

Análisis de la contribución a la calidad del aire de las calefacciones domésticas en Villanueva del Arzobispo



Análisis de la contribución a la calidad del aire de las calefacciones domésticas en Villanueva del Arzobispo

Sumario

1	Introducción.....	2
2	Materiales y método.....	3
2.1	Plan de mejora de la calidad del aire de Villanueva del Arzobispo.....	3
2.2	Revisión bibliográfica y selección de factores de emisión.....	4
2.3	Encuestas a la población.....	6
2.3.1	Georreferenciación de la información.....	7
2.3.2	Operaciones previas de asignación de emisiones.....	7
2.4	Modelo de dispersión.....	7
2.5	Escenarios modelizados.....	7
3	Resultados obtenidos.....	8
3.1	Resultado de la encuesta.....	8
3.2	Contribución de las fuentes industriales.....	12
3.3	Reducción en los niveles de emisión.....	14
3.4	Niveles de calidad del aire.....	15
3.4.1	Situación actual (escenario base).....	16
3.4.2	Tras la aplicación de las medidas contempladas en el Plan de mejora (escenarios 00, 33 y 66).....	17
3.5	Discusión de resultados.....	19
3.6	Resto de parámetros.....	21
4	Conclusiones.....	22
5	Anexo.....	22
5.1	Modelización.....	22
5.1.1	Datos meteorológicos.....	22
5.1.2	Modelización de la Dispersión.....	23

1 Introducción

El objetivo de este documento es analizar la contribución a la calidad del aire de las calefacciones domésticas en Villanueva del Arzobispo (Jaén).

Para realizar este estudio se parte de los resultados obtenidos en la encuesta sobre el uso de calefacción y biomasa realizada por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio (CMAOT) entre la ciudadanía de Villanueva del Arzobispo.

Adicionalmente, se utilizan las emisiones estimadas para las fuentes industriales situadas en el municipio, obtenidas tanto del Inventario de Emisiones a la Atmósfera de Andalucía (IEAA) como del conjunto de analizadores automáticos de emisiones de la CMAOT.



Con la información disponible, se utiliza un modelo de dispersión que posibilita obtener los niveles de calidad del aire estimados a partir de las emisiones anteriores introducidas.

El análisis de la información disponible permitirá determinar el impacto de las medidas contempladas en el Plan de mejora de la calidad del aire de Villanueva del Arzobispo.

2 Materiales y método

2.1 Plan de mejora de la calidad del aire de Villanueva del Arzobispo

La Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio acuerda mediante Resolución de 31 de julio de 2018, de la Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental, el trámite de audiencia e información pública del Proyecto de Orden por la que se aprueba el plan de acción a corto plazo para la Mejora de la Calidad del Aire de Villanueva del Arzobispo y su entorno.

En el caso concreto de Villanueva del Arzobispo, existen superaciones de los valores de partículas PM10 en los años 2012, 2013, 2015 y 2016, sobrepasándose el valor límite diario de PM10 para la protección a la salud humana, aunque en ninguno de los años de estudio se supera el valor límite anual. Además, las concentraciones de PM2.5 registradas en 2015 han sido superiores a las de 2014.

Esto se traduce en una superación de todos los valores objetivos intermedios y del valor guía de la Organización Mundial de la Salud en el año 2015.

En atención a estas circunstancias, se han venido realizando una serie de estudios en la zona. Así, en el estudio de contribución de fuentes en PM10 y PM2.5, y obtención de nuevas series de niveles de concentración de componentes traza (As, Cd V Ni, entre otros) en el material particulado atmosférico (PM10 y/o PM2.5), elaborado por CIEMAT/IDAEA, se pone de manifiesto que se produjeron aumentos bruscos en los niveles de PM10 entre los meses de enero-marzo y noviembre-diciembre en paralelo a los de gases asociados a emisiones producidas durante procesos de combustión, como CO y NOx. Estos periodos coincidieron con la generación de masivos procesos de combustión a escala local, que utilizan biomasa como combustible, producidos principalmente en las instalaciones de calefacción domésticas, y generalmente en situaciones episódicas con condiciones desfavorables de dispersión, asociadas a la presencia de altas presiones estacionarias sobre la Península y a un débil gradiente bórico.

Esto permite concluir que el uso de biomasa en las instalaciones de calefacción residencial de Villanueva, en el periodo de Invierno, es la causa de que durante el mismo se hayan registrado los niveles medios diarios de PM más elevados de todo el periodo de medida.

Atendiendo a las circunstancias y previsiones expresadas, se entiende justificada la adopción de medidas provisionales de carácter urgente para prevenir las consecuencias de episodios de contaminación como los referidos en cuanto a partículas PM10. Para ello, en el marco del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, se requiere del desarrollo y elaboración de un Plan de Acción a Corto Plazo, en adelante Plan, cuyo objetivo sea determinar las medidas inmediatas para Villanueva del Arzobispo y su entorno para los supuestos en los que, en función del origen de las principales emisiones contaminantes, exista riesgo de superación de los valores límite de calidad del aire y los umbrales de alerta.



2.2 Revisión bibliográfica y selección de factores de emisión

Las emisiones de la combustión residencial de biomasa dependen tanto del tipo de equipo de calefacción, como del tipo de biomasa quemada y de las condiciones de combustión.

En cuanto a los *equipos de calefacción*, se pueden encontrar desde los sistemas tradicionales de alimentación manual como son las chimeneas y estufas de leña, hasta las estufas más modernas y sofisticadas de alimentación automática diseñadas para quemar pellets, que minimizan la contaminación atmosférica y maximizan la eficiencia de combustión. Las diferencias en cuanto a eficiencia energética y emisiones son notables en base a los factores de emisión disponibles en las distintas fuentes bibliográficas consultadas, recopilados en la Tabla 1.

Chimeneas abiertas

Las chimeneas abiertas se caracterizan por ser equipos en los que no es posible regular la entrada de aire en exceso en la cámara de combustión, lo que influye en su eficiencia y emisiones. Estos equipos son inefectivos como calefacción y tienen emisiones significativas de partículas, monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVNM) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) como resultado de la combustión incompleta de los combustibles.

Chimeneas cerradas

Las chimeneas cerradas están equipadas con puertas frontales y disponen de sistemas de control de flujo de aire, que incluyen la distribución del aire de combustión por hogar y paredes, así como un sistema de descarga de los gases de escape. Por su diseño y condiciones de combustión, las chimeneas cerradas se asemejan a las estufas en cuanto a rendimiento y emisiones.

Estufas

Las estufas son dispositivos cerrados que producen calor útil que se transmite a través de las superficies calientes por radiación o por convección. Las estufas de leña convencionales generalmente presentan una baja eficiencia de combustión y altas emisiones, principalmente originadas por la combustión incompleta (PM, CO, COVNM y HAP).

Estufas certificadas

Las estufas certificadas o con eco-etiqueta están diseñadas con una buena distribución de suministro de aire. Estas estufas se caracterizan por disponer de múltiples entradas de aire y precalentamiento del aire de combustión secundario por intercambio de calor con los gases calientes. Estas estufas más modernas permiten alcanzar unas temperaturas de combustión más altas y en ellas se produce una combustión casi completa. Este diseño tiene como resultado el incremento de la eficiencia y la reducción de las emisiones de CO, COVNM y PM en comparación con las estufas convencionales.

Estufas de pellets

Las estufas de pellets son unos equipos sofisticados en los que la mayor ventaja es la operación automática. Este tipo de estufas incluye un sistema automático de ignición, así como de suministro de combustible y control de la temperatura. Estas estufas también tienen ventiladores para transferir el calor desde la estufa al ambiente y forzar los gases de escape hacia el conducto. En ellas se puede conseguir



una buena combustión gracias a un buen diseño del suministro de aire primario y secundario. Por esta razón, estas estufas se caracterizan por tener una alta eficiencia y bajas emisiones de CO, COVNM, PM y HAP.

Calderas

En general, las calderas son equipos que permiten el suministro de calor a través de un sistema de tuberías de agua. Este sistema de calefacción se usa generalmente cuando la casa es antigua o es demasiado grande.

Combustibles empleados en calefacción

Respecto a los *combustibles* empleados en los equipos de calefacción, la madera es el tipo de biomasa que genera las emisiones más altas y, entre los distintos tipos de madera, la madera dura, como la de encina u otras frondosas o de olivo, por encima de la madera blanda, como la de coníferas. Para su uso en calefacción, debe tener un contenido de humedad máximo del 20% de modo que se asegure una combustión eficiente, lo que implica un menor consumo de leña y una menor contaminación atmosférica.

Por otro lado, se pueden emplear otras biomásas como son las derivadas de los residuos agrícolas (p.e. hueso de aceituna, orujillo y cáscara de frutos, etc.) aunque, a pesar de tener un alto potencial energético (bajo coste y disponibilidad), también generan emisiones relativamente altas y problemas operacionales.

Los pellets de madera se consideran los combustibles más limpios, no obstante, se debe prestar atención a la selección del tipo de pellets, ya que algunas maderas, derivados de la madera y residuos generados por los sectores industriales, pueden estar sujetos a fito-tratamientos, lo que puede dar lugar a la emisión a la atmósfera de metales pesados.

Factores de emisión

Los factores de emisión se han seleccionado de los valores medios del proyecto AIRUSE para emisiones (base seca) de diferentes sistemas de combustión y biocombustibles, disponibles para partículas y benzo(a)pireno. Para el resto de contaminantes, se seleccionan los factores de EMEP/EEA 2016, cap.1.A.4. En la siguiente tabla se presentan únicamente los factores de PM₁₀ y CO, objeto de este estudio.

Tabla 1. Factores de emisión de diferentes sistemas de calefacción y biocombustibles

Tipo de calefacción	Combustible	Tipo de combustible	PM ₁₀ (g/GJ)	CO (g/GJ)
Chimenea Abierta	Madera	Encina u otras frondosas	939	4000
Chimenea Abierta	Madera	Olivo	939	4000
Chimenea Abierta	Madera	Otra	699	4000
Chimenea Abierta	Otras biomásas	Huesos de aceituna	168	4000
Chimenea Abierta	Otras biomásas	Orujillo	168	4000
Chimenea Cerrada	Madera	Olivo	750	4000
Chimenea Cerrada	Otras biomásas	Huesos de aceituna	168	4000
Chimenea Cerrada	Otras biomásas	Orujillo	168	4000
Chimenea Cerrada	Otras biomásas	Otra	98,3	4000
Chimenea Cerrada	Otras biomásas	Pellets	27	300

Tipo de calefacción	Combustible	Tipo de combustible	PM ₁₀ (g/GJ)	CO (g/GJ)
Caldera o estufa certificada	Madera	Olivo	114	2000
Caldera o estufa certificada	Otras biomásas	Huesos de aceituna	88	2000
Caldera o estufa certificada	Otras biomásas	Orujillo	88	2000
Caldera o estufa certificada	Otras biomásas	Pellets	27	300
Caldera o estufa	Madera	Olivo	750	4000
Caldera o estufa	Madera	Otra	484	4000
Caldera o estufa	Otras biomásas	Huesos de aceituna	168	4000
Caldera o estufa	Otras biomásas	Orujillo	168	4000
Caldera o estufa	Otras biomásas	Pellets	27	300

Cabe mencionar que se han realizado sobre la tabla anterior las aproximaciones que se describen a continuación: las chimeneas cerradas se han considerado similares a las estufas en cuanto a emisiones y rendimiento; el orujillo se ha asemejado a los huesos de aceituna; y por último, el factor de emisión para cualquier otro tipo de combustible distinto a los indicados en AIRUSE para un tipo de calefacción determinado se obtiene como la media entre los factores de emisión de los distintos tipos de combustibles disponibles para el tipo de calefacción indicado.

Además de los dispositivos que utilizan biocombustibles, se pueden encontrar otros sistemas de calefacción o generación de calor, como los que utilizan energía eléctrica, o los que se basan en combustibles como el gas natural o el gasóleo, que constituyen una alternativa al uso de los equipos descritos anteriormente. Los factores de emisión para estos combustibles se han seleccionado de EMEP/EEA 2016 cap.1.A.4. y son independientes del equipo de calefacción.

Tabla 2. Factores de emisión de combustión de combustibles fósiles

Tipo de calefacción	Tipo de combustible	PM ₁₀ (g/GJ)	CO (g/GJ)
Cualquier sistema de calefacción	Gas natural	0,2	22
Cualquier sistema de calefacción	Gasóleo	2,2	111
Cualquier sistema de calefacción	Butano	0,2	22
Cualquier sistema de calefacción	Propano	0,2	22

Las instalaciones de calefacción que utilizan energía eléctrica no generan emisiones a la atmósfera. No se consideran emisiones indirectas asociadas al consumo eléctrico ya que se asignan a las instalaciones donde se produce esta energía eléctrica.

2.3 Encuestas a la población

Durante el año 2018, se ha realizado una exhaustiva encuesta a los habitantes de Villanueva del Arzobispo con el objetivo de conocer las características de los sistemas de calefacción utilizados. Se muestra en el Anexo I la encuesta realizada.

A partir de las respuestas obtenidas, se han calculado las emisiones individuales de cada vivienda en cuanto al uso de calefacciones domésticas. Para ello, se han utilizado un conjunto de factores de emisión que permiten relacionar el consumo de combustible declarado en cada vivienda, su tipología y el tipo de sistema de calefacción empleado con las emisiones esperadas. Estos factores se han obtenido de los valores medios del proyecto AIRUSE, para emisiones de diferentes sistemas de combustión y biocombustibles, y de la guía EMEP/EEA 2016, para combustión residencial de biomasa.



2.3.1 Georreferenciación de la información

La georreferenciación de los focos de emisión (calderas domésticas) se realiza a partir de la dirección postal declarada en cada encuesta. Se utiliza para ello la capa de información de la REDIAM denominada Portalero. Consiste en una base de datos que contiene las coordenadas de cada portal, asociado al código y al número de vía. Una de las utilidades básicas del Portalero consiste en permitir la localización con rapidez y exactitud la situación de edificios y direcciones de interés con la mayor precisión posible. Se dispone de la altura de cada portal, establecida como el número de plantas que conforman la vivienda. A efectos de cálculo, en este documento se asocia un valor de 3 metros por cada altura de planta.

Para simplificar el número de focos a modelizar, se utiliza la agrupación de focos de cada manzana. La cobertura de los Frentes de Manzana es un producto derivado de la Planimetría y el Callejero, y consiste en la representación de las fachadas de las manzanas, en aquellos tramos que tienen numeración postal. El conjunto de viviendas analizadas se distribuye en un total de 216 manzanas.

2.3.2 Operaciones previas de asignación de emisiones

Con el objetivo de asignar un valor de emisión a todas las viviendas, se realiza las siguientes aproximaciones:

- Se asigna un valor de cero emisiones a las viviendas no habitadas
- Se asigna el valor medio de cada manzana a las viviendas que no cumplimentaron la encuesta por encontrarse ausentes en el momento de su realización o por haber declinado cumplimentarla, teniendo previamente en cuenta en este promedio las viviendas no habitadas.
- Las emisiones totales se suman en el centroide de cada manzana.
- En cuando a la definición de los focos de emisión, se utiliza la moda de las alturas del conjunto de edificios que componen cada manzana, multiplicando el número de plantas por el valor de 3 metros indicado anteriormente. Por otro lado, se asigna con carácter general una velocidad de salida de 4 m/s, una temperatura de salida de 200 °C y un diámetro de salida de 0,2 m.

2.4 Modelo de dispersión

Para la generación de datos meteorológicos necesarios para la modelización de la dispersión se ha utilizado el modelo numérico Euleriano Weather Research and Forecasting Model (WRF1) .

Se ha seleccionado el modelo CALPUFF (versión 6.42) para la realización de las simulaciones y análisis de la dispersión de las emisiones generadas por el proyecto.

Se detalla en el Anexo las características de los datos meteorológicos y del modelo utilizado.

2.5 Escenarios modelizados

Se realizará la modelización de cuatro escenarios para analizar posteriormente los niveles de emisión que se derivarían de cualquier situación a analizar. Los cuatro escenarios propuestos son los siguientes:

- Escenario base: situación actual derivada de las respuestas obtenidas en la encuesta realizada.



- Escenarios de reducción: se selecciona el conjunto de las instalaciones potencialmente más contaminadoras del municipio. Estas instalaciones son del tipo “chimenea abierta” y aquellas que siendo del tipo “chimenea cerrada” o “caldera o estufa” utilicen como combustible madera u otras biomásas, excluyendo los pellets, siempre y cuando no dispongan de sistemas de filtrado o de retención de partículas para reducir las emisiones atmosféricas. Éstas instalaciones se sustituirán por el equipo de combustión residencial de biomasa menos contaminante, es decir, la caldera o estufa de pellets.

Los factores de reducción a aplicar sobre las emisiones estimadas en el escenario base, para cada tipo de calefacción y combustible, se muestran en la siguiente tabla. Estos factores se obtienen a partir de los factores de emisión del proyecto AIRUSE, en el caso de las partículas, y de EMEP/EEA 2016, para el CO:

Tabla 3. Factor de reducción por tipo de equipo y de combustible.

TIPO DE CALEFACCIÓN	COMBUSTIBLE	PM ₁₀	CO
CHIMENEA ABIERTA	MADERA	0,03	0,08
CHIMENEA ABIERTA	OTRAS BIOMASAS ⁽¹⁾	0,18	0,08
CHIMENEA CERRADA	MADERA	0,04	0,08
CHIMENEA CERRADA	OTRAS BIOMASAS ⁽¹⁾	0,18	0,08
CHIMENEA CERRADA	PELLETS	1	1
CALDERA O ESTUFA CERTIFICADA	MADERA	1	1
CALDERA O ESTUFA CERTIFICADA	OTRAS BIOMASAS ⁽¹⁾	1	1
CALDERA O ESTUFA CERTIFICADA	PELLETS	1	1
CALDERA O ESTUFA	MADERA	0,04	0,08
CALDERA O ESTUFA	OTRAS BIOMASAS ⁽¹⁾	0,18	0,08
CALDERA O ESTUFA	PELLETS	1	1
CUALQUIER SISTEMA DE CALEFACCIÓN	COMBUSTIBLES FÓSILES ⁽²⁾	1	1

(1) Excluido los Pellets

(2) Gas natural, gasóleo y gases licuados del petróleo (butano y propano)

A partir de aquí, se establecen 3 escenarios:

- Escenario00: se sustituye el conjunto de todas las instalaciones más contaminadoras por calderas o estufas certificadas de pellets.
- Escenario33: se selecciona al azar un 33% de las instalaciones más contaminadoras, las cuales permanecen sin cambios, sustituyéndose el resto.
- Escenario66: se selecciona al azar un 66% de las instalaciones más contaminadoras, las cuales permanecen sin cambios, sustituyéndose el resto.

3 Resultados obtenidos

3.1 Resultado de la encuesta

Se ha entrevistado a un total de 2.430 viviendas, obteniéndose el grado de respuesta mostrado en la tabla siguiente.



Tabla 4. Grado de respuesta obtenido en la encuesta realizada en Villanueva del Arzobispo con relación a la calefacción utilizada en los hogares.

Respuesta	Cantidad	Porcentaje
Cumplimentan las cuestiones realizadas con algún tipo de sistemas de calefacción con emisiones	1.024	42,1 %
Cumplimentan las cuestiones realizadas con algún tipo de sistemas de calefacción sin emisiones	570	23,5 %
Ausentes o no colaboran	516	21,2 %
Viviendas no habitadas	320	13,2 %
Total	2.430	100,0 %

Teniendo en cuenta las viviendas que han declarado disponer de un sistema de calefacción que produce emisiones a la atmósfera, el reparto entre su tipología es el mostrado en la tabla siguiente.

Tabla 5. Tipos de sistemas de calefacción que producen emisiones.

Respuesta	Cantidad	Porcentaje
Caldera o estufa	517	50,2 %
Chimenea abierta	365	35,5 %
Chimenea cerrada	107	5,3 %
Caldera o estufa certificada	35	13,2 %
Total	1.029	100,0 %

Estos resultados llevan al conteo de instalaciones mostrada en la siguiente tabla.

Tabla 6. Instalaciones afectadas según cada escenario.

Escenario	Instalaciones afectadas
Escenario base	0
Escenario 00	721
Escenario 33	480
Escenario 66	240

En cuanto a los perfiles horarios y mensuales en los que la población declara utilizar las calefacciones domésticas, se obtiene los resultados mostrados a continuación. En las gráficas siguientes, se muestra el porcentaje de calefacciones del total existente en el municipio que son utilizadas en el periodo horario o en el mes indicado.

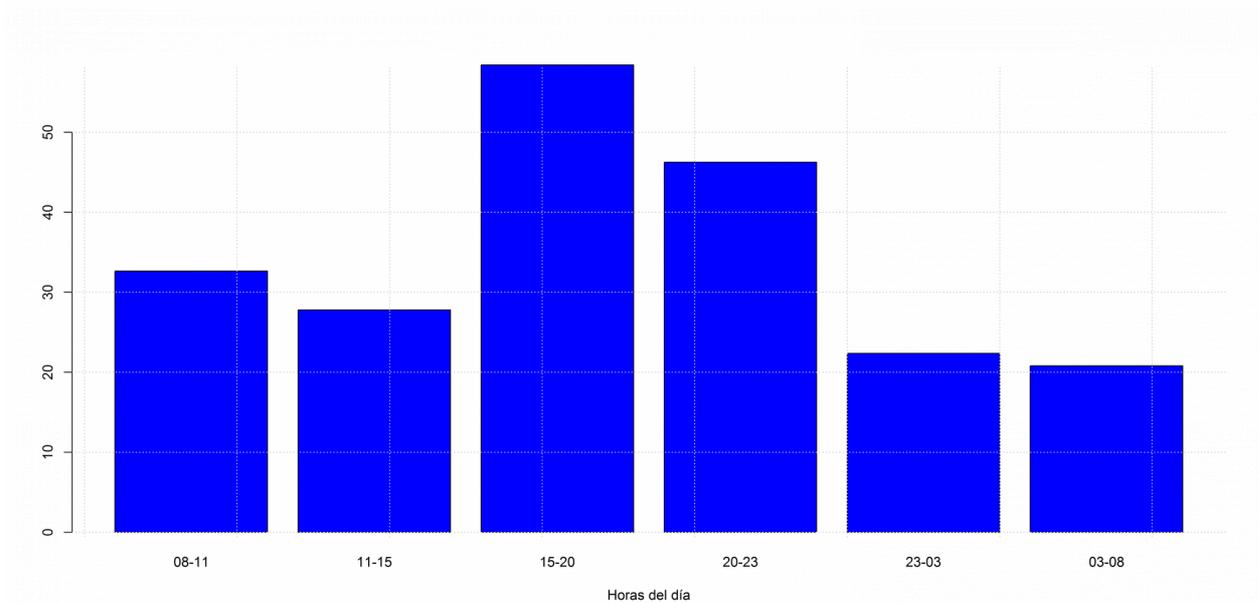


Figura 1. Porcentaje de la población que declara utilizar la calefacción doméstica en las horas indicadas.

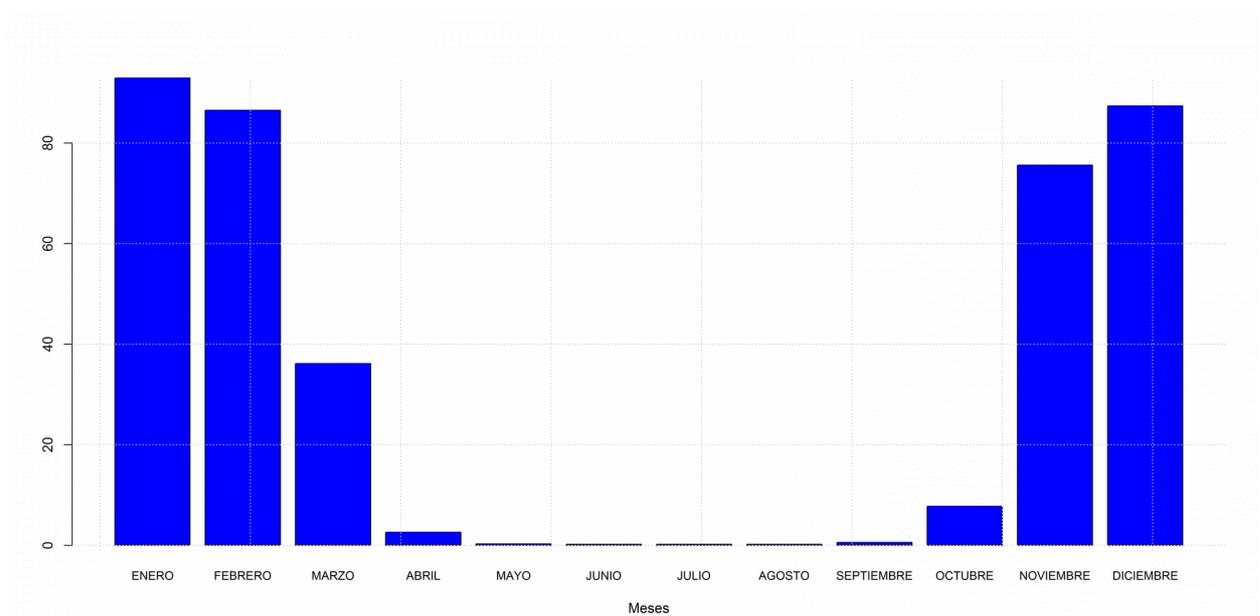


Figura 2. Porcentaje de la población que declara utilizar la calefacción doméstica en los meses indicados.

Si se analiza el combustible utilizado, durante un día tipo de funcionamiento de las calefacciones, se consumen en el municipio las cantidades mostradas en la tabla siguiente.

Tabla 7. Consumo de combustible diario.

TIPO COMBUSTIBLE	SUBTIPO	CONSUMO DIARIO (T)
COMB. FOSILES	BUTANO	0,29
	GAS NATURAL	0,45
	GASOLEO	1,46
	PROPANO	0,02
MADERA	ENCINA U OTRAS FRONDOSAS	0,03
	OLIVO	11,73
	OTRA	0,06
OTRAS BIOMASAS	HUESOS DE ACEITUNA	4,08
	ORUJILLO	0,07
	ORUJO	0,01
	OTRA	0,01
	PELLETS	0,30

La gráfica siguiente muestra el consumo diario de combustible.

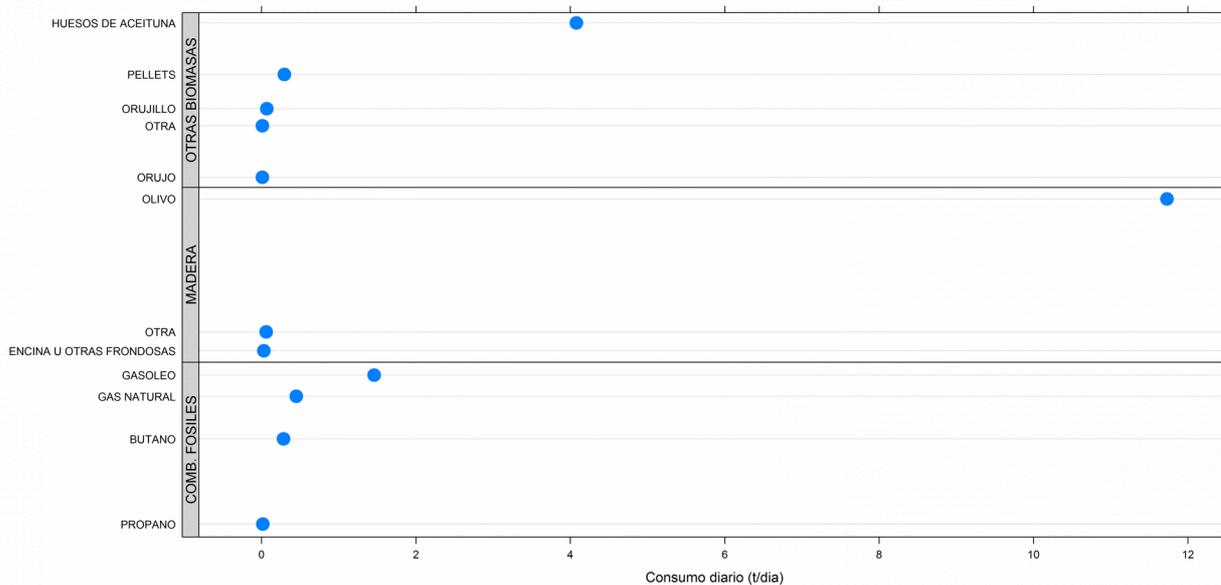


Figura 3. Consumo diario de combustible.

Los resultados anteriores ofrecen la estimación de emisiones diarias que se muestra en la tabla siguiente.

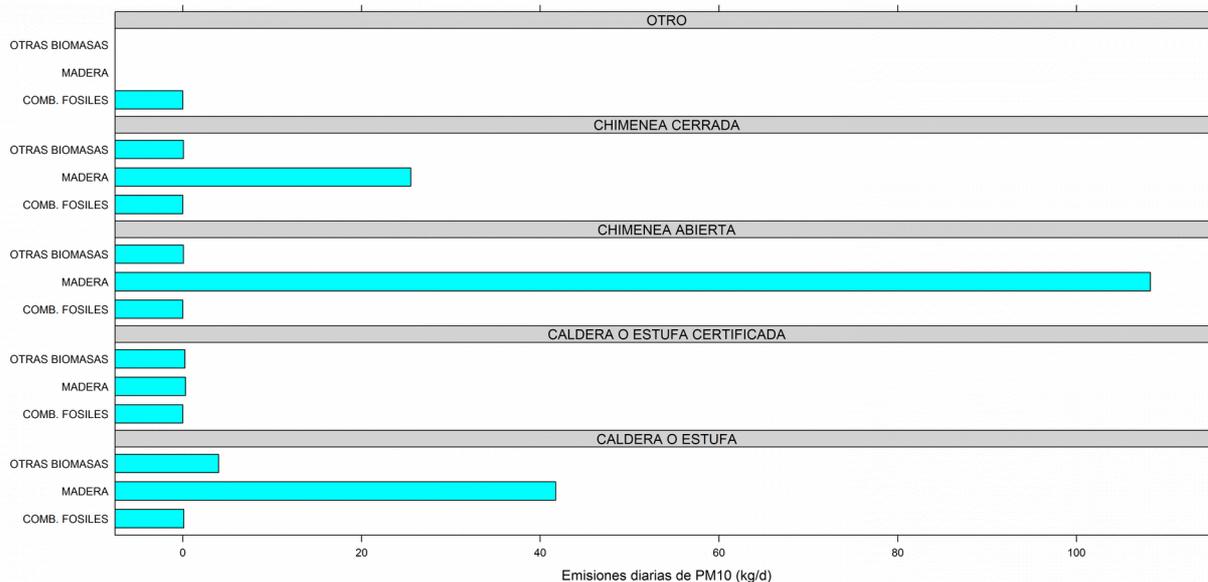


Figura 4. Emisiones diarias de PM10 (kg/d) por tipo de calefacción y tipo de combustible.

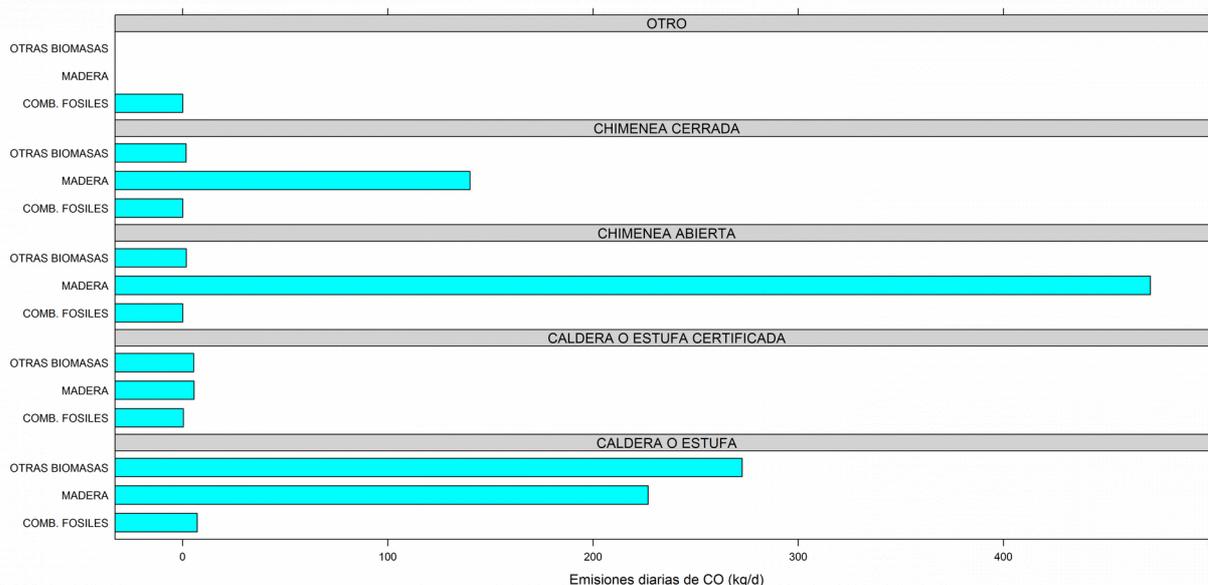


Figura 5. Emisiones diarias de CO (kg/d) por tipo de calefacción y tipo de combustible.

3.2 Contribución de las fuentes industriales

Adicionalmente, se modelizan las emisiones de las fuentes industriales situadas en el municipio para determinar la contribución de este tipo de emisiones a los niveles de calidad del aire en Villanueva del Arzobispo.

Las principales fuentes de emisión de origen industrial en el municipio son la producción de energía eléctrica y la industria del aceite. Las instalaciones consideradas en el estudio se muestran en la Tabla siguiente. Se ha incluido una almazara encuestada.



Tabla 8. Principales fuentes industriales en Villanueva del Arzobispo

SECTORES	INSTALACIONES
Producción de energía eléctrica	ENERGÍA DE LA LOMA, S.A.
Producción de energía eléctrica	COMPAÑÍA ENERGÉTICA LAS VILLAS, S.L
Industria del aceite	SAN MIGUEL ARCÁNGEL, S.A.
Industria del aceite	ALMAZARA

La caracterización de los focos se ha obtenido del IEAA y se ha completado con los informes de medición más recientes disponibles de la Unidad Móvil de Medida de Emisiones (UME) de la CMAOT o de Entidades Colaboradoras en materia de Calidad Ambiental (ECCA). En cuanto a la definición del foco de la almazara se ha estimado igual a los de calefacción.

Tabla 9. Caracterización de focos industriales en Villanueva del Arzobispo

INSTALACIONES	FOCOS	UTM X (m) ⁽¹⁾	UTM Y (m) ⁽¹⁾	h (m)	d (m)	v (m/s)	Tª (°C)
ENERGIA DE LA LOMA, S.A.	CALDERA (FF+SCR)	501085	4228144	50	2,2	9,36	157
	MOLINO N°1 (FF)	501136	4228103	19,5	0,3	9,6	32
	MOLINO N°2 (FF)	501142	4228098	19,5	0,3	9,6	32
	MOLINO N°3 (FF)	501137	4228095	19,5	0,3	9,6	32
CIA. ENERGÉTICA LAS VILLAS, S.L	TURBINA DE GAS (BY-PASS)	500864	4228272	20	2,15	19,92	494
SAN MIGUEL ARCANGEL, S.A.	CHIMENEA SECADEROS N° 1 Y 2	500872	4228210	26	2,5	13,1	111
	CHIMENEA SECADEROS N° 3 Y 4	500879	4228232	26	2,5	10,2	105
	CHIMENEA SECADEROS N° 5 Y 6	500821	4228249	26	2,5	10,1	96
	CHIMENEA SECADEROS N° 7 Y 8	500828	4228249	26	2,5	11,4	113
	CHIMENEA CALDERA 1 (BIO)	500813	4228257	17	0,94	8,89	150
	CHIMENEA EXTRACTORA	500790	4228120	19	1,2	9,03	76
AIMAZARA	CALDERA (HUESOS ACEITUNA) (F)	499900	4225170	3	0,2	4	200

(1) ETRS89 30N

Las emisiones de las fuentes industriales situadas en el municipio, han sido estimadas por el IEAA en base a los datos obtenidos del PRTR relativos al año 2017, así como de los analizadores automáticos de emisiones de la CMAOT. Aunque se han estimado las emisiones de todos los contaminantes considerados en el IEAA para estos sectores, en la Tabla 10. se presentan únicamente los resultados de PM₁₀ y CO, objeto de este estudio.

Tabla 10. Emisiones industriales en Villanueva del Arzobispo

INSTALACIONES	PM ₁₀ (t/año)	CO (t/año)
ENERGÍA DE LA LOMA, S.A.	0,978	133
COMPAÑÍA ENERGÉTICA LAS VILLAS, S.L	0,387	9,28
SAN MIGUEL ARCÁNGEL, S.A.	32,8	336
ALMAZARA	0,078	18,6

A continuación se muestran los resultados de la modelización para PM₁₀:

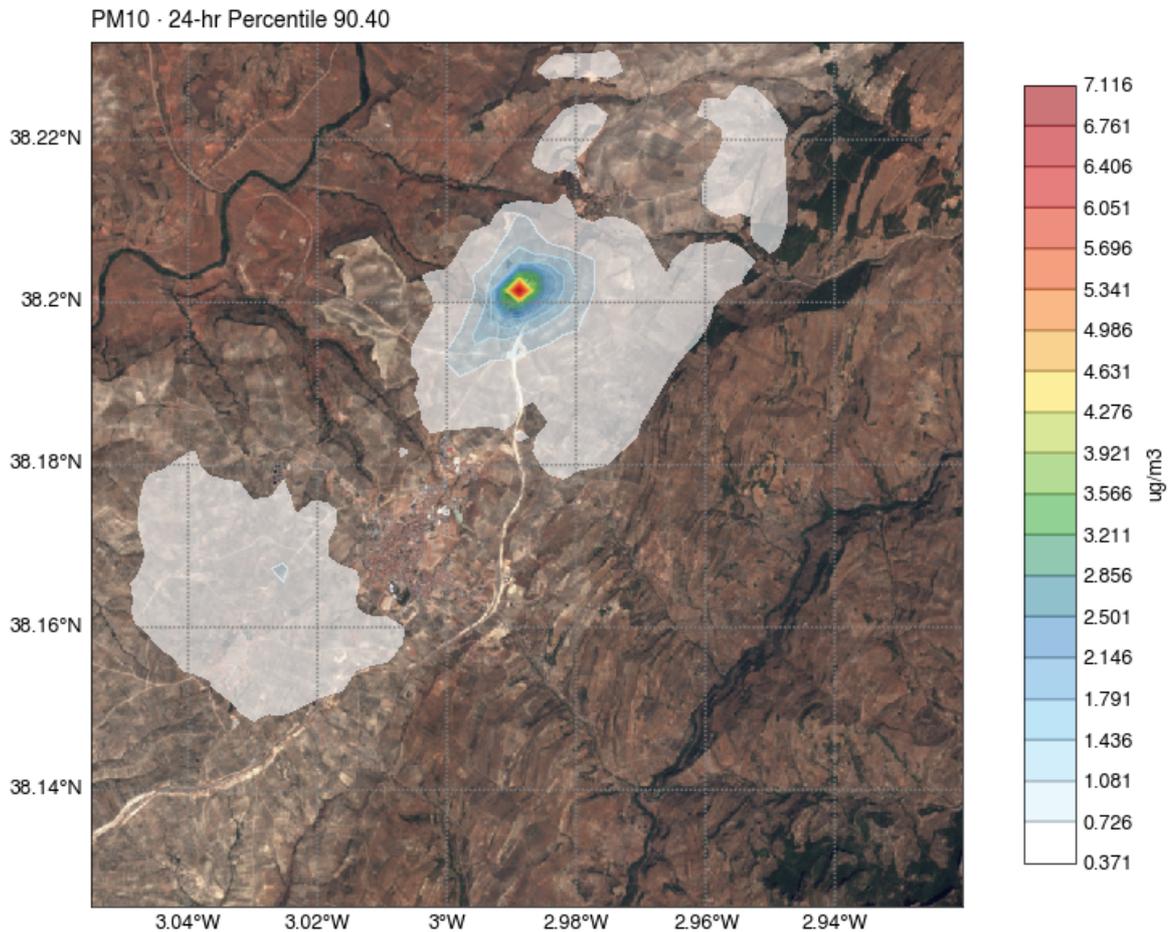


Figura 6. Percentil 90.4 de la concentración diaria de PM10 (contribución industrial).

3.3 Reducción en los niveles de emisión

Se muestran en la siguiente tabla los niveles de emisión asociados a las calefacciones domésticas en los diferentes escenarios planteados.

Para obtener este cálculo, se toma la suma de las emisiones de PM10 de todas las instalaciones de calefacción en g/d. A partir de los resultados de la encuesta realizada, es posible asumir un factor de uso, según se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 11. Factor de utilización de las instalaciones domésticas.

Periodo	PRIMAVERA (marzo/abril/mayo)	VERANO (junio/julio/agosto)	OTOÑO (sept./oct./nov)	INVIERNO (dic./enero/feb.)	GLOBAL
Instalaciones domésticas	0,13	0	0,30	0,90	0,3325 121,4 días/año

A partir de este valor, se obtienen las emisiones en t/año mostradas en la tabla siguiente.

Tabla 12. Emisiones de PM10 en t/año.

Escenario	PM10 (t/a)
Base	47,34
Escenario 66	32,58
Escenario 33	17,33
Escenario 00	2,07

Se consigue una reducción de 45,27 t/a de PM10 con la introducción del Escenario 00.

Con estos valores, es posible modelizar los niveles de calidad del aire utilizando el modelo de dispersión seleccionado.

3.4 Niveles de calidad del aire

Los gráficos siguientes muestran los niveles de calidad del aire derivados exclusivamente del empleo de calefacciones domésticas en los diferentes escenarios planteados.

El nivel de calidad del aire total vendrá determinado por la contribución doméstica (modelizada en los gráficos siguientes) más otros factores, entre los que se encuentran:

- niveles de fondo
- contribución industrial
- contribución de otras fuentes locales no modelizadas, entre las que destacarían el tráfico rodado y la utilización de maquinaria agrícola, entre otros.

3.4.1 Situación actual (escenario base)

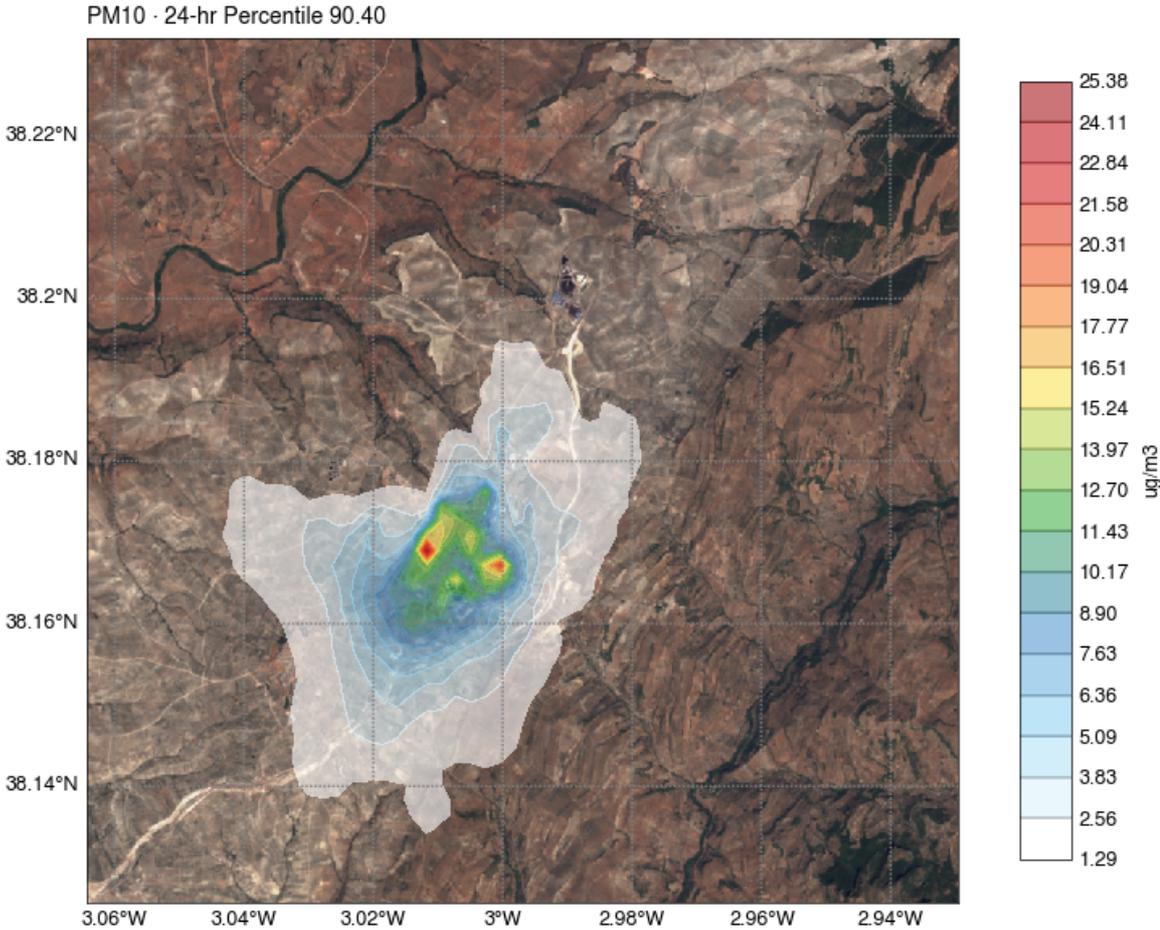


Figura 7. Percentil 90.4 de la concentración diaria de PM10 en el escenario base.

3.4.2 Tras la aplicación de las medidas contempladas en el Plan de mejora (escenarios 00, 33 y 66)

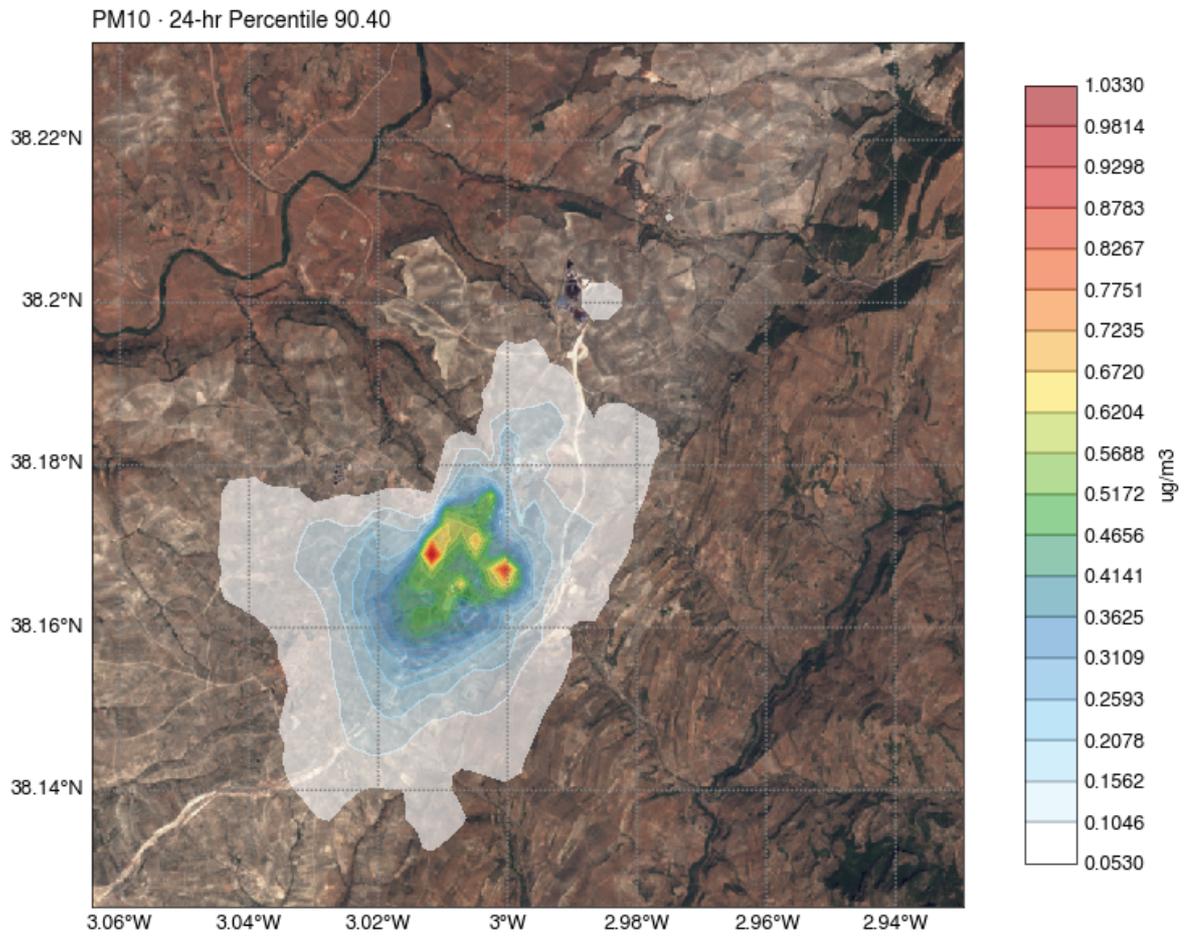


Figura 8. Percentil 90.4 de la concentración diaria de PM10 en el escenario 00.

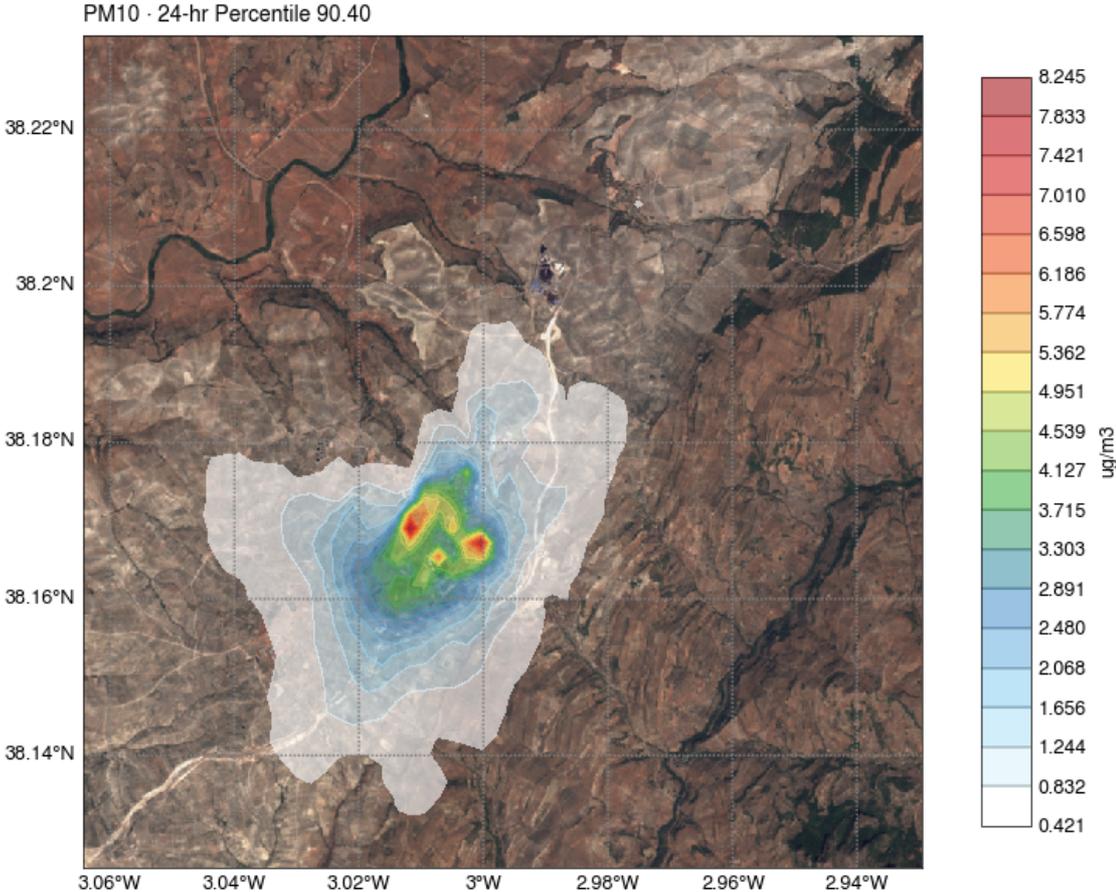


Figura 9. Percentil 90.4 de la concentración diaria de PM10 en el escenario 33.

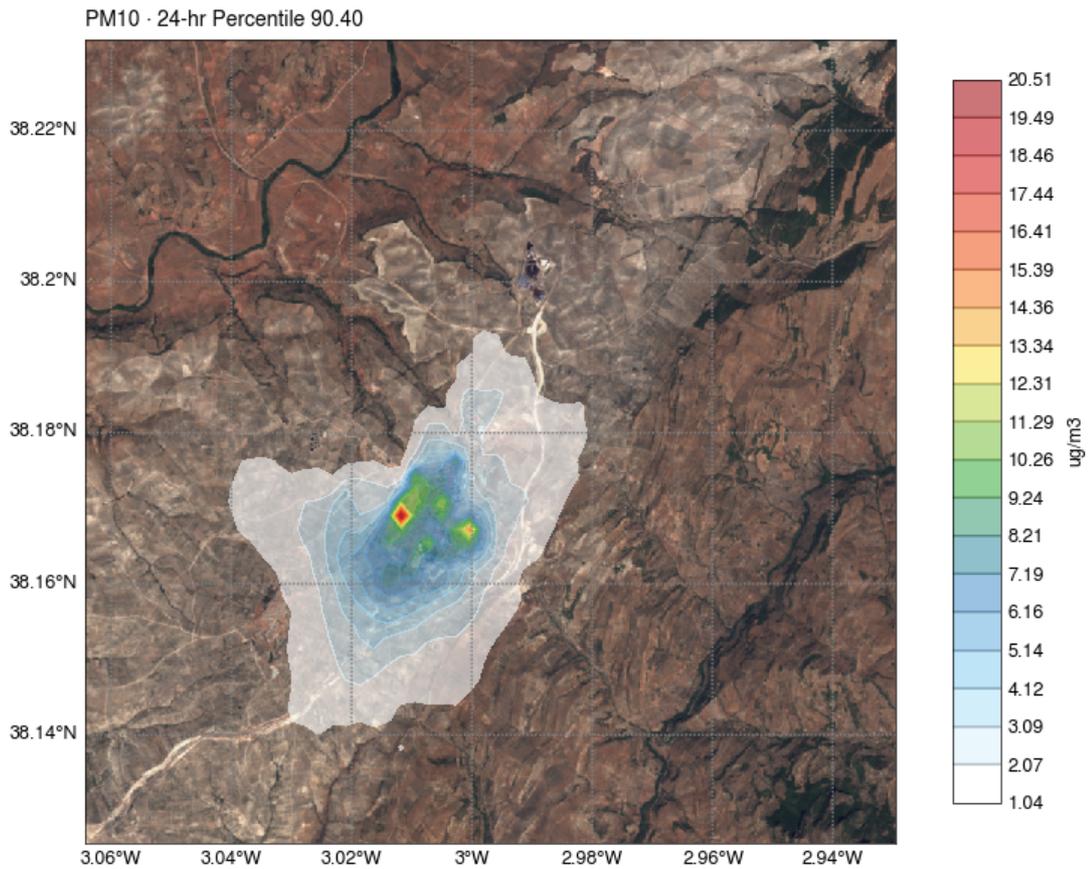


Figura 10. Percentil 90.4 de la concentración diaria de PM10 en el escenario 66.

3.5 Discusión de resultados

Se presenta en la figura siguiente las 50 máximas concentraciones diarias en los escenarios planteados.

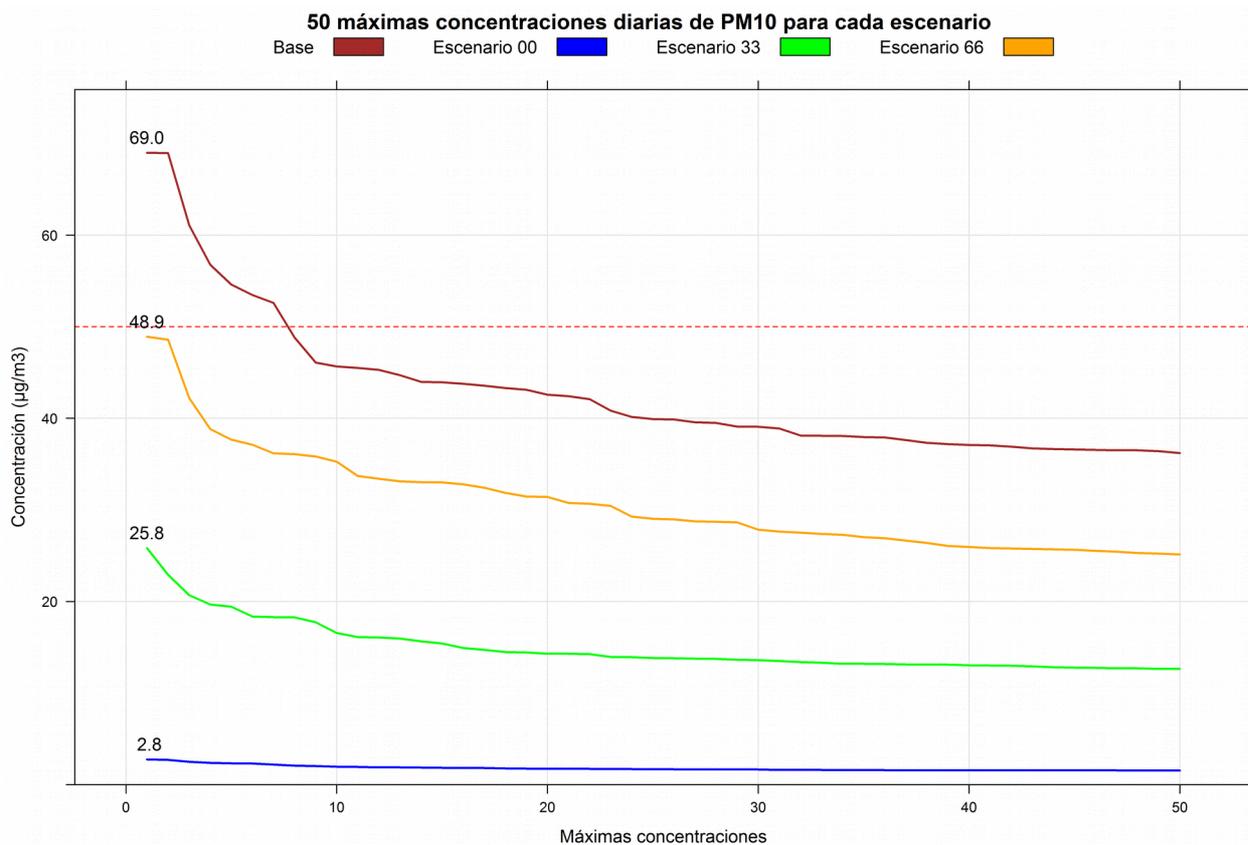


Figura 11. 50 máximas concentraciones diarias en los escenarios planteados en el punto de mayor afección del municipio.

En el escenario más ambicioso (Escenario 00) el máximo diario provocado por las calefacciones domésticas se reduce desde 69 a 2,8 µg/m³, es decir, una reducción de 66,2 µg/m³.

En primera aproximación, se consigue una reducción del máximo diario de 0,09 µg/m³ por cada instalación más contaminante convertida en el punto de mayor afección dentro del municipio.

Se analiza a continuación el efecto específico sobre la estación de la Red de Vigilancia.

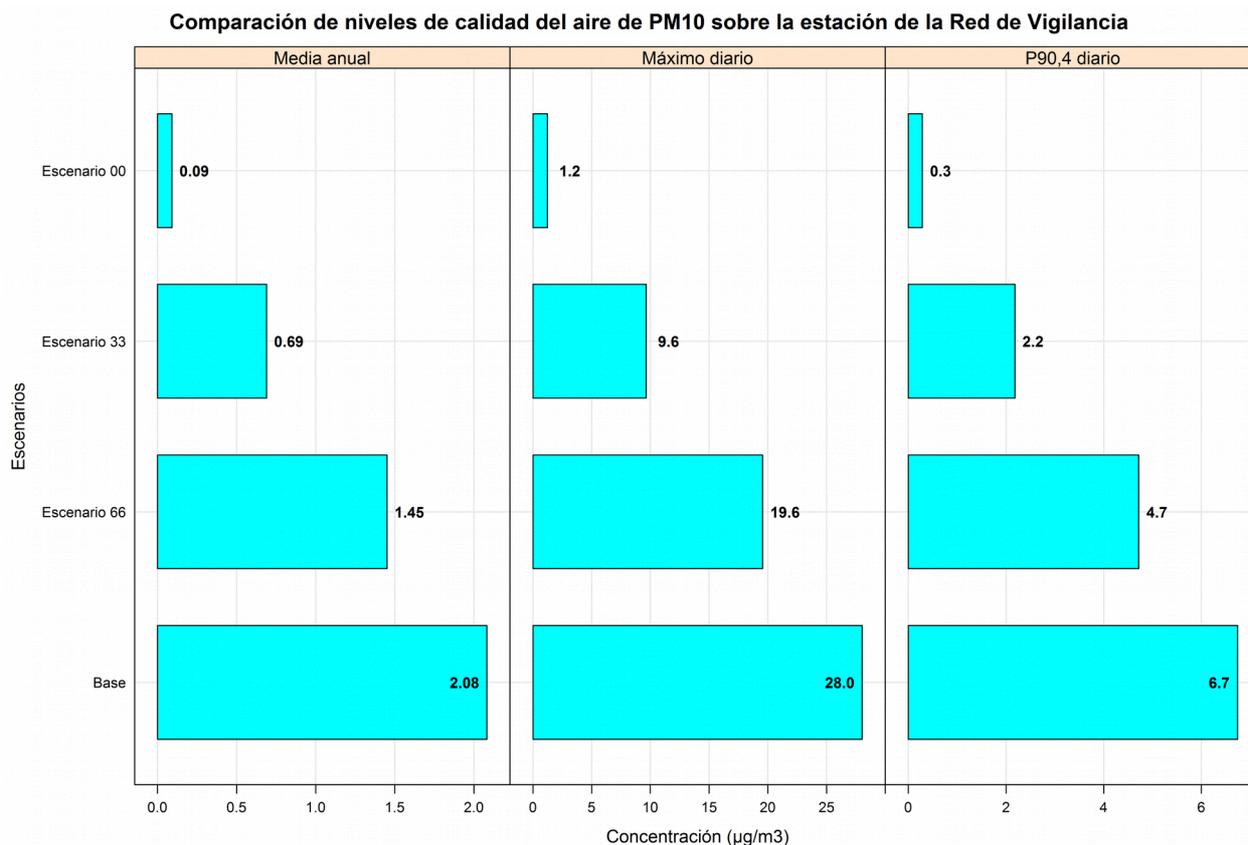


Figura 12. Comparación de los niveles esperados en la estación de la Red de Vigilancia de Villanueva del Arzobispo en los diferentes escenarios planteados.

Analizando los resultados sobre la estación de la Red de Vigilancia, se observa cómo el establecimiento del escenario más ambicioso supone reducir de 2,08 a 0,09 µg/m³ la media anual, de 28 a 1,2 µg/m³ el máximo diario y de 6,7 a 0,3 µg/m³ el percentil 90,4 de la concentración de PM10.

En primera aproximación, se consigue una reducción de 0,04 µg/m³ en el máximo diario sobre la estación por cada instalación modificada.

3.6 Resto de parámetros

Para el punto de mayor afección del municipio, se obtienen los valores mostrados en la tabla siguiente.

Tabla 13. Niveles obtenidos en el punto de máxima afección del municipio para distintos parámetros y promedios en los diferentes escenarios planteados.

Parámetro	Unidad	Periodo	Escenario Base	Escenario 00	Escenario 33	Escenario 66	Diferencia Escenario Base – Escenario 00
PM10	µg/m3	24 Horas	68,99	2,77	25,84	48,90	66,22
PM25	µg/m3	1 Año	7,54	0,32	2,58	5,13	7,22
PM10	µg/m3	1 Año	7,37	0,31	2,51	5,57	7,06
HAP	ng/m3	1 Año	3,22	0,41	1,26	2,46	2,81
CO	mg/m3	8 Horas	0,73	0,24	0,29	0,51	0,49

Parámetro	Unidad	Periodo	Escenario Base	Escenario 00	Escenario 33	Escenario 66	Diferencia Escenario Base – Escenario 00
VOC	µg/m ³	1 Año	30,50	30,27	30,34	30,42	0,23
BAP	ng/m ³	1 Año	0,20	0,01	0,07	0,14	0,19
Zn	ng/m ³	1 Año	6,38	6,30	6,33	6,35	0,08

Se presenta a continuación otras reducciones conseguidas en la estación de la Red de Vigilancia.

Tabla 14. Niveles obtenidos (µg/m³) en la estación de la Red de Vigilancia para distintos parámetros y promedios en los diferentes escenarios planteados.

Parámetro	Unidad	Periodo	Escenario Base	Escenario 00	Escenario 33	Escenario 66	Diferencia Escenario Base – Escenario 00
PM10	µg/m ³	24 Horas	68,99	2,77	25,84	48,90	66,22
PM25	µg/m ³	1 Año	7,54	0,32	2,58	5,13	7,22
PM10	µg/m ³	1 Año	7,37	0,31	2,51	5,57	7,06
HAP	ng/m ³	1 Año	3,22	0,41	1,26	2,46	2,81
CO	mg/m ³	8 Horas	0,73	0,24	0,29	0,51	0,49
VOC	µg/m ³	1 Año	30,50	30,27	30,34	30,42	0,23
BAP	ng/m ³	1 Año	0,20	0,01	0,07	0,14	0,19
Zn	ng/m ³	1 Año	6,38	6,30	6,33	6,35	0,08

4 Conclusiones

Las medidas planteadas por el Plan de mejora de la calidad del aire en Villanueva del Arzobispo acaban significando una notable reducción en las emisiones asociadas al sector doméstico. Esta reducción de emisiones puede valorarse en el entorno de 45,27 t/a de PM10.

Modelizando el impacto que esa reducción tendrá sobre los niveles de calidad del aire del municipio, se alcanzan reducciones en el máximo diario de PM10 que varían desde los 66,2 µg/m³ en el punto de mayor afección del municipio y de 26,8 µg/m³ en la estación de la Red de Vigilancia.

Aparecen reducciones en el conjunto de los contaminantes modelizados para los diferentes promedios que establece la legislación.

5 Anexo

5.1 Modelización

5.1.1 Datos meteorológicos

Para la generación de datos meteorológicos necesarios para la modelización de la dispersión se ha utilizado el modelo numérico Euleriano Weather Research and Forecasting Model (WRF1) mantenido por NCAR (National Center for Atmospheric Research) y NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) de Estados Unidos. WRF tiene una estructura modular y tiene capacidad para ejecuciones en modo multi-tarea sobre ordenadores con memoria distribuida o compartida.



El modelo necesita una serie de condiciones iniciales y de contorno. Se utilizan datos de reanálisis del CFSv2 (Climate Forecast System v2) procedentes de NCEP (National Center for Environmental Prediction) para la inicialización del modelo WRF. Se realizan simulaciones atmosféricas para todo el mundo con una resolución de 0,5° (55 km aproximadamente). CFSv2 asimila información satelital de los últimos 30 días, lo que le permite proporcionar una descripción completa del estado de la atmósfera. De esta forma, la inicialización del modelo WRF se ha realizado a partir de reanálisis CFSv2 con una resolución horizontal de 0,5° y los datos fisiográficos del dominio vienen proporcionados por el propio modelo.

Se ha utilizado la configuración WRF específica para la zona de Villanueva del Arzobispo, incluyendo 30 niveles verticales, considerado la realización de simulaciones mediante arquitectura de doble anidamiento, lo que asegura que la influencia entre los procesos meteorológicos de diferentes escalas y representados en los diferentes dominios de modelización definidos sea biyectiva. Para el presente proyecto, las simulaciones WRF se han realizado trabajando con la versión 3.7 del modelo, con una resolución horizontal de 3 km.

Para asegurar que el modelo represente la mayor cantidad de fenómenos meteorológicos posibles, representativos de las diferentes escalas meteorológicas (sinóptica, mesoscala, microscala), la modelización meteorológica se ha aplicado sobre una arquitectura de mallas anidadas que definen una serie de dominios.

5.1.2 Modelización de la Dispersión

El modelo CALPUFF (versión 6.42) ha sido el seleccionado para la realización de las simulaciones y análisis de la dispersión de las emisiones generadas por el proyecto. CALPUFF fue desarrollado por el ASG (Atmospheric Studies Group), y es un modelo Lagrangeano de “puffs” gaussianos que permite simular las variaciones temporales y espaciales de los distintos contaminantes en la atmósfera, considerando su transporte, transformación y depósito. Es uno de los modelos recomendados para la evaluación de la calidad del aire, incluso en zonas con topografía compleja, pues es capaz de simular fenómenos de canalización, brisas marinas y cizalladura del viento, entre otros, con mayor rigor que otros modelos, como AERMOD. Las dos grandes ventajas del modelo CALPUFF frente al modelo AERMOD son:

- El modelo CALPUFF considera la meteorología como heterogénea en el espacio, mientras que AERMOD la considera uniforme espacialmente. Por ello, el modelo CALPUFF es recomendable en zonas de topografía compleja donde el modelo AERMOD presenta carencias.
- El modelo CALPUFF contempla reacciones químicas en la atmósfera, considerando los contaminantes químicos en función de sus características (peso molecular, reactividad, velocidad de deposición), mientras que el modelo AERMOD trata todos los contaminantes de la misma forma.

El mecanismo con que CALPUFF simula la dispersión de la contaminación se basa en suponer que cada cierto tiempo se emite una nube de contaminantes, distribuidas dentro de la propia nube según una función gaussiana, desde las fuentes emisoras (chimeneas domésticas en este proyecto). El tamaño inicial de cada nube emitida va a depender de las características de la fuente. CALPUFF considera el transporte y dispersión de los contaminantes de cada nube de forma independiente, de forma que van a ser transportadas individualmente según las condiciones meteorológicas, mientras van aumentando de tamaño debido a la difusión. CALPUFF considera también reacciones químicas entre los contaminantes, además de su eliminación, tanto por depósito seco, como por depósito húmedo.



El modelo CALPUFF pertenece, en realidad, al sistema de modelización homónimo, el cual integra tres componentes: CALMET, CALPUFF Y CALPOST. El primero de ellos, CALMET, es el modelo de diagnóstico meteorológico tridimensional del sistema, mientras que CALPOST es el módulo de postprocesado, capaz de tratar los resultados de concentración en el aire y depósito de los contaminantes obtenidos con CALPUFF.

CALPUFF necesita determinados datos de entrada para su correcta ejecución, especialmente la información relativa a las fuentes emisoras (dimensiones y caudal de las chimeneas, temperatura de los gases emitidos, tamaño del área emisora), y la información meteorológica (velocidad y dirección del viento, temperatura, altura de la capa de mezcla). CALPUFF utiliza esta información meteorológica en tres dimensiones, lo que supone considerar datos en superficie y en altura. Los datos meteorológicos pueden proceder de simulaciones, y a su vez estos datos pueden ser complementados con medidas realizadas en las estaciones meteorológicas disponibles o radiosondeos (temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, información sobre la cobertura nubosa, presión atmosférica y precipitación). El modelo WRF (Weather Research and Forecasting model) ha sido el elegido para realizar dichas simulaciones y generar la información meteorológica en superficie y en altura requerida por CALPUFF.

En cuanto a las salidas, el modelo CALPUFF proporciona datos horarios de concentración, depósito seco y depósito húmedo de cada uno de los contaminantes considerados, tanto en puntos receptores concretos, como en la malla de estudio.

CALPUFF permite tratar un gran número de fuentes o focos de emisión, ya sean de forma puntual, lineal, área o volumen, y además las emisiones consideradas pueden ser constantes o variables. Para ello, necesita ciertos parámetros de entrada:

- Localización y características de las fuentes emisoras, incluyendo diferentes parámetros físicos y la intensidad de emisión. En el caso de fuentes puntuales, los datos de la fuente requeridos por el modelo son: altura, diámetro de la fuente, temperatura y velocidad de salida de los gases. Esta información ha sido obtenida de los resultados de las encuestas realizadas, para el caso de las emisiones domésticas, y del inventario de emisiones de la CMAOT, para el caso de las emisiones industriales.
- Definición de un dominio cartesiano de resolución horizontal dada. Se puede incluir también la localización de determinados puntos receptores discretos.



- Datos meteorológicos de todo el dominio a estudiar. Específicamente requiere valores horarios de velocidad del viento, dirección del viento, temperatura, humedad relativa, cobertura nubosa, altura de las nubes, presión y precipitación.

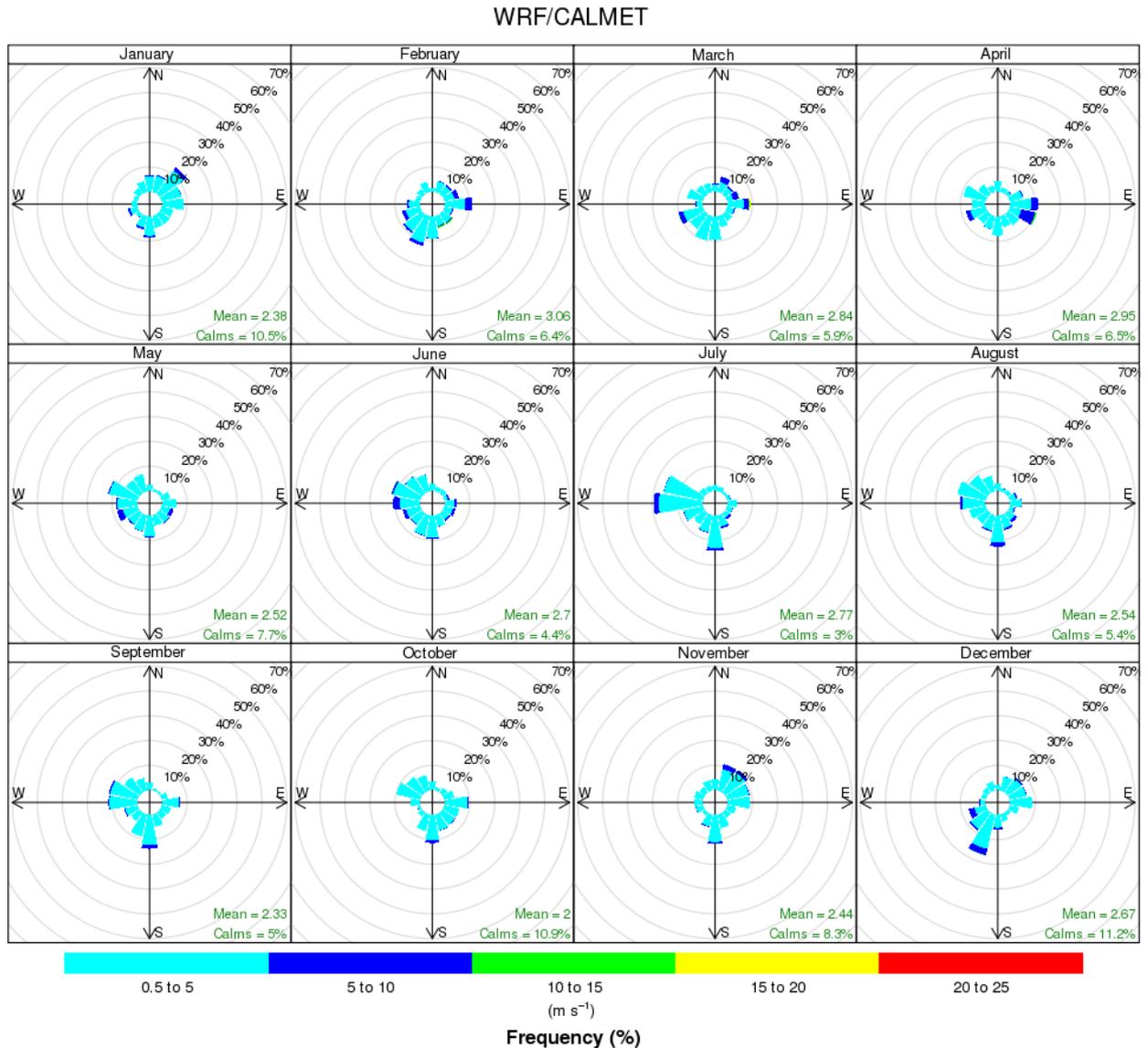


Figura 13. Rosas de viento mensuales utilizadas en el proyecto.

- Información topográfica del terreno a modelar con una resolución dada, así como información de los usos del suelo de todo el dominio.

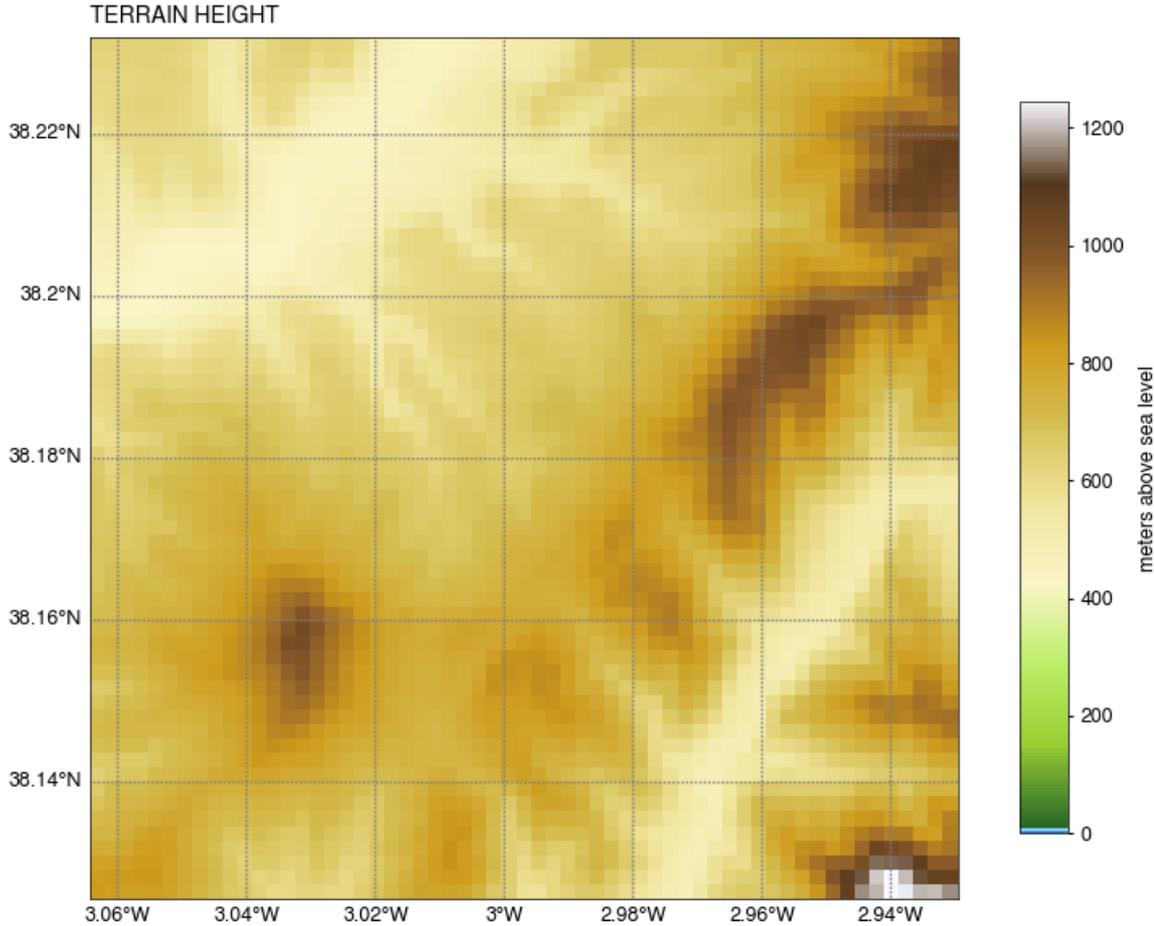


Figura 14. Topografía de la zona de estudio.

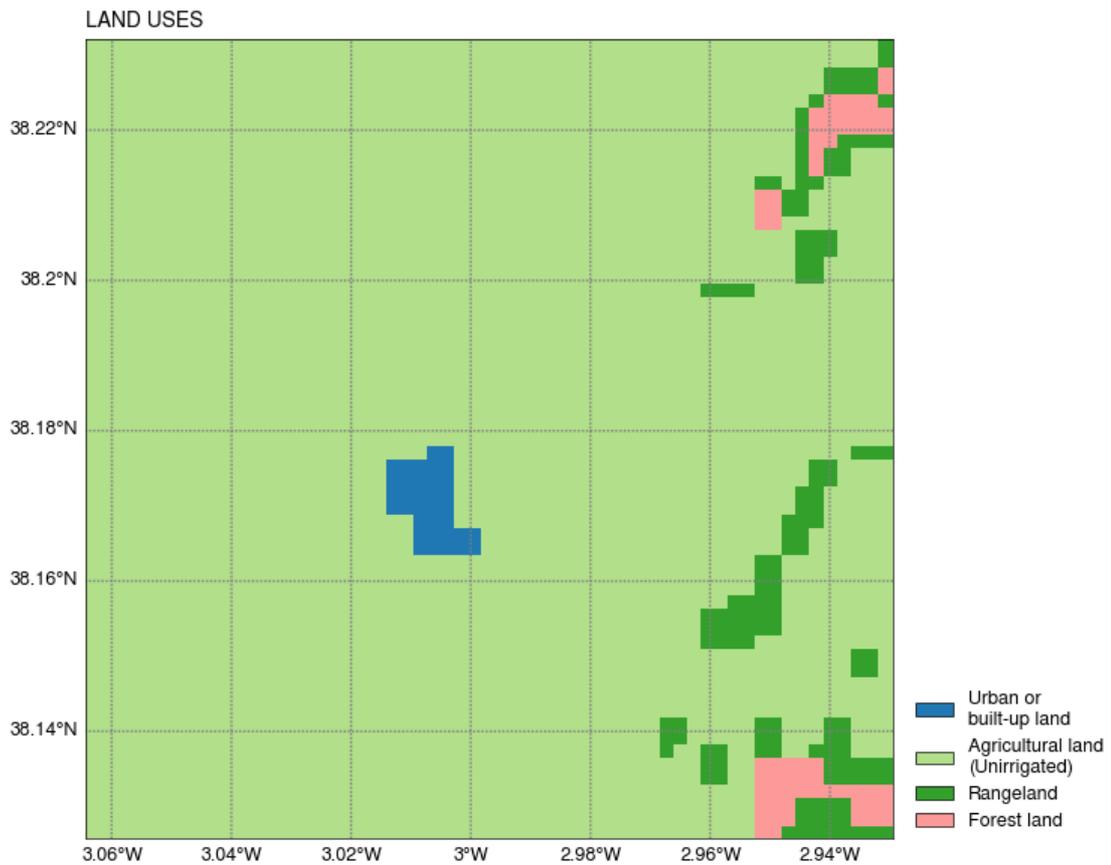


Figura 15. Usos de suelo utilizados en la zona de estudio.

Siguiendo todos y cada uno de los requerimientos del modelo CALPUFF y considerando las emisiones que se detallarán en la siguiente sección, se ha realizado los escenarios de modelización correspondientes, que tendrán en cuenta la dispersión de las emisiones de los distintos contaminantes.

Se han las simulaciones CALPUFF con la versión 6.42 utilizando el propio código fuente descargado de la página web de US EPA. Para el análisis de resultados y generación de gráficas se han utilizado diferentes programas informáticos basados en lenguajes Fortran, C++ y R.



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



JUNTA DE ANDALUCÍA