



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“MONITOREO DE LA CALIDAD ODORÍFERA”

Trabajo de Investigación para optar el grado académico de:
Bachiller en Ingeniería Ambiental

Presentado por:

Valeria Isabel Cueva Trelles (0000-0003-1631-5827)

Asesor:

Lourdes Documet Forger (0000-0001-8688-6137)

Lima – Perú

2020



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N° 302-2020-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES / CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima 31 de diciembre de 2020

VISTO:

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **MONITOREO DE LA CALIDAD ODORÍFERA**, presentado por:

- **Valeria Isabel Cueva Trelles**

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller de **Ingeniería Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el trabajo de investigación titulado: **MONITOREO DE LA CALIDAD ODORÍFERA** con N° de registro de la carrera: **0111-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Lourdes Documet Forger** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese,

Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico de Carrera
Ingeniería Ambiental

MONITOREO DE LA CALIDAD ODORÍFERA

Autores: Valeria Isabel Cueva Trelles^{1*}; Lourdes Documet Forger¹

Afiliación: ¹Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur. Lima- Perú

* Correo de correspondencia: valeriacuevat@gmail.com

RESUMEN

La contaminación odorífera consiste en la percepción de olores que generan sensación de desagrado, los cuales se asocian a la memoria olfativa de la persona. Actualmente esto representa un problema significativo en las zonas urbanas puesto que, en muchos países es un tema que aún carece de legislación, normativa y metodología de monitoreo. El presente trabajo de investigación tiene por finalidad realizar una revisión teórica de las diferentes metodologías de cuantificación de la percepción del olor, ventajas y desventajas, la influencia de las variables meteorológicas y la técnica de monitoreo odorífero adecuada para los diferentes tipos de olores en emisión o inmisión. Mediante la cual se concluye que, para olores de tipo urbano en inmisión, los monitoreos se deben realizar por la metodología de olfatometría de campo, por el fácil transporte del equipo, rapidez de los resultados y bajo costo de muestreo, que permite obtener valores capaces de justificar las quejas y reclamos ante la autoridad edil. En el caso de olores industriales en emisión, la metodología ideal es la olfatometría dinámica por su mayor precisión de los resultados; permitiendo a las autoridades actuar sobre los impactos que generan en la población aledaña. Para ambos casos se recomienda la inclusión de un perfil Meteo-FIDO para abarcar también la percepción de los receptores y las condiciones climatológicas del medio.

Palabras clave: contaminación odorífera, monitoreo de olores, calidad odorífera, olfatometría de campo, olfatometría dinámica, olfatometría estática, perfil meteo-fido.

ABSTRACT

Odoriferous contamination consists in the perception of odors that generate a feeling of displeasure, which is associated with the olfactory memory of the person. Currently this represents a significant problem in urban areas since, in many countries it is an issue that still lacks legislation, regulations and monitoring methodology. The purpose of this research work is to carry out a theoretical review of the different methodologies for quantifying odor perception, advantages and disadvantages, the influence of meteorological variables and the appropriate odor monitoring technique for the different types of odors emitted or immission. By means of which it is concluded that, for urban odors in immission, the monitoring must be carried out by the field olfactometry methodology, by the easy transport of the equipment, speed of the results and low sampling cost, which allows to obtain capable values of justifying the complaints and claims before the edile authority. In the case of industrial odors in emission, the ideal methodology is dynamic olfactometry due to its greater precision of the results; allowing the authorities to act on the impacts they generate in the surrounding population. For both cases it is recommended to include a Meteo-FIDO profile to also cover the perception of the receptors and the weather conditions of the environment.

Keywords: odor pollution, odor monitoring, odor quality, field olfactometry, dynamic olfactometry, static olfactometry, meteo-fido profile.

REVISIÓN TEÓRICA

1. Calidad odorífera

La normativa española, UNE-EN 13725 (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2006), define el olor como la propiedad organoléptica de identificar mediante el órgano del olfato sustancias suspendidas al momento de inspirar, entonces las partículas odoríferas son propensas a producir un olor que es fáciles de percibir en el olfato, el cual se clasifica como agradable o desagradable según la memoria olfativa (Pan, Yang, & DeBruyn, 2007).

La percepción de olor parte de la emisión de una sustancia o mezcla de sustancias determinadas que son trasladadas y diluidas a través del aire como resultando de la inmisión; acto seguido, son inhaladas mediante la respiración y detectadas por el sistema olfativo, a través del cual se genera una respuesta gracias al órgano del cerebro, a lo que conocemos como sensación de olor (P. Giungato et al., 2018).

Se puede hablar de una contaminación odorífera cuando estos olores generan un desagrado en la población, lo que nos deja en mayor duda porque no todas las personas perciben un olor de la misma manera, es bastante subjetivo. Lo que se entiende por mal olor es bastante impreciso y depende de la memoria olfativa, que es el recuerdo al cual asociamos un olor (Murguía, 2007). La contaminación odorífera y la exposición de las personas a los mismos se considera dentro de la rama de la contaminación atmosférica, la cual puede tener origen en fuentes industriales o propias de la actividad humana (Nordin & Lidén, 2006). Las de fuentes industriales pueden ser perjudiciales para la salud, mientras que las de fuente domestico son volátiles y de fácil dispersión (Pettarin, Campolo, & Soldati, 2015).

Entonces, la contaminación odorífera o la suspensión de partículas odoríferas tiene una relación directa con la afectación de la calidad del aire y por consiguiente en la salud poblacional (Cheng et al., 2019); sin embargo, dependiendo la fuente este va a variar.

1.1. Proceso de percepción del olor

El proceso de percepción del olor se inicia cuando se realiza la emisión de las partículas odorífera, la dispersión de las mismas va a depender mucho de las condiciones meteorológicas del medio en el que se realiza la emisión, la percepción es lo que se conoce como el olor en inmisión, que la concentración de las partículas descritas anteriormente en el medio del receptor, a continuación puede generar molestia o no y esto depende mucho de la percepción subjetiva del receptor, y si el olor se clasifica como desagradable va terminar la formulación de una queja (Úbeda, 2011). Como se muestra en la Figura 1 que se muestra a continuación:



Figura 1. Proceso de percepción de olor

Fuente: Úbeda, Y. (2011)

1.2. Meteorología

La contaminación odorífera no es más que la suspensión de partículas odoríferas en el ambiente por lo que se va a ver afectada por parámetros meteorológicos que influyen en la dispersión y transporte de dichas partículas, modificando la trayectoria del impacto sobre el receptor (Andrades & Muñoz, 2012).

Los parámetros meteorológicos que inciden directamente el comportamiento de la dispersión del olor son la estabilidad atmosférica, temperatura, dirección y velocidad del viento y humedad (Tansel & Inanloo, 2019). Aunque la principal variable va a ser la estabilidad atmosférica pues modela la dispersión de los contaminantes, cuánto más estable es la atmósfera, se genera mayor dispersión de las partículas, lo que sucede normalmente en las noches (Santa, 2000).

Para determinar la estabilidad atmosférica hacen falta 3 factores: la velocidad del viento, la nubosidad y la radiación solar; y mediante el método de Pasquill estos tres parámetros definen 6 categorías de clasificación (Santa, 2000), que se muestran en la Tabla 1, y cada una de ellas nos determinará un modelamiento diferente de la pluma de dispersión de los contaminantes.

Tabla 1. Escala Pasquill

| Categorías de estabilidad atmosférica | Condición |
|---------------------------------------|--------------------------|
| A | Extremadamente Inestable |
| B | Moderadamente inestable |
| C | Ligeramente inestable |
| D | Neutral |
| E | Ligeramente estable |
| F | Moderadamente estable |

Fuente: Andrades & Muñoz (2012)

1.3. Impactos

La Organización Mundial de la Salud define un malestar en la salud como experiencia o cuadro que provoque malestar a nivel, tanto físico como psicológico, entonces partiendo de esta definición podemos decir que la contaminación odorífera provoca molestias en la salud de las personas aledañas al desarrollo de las actividades generadoras de olores molestos (Chemel, Riesenmey, Batton-Hubert, & Vaillant, 2012). Entre los síntomas que padecen los ciudadanos afectados se encuentra el insomnio, irritación mucosa, dolores de cabeza, náuseas, vómitos y sobre todo la predisposición a entrar en cuadros de estrés (Deshmukh, Bandyopadhyay, Bhattacharyya, Pandey, & Jana, 2015). En caso específicos puede ocasionar reacciones neurotóxicas que provocan pérdidas de memoria, comportamiento evasivo y hasta dificultades para lograr concentrarse (Rojas, 2018) Cuando estas situaciones avanzan a otros sistemas biológicos o sensoriales puede ocasionar hipersensibilidad o cambios en las secuencias de respiración (Muñoz et al., 2010).

Todos estos efectos se dan debido a la captación de las sustancias odoríferas suspendidas en el aire o ambiente y son captadas por las vías nasales o hasta bucales, que a su vez son trasladadas a la mucosa olfatoria, en donde son recepcionadas y posteriormente traducidas como señales eléctricas en el cerebro (Lucernoni, Tapparo, Capelli, & Sironi, 2016). A nivel biológico sucede una contracción de los bronquios y laringe debido a que cuando el tracto respiratorio detecta las partículas odoríferas reduce el volumen inhalado de aire reduciendo así el flujo sanguíneo en los pulmones y aumentando la presión arterial liberando así las hormonas de estrés (Badach et al., 2018).

Comúnmente los malos olores son señales de una mala calidad de aire que como respuesta produce en las personas problemas de salud, ya que las partículas odoríferas actúan, como se explicó anteriormente, afectando el sistema nervioso periférico o central, haciendo hincapié con la sector emocional de nuestro cerebro que almacena los recuerdos; por esta razón un olor agradable es capaz de producir una sensación de confort, todo lo opuesto a un olor ofensivo o molesto que ocasiona dolores de cabeza, ronqueras, náuseas y claramente una afectación radical en el estado anímico de la persona (Cheng et al., 2019).

Todas estas molestias mencionadas tienen un efecto negativo tanto físico como mental; que, aunque se ha demostrado que los olores desagradables no ocasionan la muerte, sí generan daños significativos, que puede ser la pérdida progresiva del sentido del olfato (Cheng et al., 2019), restringiendo a la población a una vida sin olores, sin recuerdos olfativos y en algunos casos, sin sabores debido a que el sentido del gusto y el olfato son complementarios.

2. Situación actual

En los últimos años, la normativa y regulación ambiental ha ido mejorando notablemente en conjunto con una sociedad más involucrada y concientizada que exige mejores gestiones públicas y privadas con la intención de mejorar la calidad de vida y asegurar el bienestar de la población. Todo esto se ve reflejado en el registro de quejas y reclamos que reciben las instituciones públicas a cerca de los aspectos ambientales que hace poco tiempo no eran siquiera considerados como es el caso del ruido, olor y hasta contaminación lumínica.

De esta forma, la regulación ambiental ha ido en aumento, en paralelo con una sociedad más participativa y concientizada, que exige la intervención de las administraciones públicas para mejorar aspectos del ámbito de la calidad ambiental. En este caso en específico se hará una revisión sobre la evolución de la gestión con respecto a la contaminación odorífera (Basto, 2015). A nivel internacional; tenemos el continente de Europa, que actualmente tiene una normativa y legislación bastante avanzada con respecto a los demás continentes, como es el caso de países como Francia, España, Holanda, Alemania e Inglaterra (Schulz & Van Harreveld, 1996). En Asia tenemos algunos casos de atención a este sector, como es el de países como Japón y China (Hu, Liu, Zhang, Xue, & Wang, 2019), quienes registran legislación por sectores de la contaminación odorífera ya hace varios años. Entonces se entiende que los países más poblados, son a su vez los más adelantados en el tema y esto se puede deber a la mala organización del territorio puesto que la sobrepoblación acerca a las áreas urbanas o residenciales a las áreas industriales por una mala gestión del territorio, generando que los vecinos del sector residencial presenten sus quejas y reclamos ante la institución administrativa pública o encargada.

En el caso de España, el Departamento de Medio ambiente y Vivienda de la comunidad autónoma de Cataluña preparó en el 2005 una propuesta de ley en contra de la contaminación odorífera y desde entonces se ha venido trabajando en el mejoramiento y constitución del formato, incorporando las metodologías nuevas empleadas por otros países para la evaluación de olores (Schulz & Van Harreveld, 1996). En España se realizan monitoreos periódicos para el modelamiento del olor de lugares estratégicos con la finalidad de poder establecer bases para la normativa nacional, esta supondría la primera ley que establezca límites de olores y estándares de contaminación odorífera en España. Actualmente, se rigen por la norma UNE-EN 13725: 2004 "Calidad del aire. Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica" (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2006), que aplica para toda la Unión Europea.

En Francia, en 1986 se aprobó la norma AFNOR X43-101 "Métodos para determinar el olor de un efluente gaseoso" que permanece en vigencia hasta la fecha, a esta se suma la norma AFNOR X43-104 "Métodos de muestreo en atmósferas odoríferas". En Bélgica, se han fijado las

distancias entre la fuente de emisión de olores y el centro poblado más cercano que se va a ver afectado. En Inglaterra, se rigen por la norma IPPCH4 “Prevención y control integrados de la contaminación, orientación horizontal para el olor, la evaluación y el control” donde se establece los límites mínimos de emisión de olores, para un percentil de 98 se toma un mínimo de 5 U/T. En Alemania, mediante la Norma VDI-3940 “Instrucción técnica para el control de la calidad atmosférica” se establecen las emisiones límites de las sustancias que generan partículas odoríferas. Holanda se basó de la norma alemana para plantear la “Guía holandesa para las emisiones atmosféricas”; que no tiene valor legal obligatorio, pero dentro de las políticas nacionales de armonización busca establecer una base de emisiones odoríferas junto con el desarrollo de metodologías de monitoreo.

En Japón, en 1971 se promulgó una Ley de Control de los Olores Ofensivos, que tuvo una modificatoria en 1995, la cual incluye parámetros rigurosos para el monitoreo y seguimiento de los olores ofensivos, incluso los monitoristas requieren evaluaciones periódicas certificadas (Hu et al., 2019).

En cuanto a América, en Canadá se promulgó la Ley de Calidad de Aire en la cual se tiene estipulado el nivel máximo de emisión de 120 unidades de olor de carácter obligatorio, el cual aplica a multas ambientales en caso de incumplimiento. Estados Unidos es un caso diferente, pues su sistema de control de olores funciona con respecto a quejas; es decir, si no se tienen registradas quejas o reclamos presentadas ante la autoridad edil no existe contaminación odorífera, por lo que no se realizan monitoreos preventivos; la susceptibilidad política y la influencia de sector industrial no permite diseñar y gestionar el sistema de control de olores (Organización Panamericana de la Salud, 2012).

Es sorprendente reconocer que países de América Latina se encuentran más adelantados en la gestión de control de olores ofensivos que Estados Unidos. En Colombia, mediante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible se promulgó la Resolución 1541 “Procedimiento para la evaluación de actividades que generan olores ofensivos” (Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2014), la cual establece los límites máximos permisibles en inmisión para la calidad odorífera; la ley tiene como objeto establecer las reglas para la admisión de quejas y reclamos, establecer los niveles permisibles y la metodología de monitoreo y técnicas analíticas para la evaluación de las emisiones de olores molestos, de la misma forma regula los Planes de Reducción del Impacto por Olores (PRIO) y Planes de Contingencia; la ley cuenta con un protocolo, el cual establece las consideraciones de valoración de los impactos por olores ofensivos. Chile se suma a esta política preventiva, en el 2014 promulgó la estrategia nacional para la gestión de olores, reafirmada el año 2017 y este año está trabajando para promulgar una ley que regule el sector (Ministerio del Medio Ambiente, 2019).

La situación peruana en la gestión de la calidad odorífera es muy diferente a la de sus países vecinos, el Perú no cuenta con herramienta jurídica que regule o limite las emisiones odoríferas, ni metodología normalizada para monitorear olores ofensivos; sin embargo, existe una consultora ambiental, SGS, con laboratorio certificado para medir concentraciones de olores ofensivos con olfatometría dinámica y con mediciones químicas. Con respecto a la atención de quejas y reclamos de olores desagradables, la Municipalidad Distrital de Miraflores ha adaptado la metodología FIDO, para a través de encuestas atender a los ciudadanos afectados (Municipalidad Distrital de Miraflores, 2016).

3. Clasificación de olores

A grandes rasgos podemos dividir a los olores según las sensaciones que causan en el ente receptor; pueden ser agradables, aquellos que generan sensación de confort o bienestar, como perfume o comida fresca y los olores desagradables, aquellos que causan malestar que puede ser alimentos podridos o aguas residuales (Muñoz et al., 2010).

Según la composición del olor puede clasificarse como simples o primario y compuesto y según la fuente de emisión del olor puede clasificarse como olor industrial, agropecuario o urbanos (Badach et al., 2018).

Un olor simple o primario proviene un único compuesto capaz de emitir olor, el cual es captado por el sentido del olfato de manera aislada, en cambio el olor compuesto se forma a partir de la combinación de olores primarios que se detecta como un olor diferente, en muchas oportunidades este tipo de olor tiende a generar mayores molestias en la salud humana (Úbeda, 2011).

Otra forma de clasificarlo es por el origen de las partículas odoríferas que provienen de diferentes sectores; estos pueden ser los olores industriales, que normalmente contienen compuestos químicos volátiles de elevada polarizabilidad como los compuestos de azufre volátiles (VSC), en especial el sulfuro de dimetilo (DMS) el metanotiol (MT), y el disulfuro de dimetilo (DMDS) (Benzo et al., 2007). Los olores agropecuarios son producto del sector ganadero que emite sustancias volátiles provenientes del estiércol y alimento en descomposición dependiendo del crecimiento microbiano que a su vez depende de las condiciones meteorológicas del medio, estos compuestos pueden ser el azufre o metano (Pan et al., 2007). Por último, tenemos los olores urbanos, los menos ofensivos pero que generan mayor número de quejas, nos referimos a los olores provenientes de restaurantes, cambio de trampas de grasa de locales comerciales, olor a tabaco, entre otros (Badach et al., 2018).

4. Métodos de monitoreo

La medición de la contaminación odorífera actualmente es un tema aún debatible por los expertos ya que el umbral del olor varía en cada persona y depende también de la sustancia odorífera suspendida, a esto se le suma la sensibilidad del órgano olfativo capaz de detectar el olor aun cuando la sustancia no se encuentra en altas concentraciones en el ambiente. Partiendo de que nuestros órganos no son metodologías confiables puesto que tiende mucho a la subjetividad, se han desarrollado tecnologías que intentan imitar el funcionamiento de nuestro organismo para poder cuantificar algo cualitativo como es la sensación del olor, acercándonos a la exactitud y precisión de factores de concentración y percepción del olor (Ospina Giraldo, Ramírez Casas, & Toro G., 2012).

La metodología de monitoreo de la calidad odorífera va a depender de donde se realizan las mediciones; puede detectar el olor en emisión, se toma la muestra de manera directa en la fuente generadora de las partículas de olor o se puede muestrear el olor en inmisión, aquel que a través del aire se ha dispersado hacia el receptor (Úbeda, 2011). Para estos dos casos se va a emplear una metodología diferente, que puede ser la olfatometría de campo o dinámica, se explica en la Figura 2 que se muestra a continuación.

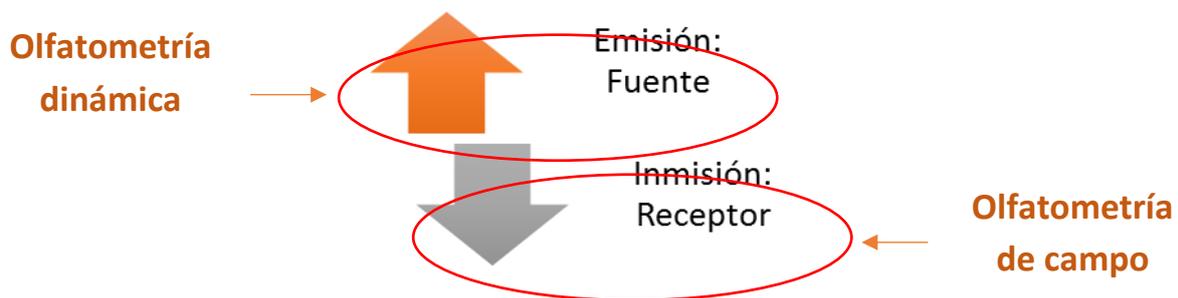


Figura 2. Metodología de monitoreo de olores

Fuente: Úbeda, Y. (2011)

Estas metodologías pueden ser medidas a través de equipos que utilizan técnicas de tipo sensoriales y de tipo fisicoquímico.

4.1. Olfatometría dinámica

La olfatometría es una metodología analítica, que a través un olfatómetro (Figura 3) y un equipo de panelistas certificados (Figura 4), diluye dinámicamente la concentración del aire con un gas conocido o blanco no oloroso en un 50% de proporción con la muestra recogida permitiendo cuantificar el olor a través de caudales (UO) sobre el volumen del aire por lo que la unidad resultante es OU/m³ (Hove, Demeyer, Van der Heyden, Van Weyenberg, & Van Langenhove,

2017). A partir de estos datos se puede realizar modelamientos de la pluma de dispersión del olor (Goektas, Fleiner, Sedlmaier, & Bauknecht, 2009).



Figura 3. Olfatómetro dinámico

Fuente: Hove, D. (2017)



Figura 4. Panelista certificado

Fuente: Hove, D. (2017)

Esta metodología es directa de la fuente y se basa en la capacidad de percepción de la nariz humana a cargo de monitoristas seleccionados a través de pruebas rigurosas donde son seleccionados los olfatos con una sensibilidad determinada, que durante las pruebas inhalan el olor concentrado por periodos cortos de 2 segundos para estimar la concentración del olor y la equipo a través de modelamientos determina el resultado final (Gutierrez et al., 2015), es importante resaltar que dicho panelista no puede cumplir jornadas mayores a 1 hora diaria debido a que la pituitaria amarilla funciona en los receptores de las fosas nasales haciendo que el cuerpo se acostumbre al olor, provocando que cada vez sea más difícil poderlo detectar (Hove et al., 2017).

Las ventajas de la técnica de evaluación son las siguientes:

- Es la única metodología normalizada hasta la actualidad a través de la norma UNE-EN 13725: 2004 “Calidad del aire. Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica”.
- Debido a que la nariz humana es el principal instrumento de medición se puede evaluar la percepción del olor y la concentración del mismo, puesto que en distintas ocasiones se ha comprobado que no mantienen relación directa dichos factores.
- La metodología es aún más sensible que la olfatometría de campo.
- Esta técnica es adecuada para olores en emisión y por lo mismo que se trabaja en el lugar de la fuente permite determinar el origen del olor para futuros tratamientos.

Alguno de los inconvenientes de la metodología son la necesidad de una toma de muestra representativa que en caso de fuentes fugitivas puede representar un problema significativo, el coste del desarrollo de la toma de muestra y que depende de un modelo de dispersión acompañante para determinar el área impactado con la emisión de olores (Úbeda, 2011).

4.2. Olfatometría de campo

La olfatometría de campo es una metodología en desarrollo que se basa en la cuantificación de las molestias de olor a través de un dispositivo portátil llamado Nasal Ranger (Figura 5), pero conocido comúnmente como nariz electrónica. Dicho equipo se encuentra, actualmente, avalado por la Directiva Europea IPPC (Socioingeniería, 2012) y funciona bajo el criterio de dilución hasta el umbral (D/T) (P. Giungato et al., 2018) que es el cociente del volumen de aire filtrado y el aire oloroso mediante una serie de filtros de carbón activado que diluyen el olor ambiental progresivamente (Walgraeve, Van Huffel, Bruneel, & Van Langenhove, 2015).



Figura 5. Olfatómetro de campo

Fuente: Socioingeniería (2012)

Las narices electrónicas cuentan con unos sensores modernos y sofisticados capaces de captar las partículas generadoras de olor y relacionarlas con patrones ya establecidos en un banco de datos, que en cuestión de segundo puede determinar el origen de la sustancia olorosa y la

concentración con a que se encuentra suspendida en el ambiente (Walgraeve et al., 2015). El funcionamiento de las narices electrónicas busca imitar al de los nervios cerebrales que de igual forma a través de estímulos puede dar una respuesta al olor captado y analizado (Motalebi Damuchali & Guo, 2019).

El método es adecuado para detectar olores en inmisión y permite establecer un balance entre lo subjetivo y objetivo de la percepción del olor puesto que es un método estandarizado y los resultados obtenidos son robustos; aunque la ventaja más significativa es la facilidad de manejo y la rapidez de la obtención de resultados, por lo que es un método ideal para atender quejas y reclamos en zonas urbanas (Pasquale Giungato et al., 2016).

La mayor desventaja de la técnica es la falta de precisión de los resultados pues se basa en patrones predeterminados que acortan el rango de clasificación de olor y debido que es necesario ir colocando filtros de carbón constantemente corre el riesgo de fatigarle el sentido del olfato al monitorista sesgando así los resultados.

4.3. Olfatometría estática

Se le conoce como olfatometría estática a la metodología llevada a cabo en campo puede ser para olores en inmisión o emisión pues consiste en tomar una muestra representativa del aire presente y mediante cromatografía de gases o dilución secuenciada en un laboratorio especializado determinar las concentraciones de partículas olorosas contenidas en la muestra (Icontec Internacional, 2013).

Otras metodologías de detección de laboratorio también utilizadas son la detección por ionización de partículas, fotoionización, fotoacústico infrarrojo o espectrofotometría de masas en caso se trate de partículas de mayor volumen (Chung, Yeung, Kim, & Chen, 2007). Todas estas técnicas de detección nos permiten determinar la composición de los gases suspendidos en el aire que generan molestias de olor, sin embargo, se omite el fasto de percepción humana, por lo que tiende a ser una metodología objetiva pero inexacta.

Esta metodología debe ir acompañada de un modelo matemático de dispersión, comúnmente el modelo de dispersión gaussiana, de los contaminantes donde se puede calcular las emisiones de olores y su posible impacto en la población (Goektas et al., 2009).

4.4. Metodologías FIDO y Meteo-FIDO

Otro instrumento de medición puede consistir en basarse únicamente en la percepción humana del olor. La metodología más conocida es el Protocolo FIDO, que es una herramienta propuesta inicialmente por el Departamento de Calidad Ambiental de Texas (Socioingeniería, 2012) y modificada por la consultora internacional Socioingeniería (Muñoz et al., 2010) que, mediante

encuestas realizadas a las personas impactadas por el olor molesto reportado, evalúan los parámetros de frecuencia, intensidad, duración, ofensividad y grado de aceptabilidad del olor molesto.

Una modificatoria que se hizo en el año 2014 durante el Congreso Nacional de Medio Ambiente (Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2014), fue el perfil Meteo-FIDO que busca combinar la metodología descrita anteriormente con el modelamiento de los parámetros meteorológicos y el uso del Nasal Ranger para comprobar la veracidad de las quejas en zonas urbanas.

CONCLUSIONES

En conclusión, la contaminación odorífera se produce cuando las partículas suspendidas en el medio son captadas por el órgano olfativo que pueden ser interpretadas como agradables o desagradables según la memoria olfativa de cada persona; por lo que hablar de contaminación odorífera aún es algo incierto y subjetivo. Todo este escenario dificulta la situación al momento de desarrollar metodologías o validar normativas, ya que los mismos expertos aún se encuentran en discusión.

Actualmente, algunos países que se rigen por un sistema de quejas y reclamos, es decir si no hay quejas en el lugar no hay contaminación, lo que anula los monitoreos preventivos y los controles del sector. En el caso de Perú, no cuenta con herramienta jurídica que regule o limite las emisiones odoríferas, ni metodología normalizada para monitorear olores ofensivos.

Teniendo este escenario y habiendo revisado las metodologías de monitoreo de la calidad odorífera, se llega a la conclusión de que la técnica más viable para atender demanda de quejas y reclamos es la olfatometría de campo debido a su bajo costo y rapidez de obtención de los resultados; sirviendo como el sustento científico necesario para justificar cuantitativamente los estudios, fiscalizaciones, quejas y hasta multas sobre la contaminación odorífera.

En cambio, para el sector industrial que requiere más rigurosidad debido a sus efectos significativos en la salud humana; se recomienda un monitoreo empleando la olfatometría dinámica, porque es más precisa que la olfatometría de campo; permitiendo a las autoridades regular de manera exigente las emisiones de olores de las industrias peruanas.

Es importante considerar en ambos casos un análisis del perfil Meteo-FIDO, para que mediante encuestas y monitoreo de los parámetros meteorológicos tener un panorama completo de los impactos que los olores generan en la población.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrades, M., & Múñez, C. (2012). *Fundamentos de Climatología*. Retrieved from http://www.ghbook.ir/index.php?name=های رسانه و فرهنگ&option=com_dbook&task=readonline&book_id=13650&page=73&chckhashk=ED9C9491B4&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2006). *UNE-EN 13725:2004/AC Determinación de la concentración de olor por olfatometría*. Recuperado de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0047521>
- Badach, J., Kolasińska, P., Paciorek, M., Wojnowski, W., Dymerski, T., Gębicki, J., ... Namieśnik, J. (2018). A case study of odour nuisance evaluation in the context of integrated urban planning. *Journal of Environmental Management*, 213, 417–424. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.02.086>
- Basto, E. (2015). *Olor y Derecho* (Tesis doctoral). Universidad de Alicante, Alicante, España. http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/83755/1/tesis_elizabeth_stella_basto_gomez.pdf
- Benzo, M., Gilardoni, G., Gandini, C., Caccialanza, G., Finzi, P. V., Vidari, G., ... Layedra, P. (2007). Determination of the threshold odor concentration of main odorants in essential oils using gas chromatography-olfactometry incremental dilution technique. *Journal of Chromatography A*, 1150(1–2), 131–135. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.02.031>
- Chemel, C., Riesenmey, C., Batton-Hubert, M., & Vaillant, H. (2012). Odour-impact assessment around a landfill site from weather-type classification, complaint inventory and numerical simulation. *Journal of Environmental Management*, 93(1), 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.08.016>
- Cheng, Z., Sun, Z., Zhu, S., Lou, Z., Zhu, N., & Feng, L. (2019). The identification and health risk assessment of odor emissions from waste landfilling and composting. *Science of the Total Environment*, 649, 1038–1044. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.230>
- Chung, H. Y., Yeung, C. W., Kim, J. S., & Chen, F. (2007). Static headspace analysis-olfactometry (SHA-O) of odor impact components in salted-dried white herring (*Ilisha elongata*). *Food Chemistry*, 104(2), 842–851. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.036>
- Deshmukh, S., Bandyopadhyay, R., Bhattacharyya, N., Pandey, R. A., & Jana, A. (2015). Application of electronic nose for industrial odors and gaseous emissions measurement and monitoring - An overview. *Talanta*, 144, 329–340. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.06.050>
- Giungato, P., Di Gilio, A., Palmisani, J., Marzocca, A., Mazzone, A., Brattoli, M., ... de Gennaro, G. (2018). Synergistic approaches for odor active compounds monitoring and identification: State of the art, integration, limits and potentialities of analytical and sensorial techniques. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 107, 116–129. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.07.019>
- Giungato, Pasquale, de Gennaro, G., Barbieri, P., Briguglio, S., Amodio, M., de Gennaro, L., & Lasigna, F. (2016). Improving recognition of odors in a waste management plant by using electronic noses with different technologies, gas chromatography–mass

- spectrometry/olfactometry and dynamic olfactometry. *Journal of Cleaner Production*, 133, 1395–1402. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.148>
- Goektas, O., Fleiner, F., Sedlmaier, B., & Bauknecht, C. (2009). Correlation of olfactory dysfunction of different etiologies in MRI and comparison with subjective and objective olfactometry. *European Journal of Radiology*, 71(3), 469–473. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2008.10.039>
- Gutierrez, M. C., Martin, M. A., Pagans, E., Vera, L., Garcia-Olmo, J., & Chica, A. F. (2015). Dynamic olfactometry and GC-TOFMS to monitor the efficiency of an industrial biofilter. *Science of the Total Environment*, 512–513, 572–581. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.074>
- Hove, N. C. Y., Demeyer, P., Van der Heyden, C., Van Weyenberg, S., & Van Langenhove, H. (2017). Improving the repeatability of dynamic olfactometry according to EN 13725: A case study for pig odour. *Biosystems Engineering*, 161, 70–79. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.06.004>
- Hu, R., Liu, G., Zhang, H., Xue, H., & Wang, X. (2019). Odor pollution due to industrial emission of volatile organic compounds : A case study in Hefei , China. *Journal of Cleaner Production*, (xxxx), 119075. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119075>
- Icontec Internacional. (2013). *Efectos y evaluación de los olores. Evaluación sicométrica de las molestias por olores*. Recuperado de <https://www.icontec.org/rules/efectos-y-evaluacion-de-los-olores-evaluacion-sicometrica-de-las-molestias-por-olores-cuestionarios/>
- Lucernoni, F., Tapparo, F., Capelli, L., & Sironi, S. (2016). Evaluation of an Odour Emission Factor (OEF) to estimate odour emissions from landfill surfaces. *Atmospheric Environment*, 144, 87–99. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.08.064>
- Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2014). Resolución 2087 de 2014- Protocolo para el monitoreo, control y vigilancia de olores ofensivos. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Motalebi Damuchali, A., & Guo, H. (2019). Evaluation of a field olfactometer in odour concentration measurement. *Biosystems Engineering*, 187, 239–246. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.09.007>
- Montañés, J. (2014). El perfil meteo-fido: una nueva herramienta para la discriminación entre fuentes de olores y la verificación de quejas. In Congreso Nacional del Medio Ambiente. <http://www.malosolores.org/partes/pdf/comunicacionCONAMA14.pdf>
- Municipalidad Distrital de Miraflores. (2016). Informe Memoria Anual 2015. <https://www.miraflores.gob.pe/Gestorw3b/files/pdf/5619-20001-memoria-anual-2015.pdf>
- Muñoz, R., Sivret, E. C., Parcsi, G., Lebrero, R., Wang, X., Suffet, I. H., & Stuetz, R. M. (2010). Monitoring techniques for odour abatement assessment. *Water Research*, 44(18), 5129–5149. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.06.013>
- Murguía, W. (2007). Contaminación por olores: el nuevo reto ambiental. *Gaceta Ecológica*, 82,

49–53.

Nordin, S., & Lidén, E. (2006). Environmental odor annoyance from air pollution from steel industry and bio-fuel processing. *Journal of Environmental Psychology*, *26*(2), 141–145. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2006.05.002>

Organización Panamericana de la Salud. (2012). Lineamiento para la vigilancia sanitaria y ambiental del impacto de los olores ofensivos en la salud y calidad de vida de las comunidades expuestas en áreas urbanas. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/impacto-olores-ofensivos-salud.pdf>

Ospina Giraldo, F. E., Ramírez Casas, G. E., & Toro G., M. V. (2012). Implementación del Método de Monitoreo y Análisis de Olores Ofensivos en dos Localidades del Valle de Aburrá Afectadas por el Procesado de Sebo. *Revista de Ciencias*, *15*, 185–199. <https://doi.org/10.25100/rc.v15i0.525>

Pan, L., Yang, S. X., & DeBruyn, J. (2007). Factor Analysis of Downwind Odours from Livestock Farms. *Biosystems Engineering*, *96*(3), 387–397. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2006.10.017>

Pettarin, N., Campolo, M., & Soldati, A. (2015). Urban air pollution by odor sources: Short time prediction. *Atmospheric Environment*, *122*, 74–82. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.09.037>

Ramos, J., Bermudez, A., & Rojas, T. (2018). Contaminación Odorífera : Causas , Efectos Y Posibles Soluciones a Una Contaminación Invisible. 9. <https://doi.org/10.22490/21456453.2053>

Santa, A. (2000). *Difusión de Contaminantes Gaseosos en la Atmósfera*. Recuperado de https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/orientadora2/apuntes_catedra/Contaminacin%20Atmsfera.pdf

Schulz, T. J., & Van Harreveld, A. P. (1996). International moves towards standardisation of odour measurement using olfactometry. *Water Science and Technology*, *34*(3–4), 541–547. [https://doi.org/10.1016/0273-1223\(96\)00594-X](https://doi.org/10.1016/0273-1223(96)00594-X)

Socioingeniería, S. . (2012). El perfil meteo-fido: una nueva herramienta para la discriminación entre fuentes de olores y la verificación de quejas. Congreso Nacional del Medio Ambiente. <http://www.malosolores.org/partes/pdf/comunicacionCONAMA14.pdf>

Tansel, B., & Inanloo, B. (2019). Odor impact zones around landfills: Delineation based on atmospheric conditions and land use characteristics. *Waste Management*, *88*, 39–47. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.03.028>

Úbeda, Y. (2011). *Presentación de la guía técnica para la gestión de las emisiones odoríferas en las explotaciones ganaderas intensivas*. Recuperado de <https://olores.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/03/Guia-tecnica-para-la-gestion-de-las-emisiones-odoriferas.pdf>

Walgraeve, C., Van Huffel, K., Bruneel, J., & Van Langenhove, H. (2015). Evaluation of the performance of field olfactometers by selected ion flow tube mass spectrometry. *Biosystems Engineering*, *137*(0), 84–94. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2015.07.007>

