

CONAMA 2022

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS
CONTAMINACIÓN ODORÍFERA



Autor Principal: Pedro Luis Del Real Hernández - Siverio (Del Real Consulting)

Otros autores: Antonio Ramón Iglesias García

ÍNDICE

1. RESUMEN
2. INFLUENCIA SOBRE LA SALUD HUMANA
3. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR OLORES
4. ESTRATEGIAS DE ANÁLISIS DE OLORES
5. ESPACIOS INTERIORES Y HABITABILIDAD
6. BIBLIOGRAFÍA

1. RESUMEN

Esta guía tiene como objetivo concienciar, difundir y aportar soluciones técnicas para la mejora de la calidad del aire al erradicar la contaminación atmosférica por olores. La visualización de este problema de salud y de medioambiente, así como impulsar una Ley de Nacional de contaminación atmosférica por olores. Actualmente no existen unas normas nacionales obligatorias relativas a niveles aceptables de emisiones de olores o molestia olfativa.

2. INFLUENCIA SOBRE LA SALUD HUMANA

Efectos sobre la salud

La contaminación odorífera genera molestias en la salud a las personas que se encuentran cercanas al desarrollo de actividades generadoras de malos olores : Padecen insomnio, mal humor, dolor de cabeza, irritación en mucosa, sobre todo la tendencia a desarrollar situaciones de estrés, náuseas, vómitos, reacciones aparentemente neurotóxicas; tales como comportamiento evasivo, pérdidas de concentración, interacciones con otros sistemas sensoriales o biológicos que provocan cambios de hipersensibilidad y cambios en las pautas de respiración (Subils) [1]. Estos efectos se dan porque al ser captadas las sustancias odoríferas del medio ambiente por vía nasal o bucal transportadas a la mucosa olfatoria, donde perciben y posteriormente se traducen en señales eléctricas; (Cantillo, 2016) [2] el tracto respiratorio incluye una reducción del aire inhalado, contracción de la laringe y los bronquios; mayor secreción de hormonas de estrés, presión sanguínea elevada o un flujo sanguíneo menor en los pulmones (Humane Society International, s.f) [3].

La inhalación de sustancias tiene efectos en el organismo

La nariz tiene dos funciones: Filtrar y calentar el aire que respira y actuar como la primera parte del sistema olfativo. Los pulmones tienen un área de superficie grande, que está íntimamente conectada a su sistema sanguíneo, e, inhaladas directamente, las sustancias penetran inmediatamente en el torrente sanguíneo.

En 1923 se observó que los olores producían efecto inmediato sobre la respiración, el pulso y la presión sanguínea, lo que llevó a los doctores GATTI y CAJOLA a concluir que el olor tiene un gran efecto sobre el sistema nervioso central. Los estudios han demostrado que los olores tienen efectos psicológicos y fisiológicos instantáneos. Los olores pueden, incluso, controlar por quién se siente uno atraído y a quién le gustaría mantener alejado.

El sistema límbico, conocido como la parte antigua o primitiva de nuestro cerebro, que estaba presente en los cerebros de los primeros mamíferos, forma las partes del cerebro más involucradas en nuestros recuerdos, comportamientos y emociones. El sentido del olfato es 10.000 veces más sensible que el resto de los sentidos, y los estímulos recibidos a través del olfato alcanzan el cerebro de modo inmediato, al ser el único lugar del sistema nervioso central está expuesto a su entorno.

Por consiguiente, el sistema límbico también controla la forma en que interpretamos y respondemos a los olores. En una perspectiva primaria nuestra capacidad olfativa nos permite reconocer alimentos y agua, encontrar pareja e incluso comunicarnos.

Hay ciertos olores que todos los humanos encontramos repulsivos, principalmente porque nos advierten del peligro. El olor a humo o a comida podrida son dos buenos ejemplos. Los olores desagradables y malos son en realidad señales a nuestro cerebro para advertirnos de un posible peligro. Hay muchas maneras para que nuestro sentido del olfato y los olores puedan afectar a nuestra vida, nuestro estado de ánimo o las decisiones que tomamos.

Influencia de los olores en la memoria

Las personas tenemos la llamada memoria olfativa, mediante la cual podemos asociar un aroma con un recuerdo, una persona o un momento. La memoria humana funciona por asociación, y, siendo el olfato uno de nuestros sentidos más poderosos, no es extraño que creemos recuerdos ligados a ciertos aromas. A esta forma de guardar o asociar recuerdos se le llama memoria olfativa, y ésta se relaciona con el sistema límbico del cerebro, especialmente la amígdala y el hipocampo, que tienen un papel muy importante en los procesos de la memoria.

Las personas tenemos algo llamado bulbo olfatorio, una estructura encargada de pasarnos la información enviada por los receptores de olores. A diferencia de otras memorias, la olfativa es más bien emocional.

Cómo se produce el nexo entre memoria y su recuerdo

Nuestros receptores de olores, conocidos como epitelios olfatorios, situados en el interior de las fosas nasales, captan un estímulo olfativo y envían una señal eléctrica al bulbo olfatorio, que recibe esta información y la distribuye a diferentes partes del cuerpo, sobre todo al sistema límbico. La amígdala conecta un aroma con una emoción y el hipocampo relaciona ese olor con un recuerdo en la memoria. Así se forman los lazos que crea la memoria olfativa.

3. | CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR OLORES

La contaminación atmosférica por olores es un problema para el que desde hace décadas se vienen aportando soluciones consistentes en limitar la emisión de moléculas que provocan malos olores-a las que denominaremos moléculas odoríferas- en concentraciones que no alcancen su umbral olfativo. Con este fin se han desarrollado técnicas de eliminación de olores en estaciones depuradoras de aguas residuales tanto urbanas como industriales. La medida de las concentraciones de moléculas odoríferas se ha llevado a cabo por medio de técnicas de Análisis Químico entre las que cabe destacar la cromatografía de gases. Pero conviene precisar que el Análisis Químico no determina olores, sino que identifica y cuantifica las moléculas que los producen. La combinación de éstas, en la que intervienen a menudo fenómenos de enmascaramiento y sinergias, unida a factores meteorológicos y topográficos, conducen finalmente a la formación de un olor que va a ser percibido por una población en un área determinada. Sin embargo, es curioso constatar que, durante décadas, no se han desarrollado normativas conducentes a limitar la inmisión de malos olores: ni en la UE ni en España. Esto obedece, fundamentalmente, a que el olor es una sensación subjetiva cuya medida ha necesitado primeramente del desarrollo empírico de una técnica sensorial, que una vez acreditada por su utilidad, ha permitido definir una metrología normalizada. Esta técnica sensorial es la Olfatometría, que se conoce desde 1930, que se ha desarrollado y acreditado en las últimas décadas, y que desde febrero de 2005 ha sido recogida en la norma UNE- EN 13725 'Calidad del aire- Determinación de la concentración de olor por Olfatometría Dinámica'[4]. Esta norma debería servir de base para la promulgación de normativas de calidad ambiental. Un ejemplo claro lo tenemos en España con el Borrador de Anteproyecto de Ley contra la

Contaminación Odorífera, elaborado por la Generalitat de Catalunya [5] cuyo objetivo es prevenir y corregir la contaminación odorífera que afecta a la población. Así pues, tenemos ante nosotros un panorama en el que, por un lado, se contempla que se puede abrir paso a la adopción práctica de esta nueva tecnología mediante leyes y normativas en las Comunidades Autónomas y en el Estado. Y, por otro lado, que la aportación de la Química Analítica en el análisis de moléculas odoríferas y la Olfatometría en el análisis de olores constituyen dos técnicas complementarias cuyo adecuado acoplamiento permite el diseño de alternativas para la solución de problemas de contaminación atmosférica por olores.

En el ámbito del MEDIO AMBIENTE, durante las últimas décadas se han promulgado numerosas leyes que han ido encaminadas a la solución de demandas por orden de prioridad; demandas que tenían que ver de un modo muy directo, ante todo, con la salubridad del medio:

Así la Ley de Aguas, cuyo texto actual viene expresado en el Real Decreto Legislativo 1/2001 de 20 de julio [6] que aprueba el texto refundido de una vasta legislación anterior, es un ejemplo claro de la preocupación que este vital elemento ha despertado en la sociedad y sus representantes por la necesidad imperiosa de mantener sus propiedades naturales.

Y en lo que se refiere a la contaminación atmosférica, en la Comunidad Europea, la Directiva 96/62/CE del Consejo, de 27 de septiembre de 1966 [7], sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente expone en su Anexo I una larga lista de contaminantes atmosféricos que deben ser tenidos en cuenta por sus efectos nocivos para la salud, pero ninguno de ellos se caracteriza por ser contaminante odorífero. De manera análoga ha venido sucediendo en la legislación española con la Ley 38/1972[8]. Más reciente es la ley 7/1994 de Protección Ambiental [9] que señala diversos contaminantes atmosféricos, pero ninguno de ellos es contaminante odorífero.

En la última década la legislación se ha extendido más allá de la salud al confort, aunque a menudo estos dos conceptos deberían formar un binomio inseparable.

Existen aspectos de este binomio que han obtenido una respuesta urgente por parte de las distintas administraciones como es el caso de los ruidos. A nadie se nos escapa la disposición de cualquier ciudadano a formular una denuncia por los ruidos que llegan a su vivienda procedentes de una obra próxima, de una discoteca o de unos vecinos bullangueros. Al hilo de esta sensibilización hacia los ruidos se ha aprobado recientemente (Consejo de ministros de 19 de octubre de 2007) el Reglamento del Ruido que completa el desarrollo de la Ley del Ruido 37/2003 [10].

Sin embargo, ante la falta de leyes que regulen la problemática de olores tenemos la impresión de que, o bien esta forma de contaminación no ha sido objeto por parte del ciudadano de una fuente de reclamaciones comparable a la de los ruidos, o bien que las administraciones se han mostrado menos activas a la hora de establecer una legislación específica sobre olores aunque sí se han regulado las emisiones de molécula odoríferas, atendiendo al carácter tóxico de las más conflictivas con fines de seguridad e higiene en recintos de trabajo y a las molestias que causan en zonas pobladas¹.

Las técnicas de análisis de moléculas odoríferas

Sin embargo, sí subyace en todos los estamentos sociales una preocupación por los olores: en este sentido procede señalar que en el campo de las obras públicas, concretamente en la construcción de las EDAR (Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales), se han presupuestado por parte de las constructoras – a menudo con partidas de montante insuficiente, por cierto - sistemas de eliminación de olores como: lavado químico en torres de absorción (scrubbers), adsorción en torres de carbón activo y biodesodorización en diversas modalidades (biolavado, biofiltración y otros). La eficacia del tratamiento constituye una exigencia contractual del contratista hacia la ingeniería ejecutora de la obra pero no obedece a la existencia de una legislación administrativa, y su control se establece fijando un porcentaje de rendimiento de los equipos cuya medida se efectúa a la salida del efluente a través de los equipos mediante análisis químico del gas tratado: análisis químico clásico con absorción previa (Figura 1) y ulterior determinación, generalmente gravimétrica, de los compuestos no eliminados o instrumental como la cromatografía de gases (Figura 2); los detectores electrónicos junto con otros métodos afines como son los tubos colorimétricos tipo Dräger, los parches y las narices electrónicas completan esta gama de posibilidades.

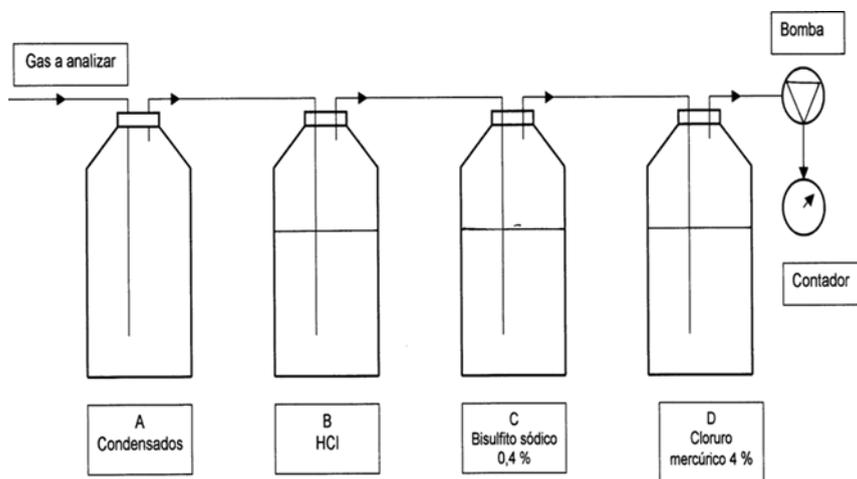
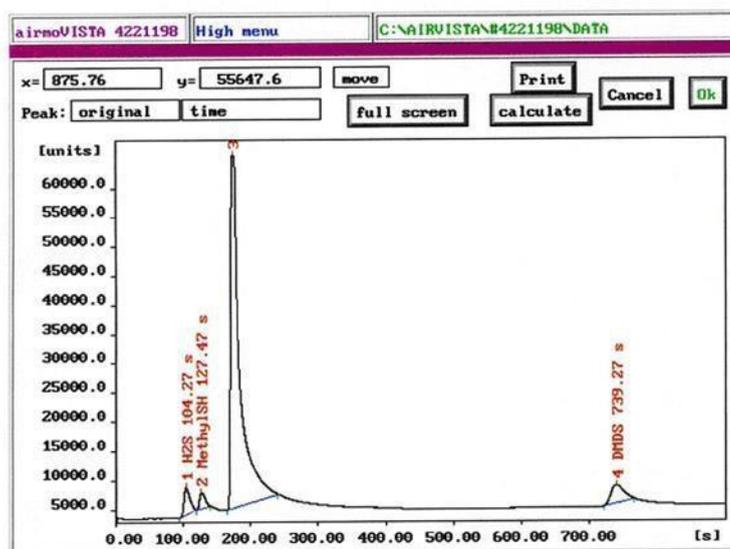


Figura1.Toma de muestras por absorción a la salida de una torre de lavado químico.

Conditions opératoires : Gaz vecteur Air à 4 ml/min
 Colonne : mégabore 30 m, 0.53 mm ID, 1.5 µm
 Température colonne = 40 °C
 Boucle d'injection : 400 µl
 Echantillon : H₂S, Me-SH, DMS et DMDS



Résultats :

Substance	Rt (s)	Surface	Concentration (ppb)
H ₂ S	104.27	48937	450
Me-SH	127.47	25895	550
DMS	174.43	972447	2000
DMDS	739.27	66423	≈ 500

Figura 2. Cromatograma de moléculas odoríferas de azufre obtenido por cromatografía de gases con detector electroquímico redox.

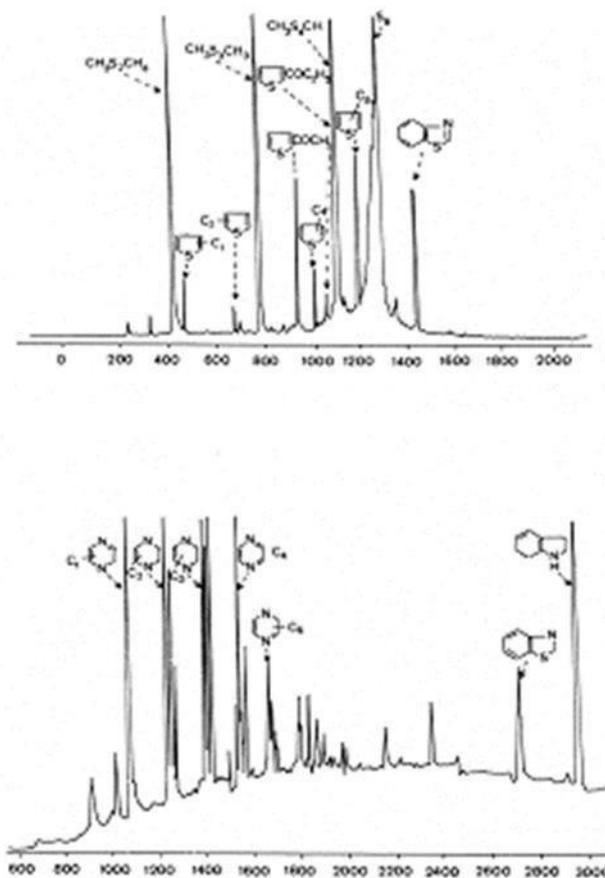


Figura 3. Cromatogramas de análisis de diversas moléculas odoríferas obtenidas por CG / MS (Zeeman y Koch, 1981).

Son especialmente relevantes en el análisis químico de moléculas odoríferas los logros de la cromatografía de gases de la que sólo citaremos de pasada algunos ejemplos²: la separación y detección de H_2S , metilmercaptano, etilmercaptano, butilmercaptano con detector de fotometría de llama y los análisis de aminas con detector de ionización de llama.

Constituye un ejemplo ilustrativo de la aplicación del análisis químico el estudio realizado por la Universidad de Cantabria en la EDAR de San Vicente de la Barquera [11] para la determinación de H_2S en el recinto de la depuradora que ha conducido al diseño de líneas isodoras³

Estas técnicas constituyen una herramienta válida para analizar las moléculas odoríferas que aún después de un tratamiento pueden escapar al ambiente. Podemos decir que son técnicas de medida de emisión de carácter focal, puntual, pero las conclusiones extraídas de las mismas, que se refieren a la presencia de una o varias moléculas odoríferas responsables de un olor simple (H_2S , Mercaptanos, NH_3 , Aminas...)⁴, no se pueden extrapolar a su incidencia en el medio, porque cuando estas moléculas salen del entorno próximo entran en un sistema nuevo y diferente, que es ese medio, en el cual los olores simples que aquellas producen se mezclan entre sí y dan lugar a sinergias y enmascaramientos, de forma que lo que el olfato percibe (inmisión) es un olor compuesto en el que, a menudo, no se distinguen los olores simples causantes del mismo. La propagación de tales olores en el espacio depende básicamente de las

condiciones meteorológicas, y de la topografía del terreno; su intensidad depende fundamentalmente de la temperatura.

En otras palabras, cuando se trata de un olor simple, el análisis químico determina las moléculas odoríferas objeto de eliminación en un tratamiento, pero el olor que puede existir, por ejemplo, en el entorno de una EDAR o de una planta de gestión de RSU, depende de la mezcla de aquellos olores simples y de su interacción con los que puedan provenir del propio medio como, por ejemplo, los producidos por estiércol de los campos abonados con este producto o del compost que emite cantidades importantes de COV. La resultante de la combinación de todas estas variables constituye el impacto ambiental atribuido al olor generado por una actividad. Las estrategias que se emplean para reducir tal impacto ambiental van dirigidas, con un criterio conservador, a la supresión o minimización de la emisión de moléculas odoríferas en los focos de la actividad.

Hemos señalado que el control del rendimiento de los equipos de eliminación de olores se realiza mediante análisis químico. Pero conviene precisar que el análisis químico no analiza olores, sino que identifica y cuantifica las moléculas que los originan: las moléculas odoríferas.

En cuanto al análisis de olores propiamente dicho con vistas a la determinación del impacto ambiental, por ejemplo, de una EDAR, de una instalación industrial o de una planta de gestión de RSU se está proponiendo en la última década el empleo de la olfatometría.

Legislación española

El desarrollo de las diversas y eficaces técnicas de análisis químico a que nos hemos referido ha ido muy por delante del desarrollo de leyes específicas sobre la emisión e inmisión de olores que a finales de 2007 son aún inexistentes.

Las normativas que se aplican en España en esta materia proceden de antiguas disposiciones generales a nivel nacional que, en determinados casos, se han particularizado a nivel municipal para el caso de los olores.

Una aproximación a esta problemática la constituye el antiguo Reglamento de Actividades Molestas, Nocivas y Peligrosas (RAMINP) aprobado por el Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre [12] y las Instrucciones complementarias aprobadas por OM de 15/3/1963. [13]

Dentro del ámbito de aplicación de este reglamento se reseña un conjunto de “actividades” al que debe su nombre (Molestas, Insalubres, Nocivas, Peligrosas), quedando englobadas las emisoras de olores entre las Molestas y potencialmente insalubres.

La normativa para su desarrollo, que ha sido adoptada en algunas Ordenanzas municipales, consiste en la consideración de aspectos sectoriales (actividades clasificadas, basuras, almacenamiento de alimentos, residuos) que obligan a la aplicación de medidas concretas (condiciones de almacenamiento o de los recipientes) para mitigar los olores.

El procedimiento de intervención administrativa se materializa mediante la obtención de la licencia de actividad antes de la puesta en marcha de una actividad. El organismo competente para la concesión de este tipo de licencias es el Ayuntamiento con la participación de los

organismos de la Comunidad Autónoma habilitados para calificar la actividad e introducir medidas correctoras en función de sus impactos.

En 2002 se promulga la Ley 16/2002, de Prevención y Control Integrados de la contaminación en la que aparece el concepto de Autorización Ambiental Integrada (AAI) [14] que plantea el problema de coordinar este concepto con la licencia que se venía obteniendo con la normativa del RAMINP.

El objeto de la citada Ley es evitar o, cuando ello no sea posible, reducir y controlar la contaminación de la atmósfera, del agua y del suelo, mediante el establecimiento de un sistema de prevención y control integrados de la contaminación.

Aún sin hacer mención específica a los olores, sí recoge en su ámbito de Aplicación (Instalaciones Anexo I) algunas actividades en las que existen focos de emisión de olores (gestión de residuos, textil, papel, vaquerías).

El titular de una Actividad tramita la Autorización Ambiental Integrada mediante la Solicitud de Concesión de AAI, concretando en el Proyecto Básico las medidas que, en su caso, están previstas para prevenir o corregir la contaminación odorífera.

Ya dentro del actual organigrama institucional, las CCAA han venido elaborado leyes⁵ que recogen algunos aspectos del Reglamento y que definen una normativa de actividades clasificadas, aunque no hacen mención específica de la contaminación atmosférica por malos olores.

La Ley 34/2007, de 15 de noviembre de 2007, de Calidad del Aire y Protección de la atmósfera en España [15], deroga el citado Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres y Peligrosas (RAMIP) pero no hace ninguna mención explícita en su texto al problema de los olores, por lo que, mientras no exista una ley específica que reglamente la contaminación atmosférica odorífera, el RAMIP se va a tener que seguir aplicando de hecho en todas aquellas corporaciones que lo habían adoptado en su normativa.

Como se puede apreciar, en la legislación medioambiental española existe un apreciable número de disposiciones, pero ninguna de ellas establece una normativa sobre contaminación odorífera de la atmósfera.

Análisis olfatométrico: Principios y normativas

Como se ha indicado al principio, en muchos casos, la determinación cualitativa y cuantitativa de la composición de una atmósfera no es suficiente para conocer las propiedades odoríferas de la misma.

La razón de ello estriba en el hecho de que entre las propiedades físico químicas de las moléculas y sus propiedades odoríferas no está establecida una correlación para las mezclas complejas encontradas en la industria⁶. A pesar de los avances realizados en la última década en el campo de la cromatografía de gases, en que los umbrales de detección llegan a concentraciones de ppt, la extremada sensibilidad de la mucosa olfativa ofrece que la posibilidad de utilizar el sentido del olfato como técnica sensorial resulte una perspectiva atrayente.

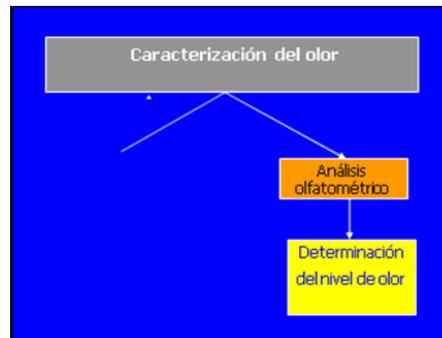


Figura 4. Metodologías para la caracterización de los olores.

En la hora actual las Mejores Técnicas Disponibles permiten poner en práctica la Olfatometría al haberse consolidado su base técnica para la medida cuantitativa del olor que se materializa por medio del estudio olfatómetro, el cual proporciona datos sobre la concentración, la intensidad del olor y la sensación que produce en la población⁷. La olfatometría es un método que después de un largo período experimental está reconocido científicamente y que ya es oficial en algunos países de Europa, como Holanda, Francia, Bélgica; de América, como México y Canadá; y de Asia, como Japón.

El objetivo de la olfatometría es la medida de la concentración de olor utilizando una técnica sensorial. Se lleva a cabo mediante la utilización de un panel de expertos que constituyen el elemento sensor y de un aparato denominado olfatómetro cuya parte esencial es el dilutor⁸.

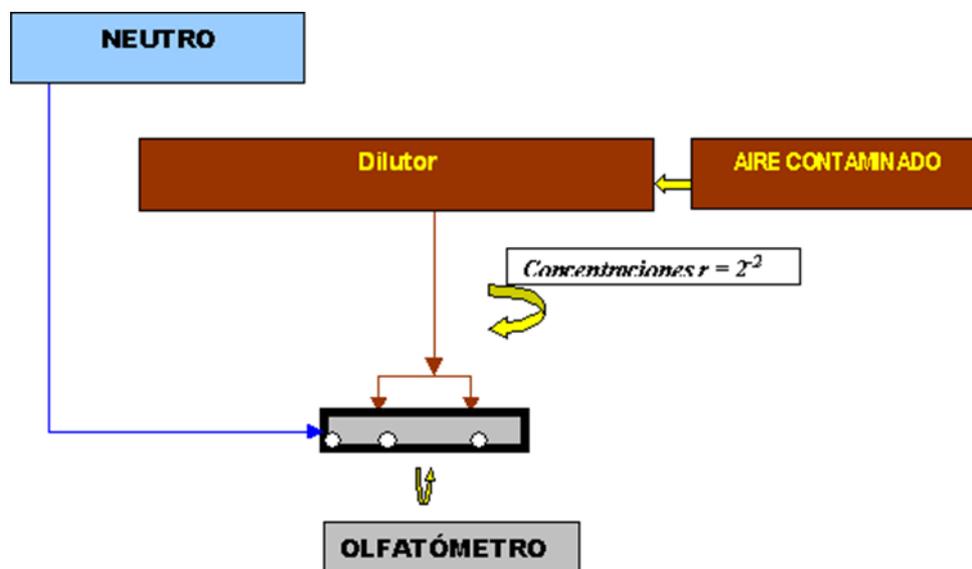


Figura 5.- Diagrama de instalación para análisis olfatómetro.

La metrología que se ha asentado sobre estos dos elementos se ha ido perfeccionando hasta haber conseguido su normalización en los últimos veinte años y está reflejada en la normativa que ha sido aprobada:

En Alemania, por parte del Deutches Institut für Normung:

Verein Deutcher Ingenieure DIN VDI 3881, que sienta los fundamentos del concepto de umbral de olor y describe el protocolo para su determinación (1986); Verein Deutcher Ingenieure DIN 3940 sobre "Olfatometría-Determinaciones en campo" de 1983, revisado en 2003. [16]

En Francia, por parte de AFNOR las normas:

NFX 43-101 "Determinación del factor de dilución en el umbral de olor" de 1986; NFX-43104 sobre "Calidad del aire- Métodos de muestreo de olores" de 1992. [17]

En el Reino Unido, el documento IPPC H4:

Draft "Horizontal Guidance for Odour" elaborado por la "Environmental Agency. [18]

El Comité Europeo de Normalización (CEN), establece la norma DIN EN 13725 "Calidad del Aire – Determinación de la concentración de olor por Olfatometría dinámica", abril 2003 [19]

Todas estas normas avalan a la olfatometría dinámica como método idóneo para la determinación de la concentración de olores. En España se ha incorporado esta tecnología a la normativa UNE para regular la medida y control de las emisiones de olores a la atmósfera con la adopción de la norma EN 13725:2003, devenida "UNE-EN 13725:2004/AC - Calidad de aire. Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica."

Esta norma, de acuerdo con los objetivos de la olfatometría, describe el protocolo para medir los parámetros siguientes:

La concentración de una mezcla de olores expresada en unidades de umbral;

La intensidad olorosa de una atmósfera expresada generalmente con relación a los niveles de una gama definida por una escala de referencia.

Estas medidas se efectúan por medio de personas especializadas, catalogadas y calibradas, que constituyen lo que se denomina un panel de expertos y se llevan a cabo en un aparato que recibe el nombre de olfatómetro y cuya parte

esencial es un dilutor de gases que suministra mezclas de la atmósfera problema y de gas neutro en una amplia gama de proporciones (dinámica del dilutor). El número de veces que la corriente de atmósfera problema va diluida en el gas neutro recibe el nombre de factor de dilución. Así, una atmósfera problema diluida al uno por mil tendrá un factor de dilución de 1.000.

Al panel de expertos al que hemos hecho referencia se le presenta alternativamente a través de dos boquillas: por una, aire neutro; por otra la atmósfera problema procedente del dilutor en proporciones crecientes. Cuando el 50% de los panelistas percibe olor de la corriente de la atmósfera problema diluida se dice que se ha alcanzado el umbral de detección (D50) y se determina el factor de dilución correspondiente (Z50). La concentración de olor en el umbral de detección es, por definición, la unidad de concentración de olor, 1 uoE /m³. Cualquier otra

sustancia cuyo olor sea perceptible habrá alcanzado, necesariamente, su umbral de identificación al que también corresponderá un factor de dilución que será múltiplo del de la unidad. El umbral de detección puede determinarse tanto para olores simples como para olores compuestos.

Esta norma introduce una metrología en la que el sensor es el panel humano y de ella surgen los conceptos siguientes:

Masa de olor de Referencia Europea (MORE): valor de referencia aceptado para la unidad de olor europea, equivalente a 123 µg de n-butanol, que, evaporado en 1m³ de gas neutro, da lugar a una concentración de 0,040 mmol / mol.

Unidad de olor europea (uoE): Cantidad de sustancias odoríferas que, cuando se evaporan en 1 m³ de un gas neutro en condiciones normales, originan una respuesta fisiológica de un panel equivalente a la que origina una Masa de Olor de Referencia Europea (MORE) evaporada en 1 m³ de un gas neutro en condiciones normales.

Hay una relación entre el ouE para la sustancia olorosa de referencia y el de cualquier mezcla de sustancias olorosas. Esta relación se define sólo a nivel de respuesta fisiológica D50 (umbral de detección), donde:

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

Esta equivalencia es la base de la trazabilidad de las unidades de olor para cualquier sustancia olorosa a la de la sustancia olorosa de referencia. Expresa efectivamente las concentraciones de olor en términos de " equivalentes máscicos de n-butanol".9

Concentración de olor: número de unidades de olor europeas uoE en 1 m³ de gas en condiciones normales.

La concentración de olor puede sólo evaluarse a una concentración presentada de 1uoE/m³. Como consecuencia, la concentración de olor se expresa como un múltiplo de una ouE en 1 m³ de gas neutro. La concentración de olor, en ouE/m³, puede usarse del mismo modo como concentraciones máscicas (kg/m³)

Se asume que el panel de expertos constituye una muestra representativa de la población estándar.

La precisión de los resultados, su coherencia y su reproductividad dependen esencialmente de la forma en que el panel ha sido seleccionado, entrenado y de los procedimientos de trabajo adoptados.

La aprobación de la norma UNE-EN 13725 ha posibilitado el diseño en España de una legislación ambiental sobre olores encaminada a prevenir y corregir la contaminación atmosférica por olores que afecta a la población y establecer un régimen de administración preventiva.

Evaluación global de un olor

Para la evaluación global de un olor en emisión para determinar su impacto ambiental, el análisis químico resulta inadecuado porque, como ya hemos señalado al principio, lo que proporciona son concentraciones puntuales de moléculas odoríferas, pero no la concentración de olor que es lo que interesa en este caso; este parámetro se obtiene, en cambio, con la olfatometría dinámica, aplicando la norma EN 13725, por lo que ésta es la técnica de elección para este caso.

Los datos obtenidos se introducen en un modelo de dispersión que proporciona los datos de inmisión en la zona problema permitiendo la elaboración de un mapa de olor en el que se destacan las líneas isodoras. La incertidumbre de este método es del orden del 40%.

También se puede medir la concentración de olor por análisis olfatométrico directo en campo aplicando la técnica alemana VDI 3940 con unos resultados cuya incertidumbre es similar a la del caso anterior.

Análisis puntuales en discontinuo

Lo constituyen aquellos casos en que se desea controlar el funcionamiento de una instalación de eliminación de olores referida a moléculas bien definidas (H₂S, mercaptanos, sulfuros orgánicos, NH₃, aminas).

Aquí la olfatometría resulta inadecuada porque, o bien nos va a proporcionar el dato de una concentración de olor compuesto, que no es lo que nos interesa, o bien, en algún caso, la concentración de las moléculas odoríferas problema diferenciadas, pero a un coste mucho mayor que el del análisis químico clásico con el dispositivo que se muestra en la figura 1 o por cromatografía de gases.

En inmisión, la utilización de olfatómetros de campo permite la determinación de olores “in situ” por medio de un panel de expertos que, como en el caso de la olfatometría de laboratorio (emisión) han sido seleccionados, entrenados y calibrados para esta finalidad. Resulta especialmente interesante la posibilidad de controlar la presencia de moléculas odoríferas en inmisión en un determinado radio de acción mediante el analizador portátil tipo Jerome, como anteriormente hemos indicado.

Análisis continuo

En emisión, el análisis químico clásico resulta inviable porque éste implica trabajar en discontinuo. En cambio, existen diversos equipos de cromatografía de gas que permiten el análisis en continuo adaptando una sonda a la chimenea de salida del gas tratado y transportando la corriente de gas al cromatógrafo.

La olfatometría dinámica queda descartada para este tipo de análisis por el propio carácter discontinuo de la misma.

En inmisión, el análisis químico por cromatografía de gases en continuo no resulta viable por la dificultad de captación de la atmósfera problema para llevarla al equipo. Por otro lado, la presencia de moléculas odoríferas problema están tan sujetas a factores aleatorios asociados a

la climatología que la utilización de un equipo de campo para su determinación queda descartada por el costo que supone una aplicación de este tipo.

Olor simple o primario: Es el que percibe de modo aislado el olfato como consecuencia de la emisión olorosa de un único compuesto determinado. Un ejemplo de ello lo tenemos en la preparación de H₂S en el laboratorio. Esta forma de emisión de olores aislados suele permitir fácilmente la identificación de éstos.

Olor compuesto: Es el que se percibe como efecto de una mezcla de olores primarios. En él pueden alternarse las percepciones de éstos con fenómenos de enmascaramiento y/o sinergias entre los distintos olores y no siempre es fácil de definir y de atribuir a las moléculas que lo causan. Es el caso que se da en las EDAR (Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales) y en sus zonas de influencia. García, A. R. (2016). Contaminación atmosférica por olores: unas técnicas de medida avanzadas y una legislación específica inexistente. [20]

4. ESTRATEGIAS DE ANÁLISIS DE OLORES

El olor se define como la propiedad organoléptica perceptible por el órgano olfativo cuando se aspiran determinadas sustancias volátiles. Estas sustancias son las que denominamos moléculas odoríferas.

Entendemos por moléculas odoríferas todas aquellas moléculas que son susceptibles de producir un olor fácilmente perceptible por el olfato humano en el medio, olor que puede ser agradable como los diversos perfumes, naturales o sintéticos, o bien desagradable como los olores emitidos por las materias putrefactas. Cada molécula odorífera presenta un olor característico.

Distinguimos entre olores simples y olores compuestos. Olores simples son aquellos que corresponden a una sola especie molecular. Olores compuestos son los que se perciben como consecuencia de la mezcla de más de un olor simple.

Las moléculas odoríferas se caracterizan por su alta volatilidad, por estar formadas por grupos reductores y por poseer una elevada polarizabilidad. Se dividen en tres grupos: grupo del azufre, grupo del nitrógeno y grupo del oxígeno. Se desprenden especialmente en determinadas explotaciones industriales, agropecuarias, plantas de tratamiento de residuos y estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR). La Tabla 1 [5] muestra las características de los principales compuestos responsables de olores en estas estaciones. Las moléculas odoríferas se caracterizan por ser reductoras. Se forman en las zonas de las redes de saneamiento pobres en oxígeno. La falta de oxígeno viene propiciada por diseños de la red de saneamiento con codos y conducción en carga. Cuando el potencial redox es de -150 mV comienza a producirse el H₂S.

Tabla 1. Características de los principales compuestos responsables de olores en estaciones de depuración.

Clase de compuesto	Compuesto	Peso molecular(g/mol)	Fórmula química	Características del olor	Umbral olfativo (mg/Nm3 aire)
Sulfurados	Sulfuro de hidrógeno	34,1	H ₂ S	huevos col, ajo, col, legumbres podridas	0,0001 a 0,03
	Metil mercaptano	48,1	CH ₃ SH		0,0005 a 0,08
	Etil mercaptano	62,1	(CH ₃) ₂ S		0,0001 a 0,03
	Dimetil sulfuro	62,13	(CH ₃) ₂ S ₂		0,0025 a 0,65
	Dietil sulfuro	90,2			0,0045 a 0,31
	Dimetildisulfuro	94,2			0,003 a 0,014
	Aminados	Amoníaco	17		NH ₃
Metil amina		31,05	CH ₃ NH ₂	0,021	
Etil amina		45,08	(CH ₃) ₂ NH	0,05 a 0,83	
Indol		117,5	C ₈ H ₆ NH	0,047 a 0,16	
Escatol		131,5	C ₉ H ₈ NH	0,0006	
Cadaverina		102,18	NH ₂ (CH ₂) ₅ NH ₂	0,0008 a 0,10	
Ácidos	Acético	60,05	CH ₃ COOH	vinagre, mantequilla, rancia, sudor, transpiración	0,025 a 6,5
	Butírico	88,1	C ₃ H ₇ COOH		0,0004 a 3
	Valeriánico	102,13	C ₄ H ₉ COOH		0,0008 a 1,3
Aldehídos y cetonas	Formaldehído	30,03	HCHO	acre, sofocante, fruta, manzana, rancia, fruta, manzana, fruta dulce	0,033 a 12
	Acetaldehído	44,05	CH ₃ CHO		0,04 a 1,8
	Butiraldehído	72,1	C ₃ H ₇ CHO		0,013 a 15
	Ald. isovaleriánico	86,13	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CHO		0,072
	Acetona	55,08	CH ₃ COCH ₃		1,1 a 240

Causas de formación de malos olores

Los malos olores se producen en condiciones anaerobias. Un paradigma de mal olor lo constituye el (H_2S) g, tanto por su característico y fétido olor a huevos podridos como por su bajo nivel de percepción de 1×10^{-4} mg m⁻³ (concentración a la que se percibe su presencia sin que se llegue a identificar), y nivel de identificación (concentración a la que, claramente, se puede decir que se percibe precisamente el sulfuro de hidrógeno) que es de 1×10 mg m⁻³.

Los sulfuros se forman en la red de saneamiento por la conjunción de diversos factores químicos, biológicos y físicos que a menudo se complementan y crean efectos sinérgicos.

Entre los factores de tipo químico que originan la formación de sulfuros cabe citar, por un lado, los aminoácidos con átomos de azufre procedentes de la degradación de las proteínas que se hallan presentes en los detritus; y por otro lado los detergentes sulfonados y, en determinadas condiciones, a veces, los sulfatos.

El pH es un factor importante en la generación de sulfuros determinando la especie química que se forma.

El trazado de la red de saneamiento (conducción de las aguas residuales urbanas desde su vertido hasta la estación de tratamiento) tiene una primordial influencia en la formación del sulfuro de hidrógeno, pues propician su formación los trazados que producen tiempos de retención superiores a las 2 horas, así como las conducciones en carga.

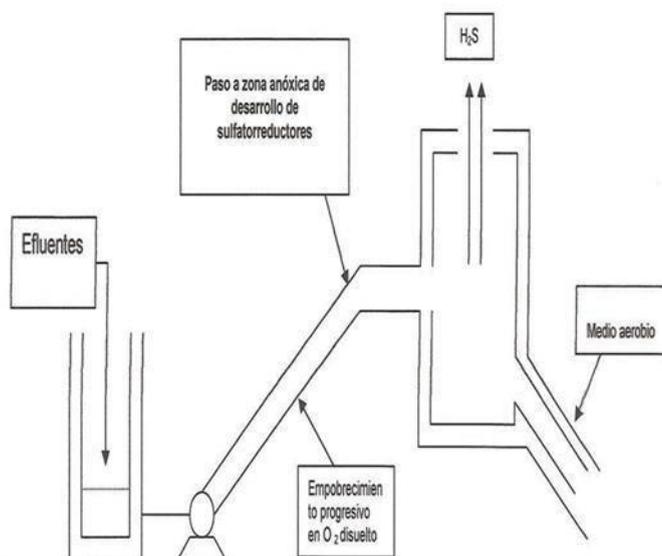


Figura 6. Ciclo del azufre en saneamiento.

En estas condiciones se alcanzan potenciales redox inferiores a -150 mV, a partir de los cuales es netamente perceptible el desprendimiento de sulfuro de hidrógeno, y no sólo por su olor sino

por los deterioros que, en determinadas circunstancias, es capaz de provocar en las conducciones del alcantarillado: en efecto, la evaporación del medio acuoso se condensa en la corona de la conducción y, allí, con el concurso de las bacterias sulforreductoras *Desulfobrio* y *Desulfomaculum* se produce la reducción de los sulfatos en un intervalo de potenciales normales redox comprendido entre -200 y -300 mV. Incluso, a partir de un potencial redox de -50 mV, puede ya apreciarse el desprendimiento de malos olores asociados a la presencia de (H₂S) g y sulfuros orgánicos. La Figura 2 describe el ciclo del azufre en los sistemas de saneamiento. Se llega a las formas reducidas de este elemento a partir de sus formas oxidadas (el propio azufre elemental, sulfitos y sulfatos) presentes en otros compuestos sulfurados.

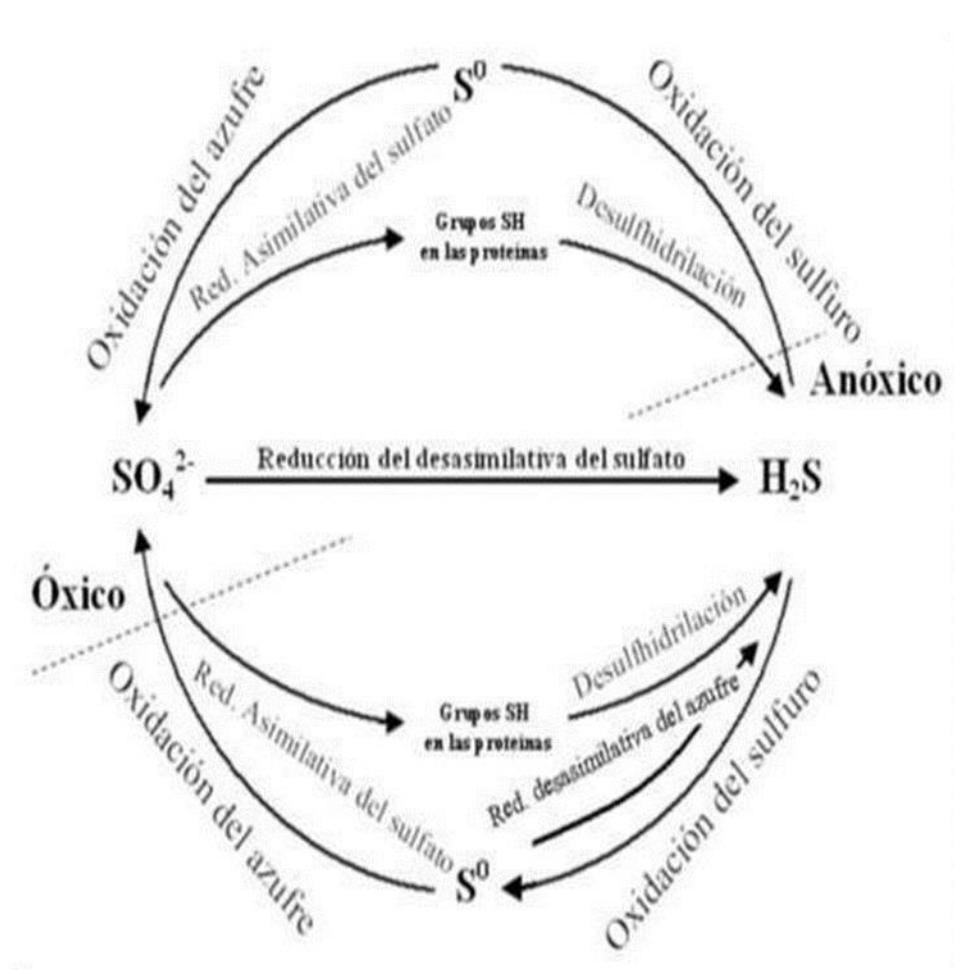


Figura 7. Ciclo del azufre en saneamiento

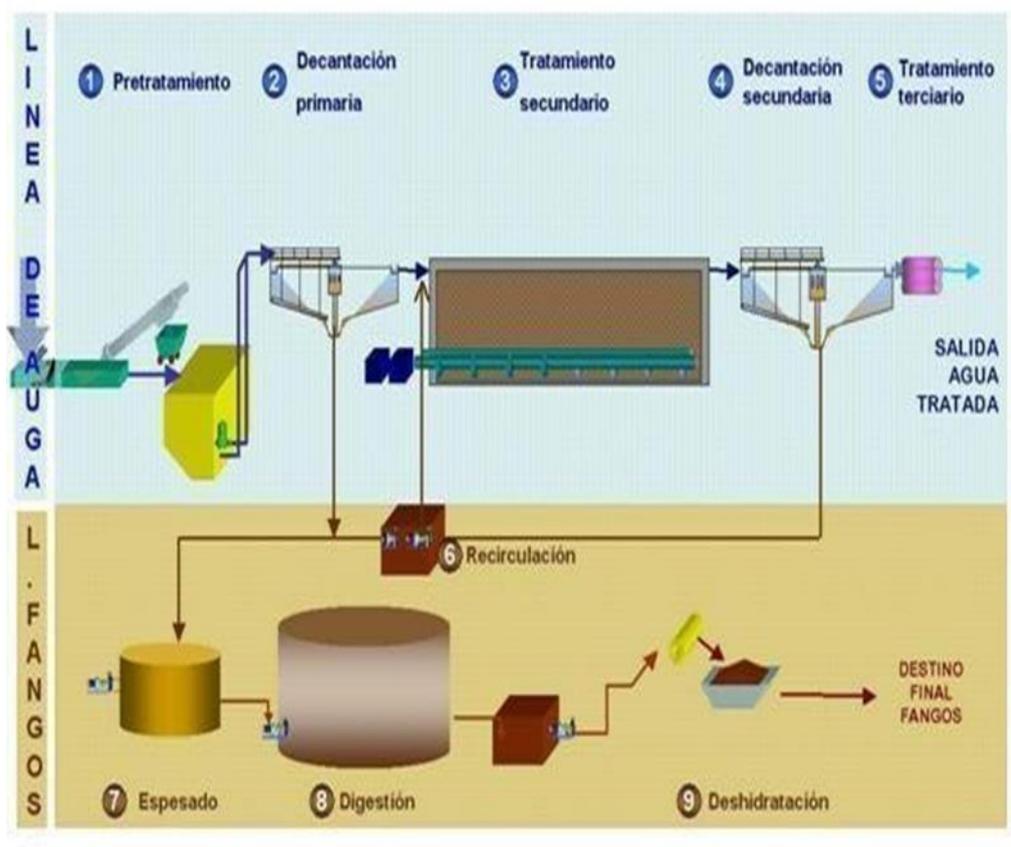


Figura 8. Esquema de una estación depuradora de aguas residuales.

Estrategias de análisis de olores

El establecimiento de una normativa con vistas a una legislación para la prevención y tratamiento de olores pasa por la utilización de una metodología enfocada adecuadamente al análisis de olores.

Para ello se dispone en la actualidad de técnicas sensoriales y de técnicas fisicoquímicas.

Técnicas sensoriales de determinación de olores

Las técnicas sensoriales se utilizan ampliamente en la cata de alimentos como vinos, quesos, aceites e incluso aguas minerales. Están normalizadas. Un caso particular de técnica sensorial lo constituye la olfatometría dinámica.

Esta técnica, que está considerada como un método objetivo [8], se basa en la intervención de un panel humano de expertos, evaluadores de olores en la percepción de olores u olfatometrías, mediante la utilización del olfatómetro, aparato en el cual una muestra de gas oloroso se diluye con gas neutro en una proporción definida y se presenta a los evaluadores hasta que se alcanza el umbral de identificación, o concentración de olor a la cual el 50% de los evaluadores

reconocen el olor en las condiciones del ensayo. Cabe distinguir entre olfatometría dinámica de emisión y olfatometría en inmisión.

La olfatometría dinámica de emisión, que está regulada por la norma **UNE-ES 13725:2004**, tiene por objeto estimar la cantidad de olor. Introduce, para ello, ciertos conceptos fundamentales, como:

Umbral de detección para un material de referencia: es la concentración de sustancia odorífera que tiene una probabilidad del 50% de ser detectada en las condiciones del ensayo.

Masa de olor de referencia europea, MORE: es el valor de referencia aceptado para la unidad de referencia europea, igual a una masa definida de un material de -butanol (CAS-Nr 71-36-3), que evaporado en 1 m³ de gas neutro produce una concentración de 0,040.

- La utilización de una sustancia patrón de referencia permite asegurar la trazabilidad de esta metodología.

Unidad de olor: Es la cantidad de una mezcla de sustancias olorosas presentes en 1m³ de gas oloroso en condiciones normales en el umbral del panel.

Concentración de olor: Es el número de unidades de olor europeas por metro cúbico de gas en condiciones normales.

Caudal de olor: Es la cantidad de unidades de olor europeas que pasa a través de una superficie dada por unidad de tiempo. Es el producto de la concentración de olor, c_{od} , la velocidad de salida v y el área de emisión A o el producto de la concentración de olor por el caudal volumétrico, QV , pertinente. Su unidad es $ouEh-1$ o $ouEmin-1$ o $ouEs-1$.

La olfatometría dinámica de emisión se lleva a cabo a partir de muestras de aire contaminado que se toman en las fuentes de emisión, las cuales se localizan partiendo de las quejas de la población, y llevan establecer que una determinada explotación es generadora de malos olores. Las muestras de aire contaminado se transportan al laboratorio olfatométrico que debe reunir determinadas condiciones especificadas en la norma UNE-ES 13725: 2004 y con los datos que ellas proporcionan se establece un modelo de dispersión que permite estimar los niveles de inmisión que las fuentes de emisión producirán en una zona situada a una determinada distancia de éstas.

Los niveles de inmisión se pueden estimar asimismo por la medida de frecuencias de olor mediante la aplicación de la norma alemana VDI 3940.

Tanto si se opera con los modelos de dispersión como con la citada norma los márgenes de incertidumbre son demasiado elevados (algunos suministradores de los citados modelos la han estimado hasta en un 40%). Por esta razón se ha venido experimentando en los últimos años la olfatometría de campo. Esta metodología consiste en la utilización de aparatos denominados olfatómetros de campo que son manejados por expertos, seleccionados con arreglo a las especificaciones de la norma UNE 13725 que, por tal motivo, están facultados para evaluar los olores que se perciben en las zonas requeridas en tiempo real. La utilización de esta metodología, que surgió en Estados Unidos, se viene aplicando en España desde 2004.

Dentro de este contexto es conveniente, cuando ello sea posible, comparar los resultados obtenidos en inmisión mediante las tres metodologías citadas: extrapolación de los valores obtenidos experimentalmente en emisión utilizando modelos matemáticos de dispersión; la utilización de la norma VDI; el resultado de las medidas directas mediante olfatómetros de campo.

Técnicas fisicoquímicas de análisis de moléculas

Las técnicas fisicoquímicas se fundamentan en la Química Analítica y a su vez se pueden subdividir en técnicas clásicas y en técnicas instrumentales.

Las técnicas clásicas se aplican mediante la captación de las moléculas odoríferas con el dispositivo que se muestra en la Figura 1 y ulterior aplicación de análisis gravimétrico y volumétrico.

Las técnicas instrumentales están representadas fundamentalmente por la Cromatografía de gases que constituye la herramienta más fina para el análisis químico de las moléculas odoríferas. Mediante esta técnica se vienen identificando desde hace ya cerca de tres décadas el sulfuro de hidrógeno los mercaptanos, sulfuros orgánicos y las aminas.

En la actualidad se ha perfeccionado el empleo de esta técnica con el acoplamiento de detectores de masas.

Sin embargo, había quedado un tanto descuidado el análisis de COV hasta 2011, en que en el Ecoparc de Barcelona y 2012, en el de Moncada y Reixach (Barcelona) (Sánchez, G) [21], se han llevado a cabo los análisis de estos compuestos teniendo en cuenta que, algunos de ellos, unen propiedades altamente nocivas para la salud a su carácter de contaminantes odoríferos. La metodología instrumental usada para el análisis cualitativo y cuantitativo de los COV fue la desorción térmica acoplada a cromatografía de gases y detección por espectrometría de masas (TD- GC-MS) y la captación dinámica con un caudal entre los 80 y 120 ml/min en tubos multilecho rellenos de adsorbentes sólidos, Carbotrap, Carbopack X y Carboxen 569. Los compuestos se identificaron cualitativamente en base a la coincidencia de los espectros de masas y las ratios de los iones calificadores de cada compuesto usando el programa "Xcalibur 1.2 validated software packaged" con la librería de espectros de masas "NISRT05" (NIST/EPA/NIH, Mist MS Search versión 2.0 d, abril 2005) [22]. Los COVs identificados fueron verificados, cuando eso fue posible, usando los tiempos de retención de patrones reales de COVs.

Es preciso hacer notar que lo que se consigue con la cromatografía de gases es la separación y cuantificación de moléculas odoríferas (olores simples) pero no necesariamente la medida del efecto olfativo de una mezcla de tales moléculas con sus sinergias, interferencias e inhibiciones (olores compuestos). Para este fin es necesario recurrir a las técnicas de análisis sensorial, concretamente a la olfatometría dinámica de la que se ha tratado anteriormente.

Sensores detención del sulfuro de hidrógeno

En la última década se ha incorporado a la medida de olores en el medio ambiente el uso de sensores. Se estudian en este artículo los sensores específicos del sulfuro de hidrógeno que se

pueden clasificar en tres grupos: sensores electroquímicos, sensores de película de oro y sensores de nanotubos de carbono.

Sensores electroquímicos: De entre ellos cabe destacar el sensor de Ag/Nafion por su sensibilidad de $240 \text{ kAcm}^{-2} \text{ M}^{-1}$ y su bajo límite de detección de $3,7 \times 10^{-13} \text{ mol}$ que se sitúa a $3,2 \times 10^{-5}$ veces por debajo del umbral olfatométrico. Se han medido estos valores por análisis de inyección de flujo.

Sensores con nanotubos de carbono: Los nanotubos de carbono (CNTc) corresponden a estados alotrópicos del carbono. Se pueden dividir en dos grupos: monocapa y multicapa. Los nanotubos de carbón multicapas, de los que se trata en este artículo, (multiwalled carbón nanotubes, MWCNTs), se han utilizado como sensores específicos para el sulfuro de hidrógeno depositando en forma de fina película sobre superficies de alúmina entre electrodos de oro prefabricados.

Por otra parte, en ellos se ha conseguido imbricar sensores de Pt, Mo, del grupo CO y del grupo CONHC18H37 habiéndose conseguido unas medidas de sensibilidad de concentración de (H_2S) g de 1.500 ppm. Aunque este resultado es relativamente elevado, las amplias posibilidades de combinación entre nuevas estructuras y nuevos grupos suponen un prometedor campo de investigación.

Narices electrónicas

Mediante el acoplamiento (array) de diversos tipos de sensores se han elaborado los dispositivos conocidos como narices electrónicas.

El funcionamiento de las narices electrónicas es similar al que rige al órgano olfativo humano.

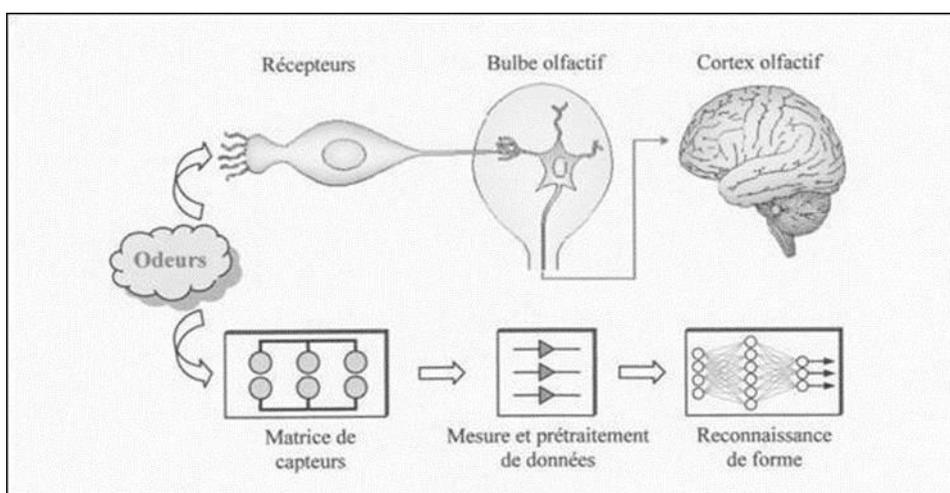


Figura 9. Comparación entre la nariz humana y la nariz electrónica.

En éste los olores son captados por las células olfativas receptoras que transmiten la señal al bulbo olfativo y éste, a su vez, al cortex olfativo donde quedan registradas (identificación del olor).

En las narices electrónicas se sigue un proceso análogo: los olores son captados inicialmente por la batería o matriz de sensores que transmite los datos correspondientes a un dispositivo de medida y pretratamiento de datos desde donde se comunica al dispositivo final de reconocimiento de formas. La Figura 10 muestra otra forma de explicar el principio de funcionamiento de la nariz electrónica en el que aparece una matriz de sensores y un conjunto de gases que constituyen el olor compuesto que se va a determinar. Cada uno de estos gases es reconocido por un determinado sensor de la batería, obteniéndose una firma o huella digital (digital empreint). El conjunto de señales así registradas se denomina clase. La clasificación de grupos de gases y de concentraciones se trata por Análisis de Compuestos Principales (PCA). [23]

4. ESPACIOS INTERIORES Y HABITABILIDAD

Los denominados edificios enfermos tienen entre sus características comunes un sistema de ventilación forzada con recirculación parcial del aire, que transfieren los contaminantes desde el aire de retorno al aire de suministro. Al practicar el ahorro energético son edificios herméticos en los que, por ejemplo, las ventanas no pueden abrirse.

La contaminación odorífera es común en los edificios con una mala ventilación o una gran rotación de personas como hospitales, hoteles, centros educativos, centros deportivos o edificios públicos. Una solución a la misma es la implantación de un sistema de eliminación por medio de enlaces químicos que desactiven las moléculas de los compuestos orgánicos causantes de los malos olores como aminas y los compuestos de azufre.

Las aplicaciones en superficies tanto en exterior como en interior en pavimentos, paredes o cristales con activo fotocatalítico purifican el aire al producirse una reacción de oxidación aportando una capacidad de desinfección continua a los materiales, eliminando microorganismos, gérmenes, hongos, algas, bacterias, virus o polvo y los malos olores.

La aplicación de fotocatalisis en superficies de hormigón o asfalto es una tecnología con un alto grado de eficacia como solución en la reducción de la contaminación atmosférica y odorífera en ciudades y los óxidos de nitrógeno (NOx).

Malos olores en las aulas

En los países industrializados el hombre pasa alrededor del 75% del tiempo en ambientes cerrados, elevándose la cifra al 90% en el caso de niños en edad escolar, de 0 a 6 años. Esto es especialmente relevante en el caso de las Escuelas infantiles, donde uno de cada cuatro niños desarrolla asma o alergia y el absentismo o baja definitiva por enfermedad es muy elevada. En efecto, la alta carga biológica ambiental nos lleva a entornos en los que los alumnos y los

profesionales docentes enferman con más facilidad de todo tipo de enfermedades (no graves en la mayoría de los casos), lo que hace que el nivel de bajas sea considerable. Esto afecta al desarrollo de la actividad escolar, así como a las familias a la hora de conciliar la vida laboral y la personal.

En este sentido, las desinfecciones ambientales deben asegurar una reducción de la tasa microbiana en el aire hasta niveles de seguridad y la constante descontaminación odorífera.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Subils, (S.F). NTP 358: Olores: un factor de calidad y confort en ambientes interiores.
- [2] Cantillo, G. (2016). Disfunción olfatoria pos-trauma encéfalo craneano y su impacto en la calidad de vida.
- [3] Humane Society International. (s.f). Los impactos sobre la salud humana de olores emitidos por instalaciones de cría intensiva de animales de producción.
- [4] AENOR, norma EN-UNE 13725: 2004 /AC.
- [5] Borrador de Anteproyecto de Ley del Departamento de Medio Ambiente de la Generalitat de Cataluña.
- [6] Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- [7] Comunidad Europea, la Directiva 96/62/CE del Consejo, de 27 de septiembre de 1966.
- [8] Legislación española con la Ley 38/1972.
- [9] Ley 7/1994 de Protección Ambiental.
- [10]. Ley del Ruido 37/2003 Consejo de ministros de 19 de octubre de 2007 el Reglamento del Ruido que completa el desarrollo de la Ley del Ruido.
- [11] UNIVERSIDAD DE CANTABRIA: Eva Castillo, Ana L. Esteban, Amaya Lobo – TECNOLOGÍA DEL AGUA Nº 261, junio 2005. Universidad de Cantabria en la EDAR de San Vicente de la Barquera
- [12] Reglamento de Actividades Molestas, Nocivas y Peligrosas (RAMINP) aprobado por el Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre.
- [13] Las Instrucciones complementarias aprobadas por OM de 15/3/1963 al Reglamento de Actividades Molestas, Nocivas y Peligrosas (RAMINP) aprobado por el Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre.
- [14] La Ley 16/2002, de Prevención y Control Integrados de la contaminación en la que aparece el concepto de Autorización Ambiental Integrada (AAI).
- [15] Ley 34/2007, de 15 de noviembre de 2007, de Calidad del Aire y Protección de la atmósfera en España.

[16] Deutsches Institut für Normung: Verein Deutcher Ingenieure DIN VDI 3881, (1986) ; Verein Deutcher Ingenieure DIN 3940 “Olfatometría-Determinaciones en campo” de 1983, revisado en 2003.

[17] AFNOR las normas: NFX 43-101 “Determinación del factor de dilución en el umbral de olor” de 1986; NFX-.43104 sobre “Calidad del aire- Métodos de muestreo de olores ”de 1992.

[18] IPPC H4: Draft “Horizontal Guidance for Odour” elaborado por la “Environmental Agency.

[19] El Comité Europeo de Normalización (CEN), establece la norma DIN EN 13725 “Calidad del Aire – Determinación de la concentración de olor por Olfatometría dinámica”, abril 2003.

[20] García, A. R. (2016). Contaminación atmosférica por olores: unas técnicas de medida avanzadas y una legislación específica inexistente.

[21] 2011, en que en el Ecoparc de Barcelona y 2012, en el de Moncada y Reixach (Barcelona) (Sánchez, G).

[22] Programa “Xcalibur 1.2 validated software packaged” con la librería de espectros de masass “NISRT05” (NIST/EPA/NIH, Mist MS Search versión 2.0 d, abril 2005).

[23] García, A. I. (2012). Contaminación odorífera. Estrategias de análisis de olores. Conama 2012.