existen pequeñas variaciones entre las dos situaciones debido a la distancia que guardan entre sí las localizaciones de la estación meteorológica y el emplazamiento de la planta, y la diferente orografía de cada zona.

5.-ESTIMACIÓN DE EMISIONES

En este apartado se detalla la estimación de las emisiones olorosas del proceso de evaporación de las balsas de aguas residuales de la planta de *Olives & Pickles*.

5.1.- Introducción a la determinación de los olores

Concentración de olor

Designamos como *contaminación odorífera* a la presencia en la atmósfera de moléculas portadoras de olores desagradables que por su naturaleza son susceptibles de causar molestias y de producir, en algunas ocasiones, intoxicaciones. La concentración a la cual se percibe la sensación de molestia se denomina *umbral de detección o percepción*, y aquella a la cual se puede definir el olor, se le llama *umbral de identificación*.

Para llegar a establecer el concepto de *concentración de olor*, la Norma UNE-EN 13725 "Calidad del aire. Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica" introduce los conceptos de *Masa de olor de Referencia Europea (MORE)* y *Unidad de olor europea (OU_E)*:

- MORE es la cantidad de sustancia olorosa que produce la misma respuesta fisiológica en un panel que la producida por la evaporación de 123 g de n-butanol (CAS-Nr.71-36-3) evaporado en 1m³ de gas neutro en condiciones normales de presión y temperatura, y equivale a una concentración de 0,040 - mol/mol. Entendemos por respuesta fisiológica la percepción positiva de una parte de los individuos que forman el panel. Dicha parte se ha fijado, por convenio, en el 50 % de los individuos del panel (D50). Cuando esto ocurre, se dice que se ha alcanzado el *umbral de detección* de la sustancia problema.
- OU_E es la cantidad de sustancias odoríferas que, cuando se evaporan en 1 m³ de un gas neutro en condiciones normales, originan una respuesta fisiológica de un panel (umbral de detección) equivalente a la que origina una Masa de Olor de Referencia Europea (MORE) evaporada en 1 m³ de un gas neutro en condiciones normales.

De los conceptos anteriormente expuestos, resulta una relación de equivalencias que constituye la base de la trazabilidad para cualquier sustancia olorosa, y que podemos expresar en los términos siguientes:

1 MORE = 123 µg de n-butanol =1 OU_E para la mezcla de sustancias olorosas

De este modo se llega al concepto de *concentración de olor*, que se define como el número de unidades de olor europeas en 1 m³ de gas en condiciones normales, siendo la unidad de concentración de olor, UO_E/m³ (unidad de olor europea por metro cúbico), como aquella sustancia o mezcla de sustancias que, diluida en 1 m³ de gas neutro en



condiciones de 20°C y 1 atm., es distinguida de aire exento de olor por el 50% de los panelistas.

Así, cualquier valor de concentración de olor, por el hecho de ser perceptible por parte del 50% de los panelistas, es, necesariamente, en virtud de la definición de OU_E anteriormente expuesta, un múltiplo de ésta, por lo que la concentración de olor de una muestra gaseosa de sustancias olorosas viene determinada por el número de diluciones que se han tenido que hacer a la muestra, con aire puro inodoro, para que el 50% de los panelistas la perciban. Por ejemplo, una muestra que diluida 100 veces empieza es distinguida por el 50% de los panelistas, tiene una concentración de olor de $100 UO_E/m^3$. Estas diluciones, necesarias para cuantificar las muestras, se llevan a cabo en un equipo denominado *olfatómetro*.

Olores en balsas de efluentes del procesado de aceitunas

Los olores producidos en balsas de efluentes de plantas de procesado de aceitunas, y en concreto de las balsas de depuración de las aguas residuales que se producen en ellas se derivan, principalmente, de la degradación biológica de los constituyentes de dichas aguas y se asocian especialmente con la actividad microbiana anaeróbica.

En el procesado de las aceitunas, el fin de los diferentes procesos de elaboración es el quitar el amargor natural de la aceituna. El "aderezo" es el proceso en el cual las aceitunas son tratadas con una solución acuosa alcalina tras el cual los frutos pueden llegar a perder todo el amargor. El método de conservar el producto es el empleo de salmuera (solución de NaCl).

En las plantas de procesado de aceitunas, la principal fuente de contaminación ambiental es fundamentalmente la producida por los vertidos de efluentes líquidos, como en la mayoría de las industrias agroalimentarias; relacionadas en el caso con el proceso de aderezo.

Las características de los efluentes y las variaciones son múltiples en función del tipo de proceso productivo que se realicen y de cada industria, la mezcla está compuesta por aguas de lavado tras el cocido, salmueras de fermentación de las aceitunas, aguas pluviales de los patios de fermentadores y de limpieza, salmuera de conservación de la aceituna, etc.

Según el tipo de efluente, la carga contaminante del vertido es distinta, pues va a depender de la variedad de la aceituna empleada en el proceso productivo y de las características del proceso o procesos de elaboración de cada industria. Las variaciones de las características de los vertidos pueden darse incluso dentro de los mismos tipos de industrias, por ejemplo, en función de los tipos de rellenos que realicen.

	unidad	Cocido	1°Lavado	2°Lavado
pH		12,2	11,2	9,8
NaOH	g/l	11,0	1,5	--
DQO	g/l	23,0	24,6	28,4
DBO⁵	g/l	15,0	12,3	15,6
Sólidos Volátiles	g/l	30,2	35,1	39,7
Sólidos fijos	g/l	18,0	11,4	9,9
Azúcares reductores	g/l	8,6	8,0	7,1
Polifenoles	g/l	4,1	4,0	6,3

Tabla 2.- Características de la carga contaminante de las aguas residuales de aceitunas verdes (Fuente: López Núñez, 2007)

La carga orgánica del efluente de este tipo de industria, medida por su DBO o DQO, es mayor que la de los efluentes de otras industrias agroalimentarias, y es esta carga orgánica la que es causante, a partir de su fermentación por medio de microorganismos anaerobios, de los malos olores de este compuesto.

Para la eliminación de este problema se recurre a la instalación de balsas impermeables poco profundas y de gran superficie para el vertido de las aguas residuales favoreciendo su eliminación por evaporación. Dado que la mayor parte de los efluentes se concentra en un pequeño período de tiempo, embalsar los efluentes permite tratarlos a lo largo del año y reducir así los costes de la instalación. Al estar estas balsas impermeabilizadas se mantienen los efluentes estabilizados y a recaudo para que no se produzca contaminación de suelos y agua subterránea.

Los efluentes de la planta de procesamiento de *Olives & Pickles* sin embargo no contienen apenas aceite pues, antes de su vertido el efluente es pasado por unas centrifugas verticales que eliminan el aceite que pudiera existir y de esta forma no influir en la evaporación natural del vertido en las balsas.

5.2.-Zonas de emisión de olor en la Planta

Las emisiones de olor actuales de la planta se corresponden con las balsas que se han denominado 6, 7, 8 y 9 de acumulación/evaporación que se encuentran a unos 4 km del centro de Almendralejo (Figura 9) y que suman una superficie de aproximadamente 10,9 ha.



Figura 9.- Ubicación de las balsas actuales de la planta de Olives & Pickles.

Las emisiones relativas al escenario futuro se corresponden con las emisiones actuales sumadas a las emisiones que se producirían una vez realizadas las ampliaciones de la planta previstas en las que se construirían cinco balsas de evaporación-oxidación a mayores de las existentes, y una vez que estas funcionasen a pleno rendimiento.

La situación de las balsas se dispone a partir del diseño previsto de la superficie que ocupará cada una de las balsas en el proyecto de ampliación según los datos de la Tabla 3.

Balsa	Área (m ²)	Altura (m)
1	20.000	2,5
2	20.000	2,5
3	10.000	0,75
4	10.000	0,75
5	5.000	0,75

Tabla 3.- Datos de las características de las balsas de efluentes correspondientes al proyecto de ampliación de Olives & Pickles en Almendralejo, Badajoz.

En la Figura 10 se superponen las balsas dispuestas como rectángulos regulares de su correspondiente superficie y que se han introducido como fuentes emisoras de área en el modelo de dispersión. Esta imagen aérea facilita que se pueda visualizar fácilmente la situación que ocuparán aproximadamente las balsas una vez construidas.



Figura 10.- Situación de las balsas previstas en la ampliación de la planta de *Olives & Pickles*.

5.2.- Estimación de las emisiones de olor

Las aguas residuales de las plantas de aderezo de aceituna se caracterizan por tener mal olor, estando compuestas por agua (83-92 %), materia orgánica (4-16 %) y minerales (12 %). La deposición de estos efluentes en balsas de impermeabilización es la causa de problemas ambientales debido a su alto contenido en fenol y polifenoles³.

Debido a que no existen factores de emisión de olor de los efluentes para el sector de aderezo de aceitunas, por tratarse de una actividad muy específica y localizada principalmente en países mediterráneos, para el presente estudio se han utilizado datos pertenecientes a la determinación de la emisión de olor en plantas similares, como las de extracción de aceite de oliva. No obstante, la composición química de las aguas residuales entre los dos sectores difiere notablemente, principalmente en su contenido en polifenoles y materia orgánica, siendo mucho menor en aguas residuales de aderezo (ver tablas Tabla 2 y Tabla 4). Así, se ha supuesto para el caso de la actividad de aderezo de aceituna, una tasa de emisión de olor igual a la menor calculada para las plantas de extracción de aceite de oliva.

³Martini, E., Tomassetti, M., Campanella, L., & Fortuna, A. (2013).

	<i>Sistema de elaboración</i>	
	<i>Presión</i>	<i>Centrifugación</i>
<i>Sustancias orgánicas</i>	<i>Kg. m⁻³</i>	<i>Kg. m⁻³</i>
Azúcares totales	20-80	5-26
Sustancias nitrogenadas	5-20	1,7-4
Ácidos orgánicos	5-10	2-4
Polialcoholes	10-15	3-5
Péctinas, mucílagos y taninos	10-15	2-5
Polifenoles	10-24	3-8
Grasas	0,3-10	5-23

Tabla 4.- Composición química del alpechín en función del sistema de elaboración.(E. Del Castillo Quesada, et al. - 2011)

Para suplir la falta de medidas y factores de emisión en la bibliografía, se han utilizado los resultados de concentración de olor obtenidas en el estudio realizado por las empresas SVPA y TROPOSFERA para la empresa Aceitunas de Guadalquivir, empresa extractora de aceite de oliva, en su informe nº 20160825 para cumplir requerimiento de la Junta de Andalucía.

Además, y por otro lado, se ha encontrado en publicaciones científicas referencias sobre la tasa de evaporación de fenoles en balsas de evaporación de aguas residuales de este tipo de industria (Rana G. et al., 2003). A partir de estas tasas de emisión, se ha realizado también la dispersión de fenoles con el objetivo de comparar los resultados con los de dispersión de la concentración de olor, asumiendo un límite de detección de olor de fenol de 0,6 ppb (Csiro, 2006) y que la emisión de polifenoles se asimila en su totalidad a fenol. De este modo, se compara el área afectada predicha por el modelo para el umbral de detección de olor de fenol y el área de afección predicha para aquellas zonas que superan 1 OU_E/m³, todo ello con el objetivo de validar las emisiones de concentración de olor utilizadas.

En la metodología empleada en el estudio en el que están basadas las emisiones de olor, se ha realizado como paso inicial, la toma de muestras en emisión conforme a los criterios recogidos en la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005 y la posterior determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica según la norma UNE-EN 13725.

Puesto que se trata de una fuente emisora de características peculiares (difusores y fuentes de área), y la toma de muestra ha sido realizada con una sonda; se ha partido del supuesto de que la muestra se corresponde con un punto de inmisión en la propia zona de emisión. Para determinar la tasa de emisión asociada a cada balsa se ha recurrido a técnicas de modelización inversa partiendo de la ecuación de Gauss aplicada a penachos:

$$C = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left(-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right]$$

- C = concentración del contaminante en el nivel del suelo
- Q = masa emitida por unidad de tiempo
- σ_y = desviación estándar de la concentración de contaminantes en dirección y (horizontal)
- σ_z = desviación estándar de la concentración de contaminantes en dirección z (vertical)
- u = velocidad del viento
- y = distancia en dirección horizontal
- z = distancia en dirección vertical
- h = altura efectiva de la chimenea

Así, partiendo de que en el momento de la toma de muestras las condiciones eran estables y las velocidades de viento eran de 1 m/s, y asumiendo una altura efectiva de emisión de 0,1 m, se ha determinado el valor de Q, referido en este caso a UO_E/s . Estas condiciones de emisión han sido extrapoladas a las balsas de Olives&Pickles, obteniendo las siguientes tasas de emisión:

Tasa olor ($OU_E/s \cdot m^2$)	Tasa de emisión de fenol ($ppb/s \cdot m^2$)
0.28	7.2168E-08

Tabla 5.- Tasas de emisión introducidas en el modelo para la dispersión de olor y la dispersión de polifenoles



6.- RESULTADOS

Se han realizado simulaciones de la dispersión de olor a partir de la estimación de las emisiones de olor presentadas en el capítulo anterior. Los resultados de las mismas se han representado como el percentil 98 de las concentraciones de olor horarias ($C_{98, 1\text{-hora}}$) durante el año.

En este capítulo se realiza un resumen de estos resultados y se exponen los mapas representados sobre un Sistema de Información Geográfica (SIG) utilizando como base la cartografía digital de la zona. Estos mapas trazan, mediante líneas isodoras, aquellos puntos que tienen el mismo rango de concentración de olor, y están expresados en unidades de olor/metro cúbico (OU_E/m^3).

Ante la ausencia de un valor límite en la AAI, se ha tomado como referencia el valor propuesto por el anteproyecto de ley de Cataluña para actividades de gestores de residuos (Plantas de compostaje, Valorización de residuos orgánicos, plantas de tratamiento de residuos y fracción resto, etc.), bajo el cual las emisiones olorosas combinadas no deben exceder el nivel de concentración de olor en inmisión de $C_{98, 1\text{hora}} = 3 OU_E/m^3$ que es el valor objetivo de inmisión como percentil 98 de las medias horarias a lo largo de un año.

Por tanto, para el presente estudio se utilizará como valor de referencia el fijado anteriormente.

6.1.- Resultados del percentil 98 de los valores horarios

6.1.1.- Situación actual

A continuación se expone el mapa de isodoras correspondiente al percentil 98 de las concentraciones horarias de olor obtenidas para el periodo anual, teniendo en cuenta las emisiones combinadas y producidas por todas las fuentes analizadas del escenario actual:

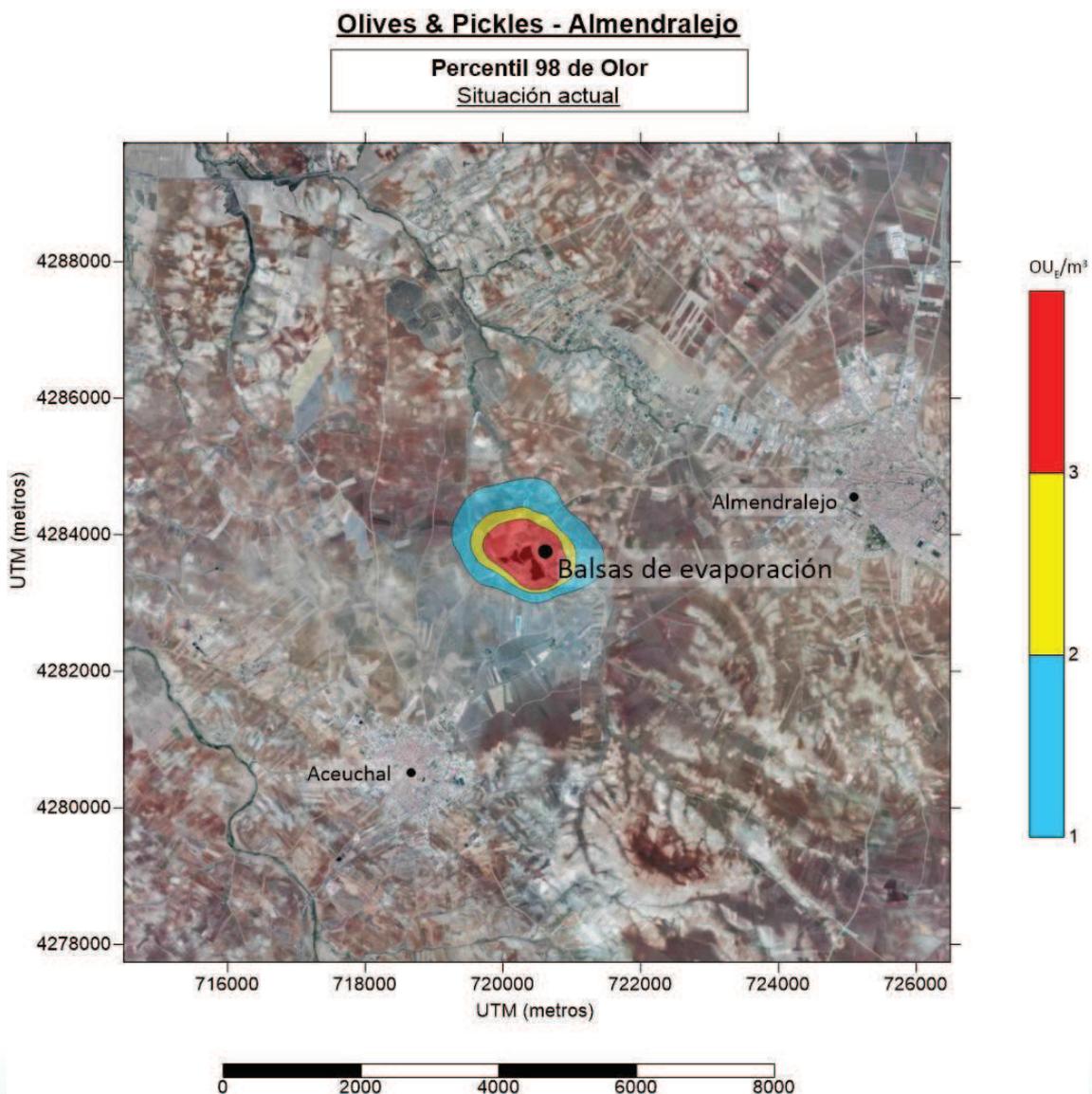


Figura 11.- Mapa del percentil 98 de los valores horarios de olores durante el periodo de simulación de la situación actual.

En esta figura se representan las unidades de olor en un metro cúbico de aire expresadas como percentil 98 de las concentraciones horarias en un año. Así, 1 OU_E/m³ se correspondería con el nivel en que el 50% de la población puede comenzar a detectar un olor en un entorno libre de olores. Esta concentración se corresponde al nivel en que el olor puede ser detectable. Las concentraciones superiores a 3 OU_E/m³

(línea isodora roja) serían aquellas que son susceptibles de provocar molestias frecuentes en la población, y por tanto, podrían producir quejas.

Las mayores concentraciones se darían, de modo más frecuente, en el entorno de las balsas, en un radio de unos 500 m del centro de las mismas.

6.1.2.- Situación de ampliación

A continuación se expone el mapa de isodoras correspondiente al percentil 98 de las concentraciones horarias de olor obtenidas para el periodo anual, teniendo en cuenta las emisiones producidas por las balsas de evaporación actuales sumadas a las previstas para su construcción.

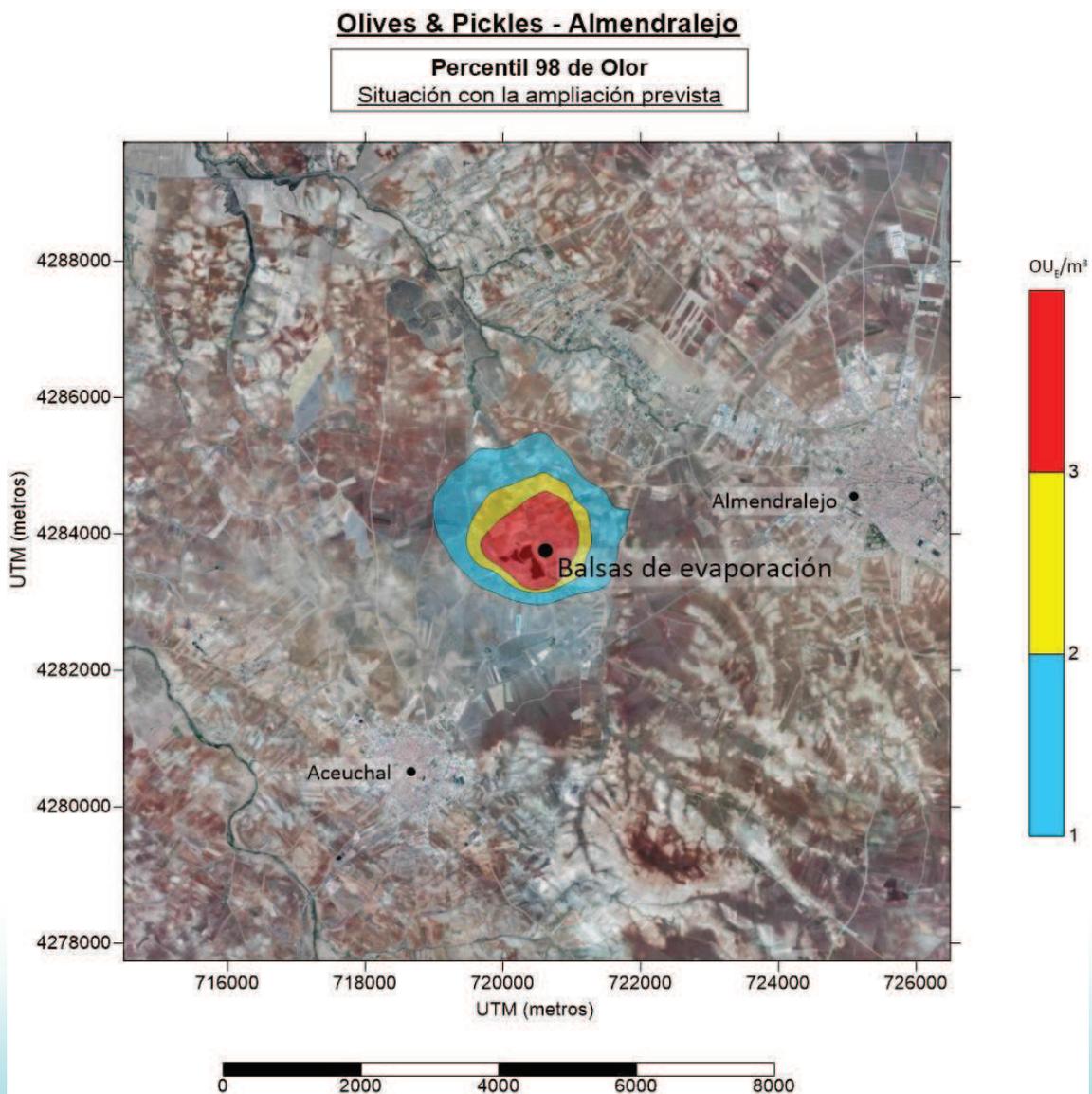


Figura 12.- Mapa de percentil 98 de los valores horarios de olores durante el período de simulación de la situación de ampliación.

Como puede verse en la Figura 12, la ampliación prácticamente sólo modificaría la situación actual en dirección noreste desde las balsas de evaporación actuales, pues las balsas nuevas se situarían en esa dirección. De esta forma, la isodora correspondiente a $3 \text{ OU}_E/\text{m}^3$ se extiende unos 500 metros más hacia el noreste con respecto a la situación actual.

6.2.- Resultados sobre receptores discretos

Se ha analizado también la serie temporal de los resultados del modelo sobre determinados receptores o puntos discretos, ubicados en puntos relevantes a la planta, con el objeto de conocer el impacto sobre esas zonas y la correlación con la meteorología del área, puesto que además las emisiones introducidas en AERMOD se han considerado estacionarias (constantes).

En la siguiente Figura 13 se representan los receptores discretos en el mapa:

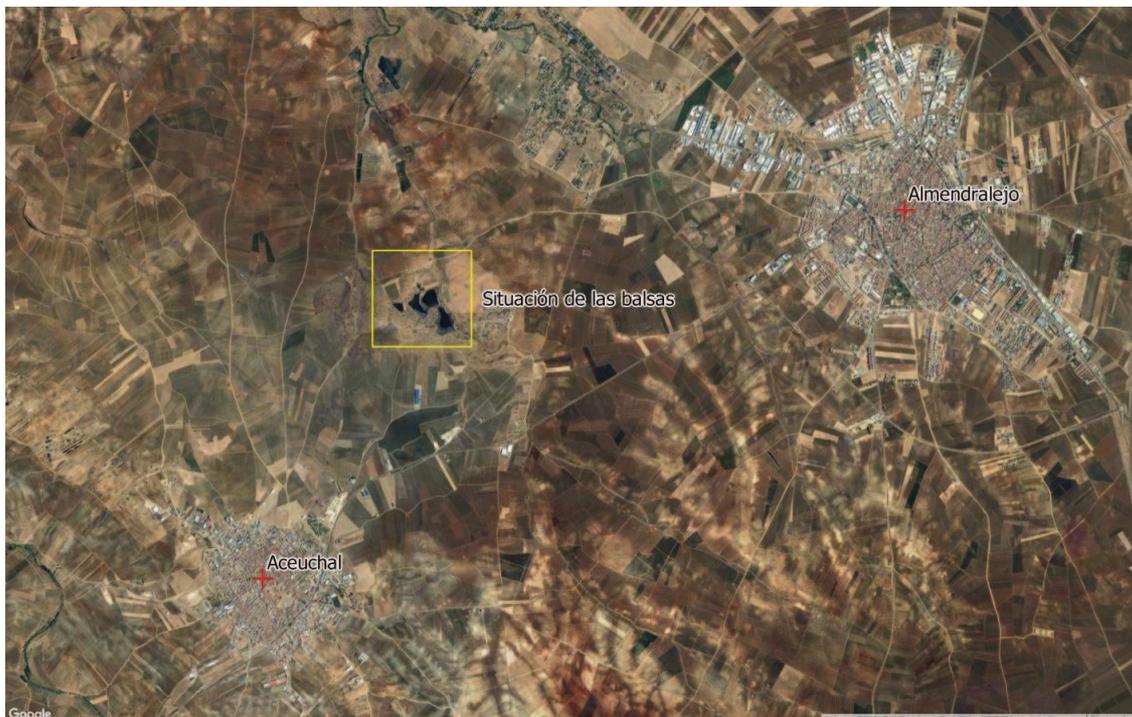


Figura 13.- Mapa con los receptores discretos utilizados en la simulación

Para ninguno de los dos receptores discretos establecidos, se han obtenido resultados de ninguna concentración de olor correspondientes al percentil 98 de los valores de inmisión horarios; por lo tanto se han recogido los valores máximos horarios de las concentraciones obtenidas para el periodo anual, teniendo en cuenta las emisiones combinadas y producidas por todas las fuentes de olor analizadas para cada uno de los escenarios:

6.2.1.- Situación actual

Receptor	Máximo horario OU_E/m^3
Almendralejo	0,91
Aceuchal	0,96

Tabla 6.- Resultados de concentración de olor en la localización de los puntos discretos para el escenario actual.

6.2.2.- Situación de ampliación

Receptor	Máximo horario OU_E/m^3
Almendralejo	1,31
Aceuchal	1,65

Tabla 7.- Resultados de concentración de olor en la localización de los puntos discretos para el escenario de ampliación previsto.

6.3.- Resultados de la modelización de fenoles

A partir del ratio de evaporación de fenol medido a partir de un vertido de efluente de aderezo de aceituna⁴ se ha realizado la modelización de la dispersión de la tasa de emisión de fenol para el conjunto de las balsas actuales sumadas a las previstas en el diseño de ampliación de las mismas.

A continuación se expone el mapa de isodoras e isolíneas de concentración de fenol mayores de 0,6 ppb correspondiente al percentil 98 de las concentraciones horarias de olor obtenidas para el periodo anual, teniendo en cuenta las emisiones combinadas y producidas por todas las fuentes analizadas del escenario actual:

⁴Gianfranco Rana, et al. 2003

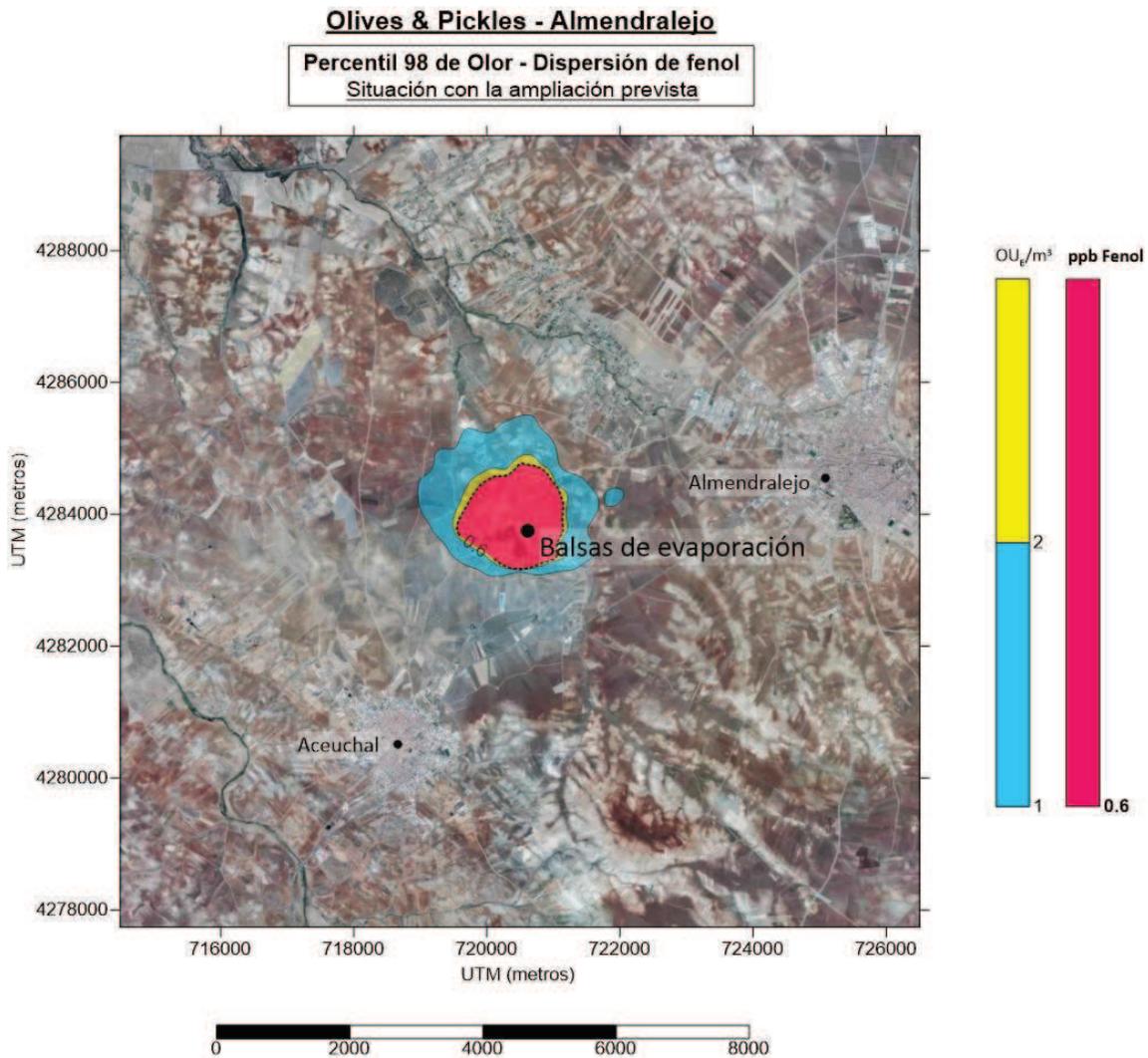


Figura 14.- Mapa de la comparación de la isoconcentración del valor de detección de olor del fenol los valores horarios de fenol (magenta) y concentración de olor (azul - amarillo) durante el período de simulación de la situación de ampliación

7.- CONCLUSIONES

En la rosa de vientos obtenidos por MMIF se observa que los rumbos predominantes en la zona de estudio son los correspondientes a las componentes **O** y **SSE**; correspondiéndose las mayores velocidades con rumbos de componente **O**. Las instalaciones de *Olives & Pickles*, se encuentra en un paisaje llano con apenas desnivel.

Los regímenes de vientos calculados por WRF y extraídos por MMIF son similares a los datos aportados en la Figura 6 correspondientes a la estación de 'Badajoz - Talavera La Real', elegida por ser la más cercana a la ubicación de la planta con registro climático. Las pequeñas variaciones que pueden existir entre las dos situaciones son debido a la distancia que guardan entre sí las localizaciones de la estación y el emplazamiento de la planta, y la diferente orografía de cada zona. Se considera por tanto que la



modelización con el modelo WRF reproduce adecuadamente las condiciones meteorológicas de la zona de estudio.

Las tasas de emisión introducidas en el modelo AERMOD se han estimado a partir de las concentraciones obtenidas en plantas industriales semejantes, debido a la práctica ausencia de factores de emisión en la bibliografía y de medidas en las balsas. No obstante, y a partir de tasas de emisión de fenoles obtenidas experimentalmente y reflejadas en artículos científicos (Rana, G et Al, 2003), se ha calculado paralelamente la capacidad odorante de estos compuestos y su dispersión como medio de validación de las tasas de emisión de olor utilizadas. En este sentido, los valores obtenidos por el modelo para la concentración de olor ($> 2 \text{ OU}_E/\text{m}^3$) y las concentraciones de fenol superiores al umbral de detección de este compuesto ($> 0.6 \text{ ppb}$), muestran una zona de afección por olores similar; Este hecho corrobora que la estimación de emisiones de olor utilizadas son de la misma magnitud que las de polifenoles determinadas experimentalmente.

Las mayores concentraciones puntuales (horarias) en inmisión predichas por el modelo AERMOD en las inmediaciones de la planta, se producen bajo situaciones atmosféricas estables, en un radio de unos 500 m desde el centro de las balsas. En los núcleos de población más cercanos (Almendrales, Aceuchal), el impacto oloroso sería poco frecuente, no superándose el límite de $3 \text{ OU}_E/\text{m}^3$ como percentil 98 de las concentraciones de olor horarias en un año civil.

A LA LUZ DE ESTOS RESULTADOS, SE PROPONE AL ÓRGANO COMPETENTE DE LA ADMINISTRACIÓN LA CALIFICACIÓN POSITIVA DE ESTA PROPUESTA DE AMPLIACIÓN, TRAS DETERMINARSE EN BASE A LOS RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE OLOR LA NO VULNERACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE OLOR CON UNA FRECUENCIA TAL QUE PROVOQUE MOLESTIAS EN LOS NÚCLEOS DE POBLACIÓN MÁS CERCANOS.

En todo caso, se recomienda una vez realizada la puesta en marcha de las nuevas balsas, la medida de la concentración de olor en emisión según la norma UNE EN 13725 para comprobar que sus emisiones cumplen los requisitos expuestos en el presente estudio.



8.- REFERENCIAS BIBIOGRÁFICAS

- Carslaw, D.C. y Ropkins, K. 2012. Openair — an R package for air quality data analysis. *Environmental Modelling & Software*. 27-28, 52-61.
- Cartelle Fernández, David, Díaz Jiménez Carlos Nietzsche, Vellón Graña Jose Manuel, Rodríguez López Ángel. NOSE 2014, PrOlor, Forecast 2 Days Beforehand an Odour Incident.
- López Núñez, R. (2007). “Características y tratamiento de las aguas residuales de la industria del aderezo de aceitunas de mesa”
- Martini, E., Tomassetti, M., Campanella, L., & Fortuna, A. (2013). Reducing the pollutant load of olive mill wastewater by photocatalytic membranes and monitoring the process using both tyrosinase biosensor and COD test. *Frontiers in Chemistry*, 1, 36. <http://doi.org/10.3389/fchem.2013.00036>
- E. Del Castillo Quesada, M.J.Pérez Giráldez, J.C.Ruiz Ruiz, et al. Evolución de los sistemas de eliminación de residuos líquidos en almazaras Hig. Sanid. *Ambient*.11:780-785 (2011)
- Gianfranco Rana, Michele Rinaldi, Michele Introna. Volatilisation of substances after spreading olive oil waste water on the soil in a Mediterranean environment. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 96 (2003) 49–58
- <http://www.meatupdate.csiro.au> – Odour minimisation Manual for the Meat Processing Industry – Table 2.1: Threshold Odour Levels for Selected Compounds
- http://www3.epa.gov/ttn/scram/models/aermod/aermod_quick-reference-guide.pdf
- Red de Observación de Estaciones Meteorológicas de AEMet
- Borrador del anteproyecto de ley contra la contaminación odorífera de Cataluña

Ferrol, a 24 de febrero de 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "David", with a large, sweeping flourish extending to the left.

Fdo: David Cartelle Fernández
Director Técnico