



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

Modelización matemática de la contaminación por olores procedentes de explotaciones ganaderas en la Comunidad Valenciana

Apellidos, nombre	Cortel de la Fuen del Olmo Gargallo, Pablo (pabcorfu@alumni.upv.es)
Titulación	Grado en Ingeniería Geomática y Topografía
Centro	E.T.S.I. Geodésica, Cartográfica y Topográfica Universidad Politécnica de Valencia

Índice:

1. Introducción	1
1.1.- Consideraciones generales	1
1.2.- Problemática de la ganadería intensiva industrializada	3
2. Conceptos sobre los olores	5
2.1.- ¿Qué es el olor y cómo lo percibimos?	5
2.2.- El olor como contaminante	6
2.3.- Metodología para determinar la concentración del olor	7
2.4.- Metodologías para la evaluación del impacto odorífero	8
3. Actividad ganadera como fuente de contaminación atmosférica	10
3.1.- Problemática de la actividad ganadera	10
3.2.- Estimación de la tasa de emisión de olor	12
4. Modelo Gaussiano como herramienta de simulación de contaminación atmosférica	14
5. Datos sobre vientos de la Comunidad Valenciana	18
6. Herramientas utilizadas	19
6.1.- CONTATMO	19
6.2.- Screen View	19
6.3.- ArcMap y Model Builder	20
7. Aplicación práctica a la zona de Alcoy	22
8. Metodología de trabajo	23
8.1.- Elección de la zona de estudio mediante Polígonos de Thiessen	23
8.2.- Cálculo de la dispersión mediante el uso del programa CONTATMO	25
8.3.- Uso del Model Builder en ArcGis	33
8.4.- Generación de un mapa de vientos de la Comunidad Valenciana	37
8.5.- Aplicación del programa Screen View en la dispersión odorífera	40
9. Resultados	43
10. Conclusiones	53
11. Bibliografía	54
12. Anejos	56
12.1.- Fichero de datos CONTATMO	56
12.2.- Rosas de los vientos de diversas estaciones meteorológicas	60

Índice de figuras

Figura 1: Percepción del olor

Figura 2: Evaluación de molestias por malos olores a través del parámetro FIDO (St.Croix Sensory 2005)

Figura 3: Mapa de densidad de las explotaciones ganaderas

Figura 4: Esquema del modelo gaussiano

Figura 5: Rosa de los vientos de Alcoy

Figura 6: Ubicación de la Comunidad Valenciana en la Península Ibérica

Figura 7: Comarcas a tratar por el estudio

Figura 8: División de la zona mediante Polígonos de Thiessen

Figura 9: Pantalla de inicio del programa CONTATMO

Figura 10: Fases del programa CONTATMO

Figura 11: Fichero datos CONTATMO

Figura 12: Pantalla de resultados de la dispersión del programa CONTATMO

Figura 13: Matriz Coordenadas X

Figura 14: Matriz Coordenadas Y

Figura 15: Matriz con la dispersión en cada coordenada

Figura 16: Model Builder paso de formato CSV a SHP

Figura 17: Model Builder Interpolación

Figura 18: Polígono de Voronoi creado alrededor del punto de interpolación

Figura 19: Model Builder Intersección

Figura 20: Programa de aplicaciones geodésicas

Figura 21: Direcciones predominantes en las estaciones meteorológicas

Figura 22: Zona de estudio con direcciones viento

Figura 23: Zoom de la zona de estudio con las flechas de dirección

Figura 24: Interfaz de datos de entrada de Screen View

Figura 25: Selección del terreno y distancias en Screen View

Figura 26: Gráfico final Screen View

Figura 27: Mapa de dispersión de olor de una explotación ganadera

Figura 28: Porcentaje de explotaciones que afectan a entidades en %

Figura 29: Mapa de dispersión en Balones

Figura 30: Mapa de dispersión entre Millena y Gorga

Figura 31: Gráfico de la explotación entre Millena y Gorga

Figura 32: Imagen de la explotación y la dirección de la gráfica

Índice de tablas

Tabla 1: Unidades de olor para cada tipo y especie de animales

Tabla 2: Categorías de Pasquill de estabilidad de la atmósfera

Tabla3: Dispersión en cada coordenada

Tabla 4: Identificador, coordenadas y caudal de emisión

Tabla 5: Explotaciones que afectan el municipio de Balones con su intensidad

Tabla 6: Explotaciones que afectan el municipio de Alcoy con su intensidad

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- Consideraciones generales

El número de quejas por malos olores ha aumentado en los últimos años como consecuencia de la intensificación de la ganadería y de una mayor importancia del turismo en las zonas rurales durante una determinada época del año.

Los olores pueden llegar a ser realmente molestos, como los procedentes del estiércol, y especialmente cuando los afectados no tienen ninguna vinculación con la actividad, llegando estos olores a ser perjudiciales para la salud como indican muchas noticias al respecto.

Los efectos de la contaminación por malos olores sobre la salud han sido relativamente poco estudiados en comparación con otros contaminantes atmosféricos, como por ejemplo para el material particulado. Sin embargo, algunos estudios señalan que los olores pueden afectar al estado psíquico de las personas, influyendo negativamente sobre su estado anímico y pudiendo provocar situaciones de estrés, dolor de cabeza, mareos, alergias, pérdidas de apetito, entre otros.

Según el trabajo de investigación “Contaminación odorífera”, elaborado por CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente) (2010), se señala que además del impacto que producen los malos olores en la calidad de vida de las personas, se ha visto que, este tipo de malestar asociado a la contaminación por malos olores, genera efectos económicos negativos, particularmente en las actividades terciarias, como el comercio o los servicios, relacionadas a la recreación y el turismo.

En España en general y en la Comunidad Valenciana en particular, no se dispone de legislación específica sobre contaminación ambiental por olores. En la actualidad, tan sólo son de aplicación las leyes generales y autonómicas de ganadería que establecen distancias mínimas de separación de las explotaciones ganaderas a núcleos urbanos. La aplicación a campo de estiércoles y purines no aparece regulada, siendo esta actividad la que genera un mayor número de molestias entre la población. Tan sólo algunos municipios han establecido en sus ordenanzas municipales distancias mínimas de separación al núcleo urbano, para limitar de esta manera las molestias ocasionadas a la población.

El debate de este tipo de circunstancias es de actualidad debido a esta falta de legislación. A su vez, también existe controversia en cuanto a la disparidad de la percepción de los olores, ya que no todas las personas notan la existencia de un olor al mismo tiempo, depende de cada persona y su capacidad olfativa.

De esta forma, el criterio de la distancia no es siempre adecuado, ya que en la dispersión de los olores intervienen otros factores como velocidad y dirección del viento, dispersión del olor y tasa de emisión de malos olores, que son los que se van a tratar en este trabajo.

Noticias:

O Grove , La Voz de Galicia 08/07/2018

“Vuelven las críticas por el mal olor que genera una factoría química ubicada en Campos”

Santa Eulària, Periódico de Ibiza 07/07/2018

“La situación con el mal olor de la depuradora es insoportable”

Castellón Información 22/06/2018

“Fuertes olores en el Grau generan la protesta de los vecinos y numerosas llamadas de queja.”

Alicante Información 10/06/2018

“Mal olor, agua verde y suciedad. La falta de regeneración de los estanques del Parque Infantil de Tráfico se convierte en un foco de infecciones y empobrece la impresión que los turistas se llevan de Elche”

Murcia.com 10/07/2018

“El Gobierno local aclara que los malos olores no proceden ni del Vertedero ni de la Depuradora”

El Sol de Tijuana 10/07/2018

“El mal olor en desagües ahuyenta a los turistas”

Vanguardia Liberal 10/07/2018

“Desde hace varios años el problema de los malos olores en Girón afecta a la ciudadanía; pese a las quejas, el problema sigue sin solución por parte de las autoridades.”

La Vanguardia Fuerteventura 29/06/2018

“PP pide eliminar los malos olores de la avenida y la playa de Los Pozos.”

Málaga Hoy 06/07/2018

“Los olfatos malagueños más finos detectaron ayer en el centro de la ciudad un olor nada agradable que fluctuó en su intensidad con las rachas de viento cambiante. Todo apunta, según las fuentes consultadas, a que las tufaradas pudieron provenir del puerto, en concreto de un barco de ganado que atracó en el muelle número siete.”

1.2.- Problemática de la ganadería intensiva industrializada

Los fuertes incrementos en la demanda de alimentos de origen animal, principalmente carne, que ocurren en sociedades humanas a medida que aumenta el nivel de renta, induce a la implantación y desarrollo de unos sistemas ganaderas de características tales que se pueda satisfacer de forma rápida esa creciente demanda.

Ello solo es posible en especies de escaso intervalo generacional, elevada productividad y reducido ciclo reproductivo, como es el caso de las aves y porcino, que es lo que se viene a denominar la ganadería intensiva industrializada. Esa clase de ganadería que se asemeja más a una actividad industrial que agraria y se caracteriza por su independencia de la tierra, que únicamente supone el soporte físico de la explotación, y porque casi la totalidad de los medios y factores de producción están disponibles en el mercado y se pueden adquirir de forma inmediata, lo que facilita una rápida implantación en zonas geográficas en las que existe una fuerte demanda, para aprovechar las economías de localización. Paralelamente se produce un incremento paulatino del tamaño de las explotaciones para un mejor aprovechamiento de las economías de escala.

Noticias:

Cadena SER 04/07/2018

“Vecinos de Doña Inés se movilizan a través de Internet contra las granjas cerca de sus viviendas.”

Eldiario.es 20/06/2018

“Vecinos de la Serranía de Cuenca, contra una macrogranja porcina en una zona que aspira a vivir del astroturismo.”

ABC Andalucía 06/07/2018

“Un barco cargado de vacas apesta Málaga durante dos días.”

El Español 26/06/2018

“Vecinos de Barranco Las Lajas se quejan de la proximidad de unas cuadras de caballos con sus casas”

La Provincia Diario de Las Palmas 04/06/2018

“La acumulación de estiércol y el constante polvo provocado por caballos enfrenta a varios vecinos”

Comarcalcv.com 21/06/2018

“EUPV alerta en Bruselas del proyecto de una macrogranja para 30.000 cerdos en Ayora.”

La Nueva España 07/06/2018

“Denuncian ante la Fiscalía una granja de cerdos en Siero por mal olor y saturación.”

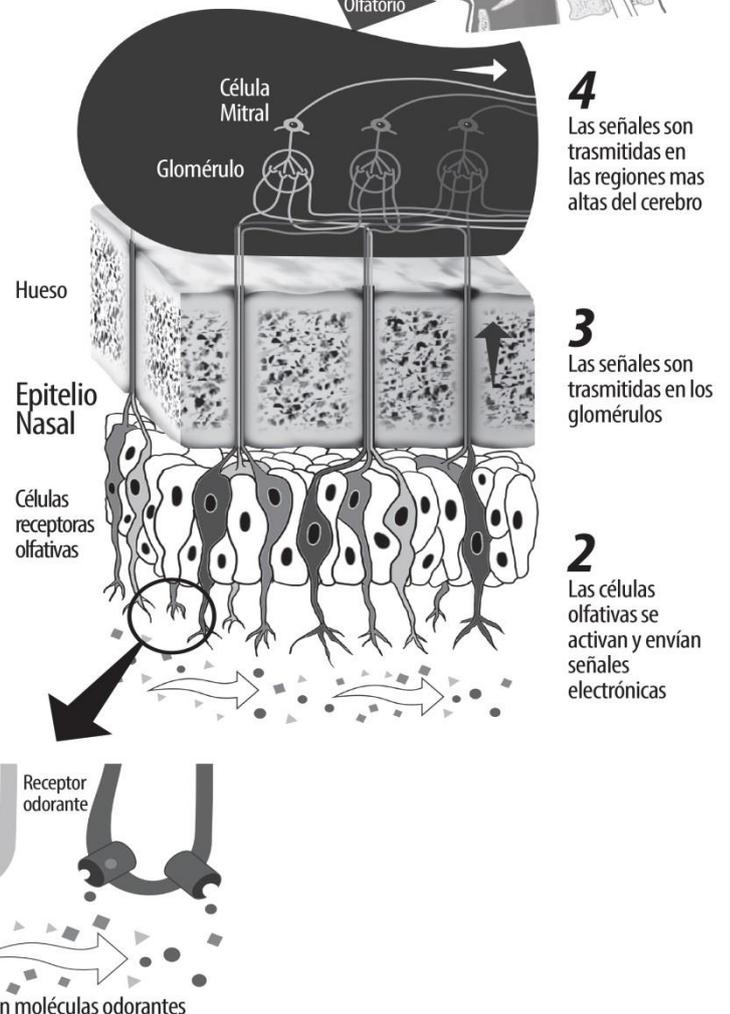
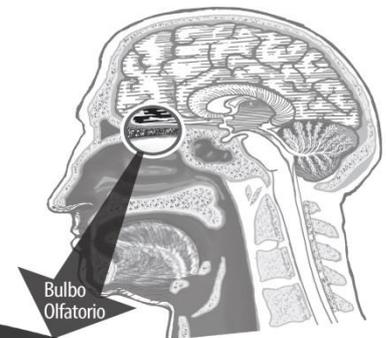
2.- Conceptos básicos sobre los olores

2.1- ¿Qué es el olor y cómo lo percibimos?

El sentido del olfato es un receptor químico en donde las partículas aromáticas desprendidas de los cuerpos volátiles ingresan por el epitelio olfatorio ubicado en la nariz y son procesadas por el sistema olfativo, por lo que el olor es la sensación resultante provocada por estas partículas; tal como sucede con otros sentidos, varios factores psicológicos pueden desempeñar cierto papel en la percepción de los mismos.

La composición de la mezcla de gases, vapores y polvo disueltos en el aire influyen directamente en el olor percibido por un mismo receptor. Aquello que carece de olor se denomina inodoro. El sistema olfativo junto con el sistema gustativo, son considerados como sentidos químico-sensoriales, ya que ambos convierten las señales químicas en percepción.

El olfato es el sentido más desarrollado al nacer, por lo que somos capaces de distinguir el aroma de nuestra madre de entre un grupo de personas dentro de una habitación. Un adulto puede distinguir entre 4000 y 10000 aromas diferentes, nuestra nariz es muy sensible y puede detectar concentraciones muy bajas de compuestos, más que el mejor de los equipos de detección.



*Figura 1. Percepción del olor
(Facultad de Ciencias Químicas-Orizaba,
Universidad Veracruzana)*

2.2.- El olor como contaminante

Al hablar de calidad del aire atmosférica, no hay más remedio que tratar el tema de los malos olores. La norma UNE-EN 13725: 2004 "Calidad del aire. Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica", define el olor como "la propiedad organoléptica perceptible por el órgano olfativo cuando inspira sustancias volátiles". Esta norma desarrolla las cuestiones relacionadas con la toma de muestras, cuantificación de la concentración de olor y cálculo de la emisión de olor de los focos.

El olor es una reacción sensorial de determinadas células situadas en la cavidad nasal. La relación entre olor y molestia percibida es compleja de definir. En ella confluyen factores físicos y químicos fáciles de determinar, pero también otros de carácter subjetivo más difícil de evaluar, como por ejemplo, el carácter agradable o desagradable del olor (tono hedónico), la sensibilidad de cada persona, o el entorno en el que es percibido.

En los últimos años, la regulación ambiental ha aumentado significativamente, en paralelo a una sociedad más participativa y dotada de una mayor concienciación ambiental, que reclama la intervención de las administraciones públicas con el objetivo de garantizar el bienestar y la calidad de vida. En este sentido, destaca el aumento del número de quejas recibidas en las distintas administraciones sobre aspectos que hasta hace pocos años no eran objeto de reclamación, como es el caso de las molestias por ruido y olores.

Por lo que se refiere a la contaminación odorífera, los datos actuales indican que representa un cada vez más elevado porcentaje de las denuncias y quejas recibidas en las distintas administraciones territoriales. Los malos olores causados por actividades tales como explotaciones de ganado, actividades industriales, depuradoras, vertederos, etc, se entienden como un tipo de contaminación ambiental debido a que aunque los olores no lleguen a ser tóxicos, pueden llegar a provocar malestar, molestias respiratorias, alteraciones psicológicas, etc. Al ser los olores un factor para la aceptación o rechazo, la población puede llegar a percibir los olores como un peligro para su salud, ocasionando niveles de descontento tan negativas como cualquier otro problema ambiental.

Los problemas derivados de las molestias a la población de las actividades generadoras de los olores son difíciles de abordar por cuestiones de vacío legal o técnicas ya que por el momento no existe en nuestro país legislación estatal que regule o limite las emisiones de olor.

Sin embargo, la contaminación por olores no es un concepto nuevo, el Tribunal Europeo de Derechos Humanos y la jurisprudencia contenciosa-administrativa han declarado que la contaminación por olores puede llegar a afectar en determinados supuestos el derecho a la intimidad domiciliaria de las personas. En nuestro país, en concreto en Cataluña, la contaminación odorífera ya se incluía como un factor de contaminación en la Ley 22/1983, de 21 de noviembre, de protección del ambiente atmosférico.

2.3.- Metodología para determinar la concentración del olor

Las características del olor hacen que exista una dificultad añadida a la hora de establecer mecanismos de regulación, identificación y medición. Tiene especial importancia el hecho de que existan compuestos con un umbral de detección olfativo muy bajo, a muy bajas concentraciones en el aire, que hacen que sean difícilmente identificables analíticamente pero sí reconocidos sensorialmente.

Por otro lado, existe la tendencia a relacionar un olor con un compuesto químico determinado (por ejemplo, el ácido sulfhídrico cuando se percibe olor a huevos podridos). Sin embargo, cuando se habla de contaminación odorífera, los compuestos no se presentan en forma única e individual, y lo que existe es una variedad de compuestos, algunos con mayor o menor concentración, pero es la mezcla de todos lo que provoca la respuesta sensorial. Actualmente existe una norma técnica, la UNE-EN 13725, comentada anteriormente, la cual sirve de apoyo para la determinación de la concentración del olor.

La concentración de una muestra se expresa en unidades de concentración de olor uoE. Una unidad de olor (uoE) es “la cantidad de sustancia, o mezcla de sustancias, que se puede oler en un metro cúbico de gas oloroso, en condiciones normales, en el umbral del panel de percepción”. El principio de medición se basa en la determinación de la concentración de olor de una muestra para presentarla a un panel de personas utilizando un

olfatómetro (aparato que permite efectuar diluciones de la muestra). La presentación de la muestra de aire se efectúa en distintas concentraciones, diluyéndola con gas neutro, con el objetivo de determinar el factor de dilución en el umbral de detección del 50% de las personas que integran el panel cuando el olor es percibido por la mitad de los integrantes del panel.

2.4.- Metodologías para la evaluación del impacto odorífero

Existen varias metodologías que permiten evaluar el impacto odorífero sobre el entorno. Se pueden destacar, entre otras, las siguientes:

- Narices electrónicas:

Se trata de una serie de sensores de distintos materiales metálicos que reaccionan de forma distinta a un mismo componente químico. Una vez que la muestra olorosa entra en contacto con los distintos sensores, se produce una respuesta, que no se evalúa de forma individual, sino conjuntamente para la totalidad de los sensores, de forma análoga a cómo funcionaría una red neuronal, donde hay interacciones de los distintos receptores nerviosos. Antes de obtener un resultado, hay que enseñar al equipo a relacionar la respuesta con la intensidad/concentración de olor. Esto se hace a partir de los valores obtenidos por panelistas humanos que trasladan los resultados a una base de datos de conocimiento que queda registrada en el equipo.

- Mediciones de campo:

El principio de medición de estas metodologías se basa en la observación y detección en campo del olor mediante observadores que se sitúan en los puntos del territorio donde se quieren evaluar las molestias por olores. Como ejemplo normativo, se dispone de la norma alemana VDI 3940, que permite obtener la frecuencia de detección de un olor.

- Tablas FIDO:

Esta herramienta se basa en el estudio de cuatro parámetros: la frecuencia, la duración de la detección, la intensidad y el carácter agradable o desagradable del olor. Sirve para determinar si un olor se puede considerar molestia o no.

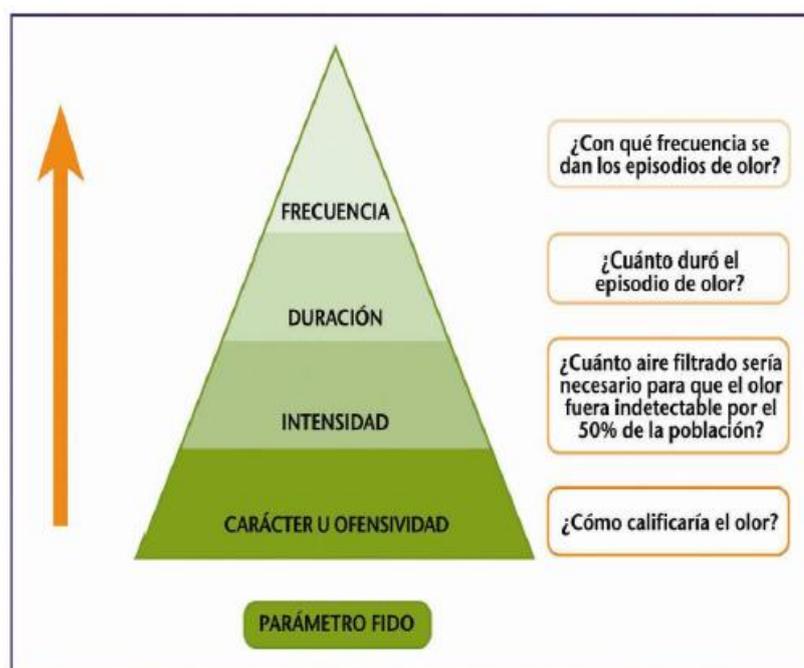


Figura 2. Evaluación de molestias por malos olores a través del parámetro FIDO

(St.Croix Sensory 2005)

- Modelización:

Es el método más empleado para valorar la contaminación por olores generada por una fuente. Se basa en el uso de modelos matemáticos de dispersión de contaminantes. La modelización permite evaluar el impacto odorífero que una instalación, existente o futura, tiene o tendrá sobre su entorno próximo. A partir de los datos meteorológicos de la zona, se puede efectuar la modelización. El resultado del modelo es la obtención de la concentración de olor en inmisión. Esta concentración puede representarse mediante líneas con un mismo valor de concentración de olor: las isodoras.

3.- Actividad ganadera como fuente contaminación atmosférica

3.1.- Problemática de la actividad ganadera

Según un informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el sector ganadero genera más gases de efecto invernadero –el 18 por ciento, medidos en su equivalente en dióxido de carbono (CO₂)- que el sector del transporte. También es una de las principales causas de la degradación del suelo y de los recursos hídricos.

El sector pecuario es el de crecimiento más rápido en el mundo en comparación con otros sectores agrícolas. Es el medio de subsistencia para 1 300 millones de personas y supone el 40 por ciento de la producción agrícola mundial. Para muchos campesinos pobres en los países en desarrollo, el ganado es también una fuente de energía como fuerza de tiro y una fuente esencial de fertilizante orgánico para las cosechas.

Pero este rápido desarrollo tiene un precio elevado para el medio ambiente, según el informe de la FAO La sombra alargada de la ganadería - aspectos medioambientales y alternativas. “El coste medioambiental por cada unidad de producción pecuaria tiene que reducirse a la mitad, tan sólo para impedir que la situación empeore”.

Si se incluyen las emisiones por el uso de la tierra y el cambio del uso de la tierra, el sector ganadero es responsable del 9 por ciento del CO₂ procedente de las actividades humanas, pero produce un porcentaje mucho más elevado de los gases de efecto invernadero más perjudiciales. Genera el 65 por ciento del óxido nitroso de origen humano, que tiene 296 veces el Potencial de Calentamiento Global del CO₂. La mayor parte de este gas procede del estiércol. Y también es responsable del 37 por ciento de todo el metano producido por la actividad humana (23 más veces más perjudicial que el CO₂), que se origina en su mayor parte en el sistema digestivo de los rumiantes, y del 64 por ciento del amoníaco, que contribuye de forma significativa a la lluvia ácida.

El informe de la FAO explica que la ganadería utiliza hoy en día el 30 por ciento de la superficie terrestre del planeta, que en su mayor parte son pastizales, pero que ocupa también un 33 por ciento de toda la superficie cultivable, destinada a producir forraje. La tala de bosques para crear pastos es una de las principales causas de la deforestación, en especial en Latinoamérica, donde por ejemplo el 70 por ciento de los bosques que han desaparecido en el Amazonas se han dedicado a pastizales.

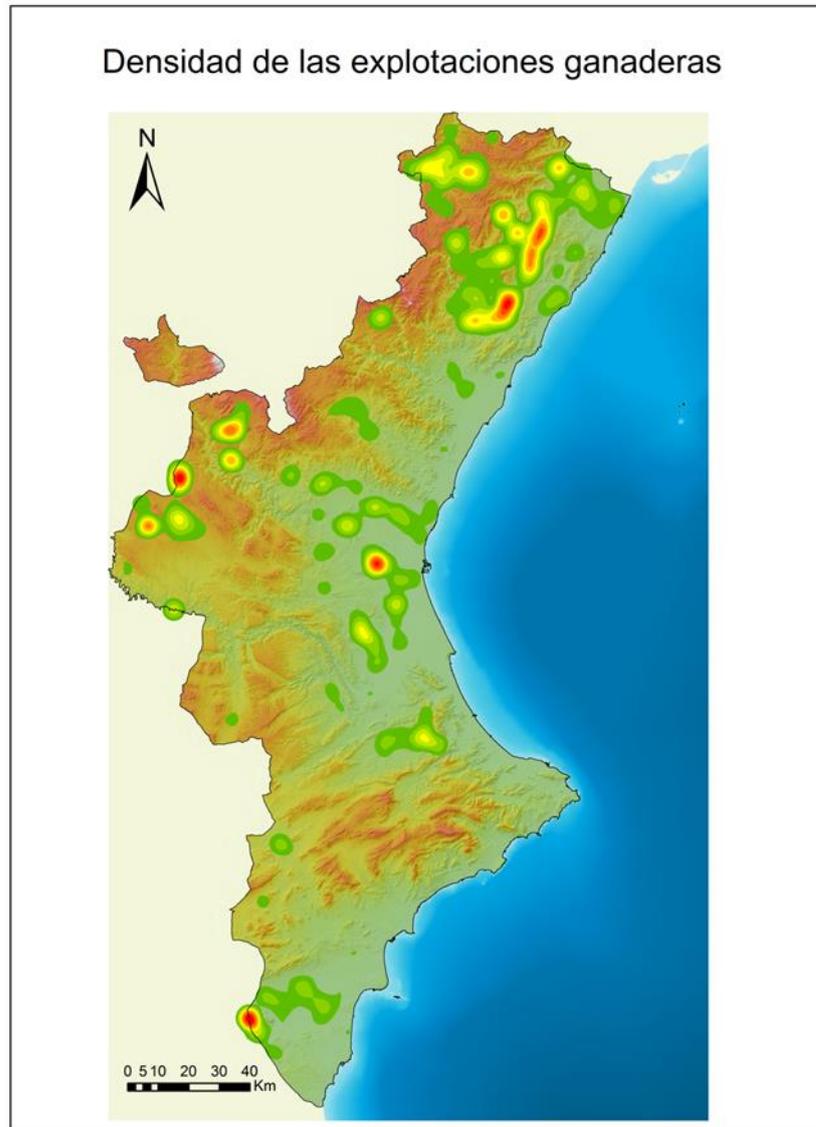


Figura 3. Mapa de densidad de las explotaciones ganaderas.

3.2.- Estimación de la tasa de emisión de olor.

En la siguiente tabla se observan los factores de emisión utilizados para el cálculo de la estimación de emisión olor de cada explotación ganadera según la *“Guía técnica para la gestión de las emisiones odoríferas generadas por las explotaciones ganaderas intensivas”* de la Consellería de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda de la Generalitat Valenciana. La manera ideal de obtener el valor de emisión de olor sería tomando medidas con un olfatómetro de campo en cada explotación y anotando los resultados pero debido a que se trabaja con un amplio volumen de datos se escogió esta tabla de valores en la que representa las unidades de olor perteneciente a cada especie y tipo de orientación productiva.

Para ello se conocía el número de plazas de cada tipo de animal para cada explotación.

Así, la cuantificación de la emisión de olor consiste en multiplicar la tasa de emisión de olor establecida para cada tipo de animal por el número total de animales de este mismo tipo que posee la instalación.

Especie	Tipo	Unidades de olor
Porcino	Recrías + Transgénicos	4.87
	Cebo + Lechones	14.67
	Cerdas	19.30
	Verracos	26.22
	Reposición	12.10
Ovino	Hembras	7.80
	4-12 meses	4.68
	Cebo	1.95
	Machos	9.00
Equino	4-12 meses	39.73
	12-36 meses + hembras + reposición	46.68
	Machos	44.20
	Cebo	39.73
Cunícola	Hembras + Reposición	1.00
	Machos	1.10
	Cebo	0.25
Caprino	Hembras	18.84
	4-12 meses	11.30
	Machos	21.66
	Cebo	5.70
Bovino	Vacas Leche	46.84
	Vacas Carne	39.73
	Vacas Brava	44.20
Aves	Broilers + Crías Carne	0.11
	Ponedoras + Multiplicación + Incubadora	0.49
	Criahuevos	0.19
	Patos	2.05
	Pavos	0.56
	Pintadas	0.24
	Codornices	0.02
	Faisanes	0.26
	Perdices	0.12
	Ratites	5.53

Tabla 1. Unidades de olor para cada tipo y especie de animales

4.- Modelo Gaussiano como herramienta de simulación de contaminación atmosférica.

Es la técnica más ampliamente usada para contaminantes no reactivos. Proporciona una excelente aproximación matemática a la dispersión de contaminantes. Está basado en la distribución Gaussiana o distribución normal de estadísticas.

El modelo Gaussiano asume que el material proveniente de una fuente, continuamente es transportado en dirección del vector de velocidad de viento, estando las concentraciones más altas en el centro de la pluma y las más bajas en los extremos. En resumen, asume que la concentración de la pluma, en cada distancia vientos abajo, posee una distribución Gaussiana o normal independiente horizontal y verticalmente.

La mayoría de modelos recomendados por la Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos son Gaussianos.

Los principios básicos de este modelo son los más utilizados para describir el movimiento de los contaminantes en el atmósfera. Supone que la contaminación se produce “vientos abajo” de acuerdo a la dirección del viento (eje x), la que es contante y continua, y que se produce a partir de una fuente puntual que emite en forma continua un flujo de contaminantes denotado con la letra “Q”. Por otro lado, el modelo supone que el contaminante estudiado no es reactivo.

La distribución de contaminantes es tal que puede ser representada por una distribución gaussiana en el eje z e y, donde la mayor concentración se produce en el eje del penacho tal como lo muestra la Figura 3. Hay que notar, que los coeficientes de dispersión en el sentido z e y no son los mismos, en ambas direcciones existe una distribución gaussiana pero su dispersión cambia.

La concentración en un punto del espacio, C(x,y,z), suponiendo que no existe límite en la dispersión de contaminantes, está dada por la siguiente expresión básica:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{z^2}{2\sigma_z^2}\right)$$

Dónde:

Q. es el flujo de emisión de la fuente contaminante.

u: es la velocidad promedio del viento

σ^2_y : parámetro de dispersión en el sentido y

σ^2_z : parámetro de dispersión en el sentido z

Los parámetros de dispersión dependen de la distancia de la fuente emisora (distancia x) y del nivel de turbulencia de la atmósfera.

La expresión anterior es válida cuando la emisión se produce en un punto del espacio, localizado en el origen del sistema de coordenadas (0,0,0). Pero dado que las emisiones que considera este modelo se producen, por lo general, a través de una chimenea (ver Figura 3) la expresión para determinar la concentración de una sustancia contaminante en un punto cualquiera del espacio, cambia de la siguiente forma, considerando que la emisión se produce a una distancia (0,0,Hef):

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

En esta ecuación se supone que los gases contaminantes se “reflejan” en el suelo, lo cual se maneja suponiendo que existe una chimenea virtual que tiene las mismas características que la chimenea real pero dirigida hacia el plano negativo del eje z. La reflexión total de un gas en el suelo no existe, salvo en determinadas superficies y en condiciones de temperatura y humedad específicas.

La altura efectiva de la chimenea está dada por la siguiente expresión:

$$H_{ef} = H_{chim} + \sigma^2_z$$

Donde H_{chim} corresponde a la altura geométrica de la chimenea y Δz es la elevación del penacho producto de la temperatura caliente de los gases de salida con respecto a la temperatura de la atmósfera. Esta elevación adicional depende de parámetros como la temperatura de los gases de salida, las dimensiones de la chimenea, la temperatura de la atmósfera, la velocidad del viento, velocidad de salida de los gases a través de la chimenea, entre otros.

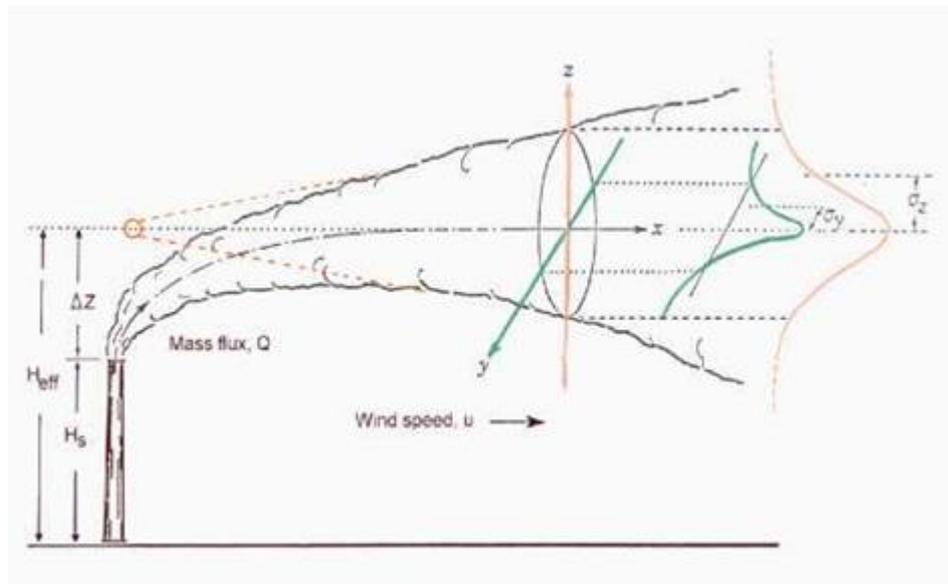


Figura 4. Esquema del modelo gaussiano

Los parámetros de dispersión se determinan una vez que se ha definido el nivel de turbulencia de la atmósfera. Este nivel de turbulencia define la capacidad de la atmósfera para diluir más o menos la contaminación que está siendo generada por una fuente puntual en un momento dado. Para definir el nivel de turbulencia, lo que se hace en la práctica es trabajar con la “estabilidad” de la atmósfera a través de un concepto cualitativo denominado “categorías de estabilidad”. El concepto más utilizado son las categorías de estabilidad de Pasquill, que se muestran en la Tabla X.

Una vez definida la categoría de estabilidad se determinan los parámetros de dispersión, los cuales también dependen de la distancia a la fuente emisora. En resumen estos parámetros dependen de dos aspectos básicos, que son los mismos en ambos casos pero la función es distinta:

$$\sigma_x = f(\text{distancia a la fuente emisora, categoría de estabilidad de la atmósfera})$$

$$\sigma_z = g(\text{distancia a la fuente emisora, categoría de estabilidad de la atmósfera})$$

A	Extremadamente inestable	D	Condiciones neutras
B	Moderadamente inestable	E	Ligeramente estable
C	Ligeramente inestable	F	Moderadamente estable

Velocidad del viento (m/s)	Insolación diurna			Día o Noche Cubierto (8/8)	Condic. nocturnas Nubosidad	
	Fuerte	Moderada	Débil		Seminub. >4/8	Despejado 3/8
<2	A	A-B	B	D		
2-3	A-B	B	C	D	E	F
3-4	B	B-C	C	D	D	E
4-6	C	C-D	D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D	D

Tabla 2. Categorías de Pasquill de estabilidad de la atmósfera.

5.- Datos de vientos de la Comunidad Valenciana

Los datos usados para el análisis de los vientos de la Comunidad Valenciana han sido proporcionados por la Agencia Estatal de Meteorología perteneciente al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Los campos incluidos en los datos nos muestran un indicativo climatológico, el nombre de la estación, la altitud de la estación en metros, la provincia a la que pertenece la estación y la longitud y la latitud geográfica, así como la velocidad y dirección percibida por la estación durante cada hora del día.

Al ser una cantidad elevada de datos, se ha tenido que resumir para poder comprender, analizar y sacar conclusiones de los mismos, separando cada estación con sus respectivos datos, se empezó la labor de sintetizar de la manera óptima para su utilización. No fue tarea fácil ya que se tuvo que hacer de diferentes maneras para encontrar la mejor de todas. En un primer momento separando cada año, en meses y en semanas, sacando la media y la desviación típica de cada día de la dirección y la velocidad del viento.

Después de observar los datos y compararlos con otros estudios realizados (Atlas Climático de la Comunidad Valenciana), se observó que se cumple un patrón de semejanza durante las cuatro estaciones del año.

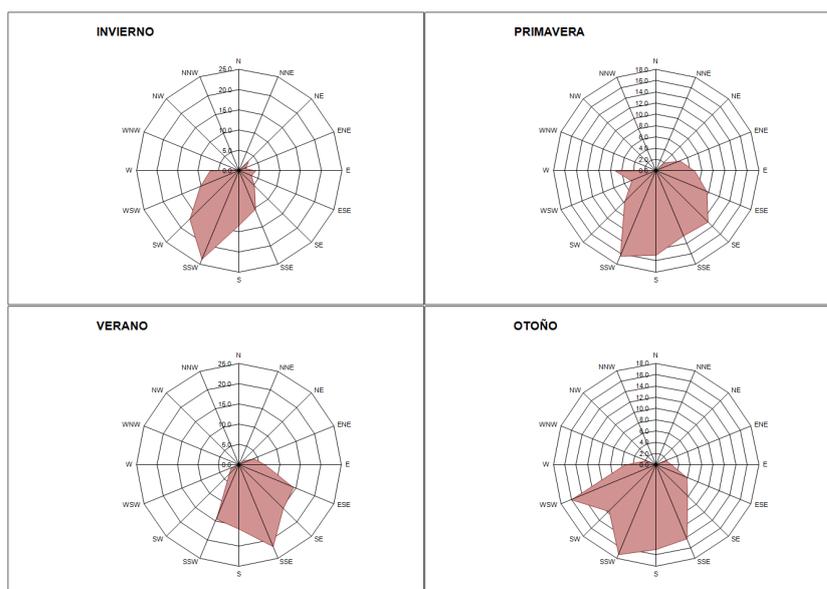


Figura 5. Rosa de los vientos Alcoy

6.- Herramientas utilizadas

6.1.- CONTATMO

Un programa que se va a utilizar en este trabajo es el programa CONTATMO, para la aplicación del modelo gaussiano en la dispersión de olores. Representa una herramienta muy útil en la simulación de la dispersión de contaminantes atmosféricos, de fácil uso y de ejecutar en ordenadores personales. Mediante la introducción manual de datos referentes al viento, como pueden ser dirección e intensidad y otros parámetros respecto a las emisiones de olor como es la frecuencia de emisión se puede obtener una gráfica en la que se muestra la dispersión obtenida para cada explotación agrícola deseada.

Los fundamentos del cálculo del programa se especifican en la publicación Dispersión de contaminantes en la atmósfera (Espert y López, 2000)

6.2.- Screen View

Se trata de un software de la empresa Lakes Environmental usado la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Se desarrolló para la obtener las concentraciones de polución estimada, estas estimaciones se basan en el documento “ Screening Procedures for Estimating The Air Quality Impact of Stationary Sources (EPA 1995)”

Se usa para el análisis de investigación de la calidad de aire y estimaciones del tipo, “peor caso” en impactos en la calidad del aire originados por contaminante de fuente única.

Las principales características del modelo Screen View son las siguientes:

- Estimar concentraciones a nivel del suelo.
- Determinación de la elevación de la pluma.
- Los análisis pueden llevarse a cabo en terrenos plano y de elevación simple o compleja.
- Calcula la concentración máxima a cualquier distancia especificada por el usuario en un terreno llano o elevado, hasta una distancia de 100km.

6.3.- ArcMap y Model Builder

Para tratar los datos en bruto se han utilizado tanto el bloc de notas como el Excel, pero la principal carga de trabajo ha sido realizada con el programa ArcMap 10.1, dentro del paquete de ArcGIS.

En un determinado ámbito de trabajo con Sistemas de Información Geográfica (SIG) hay ciertas tareas que se hacen repetitivas en el tiempo. El programa ArcGIS incluye una aplicación para ejecutar herramientas, denominada Model Builder que utiliza un lenguaje de programación visual y permite la modelización de ese tipo de tareas de forma que se consigue un ahorro de tiempo muy notable. En este caso en particular se ha trabajado en una zona determinada con 113 explotaciones ganaderas, pero se trata de la validación de un modelo que se pueda utilizar en toda la Comunidad Valenciana (con 4987 explotaciones ganaderas), así pues se ha recurrido al uso de esta herramienta para automatizar la tarea y ahorrar tiempo de trabajo.

El Model Builder es una aplicación que se utiliza para crear, editar y administrar modelos. Los modelos son flujos de trabajo que encadenan secuencias de herramientas de geoprocésamiento y suministran la salida de una herramienta como entrada. Model Builder también se puede considerar un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo.

Muchas de las tareas realizadas con SIG, como es éste caso; requieren repetición del trabajo y esto crea la necesidad de contar con métodos para automatizar, documentar y compartir procesos realizados en varios pasos conocidos como flujos de trabajo al proporcionar un amplio conjunto de herramientas y un mecanismo para combinar una serie de herramientas en una secuencia de operaciones mediante modelos y secuencias de comandos. Es muy útil para construir y ejecutar flujos de trabajo sencillos, pero también proporciona métodos avanzados para ampliar la funcionalidad de ArcGIS, ya que permite crear y compartir los modelos a modo de herramienta.

Los beneficios de utilizar Model Builder pueden resumirse como sigue:

- Model Builder es una aplicación fácil de usar para crear y ejecutar flujos de trabajo que contienen una herramienta de secuencias de comandos.
- Se pueden crear herramientas. Las herramientas creadas con Model Builder se pueden utilizar en secuencias de comandos de Python y otros modelos.
- Model Builder, junto con las secuencias de comandos, es una forma de integrar ArcGIS en otras aplicaciones.
- El Model Builder es la forma de crear modelos y herramientas de modelo. Un modelo no es más que una secuencia de herramientas y datos encadenados; la salida de una herramienta se suministra a la entrada de otra. Cuando se guarda un modelo, se convierte en una herramienta de modelo.

7. Aplicación práctica a la zona de Alcoy

Analizando a grandes rasgos el problema ocasionado por el olor de las granjas, el objetivo de este proyecto fin de carrera es la validación de un modelo gaussiano para la realización de un estudio las posibles entidades de población afectadas por la emisión de olor de las explotaciones ganaderas de la Comunidad Valenciana.

En este caso concreto se trata del estudio de la dispersión de los olores emitidos por las explotaciones ganaderas de la zona de la estación meteorológica de Alcoy, previo estudio del comportamiento de los vientos en la Comunidad Valenciana.

Para alcanzar este objetivo se utilizarán técnicas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) con la finalidad de modelizar tanto la dirección de los vientos como la dispersión de los olores provocados por las explotaciones ganaderas.

De tal manera se podrán observar que núcleos de población se pueden ver afectados por la dispersión de olor emitida por las explotaciones ganaderas más cercanas.

8.- Metodología de trabajo

8.1.- Elección de la zona de estudio mediante Polígonos de Thiessen

El área de estudio se sitúa en el territorio de la Comunidad Valenciana, una región al este de la Península Ibérica con una superficie de 23,250 km². Bañada por el mar Mediterráneo y formada por las provincias de Alicante, Castellón y Valencia. Limita al norte con Cataluña, al noroeste con Aragón, al oeste con Castilla-La Mancha y al sur con la región de Murcia (Figura 7).

Más de 4 millones de habitantes residen en el área y la agricultura es una de las principales actividades económicas. Aproximadamente el 44 % del terreno está usado para fines agrícolas, mientras que el 52 % de la Comunidad Valenciana está cubierta de bosques.



Figura 6. Ubicación de la Comunidad Valenciana en la Península Ibérica

Concretando un poco más, la zona de estudio se sitúa aproximadamente por las comarcas de La Marina Baixa, El Comtat, La Vall d'Albaida, l'Alcoià y l'Alacantí, en el centro-sur de la Comunidad Valenciana, en la provincia de Alicante (Figura 7).

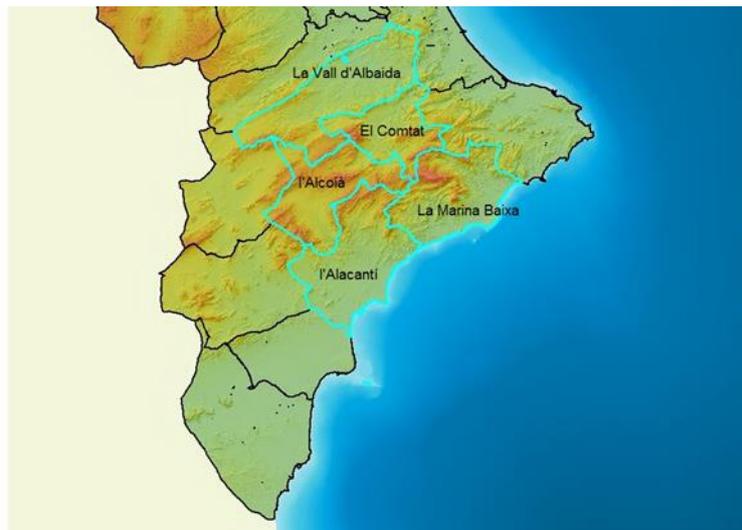


Figura 7. Comarcas a tratar por el estudio

Dentro de toda la superficie de la Comunidad Valenciana a analizar, se eligió esta zona creada por los Polígonos de Thiessen para poder trabajar con los datos disponibles. Se ha realizado porque no se disponen de datos meteorológicos en la ubicación de cada explotación, si no de las estaciones facilitadas por el AEMET.

Con los Polígonos de Thiessen se determina la estación más cercana de las explotaciones circundantes

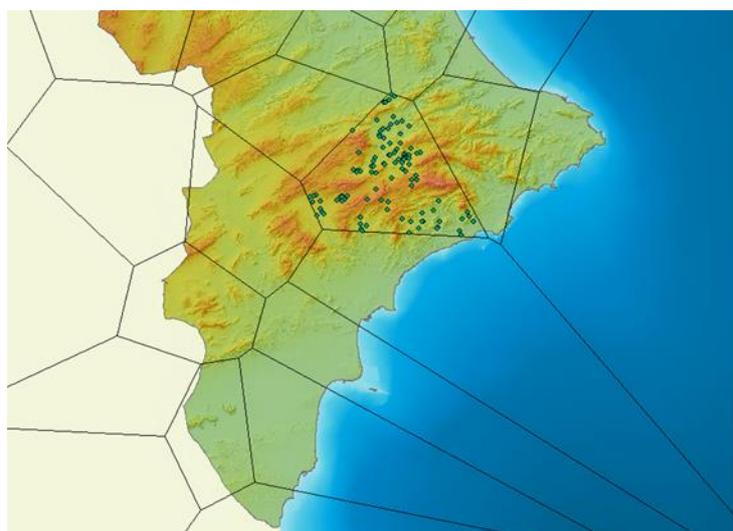


Figura 8. División de la zona mediante Polígonos de Thiessen

Se trata de uno de los métodos de interpolación más simples, basado en la distancia euclidiana, apropiado cuando los datos son cualitativos como es el caso. Estos polígonos se crean al unir los puntos entre sí, trazando mediatrices de los segmentos de unión. Las intersecciones de estas mediatrices determinan una serie de polígonos en un espacio alrededor de un conjunto de puntos de control, de manera que el perímetro de los polígonos generados son equidistantes a los puntos vecinos y designando su área de influencia. Aplicado al estudio del caso que se va a tratar, se obtiene el área de influencia de las estaciones meteorológicas respecto a las explotaciones ganaderas, obteniendo distintas zonas en las que se puede observar qué explotaciones pertenecen a qué estación meteorológica.

8.2.- Cálculo de la dispersión mediante el uso del programa CONTATMO

Tras la obtención de las cantidades de olor emitidas por cada explotación ganadera se ha procedido al uso del programa CONTATMO para el cálculo de la dispersión del olor. Para ello se han introducido los datos facilitados por la Agencia Estatal de Meteorología referentes al viento (explicados detalladamente más adelante) y los datos calculados sobre las explotaciones ganaderas sobre unidades de olor pertenecientes a cada una, en nuestro caso son 113 explotaciones ganaderas las que pertenecen a la estación meteorológica de Alcoy.

A continuación se explicará el programa en sí y su funcionamiento:

El programa proporciona como resultados de concentración de contaminante a nivel del suelo ($z=0$).

Datos de entrada y estructura general de la interfaz gráfica del programa

Dentro de la carpeta del programa CONTATMO aparecen una serie de ficheros, entre los cuales se encuentra el fichero ejecutable CONTATMO.EXE.

El programa se inicia ejecutando el fichero CONTATMO.EXE, éste lanza la interfaz gráfica, en donde se puede elegir trabajar los parámetros de entrada, sobre un fichero de datos o ingresarlos manualmente.

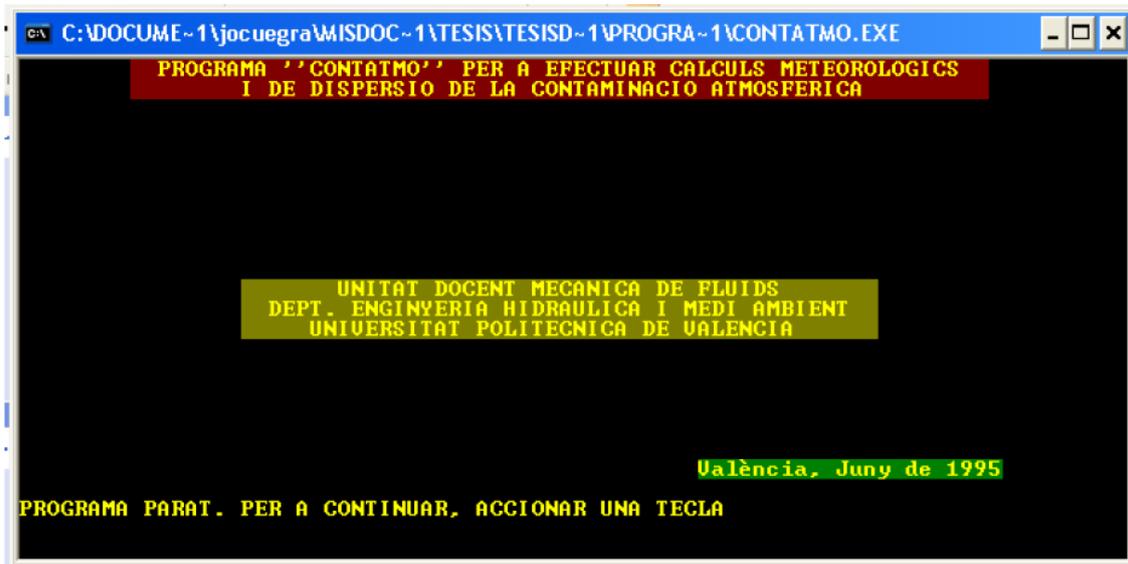


Figura 9. Pantalla de inicio del programa CONTATMO

Los datos de entrada se dividen en siete grupos:

1. Datos generales (Dades generals): denominación del caso, denominación del observatorio de datos meteorológicos, contaminante a estudiar: (día, mes y año del día final del cálculo) de la primera observación meteorológica, (día, mes y año del día final de cálculo) última observación meteorológica, (día de la semana del día inicial de cálculo, 1= lunes, etc.), número de observaciones meteorológicas diarias.

2. Datos de la estación meteorológica y área de estudio: se refiere a los siguientes datos: longitud geográfica del observatorio, altura del anemómetro sobre el terreno, altura del termómetro sobre el terreno, rugosidad del terreno, coordenada X (Este) origen de la zona de estudio, coordenada Y (Norte) origen de la zona de estudio, longitud total de la zona de estudio en dirección X, longitud total de la zona de estudio en dirección Y, número de intervalos en dirección X, número de intervalos en dirección Y, unidades que se van a introducir las velocidades de viento (m/s, Km/h o nudos), coeficiente para pasar las unidades de velocidad de viento a m/s.

3. Parámetros atmosféricos Dades meteorològiques): Datos meteorológicos observados para cada tiempo de observación diaria, (dirección de viento en rumbo, velocidad de viento, temperatura, nubosidad baja y nubosidad total).

4. Parámetros de chimenea (Dades de los fonts puntuals): Para cada una de las fuentes puntuales, consideradas como chimeneas, los datos son: denominación de la fuente puntual, coordenada X de la fuente, coordenada Y de la fuente, altura de la chimenea, diámetro de la boca de salida de la chimenea, velocidad de salida de gases, temperatura de salida de gases, caudal másico anual de contaminante emitido.

5. Régimen de la emisiones mensual (Règim de emissió mensual de les F.P.): Para cada uno de los meses del año, coeficiente relativo de emisión diaria de las fuentes puntuales (enero a diciembre).

6. Régimen de las emisiones diarias (Règim de emissió diària de les F.P.): Para cada uno de los días de la semana, coeficiente relativo de emisión diaria de las fuentes puntuales (lunes a domingo).

7. Régimen de las emisiones horarias (Règim de emissió horaria de les F.P.): Para cada una de las horas del día, coeficiente relativo de emisión horarias de las fuentes puntuales (0 a 23h)

Las unidades de los valores de estos grupos se pueden visualizar en el fichero de datos que dispone el programa.

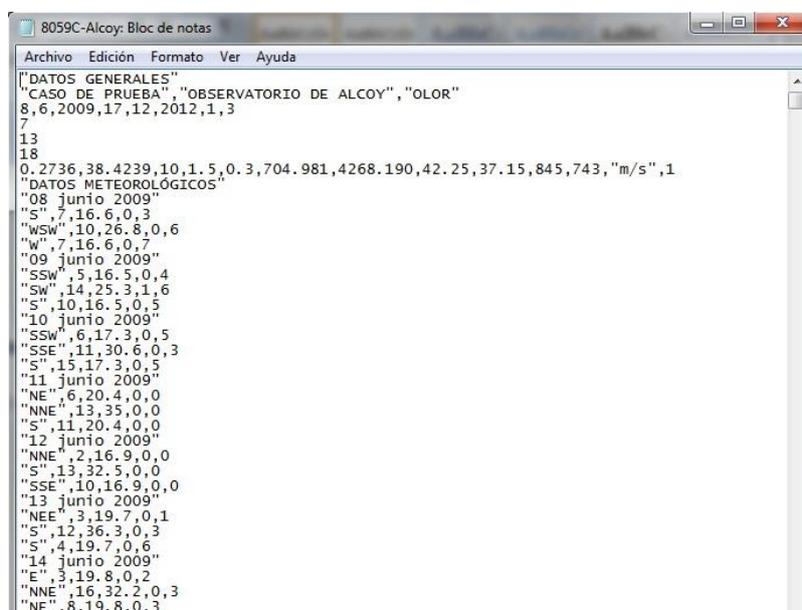


Figura 10. Fases del programa CONTATMO

Si en el caso a procesar existen muchos días de cálculo y muchas fuentes puntuales, lo mejor es introducir los datos definiendo un solo día de cálculo (con sus correspondientes datos meteorológicos) y una sola fuente puntual. Posteriormente el fichero de datos generado se abre, se modifica el número de días de cálculo y el número de fuentes de emisión, se añaden los datos meteorológicos de todos los días ampliados, los datos de todas las fuentes añadidas y se graba de nuevo el fichero de datos.

Cualquier modificación de datos se hará directamente sobre el fichero, pues el programa permite la introducción de datos pero no su modificación. Además, el programa no permite interrumpir la entrada de datos para continuar en otro momento, sino que dicha entrada tiene que finalizar en la misma sesión. CONTATMO genera un mapa de curvas con los valores de inmisión calculados y predice la máxima y la mínima concentración del contaminante atmosférico en el entorno del área de estudio.

Una vez introducidos los datos manualmente y ejecutado el programa, obtenemos un fichero de datos (.txt) con toda la información referente a cada estación meteorológica, explicada anteriormente:



```
8059C-Alcoy: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
| "DATOS GENERALES"
| "CASO DE PRUEBA", "OBSERVATORIO DE ALCOY", "OLOR"
8,6,2009,17,12,2012,1,3
7
13
18
0,2736,38,4239,10,1,5,0,3,704,981,4268,190,42,25,37,15,845,743,"m/s",1
"DATOS METEOROLÓGICOS"
"08 junio 2009"
"S",7,16.6,0,3
"WSW",10,26.8,0,6
"W",7,16.6,0,7
"09 junio 2009"
"SSW",5,16.5,0,4
"SW",14,25.3,1,6
"S",10,16.5,0,5
"10 junio 2009"
"SSW",6,17.3,0,5
"SSE",11,30.6,0,3
"S",15,17.3,0,5
"11 junio 2009"
"NE",6,20.4,0,0
"NNE",13,35,0,0
"S",11,20.4,0,0
"12 junio 2009"
"NNE",2,16.9,0,0
"S",13,32.5,0,0
"SSE",10,16.9,0,0
"13 junio 2009"
"NEE",3,19.7,0,1
"S",12,36.3,0,3
"S",4,19.7,0,6
"14 junio 2009"
"E",3,19.8,0,2
"NNE",16,32.2,0,3
"NE",8,19.8,0,3
```

Figura 11. Fichero datos CONTATMO completo, adjuntado en los anejos

A su vez obtenemos una imagen del resultado de la dispersión obtenida, la cual simplemente aparece en pantalla sin posibilidad de guardar o utilizar para otro propósito más que su análisis a simple vista.

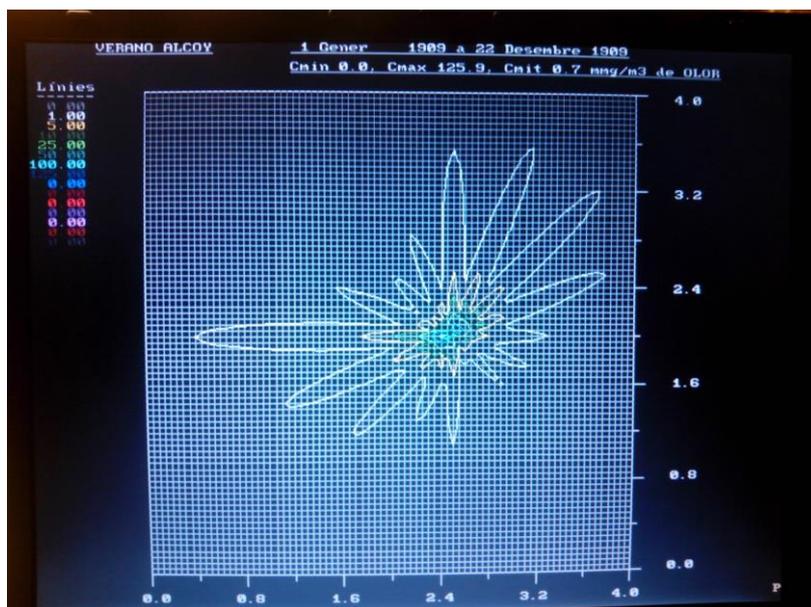


Figura 12. Pantalla de resultados de la dispersión del programa CONTATMO

Se puede observar el foco de emisión de olor, perteneciente a la explotación ganadera y cómo se va dispersando hacia distintas direcciones en mayor o menor medida según los vientos registrados.

Esta imagen no se puede utilizar en el programa ArcGis para realizar un análisis sobre el efecto de la dispersión en el territorio, así que se debe trabajar con la información obtenida en el archivo de datos de salida para poder utilizarla en el ArcGis.

Como el formato del fichero de salida no es el adecuado para su posterior implementación en SIG, es preciso realizar una serie de pasos para obtener un fichero donde se incluya el número de punto, la coordenada X, la coordenada Y y el valor de la dispersión de olor en cada punto.

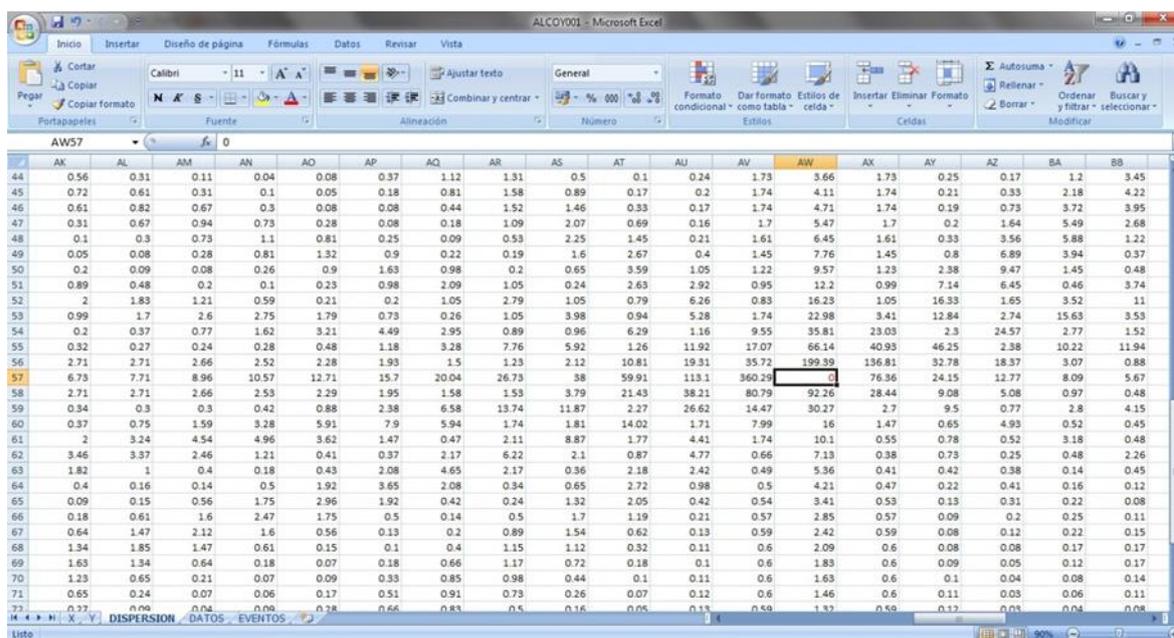


Figura 15. Matriz con la dispersión en cada coordenada

A partir de estas tres matrices se puede obtener una tabla de datos con la información necesaria para implementarla en ArcGis como un tema de eventos.

X	Y	DISPERSION
714417.5	4291326.5	0.03
714667.5	4291326.5	0.02
714917.5	4291326.5	0.02
715167.5	4291326.5	0.01
715417.5	4291326.5	0.01
715667.5	4291326.5	0
715917.5	4291326.5	0
716167.5	4291326.5	0
716417.5	4291326.5	0
716667.5	4291326.5	0
716917.5	4291326.5	0
717167.5	4291326.5	0
717417.5	4291326.5	0
717667.5	4291326.5	0
717917.5	4291326.5	0
718167.5	4291326.5	0.01

Tabla 3. Dispersión en cada coordenada

Estas tablas se han realizado para cada una de las 113 explotaciones ganaderas que existen en la zona de influencia de la estación meteorológica de Alcoy, las cuales también tiene su perteneciente tabla donde se indica su ubicación de coordenadas X e Y, el caudal de emisión de olor y un identificador para su posterior uso en el ArcGis (Tabla 4).

POINTID	IDENTIFY	POINT_X	POINT_Y	CAUDAL
1	2967	726167.5	4305326.5	309.1
2	2972	726842.5	4304901.5	41.6
3	2962	725292.5	4303926.5	121.4
4	8442	724067.5	4303326.5	34.8
5	7391	724392.5	4303251.5	26.4
6	3665	726442.5	4299401.5	77.3
7	8425	722292.5	4298501.5	21
8	8423	728717.5	4298176.5	133.2
9	8420	727467.5	4297876.5	57.8
10	3946	725867.5	4297476.5	29.4
11	8413	730642.5	4296851.5	55.6
12	8411	730667.5	4296851.5	3
13	8409	725142.5	4296301.5	151.1
14	4282	723717.5	4296276.5	4.4
15	8406	716042.5	4295826.5	60.7
16	8404	723067.5	4295576.5	167.3
17	8401	728417.5	4294951.5	63.5
18	8399	722967.5	4294726.5	18.2
19	8398	722917.5	4294651.5	234.3
20	3929	722942.5	4294176.5	36.8
21	8389	724042.5	4293676.5	91.2
22	8377	728317.5	4292451.5	68
23	8375	725692.5	4292401.5	48.3
24	8367	723742.5	4291301.5	16.8
25	8364	731092.5	4290976.5	96.5
26	2975	727417.5	4290751.5	138.8
27	8357	726667.5	4290051.5	13.3
28	8356	717442.5	4289926.5	17.8
29	8355	733392.5	4289851.5	36.5
30	8352	732692.5	4289751.5	182.6

Tabla 4. Identificador, coordenadas y caudal de emisión

8.3.- Uso del Model Builder en ArcGis

Una vez tenemos los datos resumidos en las tablas Excel, se convierten al formato .CSV para poderlos implementar en el programa ArcGis.

Utilizando la aplicación Model Builder se puede automatizar la tarea programando una función que repita la operación de convertir los archivos .CSV posteriormente a tema de eventos y por último al formato Shape. El flujo de trabajo es el que se puede observar a continuación:

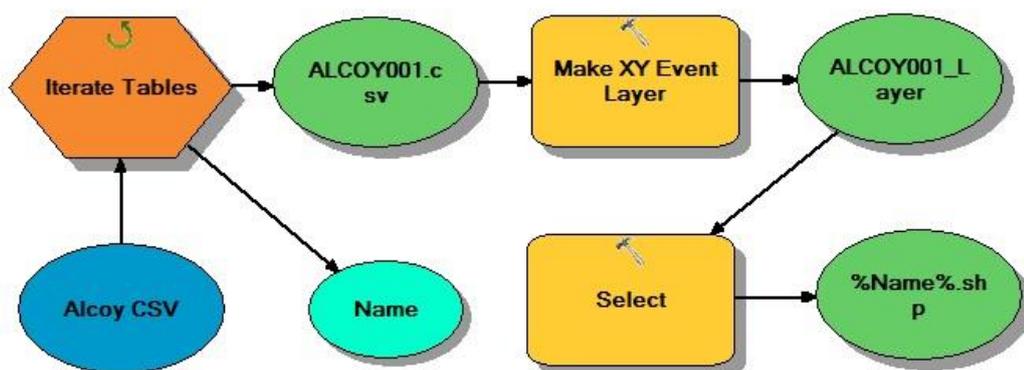


Figura 16. Model Builder paso de formato CSV a SHP

En este caso el Model Builder realiza la función de seleccionar todos los datos .CSV que disponíamos previamente con el Iterador de Tablas, que le permite ir eligiendo cada vez un archivo diferente de la carpeta o directorio seleccionado. A continuación asigna las coordenadas X e Y del archivo a una capa y guarda el fichero en formato .SHP de manera que se pueda tratar y representar en el mapa.

Una vez tenemos los datos de las coordenadas y el caudal de emisión en .SHP se vuelve a utilizar el Model Builder para conseguir plasmar en el mapa la rosa de dispersión de olor calculada para cada explotación.

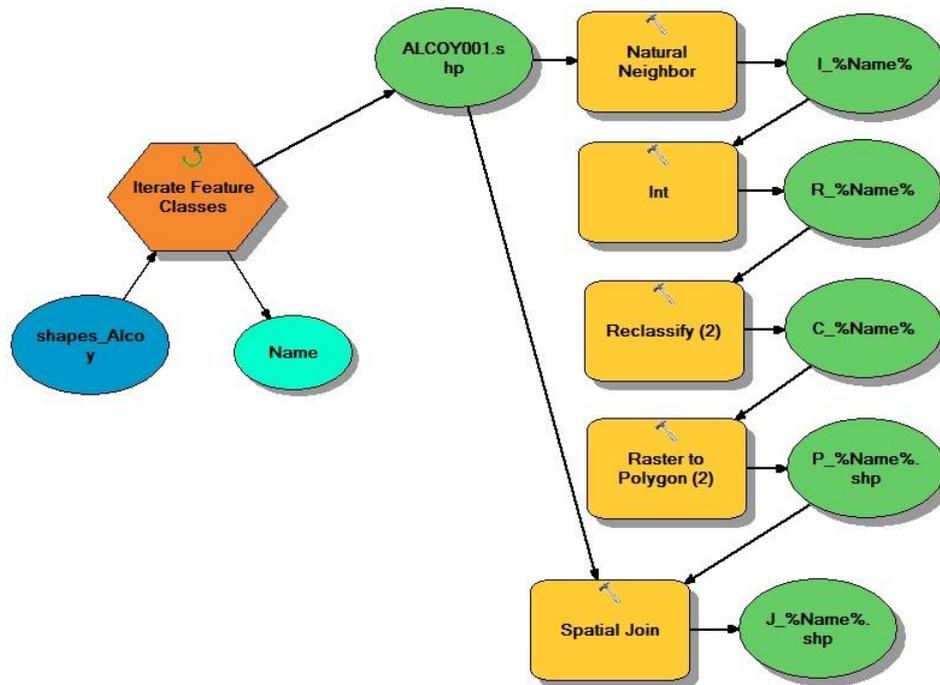


Figura 17. Model Builder Interpolación

Cargando cada capa .SHP creada anteriormente, ahora se buscan los *vecinos naturales** de cada punto de emisión de olor. Se trata de una manera de interpolación en la cual solo usa un subconjunto de muestras alrededor de punto de consulta y se garantiza que las alturas interpoladas están dentro del rango de muestras utilizadas. Después de realizar la interpolación se reclasifica de tal manera que los datos que se quieren resaltar sean los valores en los que la dispersión sea igual a 1, 3, 5,10, 50 y 100. Por último se realiza la función de la unión espacial para juntar todos los datos obtenidos en este proceso con los datos de partida para no perder datos como pueda ser el identificador u otras variables.

Vecinos Naturales*

Los vecinos naturales de un punto son aquellos que están asociados con los polígonos de Voronoi (Thiessen) adyacentes. Al principio, se construye un diagrama de Voronoi de todos los puntos dados, representados por los polígonos de color verde oliva. Después se crea un nuevo polígono de Voronoi, en color beige, alrededor del punto de interpolación (estrella roja). La proporción de superposición entre este polígono nuevo y los polígonos iniciales se utiliza como ponderaciones.

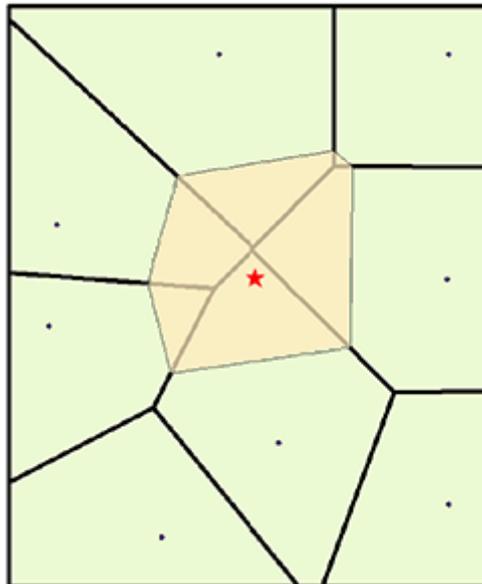


Figura 18. Polígono de Voronoi creado alrededor del punto de interpolación

Así pues, con los rangos de dispersión generados en el archivo anterior se puede realizar el siguiente paso.

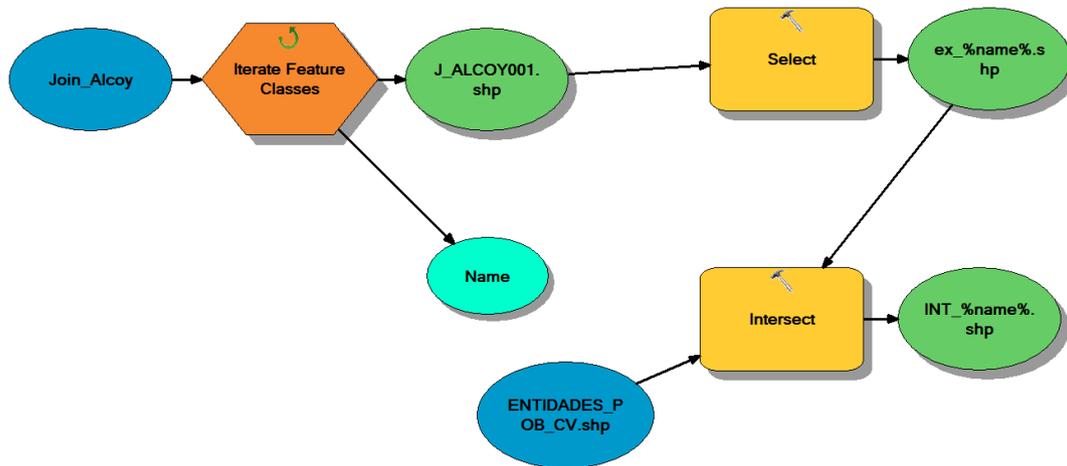


Figura 19. Model Builder Intersección

Disponemos en una capa de todas las entidades de población de la Comunidad Valenciana. Si realizamos una intersección de la dispersión de los olores provocados por la explotación ganadera, con las entidades de población anteriormente mencionadas, se consigue averiguar qué núcleos de población son los posibles afectados en mayor o menor medida por cada una de las explotaciones.

8.4.- Generación de mapas de vientos de la Comunidad Valenciana

En un primer paso se han convertido las coordenadas, proporcionadas por la Agencia Estatal de Meteorología; de las estaciones meteorológicas de longitud y latitud en el sistema de referencia ETRS89 a coordenadas UTM en el sistema de referencia ED50, que es con el que se ha trabajado. Para ello se utilizó la calculadora geodésica del Programa de Aplicaciones Geodésicas 0.9.1 que se puede descargar de manera gratuita de la página web del IGN

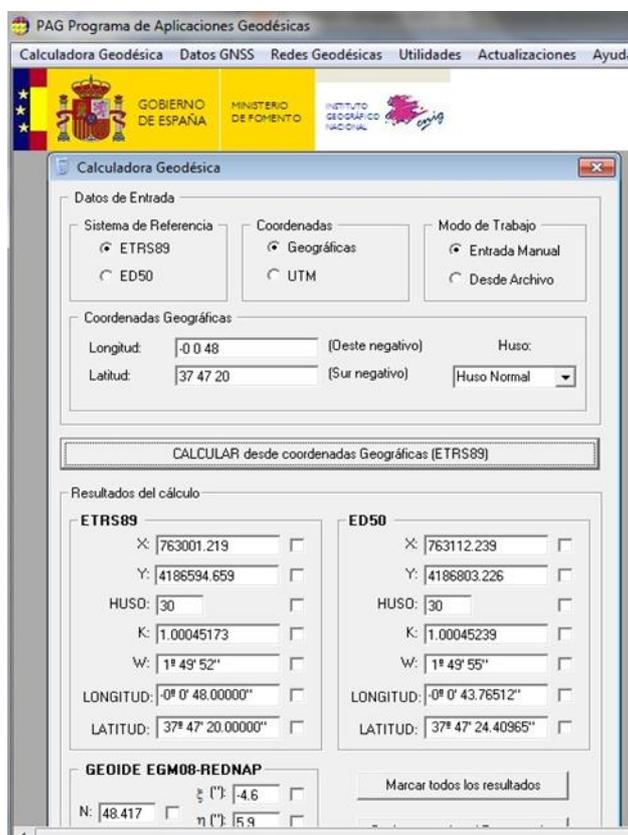


Figura 20. Programa de Aplicaciones Geodésicas

Una vez obtenidas las coordenadas X e Y de todas las estaciones meteorológicas, se implementan en ArcGIS, junto con los valores de la dirección y velocidad del viento en cada una de ellas, obtenidos anteriormente.

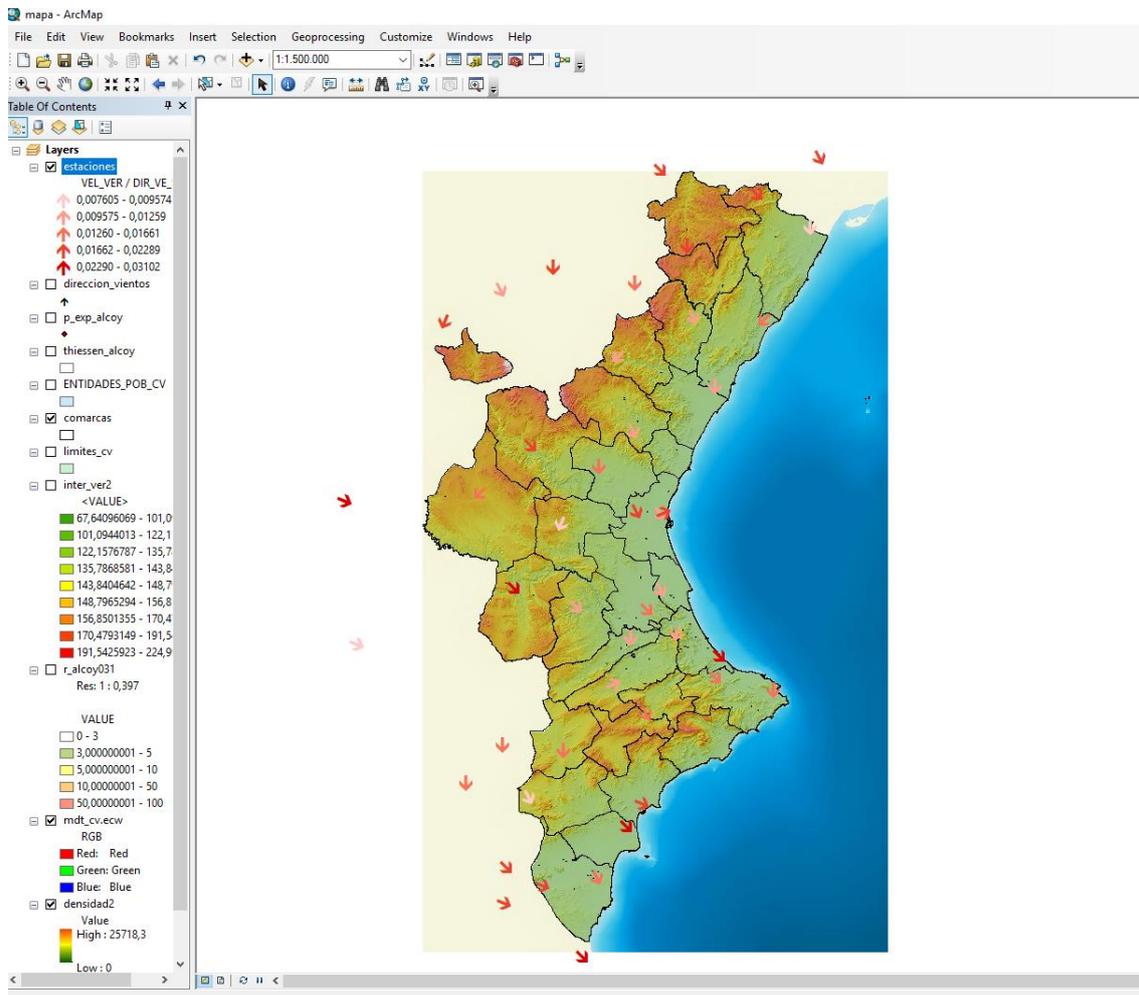


Figura 21. Direcciones predominantes en las estaciones meteorológicas

En el mapa anterior se puede observar la posición de las estaciones, simbolizadas con una flecha que indica la dirección del viento y la velocidad, en este caso durante las estaciones de verano de los años tratados.

A partir de aquí se puede generar una rejilla en la que se puede dividir el terreno en pequeñas celdas con el tamaño deseado, y mostrando en cada una de ellas la dirección del viento como se puede observar en la siguiente figura.

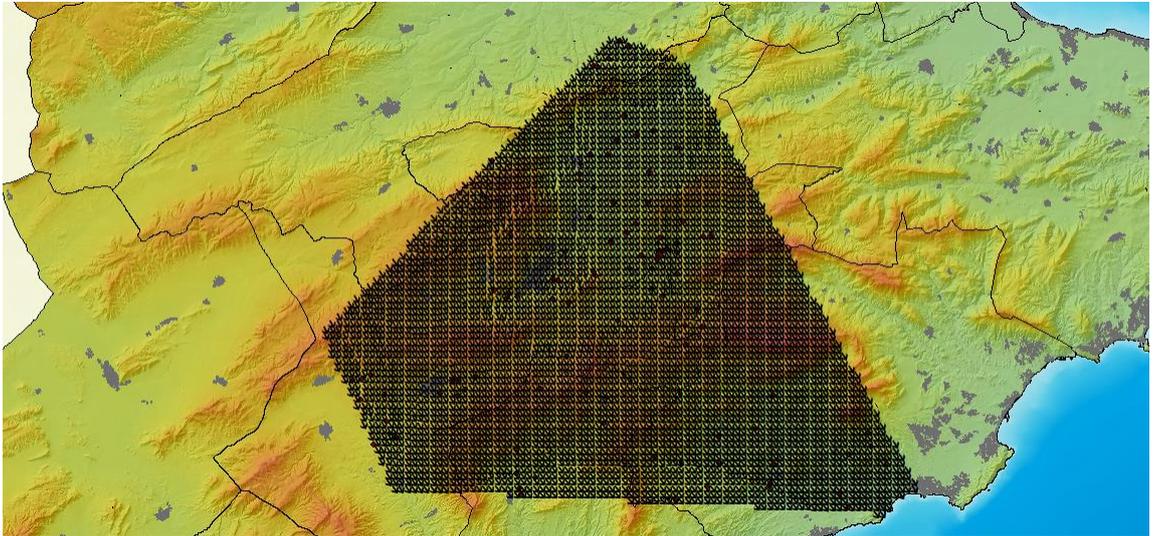


Figura 22. Zona de estudio con direcciones viento

Ampliando la zona de estudio se aprecia con mayor detalle las direcciones de los vientos en cada celda creada.

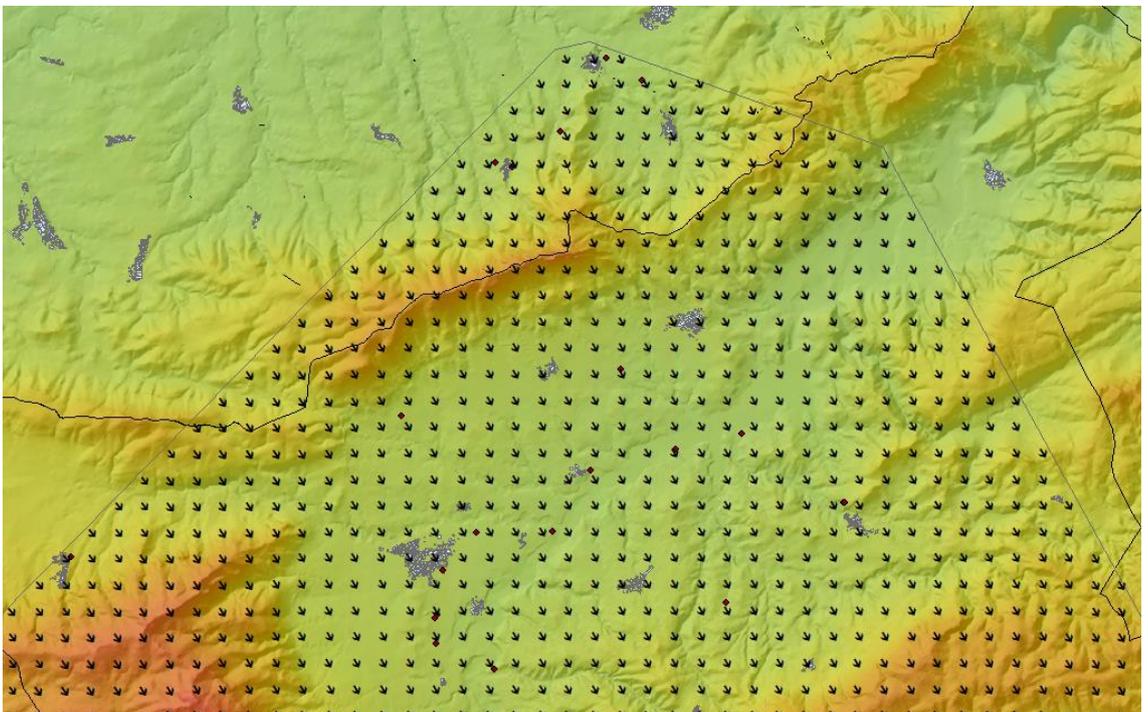


Figura 23. Zoom de la zona de estudio con las flechas de dirección

8.5.- Aplicación del programa Screen View en la dispersión odorífera.

El programa de software gratuito Screen View basa también sus cálculos en el método gaussiano comentado anteriormente. Se trata de un software mucho más intuitivo y fácil de usar en comparación al CONTATMO, pero a su vez también dispone de ciertas limitaciones.

La principal característica es que ofrece información sobre la dispersión en un momento puntual y en una única dirección.

A continuación paso a describir los datos necesarios para su ejecución.

Al iniciar el programa nos encontramos con la primera interfaz del programa donde debemos elegir el tipo de fuente, si nos encontramos en un suelo rural o urbano y la altura a la que el receptor se encuentra.

En nuestro caso en particular estamos tratando con una fuente puntual (emisión de una explotación ganadera), en un suelo principalmente rural y tomamos como receptor la altura cero, para poder comparar con el programa CONTATMO a posteriori.

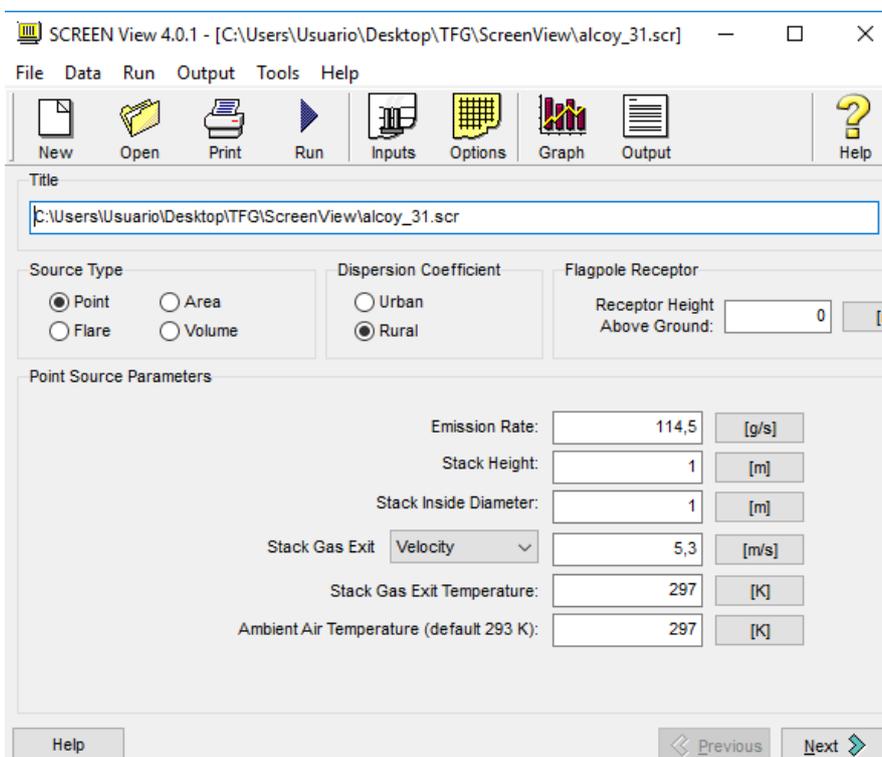


Figura 24. Interfaz de datos de entrada de Screen View

El ratio de emisión viene definido por las unidades de olor calculadas anteriormente sobre cada una de las explotaciones ganaderas. Y la altura y diámetro de la emisión del gas se deja de la misma manera utilizada en el programa CONTATMO para una mejor comparación de datos de nuevo. La velocidad de salida del gas se ha colocado la velocidad media en los meses de verano de los años tratados, que son 5'3 m/s (19'08km/h). Por último la temperatura del gas se ha colocado la misma que la temperatura ambiente, 297º Kelvin, que son 23'9º C, la temperatura media en verano de los años tratados.

La siguiente ventana que nos es de utilidad es la de la selección del tipo de terreno y las distancias a las que queremos observar la dispersión del contaminante.

En este caso se ha optado por un terreno "simple" y llano ya que la explotación ganadera estudiada no tiene un relieve importante en las cercanías. Las distancias a la fuente emisora se han ido aumentando gradualmente hasta llegar al kilómetro de distancia, que es donde se encuentra la población más cercana.

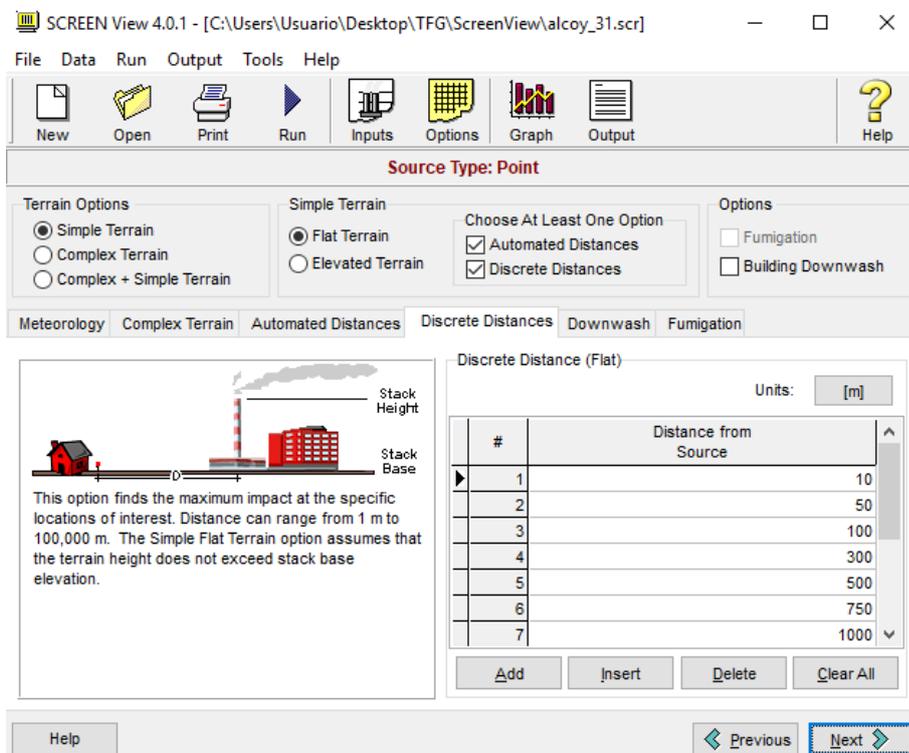


Figura 25. Selección del terreno y distancias en Screen View

Por último nos encontramos con el resultado final obtenido en forma de gráfico entre la concentración del contaminante y la distancia al foco emisor.

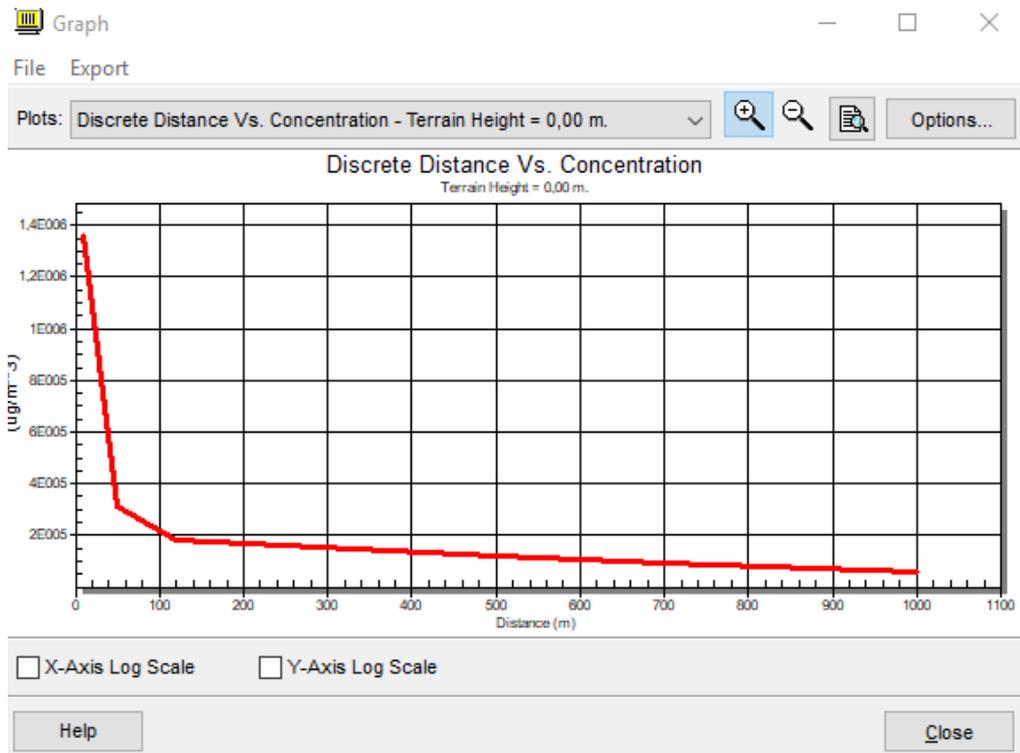


Figura 26. Gráfico final Screen View

9.- Resultados

El mapa de dispersión de olor de una explotación ganadera muestra la posible zona de afección del olor provocado por la granja. De color amarillo se puede observar la zona en la que el olor emitido puede ser reconocible ya que abarca unas unidades de olor comprendidas entre 3 y 5. La siguiente franja de color naranja comprende unas unidades de olor de entre 5 y 10, en esta zona se puede considerar ya molesto el olor. Por último nos encontramos con las regiones comprendidas por los colores rojo y marrón que corresponden a unos umbrales de olor de entre 10 y 50 unidades de olor y de entre 50 y 100 respectivamente.

Los resultados no poseen una fiabilidad del 100% ya que se trata de un estudio modelizado con valores odoríferos teóricos obtenidos de la “Guía técnica para la gestión de las emisiones odoríferas generadas por las explotaciones ganaderas intensivas” y unos datos del viento de la estación meteorológica más cercana.

Se deberían comprobar en campo con un olfatómetro los resultados más relevantes recogiendo datos a X distancia de cada explotación.

DISPERSION DEL OLOR DE UNA EXPLOTACION GANADERA

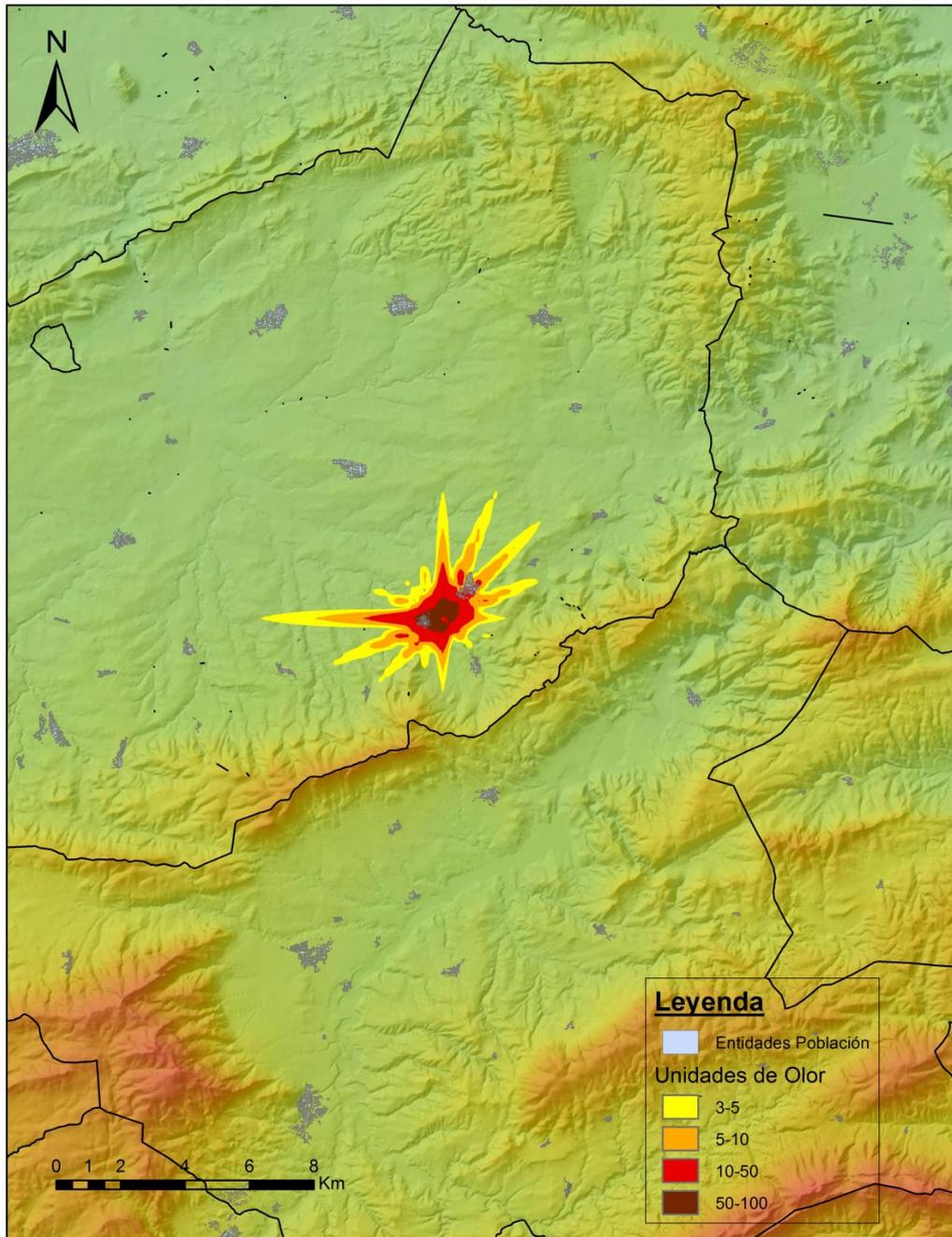


Figura 27. Mapa de dispersión de olor de una explotación ganadera

Otro resultado que se puede obtener después del estudio realizado es la percepción de la cantidad de entidades de población que pueden verse afectadas por los olores. En la zona tratada, un total de 50 entidades de población se han visto perjudicadas por los olores, a continuación se verá en qué medida.



Figura 28. Porcentaje de explotaciones que afectan a entidades en %

Como se puede observar en la figura 36, simplemente un 18'8% de explotaciones ganaderas no afectan a ninguna entidad de población, ya sea porque están situadas en una correcta ubicación o que su emisión de olor es tan baja que no llega a afectar a alguna entidad próxima.

La gran mayoría de explotaciones ganaderas, un 49'3% emiten entre 0 y 1 unidades de olor, el momento en el que la mitad de la población puede percibir un ligero olor, un olor que no es molesto.

Un 5'8% de las explotaciones afectan a las entidades de población entre 3 y 5 unidades de olor, esto significa que la gente de esos lugares pueden empezar a reconocer el olor que les llega y que resulte molesto para algunas personas.

A partir de 5 unidades de olor, se puede considerar molesto, así que el 6'3% de las explotaciones ganaderas que emiten un olor de entre 5 y 10 unidades pueden estar afectando ya a las entidades que lo reciben.

Una gran cantidad de explotaciones, un 14'5% de ellas, emite un olor de entre 10 y 50 unidades que afectan directamente a la población, estos valores empiezan a ser preocupantes ya que es un gran porcentaje el que puede llegar a molestar directamente con su olor a las entidades afectadas.

El caso extremo se sitúa en un 2'9% y un 2'4% de las explotaciones ganaderas pueden afectar de manera considerable y excesiva a las entidades de población con umbrales de olor en el primer caso entre 50 y 100 unidades de olor y mayores a 100 respectivamente. En estos casos el olor muy molesto y puede llegar a ser perjudicial para la salud si se diera el caso de alcanzar estos umbrales.

Dentro de la zona de estudio existen 3 entidades de población que se pueden destacar ya que pueden llegar a ser las más afectadas por los olores, aunque como se podrá observar de manera muy diferente cada una de ellas.

En primer caso se encuentra el municipio de Balones, a 13km de Alcoy. Esta entidad de población se ve afectada por 11 explotaciones ganaderas debido a que su principal sustento es la economía agraria, por lo que está rodeado de explotaciones ganaderas.

Explotación	Entidades Afectadas	Intensidad
25	Balones	50
31	Balones	1
34	Balones	1
36	Balones	1
37	Balones	1
39	Balones	1
40	Balones	1
43	Balones	1
44	Balones	1
45	Balones	1
47	Balones	1

Tabla 5. Explotaciones que afectan el municipio de Balones con su intensidad

Como se puede observar en la tabla 5, puede estar afectada por varias explotaciones con unas unidades de olor de simplemente 1, esto indica que las explotaciones ganaderas que rodean a la entidad están perfectamente adecuadas y situadas ya que el olor es prácticamente imperceptible aunque esté rodeada de tantas explotaciones.

En el mapa que se expone continuación se observa la dispersión del olor generado por la explotación ganadera más cercana, la causante de que llegue una intensidad de 50 unidades de olor, mientras se pueden apreciar el resto de explotaciones a una distancia considerable.

DISPERSION DEL OLOR DE UNA EXPLOTACION DEL MUNICIPIO DE BALONES

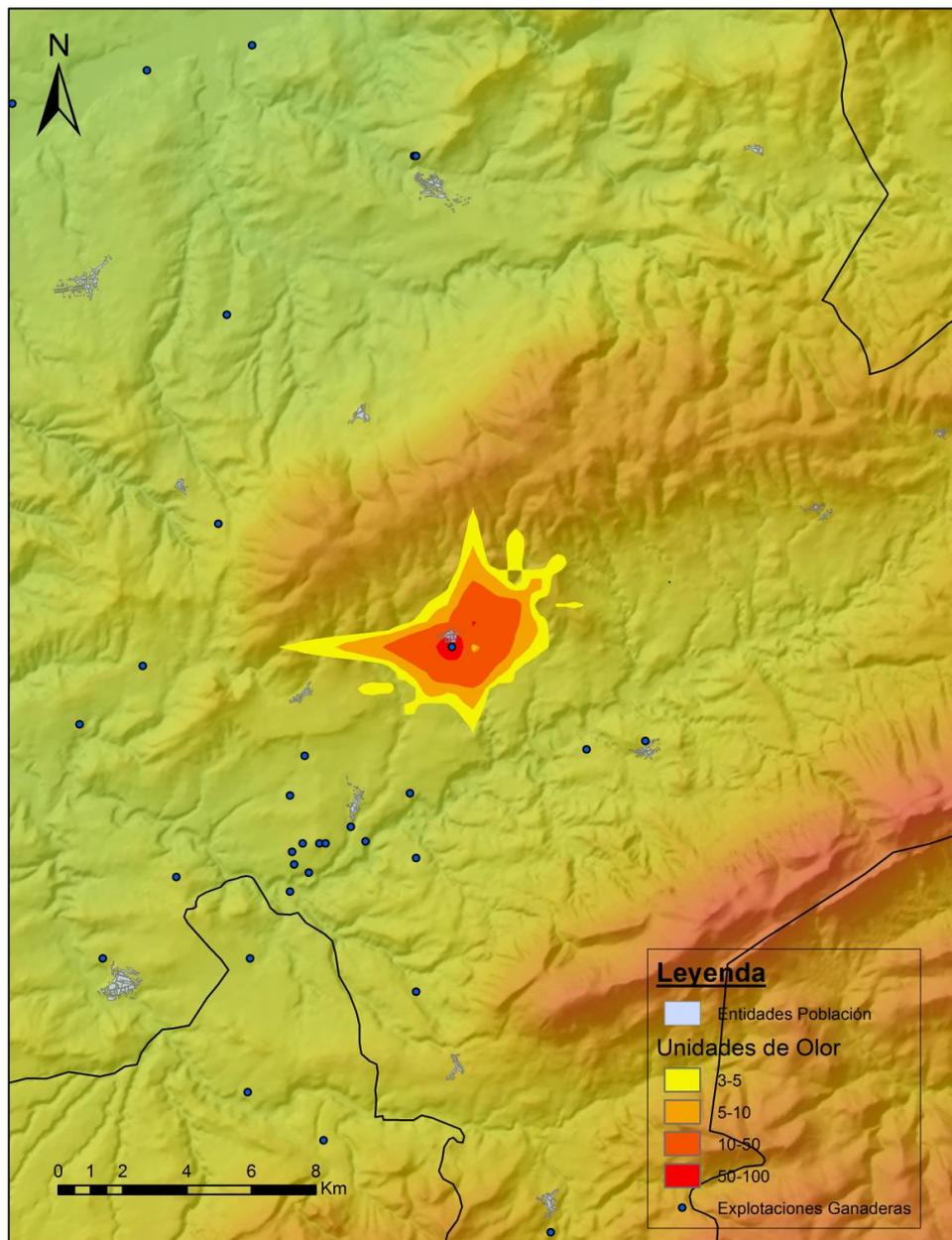


Figura 29. Mapa de dispersión en Balones

Comentar el caso especial de la población de Alcoy, ya que debido a su extensión está rodeada de 11 explotaciones ganaderas.

Explotación	Entidades Afectadas	Intensidad
30	Alcoy	10
41	Alcoy	5
45	Alcoy	1
48	Alcoy	100
51	Alcoy	1
53	Alcoy	1
54	Alcoy	5
58	Alcoy	5
60	Alcoy	10
62	Alcoy	3
55	Alcoy	10

Tabla 6. Explotaciones que afectan el municipio de Alcoy con su intensidad

Además de la cantidad significativa de 11 explotaciones que afectan a la población, cabe destacar las 3 que pueden afectar con una intensidad de 10 unidades de olor y la explotación ganadera que puede llegar a afectar al municipio con 100 o más unidades de olor. El principal problema de la ciudad de Alcoy está en que a pesar de que esta última explotación comentada no esté en actividad, el municipio se verá afectado por el resto de explotaciones de 10 y 5 unidades de olor, con lo que la población estará en constante percepción de un olor reconocible, en la mayor parte de los casos, molesto.

Se adjunta un último mapa en el que se puede observar tanto la dispersión provocada por una explotación ganadera, situada entre los municipios de Millena (al norte del foco de emisión) y Gorga (al sur del foco de emisión), como la dirección principal del viento en la zona.

En este caso se daría la situación de que el municipio de Gorga se podría ver afectado en mayor medida de lo apreciable en el mapa. La dirección sureste predominante en la zona provocaría que el municipio pudiese recibir un olor de hasta el umbral de entre 10 y 50 unidades odoríferas.

Por el contrario, el municipio de Millena se podría ver beneficiado por la dirección predominante en la zona y apenas verse afectado por las emisiones odoríferas.

Se trata de un análisis para este caso concreto, pero cada explotación y cada municipio es un caso único el cual debería analizarse municipio por municipio, contemplando su situación, realizando un estudio individual teniendo en cuenta, cuantas explotaciones ganaderas les afectan y sin olvidar la dirección del viento que puede provocar un análisis erróneo de la situación.

DISPERSION DEL OLOR DE UNA EXPLOTACIÓN GANADERA ENTRE MILLENA Y GORGA

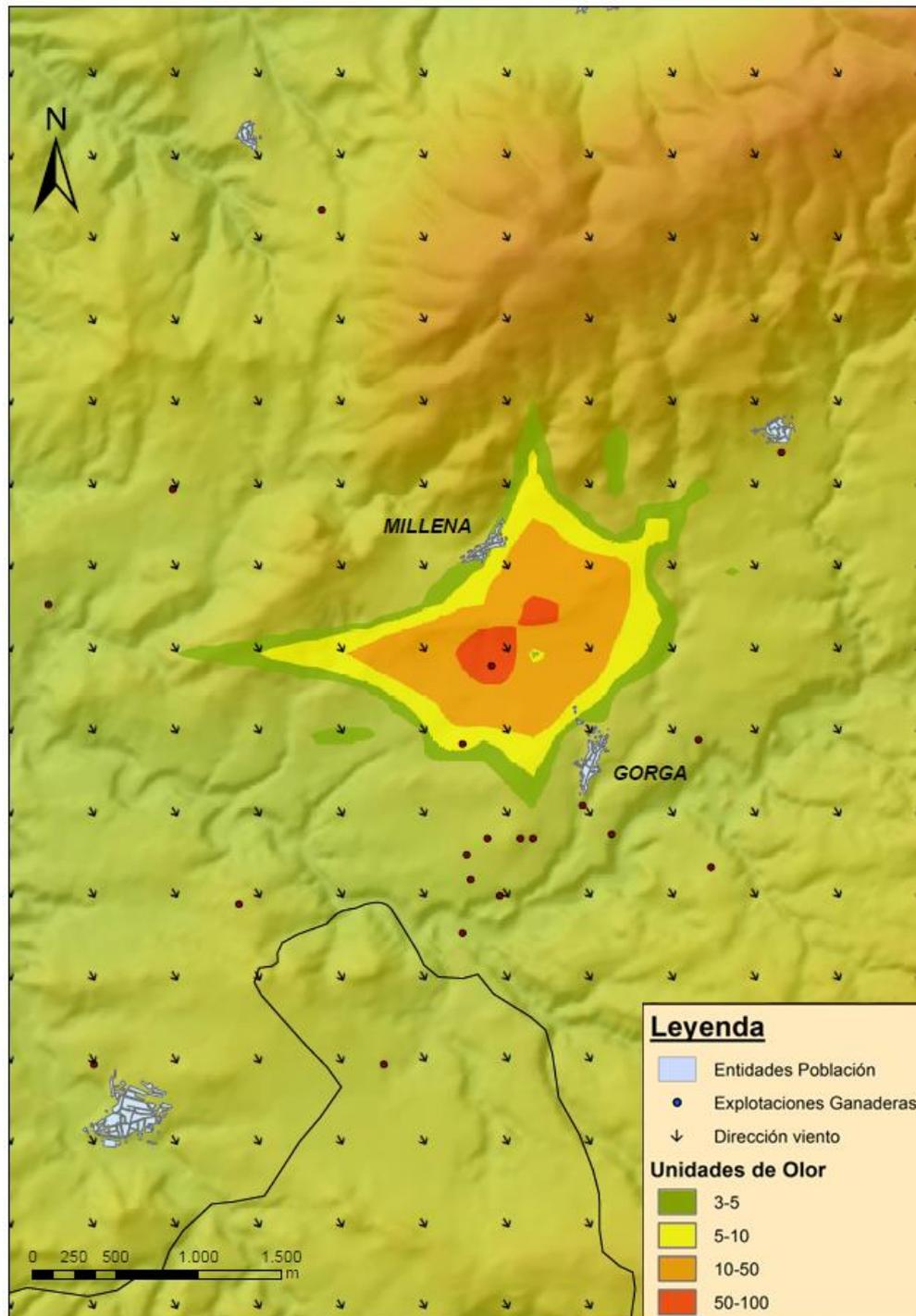


Figura 30. Mapa de dispersión entre Millena y Gorga

Para finalizar la interpretación de datos y resultados se muestra la gráfica obtenida con el programa Screen View que corrobora los datos obtenidos con el programa CONTATMO.

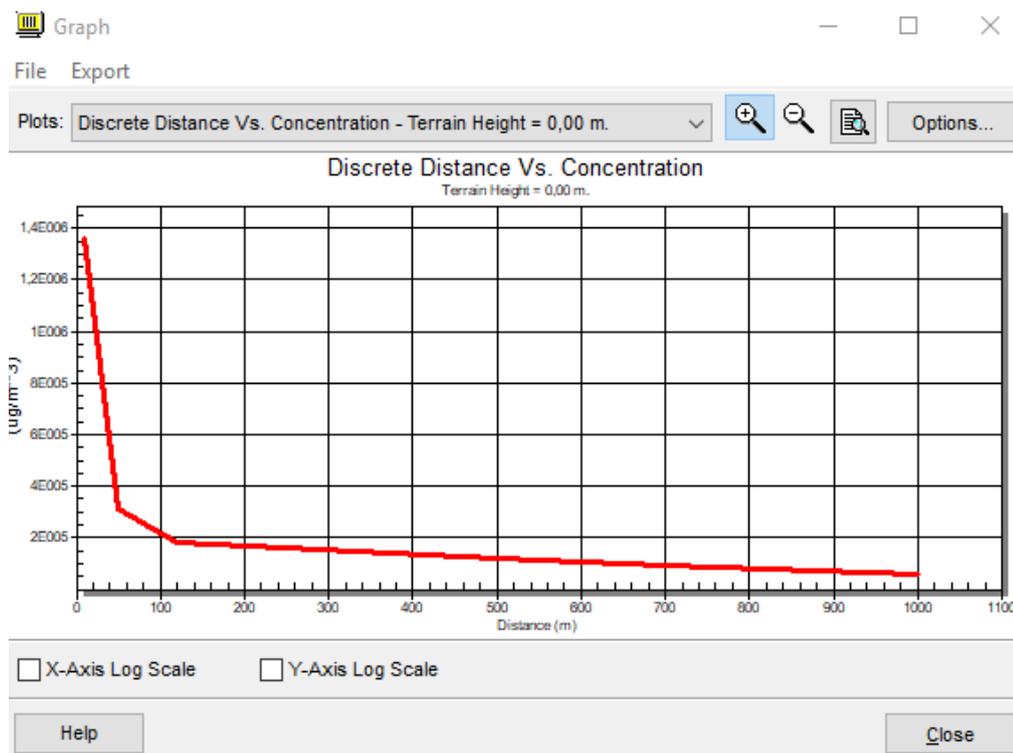


Figura 31. Gráfico de la explotación entre Millena y Gorga

En ella se puede observar como el olor va descendiendo a medida que hay más distancia entre el foco emisor y receptor. Se aprecia un descenso significativo hasta los 120m de distancia que corresponden con la zona roja de la Figura 36.

En ésta se ha marcado una línea en la misma dirección de los vientos predominantes para que se aprecie la dirección exacta a la que está referida la gráfica del programa Screen View, siguiendo el olor una dirección Norte-Sur.

Existe una correlación entre ambos programas ya que el olor según la gráfica es prácticamente inexistente cuando alcanza el kilómetro, justamente la misma distancia en línea recta que hay desde la explotación analizada a la población de Gorga.

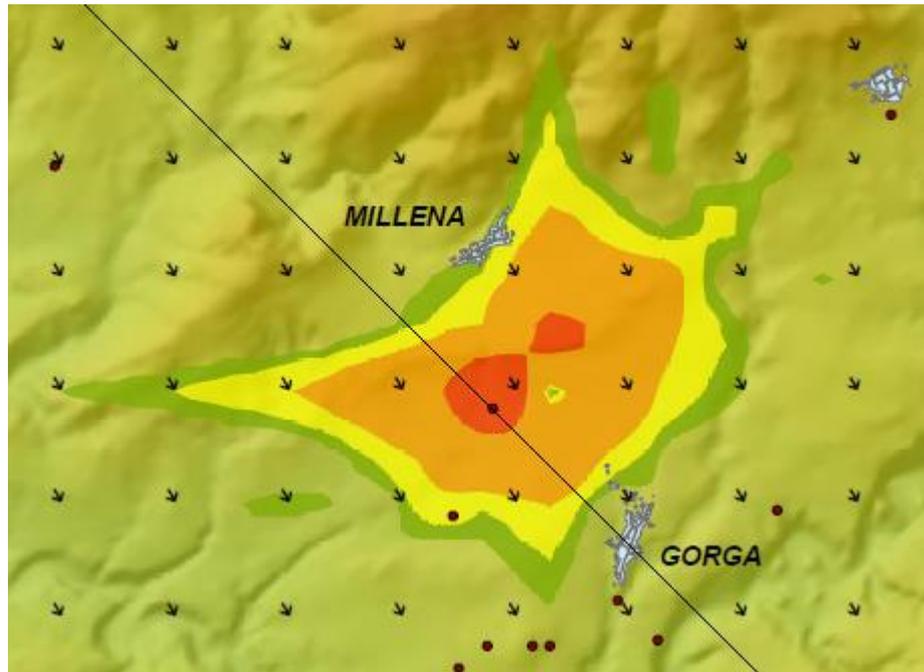


Figura 32. Imagen de la explotación y la dirección de la gráfica

10.- Conclusiones

Como primera conclusión tras la realización del estudio destacaremos que el software gratuito existente permite únicamente el estudio de una fuente puntual con unos datos fijos, lo cual proporciona una primera aproximación sobre la dispersión de contaminantes. El modelo CONTATMO puede aplicarse para obtener resultados de la dispersión más general en varias direcciones, mientras que el modelo Screen View proporciona resultados en una única dirección y para condiciones concretas.

Tras el estudio realizado hemos comprobado que el problema de la dispersión de olores provocados por las explotaciones ganaderas es real y existente, sin una solución en la actualidad. Una amplia parte de la población se ve afectada en mayor o menor medida por ellos debido a causas múltiples, ya sea por una falta de legislación o por un descontrol o falta de adecuación de las granjas. Todo esto debe enmarcarse además en la existencia de una normativa de distancias mínimas de la ubicación de las explotaciones ganaderas respecto a núcleos de población, pero sin tener en cuenta su uso o emisiones odoríferas.

Estos problemas medioambientales, que pueden ser muy graves a escala local, podrían verse disminuidos con estudios, como el presentado en este trabajo, previos a la construcción de las diferentes explotaciones ganaderas. Estos estudios previos deben realizarse con recursos y tiempo de análisis ya que cada explotación y cada entidad de población tiene sus propias características y no afectan todas ellas de la misma manera.

11.- Bibliografía

- A.J. PÉREZ CUEVA (coord.) (1994). “Atlas Climático de la Comunidad Valenciana” (1961-1990) GENERALITAT VALENCIANA Consellería d’Obres Públiques, Urbanisme i Transports.
- ESTELA NAVARRO, (2005). “Integración de una cartografía de vientos en situaciones meteorológicas de riesgo de incendios forestales en la Comunidad Valenciana mediante un SIG”, GeoFocus (Artículos) nº5, p94-114.
- JORGE LAMPARERO LÁZARO (2008). “Guía Técnica para la gestión de las emisiones odoríferas generadas por las explotaciones ganaderas intensivas. ” GENERALITAT VALENCIANA Consellería de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge
- ESNAOLA MORAZA, ARIAS ÁLVAREZ R. (2005) “Contaminación por olores: comentarios al anteproyecto de ley catalana”. Revista Ingeniería Química. Páginas 112-106
- SANCHÉZ GEBALLET, J.PEÑA, A.MARTÍNEZ TOMÁS, J. VALOR, HERENCIA I. (2008). “Contaminación ambiental por olores.”. Labaqua, S.L. Páginas 6-17.
- Cutter, S. L. (1996): *Vulnerability to environmental hazards*. Progress in Human Geography, 20(4), pp. 529 – 539.
- FONT TULLOT, I. (1983): *Climatología de España y Portugal*. Instituto Nacional de Meteorología.
- FOTHERINGHAM S., ROGERSON P. (1994): *Spatial Analysis and GIS. Technical Issues in Geographic Information Systems*. Taylor & Francis.
- GIL A. J., LACY M. C. D., RODRÍGUEZ-CADEROT G.(1997): *Estudio comparativo de técnicas numéricas aplicadas a la interpolación de magnitudes geodésicas*. Mapping Interactivo. Número 36. Marzo/Abril de 1997.
- HU J. (1995): *Methods of Generating Surfaces In Environmental GIS Applications*. 1995 International Users Conference. Environmental Systems Research, Inc. (ESRI).
- National Institute for Occupational Health and Safety (NIOSH). *NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards*. Publication No. 2005-149
- RAMINP (1961): *Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas* aprobado por Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre de 1961.

- TOMACZAK M. (1998): *Spatial Interpolation and its Uncertainty using Automated Anisotropic Inverse Distance Weighing (IDW) – Cross-validation/Jackknife Approach*. Journal of Geographic Information and Decision Analysis, vol. 2, nº 1, 1998, pp. 18–30.
- I. VALOR, J.V. MARTÍNEZ Y C. CORTADA LABAQUA, S.A. Y C. SUÁREZ ALATEC, S.A. “Una Norma española para medir el olor: UNE-EN-13725”
- F. ESTELLÉS BARBER, S. CALVET SANZ, A.G. TORRES SALVADOR, J. CARBONELL CASTELLÓ (2006) “Caracterización e impacto de los malos olores producidos en granjas de cerdos”
- DIEGO GONZÁLEZ FERREIRO Y JOAQUÍN BOSQUE SENDRA. (2008) “Generación de un mapa de vientos en un SIG” Boletín de la A.G.E. N.º 47 - 2008, págs. 51-77.
- JESÚS CANDENAS HENARES. (2006) “Olores, características y su medición” REutil (Octubre 2006)

Relación de páginas web

- <http://www.epa.ie/pubs/legislation/>
- <https://www.ipcc.int/>
- www.conama.org
- <http://www.olores.org/docs/olores2.pdf>
- http://www.ceam.es/data_base/meteo/datos_meteo.htm
- www.gabrielortiz.com
- <https://datosclima.es>
- <https://www.weblakes.com/index.html>
- <https://www.epa.gov/scram>
- <https://www.uv.mx/cienciauv/blog/quimicadelolor/>

12.- Anejos

12.1.- Fichero de datos CONTATMO

"DATOS GENERALES"	"NE",9,19.3,0,5	"SE",8,21.2,1,6
"CASO DE PRUEBA",	"16 junio 2009"	"27 junio 2009"
"OBSERVATORIO DE	"N",3,19.6,0,4	"E",3,17.8,1,3
ALCOY", "OLOR"	"N",13,24.6,0,6	"SE",9,28.8,1,2
8,6,2009,17,12,2012,1,3	"NE",8,19.6,0,7	"SSE",11,17.8,2,4
7	"17 junio 2009"	"28 junio 2009"
13	"SSE",5,19,0,6	"NE",4,19.7,3,3
18	"NNE",12,29.8,0,6	"NE",14,33.4,1,2
0.2736,38.4239,10,1.5,0.3	"NNE",4,19,0,5	"S",9,19.7,0,6
,704.981,4268.190,42.25,	"18 junio 2009"	"29 junio 2009"
37.15,845,743,"m/s",1	"CALMA",0,19.2,0,6	"S",2,20.7,0,3
"DATOS	"NE",11,32.5,0,4	"NNE",12,32.3,4,4
METEOROLÓGICOS"	"S",13,19.2,0,6	"E",10,20.7,0,2
"08 junio 2009"	"19 junio 2009"	"30 junio 2009"
"S",7,16.6,0,3	"NNE",2,22.7,0,3	"SSW",2,19.6,1,1
"WSW",10,26.8,0,6	"NE",10,36.8,1,4	"N",9,35.3,1,1
"W",7,16.6,0,7	"NE",12,22.7,2,5	"S",14,19.6,0,0
"09 junio 2009"	"20 junio 2009"	"01 julio 2009"
"SSW",5,16.5,0,4	"NEE",6,19.7,0,1	"S",2,20.3,1,1
"SW",14,25.3,1,6	"NNE",15,30.2,1,1	"SSE",12,35.8,0,0
"S",10,16.5,0,5	"N",13,19.7,5,6	"S",9,20.3,1,1
"10 junio 2009"	"21 junio 2009"	"02 julio 2009"
"SSW",6,17.3,0,5	"NEE",6,19.3,5,5	"NEE",4,22.4,0,1
"SSE",11,30.6,0,3	"ESE",9,26.1,7,7	"NE",12,36.3,1,6
"S",15,17.3,0,5	"SSE",6,19.3,1,5	"S",12,22.4,1,3
"11 junio 2009"	"22 junio 2009"	"03 julio 2009"
"NE",6,20.4,0,0	"CALMA",0,19.4,7,7	"E",5,20.9,0,6
"NNE",13,35,0,0	"S",20,27.9,4,6	"NNE",11,33.2,1,2
"S",11,20.4,0,0	"SSE",9,19.4,0,6	"S",13,20.9,0,5
"12 junio 2009"	"23 junio 2009"	"04 julio 2009"
"NNE",2,16.9,0,0	"CALMA",0,18.7,0,1	"E",2,24.2,2,2
"S",13,32.5,0,0	"NE",12,30.2,5,5	"WSW",13,36.6,1,1
"SSE",10,16.9,0,0	"N",9,18.7,0,1	"SE",14,24.2,1,3
"13 junio 2009"	"24 junio 2009"	"05 julio 2009"
"NEE",3,19.7,0,1	"NE",5,17.5,0,2	"SSW",9,24.2,2,3
"S",12,36.3,0,3	"WSW",9,34.2,1,1	"WSW",15,35,2,2
"S",4,19.7,0,6	"SSE",8,17.5,1,1	"SSE",5,24.2,0,4
"14 junio 2009"	"25 junio 2009"	"06 julio 2009"
"E",3,19.8,0,2	"S",6,22.7,2,2	"NEE",3,22.5,0,6
"NNE",16,32.2,0,3	"WSW",12,32.4,2,2	"NNE",9,32.9,2,3
"NE",8,19.8,0,3	"S",6,22.7,1,1	"SE",7,22.5,1,5
"15 junio 2009"	"26 junio 2009"	"07 julio 2009"
"NNE",4,19.3,0,3	"SSW",8,21.2,0,1	"NEE",4,20.7,3,3
"NNE",14,33.1,0,6	"SW",14,29.5,1,3	"NEE",8,29.1,5,5

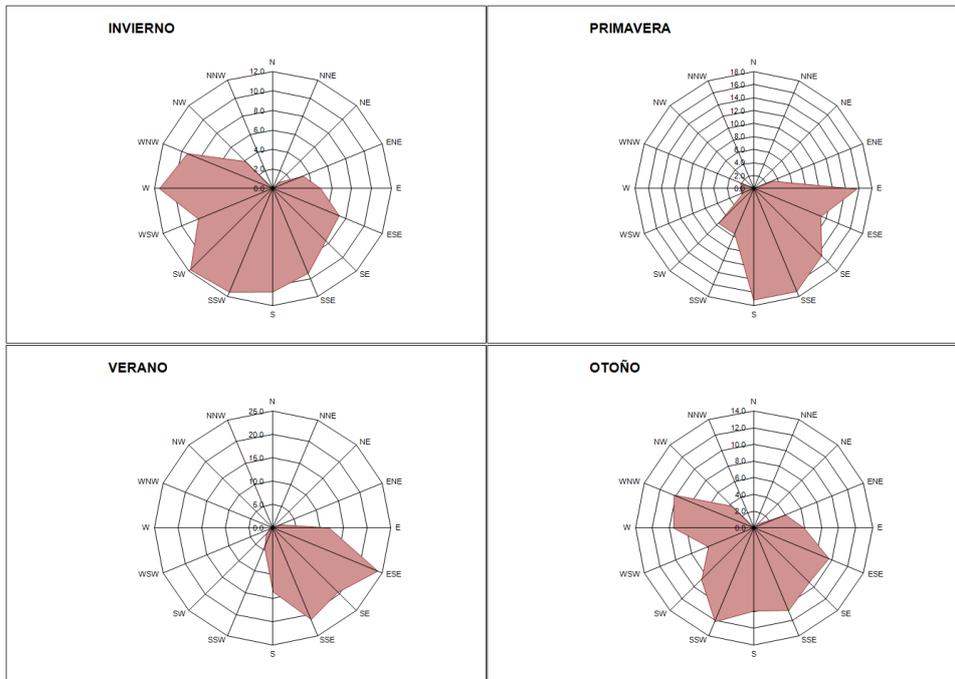
"N",7,20.7,3,3	"E",6,17.2,0,3	"S",12,21.4,1,5
"08 julio 2009"	"21 julio 2009"	"03 agosto 2009"
"E",4,21.1,6,6	"NE",3,18.7,1,1	"NEE",3,19.8,0,2
"NNE",18,24.7,5,5	"SSE",12,35,0,0	"NNE",10,31.8,1,2
"N",12,21.1,3,5	"NE",6,18.7,0,6	"S",9,19.8,3,4
"09 julio 2009"	"22 julio 2009"	"04 agosto 2009"
"E",4,20.1,7,7	"NEE",5,19.8,0,2	"S",2,19,1,1
"NNE",9,24.2,6,6	"S",28,39.9,0,1	"ESE",12,33.4,1,3
"SSE",5,20.1,3,6	"S",19,19.8,0,0	"S",12,19,0,1
"10 julio 2009"	"23 julio 2009"	"05 agosto 2009"
"SSW",3,19.6,6,6	"SSW",12,30.9,0,0	"S",4,20.1,0,0
"SSE",10,30.5,3,5	"WSW",20,39.4,0,0	"S",13,33.4,0,1
"S",15,19.6,1,3	"NW",11,30.9,0,0	"SSE",6,20.1,0,0
"11 julio 2009"	"24 julio 2009"	"06 agosto 2009"
"E",4,20.6,1,2	"NEE",3,24.6,0,0	"NNE",2,19.7,0,0
"SSE",14,32.3,1,2	"SSE",14,39.2,0,0	"NNE",10,35.3,0,0
"S",12,20.6,1,2	"NE",10,24.6,0,0	"S",16,19.7,1,1
"12 julio 2009"	"25 julio 2009"	"07 agosto 2009"
"SSE",5,23.2,0,0	"NE",6,20.9,1,1	"NE",10,22.3,6,6
"SSE",13,36,0,0	"N",16,29.3,1,1	"N",13,31.5,2,2
"SSW",8,23.2,0,0	"NEE",7,20.9,1,1	"NEE",10,22.3,4,7
"13 julio 2009"	"26 julio 2009"	"08 agosto 2009"
"CALMA",0,20.1,0,0	"E",2,18.7,0,1	"CALMA",0,19.2,2,5
"NNE",17,32.8,0,0	"NNE",13,34.8,0,2	"E",18,30,2,2
"NE",10,20.1,0,1	"SSW",8,18.7,0,5	"SE",5,19.2,3,6
"14 julio 2009"	"27 julio 2009"	"09 agosto 2009"
"NEE",4,21.6,0,4	"CALMA",0,21.9,1,2	"SE",2,18.7,1,3
"NNE",8,34.8,2,4	"NE",8,36.2,1,4	"NNE",13,24.6,2,3
"E",3,21.6,1,1	"NE",5,21.9,1,3	"SSE",13,18.7,1,5
"15 julio 2009"	"28 julio 2009"	"10 agosto 2009"
"SSW",7,21.5,1,1	"NNE",10,21.1,0,0	"E",2,18.7,1,6
"NNE",17,32.6,1,1	"NNE",15,30.3,1,1	"N",9,23.2,1,8
"NNE",14,21.5,2,2	"NNE",11,21.1,3,3	"E",4,18.7,1,8
"16 julio 2009"	"29 julio 2009"	"11 agosto 2009"
"SSW",6,19.8,2,2	"SSW",5,20.4,0,0	"NE",3,19.1,1,7
"NNE",12,33.1,2,2	"WSW",14,38.9,0,0	"N",22,24.6,1,8
"S",15,19.8,0,0	"S",12,20.4,0,0	"NNE",10,19.1,3,5
"17 julio 2009"	"30 julio 2009"	"12 agosto 2009"
"SW",14,24.9,0,0	"NE",10,21,0,0	"NNE",4,18.5,3,7
"SW",14,33.9,1,1	"NNE",17,29.5,0,0	"NE",9,23.8,2,6
"N",18,24.9,0,0	"NE",11,21,3,3	"NNE",12,18.5,1,1
"18 julio 2009"	"31 julio 2009"	"13 agosto 2009"
"E",3,17.1,0,1	"NE",6,19.5,6,6	"SSW",3,17.3,0,0
"NNE",12,27.7,1,1	"NNE",11,33,3,3	"NEE",13,32.4,0,0
"S",16,17.1,0,0	"S",8,19.5,0,0	"NEE",6,17.3,0,0
"19 julio 2009"	"01 agosto 2009"	"14 agosto 2009"
"E",2,16.4,1,1	"NEE",3,21.1,2,2	"NEE",5,20.6,0,2
"NEE",13,30.1,1,1	"SSE",12,35.6,0,0	"NNE",16,31.2,1,1
"S",12,16.4,1,1	"SSW",12,21.1,1,1	"N",12,20.6,1,1
"20 julio 2009"	"02 agosto 2009"	"15 agosto 2009"
"SE",3,17.2,0,1	"NEE",6,21.4,0,0	"SW",5,17.7,0,0
"S",15,32.3,2,2	"NNE",14,28.4,0,0	"N",17,31.4,0,0

"N",8,17.7,0,0	"S",9,18.9,1,1	"SW",5,14.8,1,5
"16 agosto 2009"	"29 agosto 2009"	"N",17,25.7,2,6
"SW",4,17.3,1,1	"SSW",3,20.3,1,2	"NE",4,14.8,1,5
"N",15,31.5,1,1	"E",6,29.6,3,3	"12 septiembre 2009"
"W",5,17.3,0,0	"SSE",9,20.3,5,5	"SW",6,14.8,1,5
"17 agosto 2009"	"30 agosto 2009"	"NEE",8,27.5,3,3
"SW",6,19.6,0,0	"SSW",5,19.6,0,1	"SE",3,14.8,2,4
"SSE",11,35,0,0	"S",12,32,1,1	"13 septiembre 2009"
"S",11,19.6,0,0	"S",12,19.6,0,1	"CALMA",0,16.3,0,5
"18 agosto 2009"	"31 agosto 2009"	"NNE",12,22.9,3,5
"SW",6,19.1,0,1	"SSW",4,18.7,1,1	"E",4,16.3,2,6
"E",14,34.4,0,5	"SSE",13,33,1,1	"14 septiembre 2009"
"SSE",11,19.1,1,1	"S",12,18.7,0,0	"SSE",2,18.2,0,5
"19 agosto 2009"	"01 septiembre 2009"	"NE",14,26.5,3,3
"S",3,18.1,0,1	"SW",5,18.6,0,2	"SW",16,18.2,5,8
"NNE",17,32.5,0,0	"S",12,33.3,1,1	"15 septiembre 2009"
"N",10,18.1,0,0	"SSE",8,18.6,0,1	"SSW",3,13.6,2,4
"20 agosto 2009"	"02 septiembre 2009"	"N",6,16.9,3,8
"S",3,18.3,0,0	"NEE",3,19.1,1,1	"NNE",7,13.6,5,8
"NE",10,34.2,0,0	"NEE",9,31.9,2,2	"16 septiembre 2009"
"S",11,18.3,0,0	"S",6,19.1,0,6	"CALMA",0,12.8,3,7
"21 agosto 2009"	"03 septiembre 2009"	"NE",11,20.4,5,5
"SW",4,20.3,0,0	"SSW",12,20.9,0,0	"NE",4,12.8,3,4
"SSE",14,35.4,0,0	"SSW",10,34.6,0,1	"17 septiembre 2009"
"S",14,20.3,0,0	"S",18,20.9,0,3	"CALMA",0,11.8,1,1
"22 agosto 2009"	"04 septiembre 2009"	"SSE",11,22.4,4,5
"S",2,19.4,0,0	"CALMA",0,19.3,0,0	"S",12,11.8,2,2
"S",13,35.1,0,0	"NE",10,34.7,1,1	"18 septiembre 2009"
"S",13,19.4,0,0	"NNE",15,19.3,1,1	"SW",12,14.3,0,1
"23 agosto 2009"	"05 septiembre 2009"	"SW",14,23.4,2,2
"S",3,18.8,0,0	"NEE",5,20.9,5,5	"SSW",5,14.3,1,3
"S",14,34.5,0,0	"NE",13,24.7,5,5	"19 septiembre 2009"
"S",14,18.8,0,0	"NEE",9,20.9,7,7	"N",4,14.4,1,1
"24 agosto 2009"	"06 septiembre 2009"	"W",17,22.4,2,2
"WSW",2,21.7,0,0	"N",3,20.4,4	"WSW",12,14.4,2,3
"SSE",14,34.2,0,2	"NNE",11,26.7,2,2	"20 septiembre 2009"
"S",12,21.7,0,1	"NE",3,20,2,2	"SW",6,14.5,0,7
"25 agosto 2009"	"07 septiembre 2009"	"SSW",3,22.1,3,8
"CALMA",0,22.7,0,7	"CALMA",0,18.1,1,1	"SSW",8,14.5,4,6
"NE",11,31.7,0,7	"N",13,25.5,2,2	"21 septiembre 2009"
"NEE",7,22.7,0,5	"N",12,18.1,1,1	"SSW",8,11.4,1,2
"26 agosto 2009"	"08 septiembre 2009"	"NNE",15,21.6,3,4
"S",2,19.8,1,5	"NEE",3,17.6,1,1	"N",2,11.4,1,3
"E",9,28,2,4	"N",18,24.3,4,4	"22 septiembre 2009"
"SSE",6,19.8,2,4	"N",6,17.6,1,1	"SW",4,13.9,2,6
"27 agosto 2009"	"09 septiembre 2009"	"S",4,16.8,0,8
"S",3,18,0,0	"SW",3,16,1,2	"NE",6,13.9,1,7
"NNE",8,32.7,2,2	"N",10,25.7,1,2	"23 septiembre 2009"
"S",11,18,0,0	"N",11,16,0,1	"NEE",4,15.9,3,5
"28 agosto 2009"	"10 septiembre 2009"	"N",10,17.1,3,5
"CALMA",0,18.9,0,0	"SW",5,13.4,0,1	"NEE",4,15.9,3,5
"E",10,33.1,1,1	"S",9,29.1,1,2	"24 septiembre 2009"
	"SSW",3,13.4,0,5	"SSE",2,15.4,1,5
	"11 septiembre 2009"	"N",9,23.1,2,4
		"WNW",3,15.4,0,6

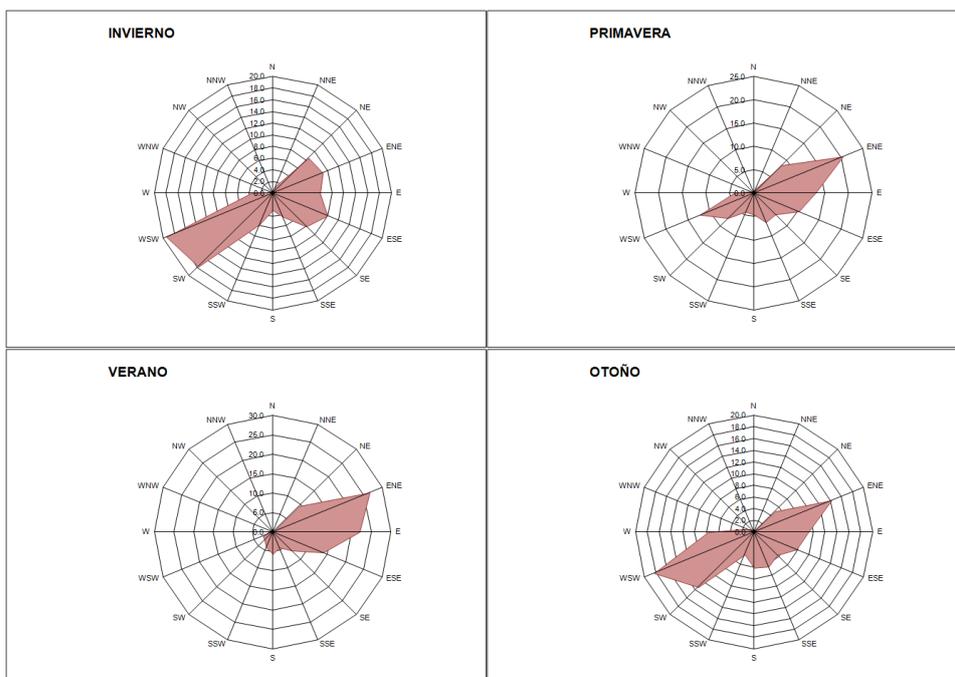
"25 septiembre 2009"	"W",3,15.6,0,1	"NE",10,16.3,2,2
"NEE",2,15.4,0,0	"07 octubre 2009"	"NE",3,13,7,7
"S",8,27.4,0,0	"NNE",3,15,0,1	"19 octubre 2009"
"S",9,15.4,0,1	"NE",9,27.7,0,2	"S",4,9.9,5,5
"26 septiembre 2009"	"NE",3,15,0,7	"SE",15,20.9,5,6
"SSW",5,14.3,0,7	"08 octubre 2009"	"SW",8,9.9,6,7
"NNE",12,21.3,2,7	"S",3,18,0,7	"20 octubre 2009"
"N",10,14.3,0,6	"S",8,26.6,1,4	"SSW",7,13.1,5,5
"27 septiembre 2009"	"SSW",6,18,2,3	"SSW",10,20.2,7,8
"NNE",12,17.1,2,6	"09 octubre 2009"	"SSW",6,13.1,5,7
"NNE",10,18.9,2,8	"SSW",9,16.5,1,1	"21 octubre 2009"
"CALMA",0,17.1,0,8	"NNE",12,25.1,2,3	"SSW",5,15.3,3,7
"28 septiembre 2009"	"S",4,16.5,0,1	"WSW",18,17.4,2,7
"NE",12,15.1,2,7	"10 octubre 2009"	"SW",12,15.3,1,7
"N",15,16.3,5,8	"CALMA",0,14.8,0,6	"22 octubre 2009"
"CALMA",0,15.1,8,8	"NNE",10,23.7,1,3	"SW",7,14.8,1,7
"29 septiembre 2009"	"W",4,14.8,0,2	"W",37,18.7,2,2
"NEE",8,14.7,3,8	"11 octubre 2009"	"W",25,14.8,1,4
"NEE",8,16.8,3,7	"SSW",6,13.7,0,0	"23 octubre 2009"
"NE",4,14.7,3,6	"NEE",8,23.5,3,3	"SSW",9,11.9,0,1
"30 septiembre 2009"	"SSW",5,13.7,1,1	"W",12,20.6,0,3
"SW",3,14.9,1,2	"12 octubre 2009"	"SSW",6,11.9,0,4
"SSW",4,19.5,6,7	"SW",8,14.1,0,0	"24 octubre 2009"
"NNE",3,14.9,0,3	"NE",12,24.7,1,1	"SSW",13,16.1,0,2
"01 octubre 2009"	"SSW",4,14.1,3,3	"WSW",13,25.0,5
"SSW",9,15.4,0,2	"13 octubre 2009"	"W",3,16.1,0,2
"NE",7,23.7,2,2	"SW",5,14.5,5,7	"25 octubre 2009"
"SSW",3,15.4,0,3	"SW",5,22.2,1,2	"SSW",9,13.8,0,1
"02 octubre 2009"	"S",8,14.5,0,3	"NEE",8,25.2,1,1
"SSW",8,15.6,0,3	"14 octubre 2009"	"SSW",4,13.8,0,7
"W",7,23.8,2,2	"SW",10,12.1,0,5	"26 octubre 2009"
"SSW",9,15.6,1,1	"NNE",9,24.2,1,2	"SW",5,14.7,1,6
"03 octubre 2009"	"SSW",9,12.1,2,5	"NE",10,24.2,1,2
"SW",3,14.1,1,1	"15 octubre 2009"	"SSW",4,14.7,1,1
"E",10,25.5,2,2	"N",2,14.8,1,6	"27 octubre 2009"
"W",3,14.1,1,1	"NEE",4,14.9,2,2	"SSW",11,13,0,0
"04 octubre 2009"	"S",11,14.8,4,5	"NNE",9,24,1,1
"SSW",11,15.8,0,1	"16 octubre 2009"	"W",3,13,7,7
"S",10,28.7,0,3	"NE",3,11.2,6,7	"28 octubre 2009"
"S",10,15.8,0,5	"E",3,14.3,7,8	"S",6,14.3,8,8
"05 octubre 2009"	"NNE",2,11.2,5,7	"NEE",8,22,2,2
"SSW",10,17.4,0,1	"17 octubre 2009"	"SSW",5,14.3,3,5
"SE",9,29.5,0,3	"SSW",5,11,1,3	"29 octubre 2009"
"SSW",9,17.4,0,3	"N",10,21.2,4,4	"WSW",6,12.4,0,3
"06 octubre 2009"	"ESE",3,11,1,1	"NE",8,26.1,0,4
"SSW",3,15.6,0,0	"18 octubre 2009"	"SSW",8,12.4,0,5
"SSE",8,28.8,0,0	"SW",3,13,2,3	

12.2.- Rosas de los vientos de diversas estaciones meteorológicas

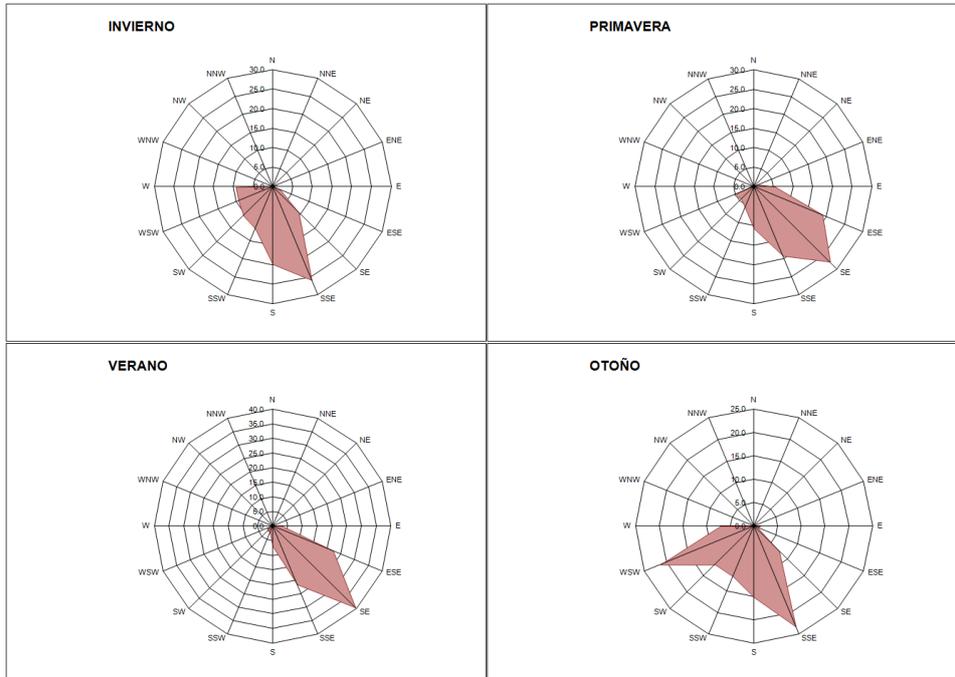
Alicante



Ontinyent



Pego



Alcoy

