

**EVALUACIÓN DE OLORES OFENSIVOS EN EL DISTRITO DE SANTA MARTA
(COLOMBIA), UTILIZANDO EL OLFATOMETRO DE CAMPO NASAL RANGER.**

OMAR DAVID ACOSTA VEGA

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
SANTA MARTA – D.T.C.H
2014**



Proyecto Evaluación de Olores Ofensivos en el Distrito de Santa Marta,
Magdalena (Colombia) Usando el olfatómetro de campo Nasal Ranger



**EVALUACIÓN DE OLORES OFENSIVOS EN EL DISTRITO DE SANTA MARTA
(COLOMBIA), UTILIZANDO EL OLFATOMETRO DE CAMPO NASAL RANGER.**

OMAR DAVID ACOSTA VEGA

**Tesis para optar al título de
Ingeniero de Ambiental y Sanitario**

**Asesor
Msc. YINIVA CAMARGO CAICEDO
Directora del Trabajo de Investigación**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
SANTA MARTA – D.T.C.H
2014**



NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Santa Marta, Noviembre de 2014



Proyecto Evaluación de Olores Ofensivos en el Distrito de Santa Marta, Magdalena (Colombia) Usando el olfatómetro de campo Nasal Ranger



**A mis padres, hermanos, familiares y allegados,
quienes estuvieron acompañándome siempre
durante esta etapa de mi vida.**



AGRADECIMIENTOS

Luego de culminado este arduo proceso, expreso mis más sinceros agradecimientos:

A todas aquellas personas que de una u otra manera fueron participes durante mi formación como Ingeniero Ambiental y Sanitario. Agradezco a mis padres Amelia Esther Vega Díaz y Bartolo Enrique Acosta Arrieta, por haberme concebido, permitirme existir y guiarme para recorrer todos los caminos necesarios para ser Ingeniero y por sobre todo los muchos valores que me han enseñado para afrontar el camino de la vida. Agradezco muy especialmente a la ingeniera Yiniva Camargo, el haberme guiado durante este largo tiempo como directora de este proyecto, el cual gracias a sus concejos y guías pudo ser superado de manera satisfactoria. A mi hermano Roberto Carlos Acosta Vega, quien es mi más grande motivación para salir adelante, para poder guiarle por el camino de la sabiduría y la educación. A mis abuelos, tíos, primos y demás familiares, quienes me brindaron su apoyo al salir de mi pueblo natal para enfrentar este nuevo reto hoy cumplido. Agradezco a todos los docentes que brindaron su conocimiento y experiencia para guiarme durante esta etapa. A todos los semilleros y pasantes del grupo GIMSA que participaron en esta investigación. A todos aquellos amigos y compañeros que brindaron su apoyo en los momentos difíciles que se presentaron a lo largo de este proceso. Muchas Gracias.

Gracias Dios por permitirme tanto.

Omar David Acosta Vega



TABLA DE CONTENIDO

1. Resumen del proyecto.....	9
2. Planteamiento del Problema.....	11
3. Justificación.....	14
4. Marco Teórico Conceptual.....	16
4.1.1. Efectos en la salud humana asociados a los olores ofensivos.....	21
4.1.2. Medición de olores ofensivos.....	25
5. Estado de Desarrollo o Antecedentes.....	32
6. Objetivos.....	52
6.1. General.....	52
6.2. Específicos.....	52
7. Diseño Metodológico.....	52
7.1. Área de Estudio.....	52
7.2. Metodología.....	54
8. Limitaciones.....	59
9. Desarrollo del trabajo.....	60
10. Resultados y discusión.....	63
10.1. Identificación de fuentes.....	63
10.2. Medición por olfatometría dinámica de campo con Nasal Ranger.....	64
10.2.1. Monitoreo estación de bombeo de aguas residuales norte (EBAR Norte).....	65
10.2.2. Monitoreo estación de bombeo de aguas residuales manzanares (EBAR Manzanares).....	72
10.3. Análisis estadístico de los resultados.....	79
10.3.1. Análisis de varianza.....	79
10.3.2. Análisis de correlaciones.....	80
11. Conclusiones.....	82
12. Recomendaciones.....	83
13. Presupuesto.....	84
14. Bibliografía.....	85
Anexos.....	91

Lista de Figuras

Figura 1: Olfatómetro de campo Nasal Ranger.....	29
Figura 2: Componentes del Olfatómetro de campo Nasal Ranger	31
Figura 3: Área de estudio.	53
Figura 4: Extensión de la pluma y ubicación de los puntos de medición.....	56
Figura 5: Diagrama secuencial del procedimiento operativo del Nasal Ranger	57
Figura 6. Estación meteorológica portátil DAVIS.....	61
Figura 7. Zonas de olor identificadas por información del DADMA	63
Figura 8: Líneas de monitoreo EBAR Norte	65
Figura 9. Porcentaje tiempo de olor en las líneas de monitoreo EBAR-Norte	67
Figura 10. Tono hedónico en la EBAR-Norte	69
Figura 11. Intensidad de olor EBAR-Norte.....	71
Figura 12. Zona de impacto de olor.	71
Figura 13: Líneas de monitoreo EBAR Manzanares	72
Figura 14. Frecuencia del olor en las líneas de monitoreo EBAR-Manzanares	75
Figura 15. Tono hedónico EBAR-Manzanares.....	76
Figura 16. Intensidad de olor en la EBAR-Manzanares.....	77
Figura 17. Zona impacto del olor	78

Lista de Tablas

Tabla 1. Escala de intensidades para la evaluación del tono hedónico.....	29
Tabla 2. Estándares de la frecuencia del olor en Alemania	58
Tabla 3. Zonas con presencia de olores ofensivos	63
Tabla 4. Principales actividades emisoras de olores ofensivos en Santa Marta	64
Tabla 5. Numero de mediciones del tono hedónico EBAR-Norte	69
Tabla 6. Número de mediciones de intensidad EBAR-Norte	70
Tabla 7. Numero de mediciones de tono hedónico EBAR-Manzanares	76
Tabla 8. Número de mediciones de intensidad EBAR-Manzanares.....	77
Tabla 9: Correlación entre la frecuencia y los parámetros meteorológicos medidos en campo.	80
Tabla 10: Correlación entre la intensidad y los parámetros meteorológicos medidos en campo.	81
Tabla 11. Presupuesto Global.....	84



Lista de Anexos

Anexo 1: Formato Para Registro De Condiciones Meteorológicas.....	91
Anexo 2: Formato para el registro del porcentaje tiempo del olor.....	92
Anexo 3: Formato para el registro de la intensidad (D/T).....	93
Anexo 4: Guía para la caracterización del olor.....	94
Anexo 5: Resultados monitoreo estación de bombeo de aguas residuales Norte.....	95
Anexo 6: Resultados Monitoreo estación de bombeo de aguas residuales Manzanares ..	97
Anexo 7. Ubicación de puntos de monitoreo	100
Anexo 8: Intensidad del olor por bloques horarios en la EBAR Norte.....	101
Anexo 9: Intensidad del olor por bloque horarios en la EBAR Manzanares.....	102
Anexo 10: Pruebas estadísticas unificadas (análisis por zonas).....	103
Anexo 11. Pruebas estadísticas por zona (análisis entre línea).....	104
Anexo 12. Análisis de correlación por zonas.....	107
Anexo 13: Registro fotográfico de mediciones.....	108

1. Resumen del proyecto

El monitoreo y control de los olores ofensivos ha venido tomando fuerza en los últimos años, esta problemática que trae consigo afectación a la salud pública, también afecta las actividades económicas de la región en especial las actividades turísticas que se desarrollan en el distrito de Santa Marta, debido a la molestia que significa para los pobladores el convivir diariamente con una fuente de emisión de olores ofensivos. La presencia de este tipo de contaminante puede ser atribuida en primera instancia, a los problemas que presenta el sistema de recolección de aguas residuales del distrito, a las actividades industriales que se realizan en cercanías a la zona urbana, así como también, a la inadecuada disposición de residuos por los habitantes del distrito y la ubicación dentro de áreas densamente pobladas de estaciones de transferencias y sitios de disposición final de los residuos.

Inicialmente, todos los estudios relacionados a la investigación de este tipo de contaminación en particular, estaban direccionados al control de los olores, sin enfocarse a un monitoreo de los mismos del cual se pudiera verificar que una fuente es la causa precisa de la contaminación en cierto punto y esto principalmente se da por la dificultad que puede llegar a presentar la medición de los olores. Con la aparición de la olfatometría de campo, la cual revoluciona las estrategias de monitoreo y control de este tipo de contaminación, se han empezado a realizar gran cantidad de investigaciones en las últimas cuatro décadas, de las cuales se han diseñado un sin número de equipos para complementar esta metodología, como es el caso del olfatómetro de campo (asesor humano) Nasal Ranger.

Las mediciones con el olfatómetro tienen su inicio alrededor del año 2003 en USA y en España en 2004 casi en paralelo con la norma UNE 13725 y representaron un cambio en la medición de olores dando origen a la olfatometría dinámica de campo con el asesor humano Nasal Ranger, la cual permite distinguir entre los conceptos de detección de olores y molestia de olores midiendo en inmisión la frecuencia, la intensidad y la duración por cada tipo de mal olor identificado y considerando también su carácter ofensivo.

El objetivo principal de esta investigación fue la medición a través de la olfatometría dinámica de campo con el Nasal Ranger de la distribución espacial de los olores ofensivos en el distrito de Santa Marta, principalmente en los puntos donde se realizan actividades industriales en cercanías a la zona urbana, así



como también a las estaciones de bombeo de aguas residuales y estaciones de disposición final de residuos que se encuentran dentro de la misma.

Las mediciones con olfatómetro de campo se realizaron en las estaciones de bombeo de aguas residuales Norte y Manzanares de la empresa Metroagua S.A. E.S.P, donde se realizaron mediciones en 3 y 4 líneas de intersección del olor respectivamente, durante al menos 10 días en cada estación, para un total de 300 líneas de intersección de olor. A partir de las mediciones se determinó que el olor en ambas estaciones de aguas residuales, superó por lo menos en un 60% el criterio de molestia de olor de 7D/T para todas las mediciones positivas registradas con el Nasal Ranger. Demostrando además a partir de la correlación realizada, que las variables atmosféricas que determinan el olor son la temperatura y la velocidad del viento.

2. Planteamiento del Problema

A nivel nacional, las autoridades ambientales han identificado como un foco de quejas continuas las producidas por emisión de olores ofensivos procedentes de actividades agroindustriales, como la producción especializada de aves de corral y ganado porcino, curtiembres, frigoríficos, procesamiento de subproductos animales, producción de abonos, tostado y procesado de café, entre otras¹.

Los olores ofensivos son un tipo de contaminación de especial cuidado para todas aquellas ciudades o municipios con vocación turística. Las molestias generadas por la presencia de olores ofensivos en el distrito de Santa Marta, debido a diferentes tipos de actividades como lo son: el bombeo de aguas residuales, el desarrollo de actividades industriales y la disposición final de residuos sólidos en zonas cercanas a la comunidad (EBAR Norte, Rodadero y Manzanares, relleno sanitario palangana, entre otras), puede llegar a provocar alteraciones al normal desarrollo de las actividades relacionadas con la vocación turística que posee el distrito.

La presencia de este tipo de contaminación atmosférica, puede tener como consecuencia el deterioro de la calidad ambiental y del crecimiento económico del distrito, lo que a su vez se puede ver derivado a mediano o largo plazo en problemas sociales y de salud pública, como plantea Blanes-Vidal et al.² *“La molestia por olor significa una degradación de la calidad de vida y el bienestar social en la dimensión de la salud y puede considerarse un problema aun cuando solo una pequeña parte de la población se molesta”*.

Nimmermark³ también afirma que *“la afectación que causa los olores ofensivos a la salud y al bienestar, dependiendo del tipo y la concentración de olor puede tener una influencia tanto positiva como negativa”*, aunque mayormente se muestre en

¹ ASOCARS-UPB. Mediciones En Actividades Generadoras De Olores Ofensivos Mediante Los Métodos Definidos Por El Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, Y Establecer Un Diagnóstico De Sus Emisiones. Diciembre 2013.

² BLANES-VIDAL, Victoria; et al. Perceived annoyance from environmental odors and association with atmospheric ammonia levels in non-urban residential communities: a cross-sectional study. Environmental Health 2012, 11:27, p. 1

³NIMMERMARK, Sven. ODOUR IMPACT. Odour release, dispersion and influence on human well-being with specific focus on animal production. Department of Agricultural Biosystems and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences. 2004. [Consultado 23-04-2012]. Disponible en: <<http://pub.epsilon.slu.se/692/4/Agraria494.pdf>>

los estudios que la influencia generada es principalmente negativa (normalmente las comunidades con influencia positiva del olor, no presentan molestias respecto a la presencia de estos), puesto que la exposición a los malos olores puede generar estrés, dificultades respiratorias, entre otras dificultades como problemas para dormir, dolor de cabeza, palpitaciones cardiacas y alteración del estado de ánimo.

Normalmente, los malos olores o los olores molestos son ocasionados por los gases que se liberan durante el proceso de descomposición de la materia orgánica o por el efecto de la producción industrial de componentes o productos que emiten sustancias o compuestos orgánicos volátiles. Algunos autores han establecido que su influencia sobre el normal desarrollo de la vida humana tiene más importancia y motiva numerosas quejas entre la población más por las molestias que genera, que por el daño que puede producir al organismo.⁴

Sin embargo, aun cuando las sustancias olorosas emitidas no perjudiquen la salud humana, causan molestias que pueden ser graves y se deben investigar. El asunto es complicado a causa de la dificultad de evaluar objetivamente los olores, ya que la percepción de estos es diferente para cada persona tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo⁵.

De acuerdo con la resolución 1541 de 2013 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), las sustancias generadoras de olores ofensivos según las actividades que se presentan dentro del ámbito nacional, podemos encontrar las siguientes: Sulfuro de hidrógeno (H₂S), Azufre Total Reducido (TRS) y Amoniacó (NH₃).⁶ Entre las actividades generadoras de estas sustancias acorde con la dicha resolución se pueden citar las siguientes de actividades:

- ✓ Procesamiento y conservación de carnes, pescados, crustáceos y moluscos.
- ✓ Fabricación de productos de la refinación del petróleo.
- ✓ Fabricación de pulpas (pastas) celulosas; papel y cartón.
- ✓ Curtido y recurtido de cuerpo; recurtido y teñido de pieles.

⁴ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA (AMVA). Gestión de la Calidad del Aire del Valle de Aburrá. Medellín, Diciembre de 2007. No. 31, p. 2

⁵PUIGCERVER, Manuel y CARRASCAL, M. Dolors. El medio atmosférico: meteorología y contaminación. Barcelona: Universidad de Barcelona. 2008. 248 p. [Consultado 25-04-2012]. Disponible <<http://books.google.com.co>>

⁶MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (MADS). Resolución 1541 de 2013.

- ✓ Tratamiento y disposición de desechos no peligrosos y estaciones de transferencia.
- ✓ Planta de tratamiento de aguas residuales.
- ✓ Actividades que capten aguas de cuerpos de agua receptores de vertimiento.
- ✓ Tratamiento térmico de productos animales.
- ✓ Unidad de producción pecuaria.
- ✓ Otras actividades.

Por otra parte, a partir del informe de estado de la calidad del aire para los años 2007 a 2010 realizado por el IDEAM⁷ en Colombia el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible estableció una línea base a nivel nacional a partir de la información aportada por las autoridades ambientales, en la cual se identifican las actividades más propensas a generar olores ofensivos de acuerdo al número de quejas presentadas ante la autoridad ambiental. En dicho informe se muestran el porcentaje de quejas por olores ofensivos en cada autoridad ambiental, la distribución del número de quejas por corporación autónoma regional, y la distribución del número de quejas por actividad; por ejemplo, el mayor número de quejas que se presentaron en su orden en las jurisdicciones de Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (142 quejas), Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (49 quejas), Corporación Autónoma Regional de Chivor (41 quejas), Corporación Autónoma Regional de Caldas (25 quejas) y Corporación Autónoma Regional de Antioquia (18 quejas).

De las actividades que en este informe se mencionan, las más relevantes en materia de olores ofensivos en su orden son: cría y explotación industrial de animales (93 quejas), recubrimiento de superficies (evaporación de solventes – 66 quejas), industria de fabricación de alimentos (65 quejas), industria química (25 quejas) y aguas residuales (23 quejas).

A partir del problema que genera la presencia de estos olores (molestias en la comunidad y en algunos casos afectación a la salud) y de su dificultad para percibirlos, se plantea el siguiente interrogante: ¿Cuáles son las principales fuentes o actividades generadoras de olores ofensivos en el distrito? ¿Cuál es la intensidad en las concentraciones de olores ofensivos en estos sectores del distrito con presencia de actividades o fuentes emisoras de sustancias o compuestos odorantes?

⁷ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Informe del estado de la calidad del aire en Colombia (2007-2010). p. 222

3. Justificación

Siguiendo lo planteado en la política de prevención y control de la contaminación del aire en cuanto a la cuantificación y actualización de la línea base de la calidad del aire y ruido, en la cual se plantea en cuanto a olores ofensivos, elaborar, adoptar y aplicar un protocolo para la evaluación de los olores ofensivos; donde además se plantea como responsables directos de estas actividades al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (para el año 2010, de ambiente, vivienda y desarrollo territorial), al IDEAM y las autoridades ambientales; responsable indirectos a las autoridades de salud, entes territoriales y autoridades de tránsito; y en donde se indica que la academia, las organizaciones comunitarias y los gremios de la producción, podrán servir como apoyo para la actualización de esta línea base.⁸

La realización de esta investigación va enfocada a determinar cuál es la distribución espacial (a través de medición en campo) de los olores ofensivos en las zonas del distrito de Santa Marta que presenten actividades o fuentes generadoras de estos olores molestos, buscando consigo la creación de esta línea base de cuantificación de la contaminación por olores ofensivo, así como también la mayor atención por parte de las autoridades ambientales sobre la problemática de las molestias en la población debido a esta contaminación por olores ofensivos que hace varios años viene presentando la ciudad y que son liberados a la atmosfera principalmente a partir del transporte y disposición tanto de las aguas residuales y residuos sólidos urbanos depositados en el relleno sanitario ubicado en el sector de Palangana.

Este problema de especial atención influye en las actividades económicas del distrito por considerarse este como turístico, cultural e histórico; esto debido a que la presencia de olores ofensivos en la ciudad disminuye el acceso de las comunidades que en esta habitan a una atmosfera y un ambiente limpio, ya que la proliferación de olores por diferentes actividades (mencionadas anteriormente) además de los inconvenientes que presenta el sistema de alcantarillado de la ciudad, genera un detrimento de la calidad y del confort ambiental, esto provoca dos comportamientos típicos acorde a lo planteado en 2010 por la Agencia de Protección Ambiental de Escocia (SEPA): alejarse de la fuente que causa los estímulos negativos o modificación del comportamiento humano para soportar el problema⁹.

⁸ MADS. Viceministerio de ambiente. Política de prevención y control de la contaminación del aire. 2010.

⁹ SCOTTISH ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY (SEPA). Odour guidance 2010.

En consecuencia las actividades turísticas u otras actividades económicas que se desarrollan dentro del casco urbano de la ciudad, donde sea una constante la presencia de contaminación por olores ofensivos, pueden llegar a disminuirse notoriamente debido a las molestias y demás afectaciones que pueden generarse por la presencia de este tipo de contaminación, lo que afectaría la economía del distrito y/o del departamento, como se nombró en el estudio realizado por el Área Metropolitana del Valle de Aburra (AMVA¹⁰) *“en condiciones extremas los malos olores pueden conducir al deterioro de la integridad personal y comunitaria, interferir en las relaciones humanas y en consecuencia disminuir las inversiones de capital y frenar el crecimiento económico de una región en particular”*.

Es importante tener en cuenta que con la realización de esta investigación, se contará con información que podrá ser útil para la toma de decisiones por parte de los entes municipales, que vayan en pro del mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos del distrito de Santa Marta, aumentando así el confort ambiental y el acceso a un ambiente sano por parte de los ciudadanos del distrito y de la población visitante.

Por otro lado, en materia de regulación de olores ofensivos, Colombia cuenta con la resolución 1541 del 2013 del MADS, por la cual se establecen los niveles permisibles de calidad de aire o de inmisión, el procedimiento para la evaluación de actividades generadoras de lores ofensivos. De igual forma se encuentra la resolución 610 de 2010 la cual en su artículo 3 establece los umbrales de olor para 15 sustancias generadoras de olores ofensivos.

Sin embargo, para realizar una comparación entre los niveles establecidos en la normativa ambiental y los resultados que se obtendrán a partir de las mediciones con el olfatómetro de campo Nasal Ranger, se hace necesaria el uso de normativas referentes a la detección de olores a través de la técnica de dilución hasta el umbral (D/T) utilizada por el olfatómetro de campo. Este es el caso de normativas internacionales tales como las de USA donde se realizaron las primeras mediciones con el Nasal Ranger.

De acuerdo a lo establecido en el manual de operaciones del olfatómetro de campo Nasal Ranger y de acuerdo al protocolo de medición de olores ofensivos realizado en el Valle de Aburrá, el criterio de molestia o la tasa de dilución hasta el umbral para mediciones realizadas con el olfatómetro de campo Nasal Ranger es de 7 D/T.

¹⁰ AMVA (1), Op. cit., p. 2

4. Marco Teórico Conceptual

En la normatividad colombiana se establece como olor ofensivo: el olor generado por sustancias o actividades industriales, comerciales o de servicio, que produce fastidio aunque no cause daño a la salud humana. Así mismo se establece como sustancia de olor ofensivo, a aquella que por sus propiedades organolépticas, composición y tiempo de exposición puede causar olores desagradables.¹¹

Los olores ofensivos pueden ser clasificados en 5 grupos o especies químicas como lo son: “(1) *Compuestos reducidos de azufre*, (2) *carbonilos*, (3) *compuestos nitrogenados*, (4) *Compuestos Orgánicos Volátiles*, (5) *ácidos grasos volátiles*”¹².

La mayoría de los olores emitidos a la atmósfera están constituidos por una compleja mezcla de componentes. Las respuestas sensoriales humanas a los componentes individuales de tales mezclas varían considerablemente de un compuesto a otro, y de persona a persona. Para todos los sentidos humanos, incluido el olfato, se puede aplicar un enfoque general para evaluar la relación entre la magnitud de una sensación y la intensidad del estímulo.

Los olores ofensivos son considerados contaminantes de difícil medición en el aire, ya que estos pueden estar compuestos por más de 60 gases los cuales reaccionan y se mezclan de tal forma que se crean características que hacen que el olfato de los individuos lo identifiquen en primera instancia como agradable o desagradable. Para su determinación en la actualidad, se han desarrollado una serie de técnicas que han resuelto el problema de identificación e intensidad de manera satisfactoria y que se han convertido en la forma de solucionar las quejas que cada día llegan a las corporaciones encargadas del control ambiental en las diferentes ciudades de todo el mundo.¹³

En Santa Marta en cuanto a una revisión de los episodios de olor o quejas de la comunidad, se evidencia en el informe de auditoría realizado al servicio público

¹¹MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). Decreto 0948 de Junio de 1995

¹²KABIR, Ehsanul; et al. Offensive odorants released from stormwater catch basins (SCB) in an urban area. *Chemosphere*. 2010. Vol. 81, No. 3, p. 2

¹³ AMVA. Protocolo para el Monitoreo y Análisis de Olores Ofensivos en el Valle de Aburrá. [En línea]. Convenio de Asociación No. 543 de 2008 Acta No 3. Informe de Avance 1 Abril de 2010. [Consultado 26-11-2012]. Disponible en: <http://www.areadigital.gov.co/calidadaire/lsdocolores/protocolo_monitoreo.pdf>

domiciliario de alcantarillado sanitario realizado por la Contraloría Distrital¹⁴ identificando que:

- *La Compañía del Acueducto y Alcantarillado Metropolitano de Santa Marta “METROAGUA” en los años que lleva constituida como empresa ha cumplido moderadamente con su objetivo de brindar servicio de alcantarillado sanitario de acuerdo a información evaluada durante el proceso auditor, pero los constantes vertimientos a la vía pública por colmatación de las redes genera rebosamientos de los manjoles, bien por falta de cultura ciudadana en el uso del servicio y por su utilización como alcantarillado pluvial, todo lo cual ocasionan malestares en la comunidad, por los malos olores que emanan, contaminación del medio ambiente y los problemas de salud que ocasionan todo lo cual muestra que el sistema no es eficiente y que se requieren medidas urgentes y eficaces.*
- *Se Ofició el día 11 de enero de 2011 al Departamento Administrativo Distrital de Medio Ambiente DADMA con información de Vertimiento con fines de tomar acciones a las que haya lugar, frente a los hechos que se presentaban en el sector del barrio los cardonales donde se verificó el vertimiento de aguas residuales provenientes del sistema de alcantarillado de manera continua el cual corre a través de un tubo que va a dar hasta el Río Manzanares situación que viene afectando a los moradores del sector de acuerdo a las manifestaciones de los mismos por las presentaciones de infecciones de la piel y la emanación de olores nauseabundos muy fuertes.*
- *Se Ofició el día 11 de enero de 2011 al DADMA con información de Vertimiento con fines de tomar acciones tuvieren lugar, por vertimiento de aguas residuales en el sector del barrio Bastidas (Subida al Barrio Chimila) proveniente del sistema de alcantarillado de manera continua el cual corre por toda la calle principal hasta llegar al lugar conocido como la posa de Bastidas, situación que viene afectando a los moradores del sector de acuerdo a las manifestaciones de los mismos por las presentaciones de infecciones de la piel y la emanación de olores nauseabundos muy fuertes, es de anotar que estos hechos vienen sucediendo de tiempo atrás ya que el día 07-01-2010 se verificó en el lugar ya se había verificado esta situación al requerimiento de la comunidad.*

¹⁴ Contraloría Distrital, Distrito Turístico Cultural e Histórico de Santa Marta. Informe Definitivo NO. 002. Auditoria Gubernamental con Enfoque Integral Modalidad Especial al Servicio Publico Domiciliario de Alcantarillado Sanitario en el Distrito Turístico Cultural e Histórico de Santa Marta, Vigencia 201. Agosto de 2012

- *En el Centro histórico de la ciudad los moradores y habitantes del sector aledaño al sitio de la visita (“Parque Santander o de los Novios o Placita Vieja” ubicado entre calles 19 y 20 entre carreras 2 y 3 del centro Histórico de Santa Marta) manifestaron inconformidades por la emanación de malos olores, proliferación de vectores como mosquitos, moscas, roedores, que contaminan el entorno y afectan la salud humana, el medio ambiente y la condición y promoción turística del lugar.*
- *Según las conclusiones del informe de visita practicada por el profesional Universitario Diego Martín Castillo de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios los días 13 y 14 de Enero de 2.010, resalta que son recurrentes los inconvenientes que se reportan o informan a la Superintendencia de Servicios respecto a la prestación del servicio público de alcantarillado de Santa Marta, en lo que hace referencia a la operación y mantenimiento del sistema, que genera problemas de drenaje, malos olores, rebosamiento sobre las vías públicas, generación de vectores (insectos, roedores etc.).*
- *La Superintendencia de Servicios públicos Domiciliarios realizó una visita los días 28 y 29 de Noviembre de 2.011 a la Compañía del Acueducto Metropolitano de Santa Marta Metroagua S. A. E. S. P., a cargo del señor Rosember Hernández contratista cuyo objetivo fue atender las quejas presentadas por Jorge Enrique Restrepo que informan sobre el rebosamiento de aguas residuales sobre las calles 19 y 20 con carreras 1, 2, 3 y 4 zona Rodadero sur, habitantes de la urbanización Villa Alejandría, sector Ciudadela 29 de Julio, donde se presentó colapso de la tubería alcantarillado, filtración de aguas negras, problemas de olores y drenaje de las mismas, vertimiento de aguas residuales municipales directamente sobre la Bahía de Santa Marta consecuencia del colapso de una tubería de impulsión de aguas negras en la calle 10B y 11 con carrera primera presentada el 14 de febrero de 2.009, y verificar las condiciones técnicas presentadas en el alcantarillado ocasionadas por la Ola Invernal encontrando obstrucción en el sistema de alcantarillado de la zona histórica de la ciudad, dificultad en el drenaje de aguas residuales las cuales rebosan sobre las calles, presencia de malos olores, pozos de inspección colmatados de aguas residuales e inconformidad de los usuarios del sector; cambio de los predios residenciales a uso comercial en el Centro histórico.*

Otras de las muchas quejas por olores o eventos de olores presentados en la ciudad de Santa Marta, han sido documentados por algunos medios informativos, las cuales se presentan a continuación:

- *El mundo*,¹⁵ publico que a las 8:30 a.m. del viernes 29 de agosto de 2014, los estudiantes de quinto de primaria del mega-colegio Aluna, ubicado en el barrio El Cisne de Santa Marta, sintieron un fuerte olor proveniente de una construcción aledaña, y poco después se sintieron asfixiados, sus ojos ardidos, dolor de cabeza y comezón. Así lo explicó la rectora de la institución, Malena Toloza, al diario *El Tiempo*, según el cual la inhalación de los gases desprendidos del Aceite combustible para motores (Acpm) utilizados en las obras enseguida provocó la evacuación de los 1.440 estudiantes del colegio y el llamado inmediato a los organismos de socorro para el traslado de al menos 120 alumnos y cinco profesores a diferentes centros asistenciales de la ciudad.
- *El Informador*¹⁶ (5 de octubre de 2011): Irrisorio es el mejor calificativo para el estado que presenta la Bahía de Santa Marta, su peor panorámica en la última década. Al otrora hermoso sitio turístico de los samarios, no sólo sufre los embates de la naturaleza, sino el olvido gubernamental. Falta de adoquines, escombros, basuras y malos olores es el escenario actual de un lugar que poco a poco pierde el interés de los samarios. En un recorrido por la zona, *EL INFORMADOR*, percibió el mal estado de todo El Camellón que incluso permanece con malos olores generando que muchas personas ya no utilicen el lugar para caminar.
- *El Informador* (4 de febrero de 2011):¹⁷ *EL INFORMADOR* recibió una denuncia de la comunidad de El Rodadero Sur con respecto a una obra que se adelanta en dicha zona. El denunciante expresa; "les hago llegar una serie de fotos que acabo de tomar de un esperpento ambiental que está sucediendo desde hace varias semanas en el puente de la avenida Tamacá sobre el río Gaira, en el sector de El Rodadero sur. Las aguas negras del sector están siendo vertidas inmisericordemente en el río con las nefastas consecuencias que ello trae como son los pestilentes olores, los riesgos de enfermedades para los niños y la degradación de la desembocadura del río en el mar. Ya el problema de las aguas negras no se remite sólo a la bahía de Santa Marta, ahora, replica en este sector considerado el de mayor proyección turística del Distrito.

¹⁵ Disponible en: <http://www.elmundo.com/>

¹⁶ Disponible en: <http://www.elinformador.com.co/>

¹⁷ Disponible en: <http://www.elinformador.com.co/>

- *El heraldo:*¹⁸ El 31 de diciembre de 2011, último día de la administración del exalcalde Juan Pablo Díaz-Granados, hubo una pequeña manifestación en su contra. Pero esta fue una manifestación distinta a todas las demás: no se trataba de un gremio, ni de desplazados; los que se quejaban eran familias 'estrato 6' (porque en realidad esa zona es estrato 1) -seguramente moradores de Bahía Linda o Bahía Loft-, que no se aguantaban los olores nauseabundos, producto del desbordamiento del alcantarillado. En la calle de Prado Plaza, a apenas una cuadra de Bahía Loft, un grupo de personas atravesó una camioneta y comenzaron a lanzar bultos de arena sobre las aguas negras, al tiempo que bloquearon la vía que da hacia la playa en señal de protesta. En tono de gracia, pero a la vez de desesperación, improvisaron un cartel que decía: "Año nuevo perfumado", "el manantial de los ricos". Quisiéramos los samarios poder decir que eso es un caso aislado, y que solo es en esa parte de Santa Marta donde nadie se aguanta el olor, pero es que ¡casi toda la ciudad está oliendo al 'manantial de los ricos'!
- *Noticias uno*¹⁹ (febrero 4 de 2012): En su investigación sobre la privatización del Parque Tayrona, Diana Salinas encontró que un basurero con muchos incidentes en su aprobación, fue localizado a Mil 700 metros del límite del Tayrona dentro de otro parque del Distrito de Santa Marta. El director del parque, los vecinos del barrio vecino y otros se opusieron a la aprobación del relleno sanitario en el parque, pero como el otro tenía un cierre perentorio el entonces alcalde dice que tuvo que aprobarlo. El aire que respiran los turistas en el Parque Nacional Tayrona llega cargado de los olores que produce un relleno sanitario... Y todo porque a 1.700 metros del Tayrona, es decir lo que vendría a ser su zona de amortiguación, está ubicado el relleno sanitario que sirve al Distrito Turístico.
- *El informador* (23 de Junio de 2011):²⁰ Para muchos es un hecho notorio, que la ciudad de Santa Marta vive en muchos de sus sectores una emergencia sanitaria de manera reiterativa. "La ciudad está muy sucia y ya da mal olor", es

¹⁸ Disponible en: <http://www.elheraldo.co/>

¹⁹ Disponible en: <http://noticiasunolaredindependiente.com/>

²⁰ Disponible en: <http://www.elinformador.com.co/>

la frase que más se escucha por los diferentes rincones del Distrito. Ciudadanos, líderes cívicos, comerciantes y empresarios de la capital del Magdalena piden a las autoridades locales explicaciones por la fuerte degradación que en materia de limpieza sufre Santa Marta, en especial en lugares como Camellón, Avenida del Libertador, Avenida del Ferrocarril, entre otros.

- *El tiempo²¹: Cierran fábrica por malos olores: Santa Marta. El mal olor de la empresa PSM, que produce diésel marino en la Zona Franca, fue cerrada ayer por el Departamento Administrativo del Medio Ambiente (Dadma). La denuncia fue interpuesta por los habitantes del sector que se quejaron por los desagradables olores que salían de la fábrica en la noche y los fines de semana.*

4.1.1. Efectos en la salud humana asociados a los olores ofensivos.

La contaminación del aire percibido, incluyendo la contaminación ambiental por olores, se ha asociado con una serie de impactos en la salud física y psicosocial adversos en los seres humanos. Síntomas de salud físicos comunes entre las personas expuestas a productos químicos olorosos en sus residencias por ejemplo de industrias o actividades agrícolas, son irritación de los ojos, la nariz y la garganta, dolor de cabeza, náuseas, diarrea, ronquera, dolor de garganta, tos, opresión en el pecho, congestión nasal, palpitaciones, dificultad para respirar y somnolencia.²²

La exposición a los olores ambientales de las instalaciones industriales y agrícolas, además de inducir respuestas de molestia en una forma dependiente de la dosis, se ha demostrado que están directamente asociados con síntomas gástricos, así como las quejas relacionadas con la salud en general en

²¹ Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento-2013/CMS-4552030>

²² BLANES-VIDAL, Victoria; et al. Chronic exposure to odours chemicals in residential áreas and effects on human psychosocial health: Dose-response relationships. Science of the total environment. (August 2014). Vol. 490, Pag: 545-554.

condiciones de exposición extrema, o indirectamente mediado a través de la molestia de olor en condiciones de exposición a olores moderados²³

En muchos casos, los paradigmas toxicológicos convencionales no son capaces de explicar la asociación entre la exposición al olor y los síntomas, debido a que reportes de efectos físicos se produce aun cuando las exposiciones están muy por debajo de los límites de toxicidad. Por lo que se ha sugerido que las respuestas psicosociales, tales como la percepción de molestias por olores, pueden jugar un papel importante en los síntomas físicos reportados²⁴

La contaminación ambiental por olor es de hecho un importante factor de estrés ambiental, ya que la exposición es físicamente perceptible, valorada negativamente, impredecible, incontrolable, y requiere ajustes moderados. Algunos efectos psicosociales que pueden definirse, como consecuencia de contaminación ambiental real o 'percibida', son por ejemplo, el complejo de angustia, disfunción y manifestación de discapacidad en una amplia gama de los resultados sociales, psicológicos y de comportamiento. Los efectos psicosociales no sólo pueden exacerbar la intolerancia química y los síntomas, sino que también son considerados "efectos negativos para la salud per se", de acuerdo con la definición de salud de la Organización Mundial de la Salud²⁵.

De acuerdo con Schiffman²⁶, partiendo de las sensaciones olfativas que son inducidas por la inhalación de compuestos orgánicos volátiles (COV), hay cuatro maneras principales que los olores podrían potencialmente afectar la salud humana. En primer lugar, los propios COV podrían producir efectos toxicológicos, aunque se sugirió que cualquier síntoma de salud por los olores es causado probablemente por mecanismos no-toxicológicos. En segundo lugar, los compuestos odorantes podrían causar irritación sensorial en el ojo, la nariz y la garganta. En tercer lugar, los COV podría estimular los nervios sensoriales para provocar cambios neuroquímicos que potencialmente influyen en la salud. En cuarto lugar, efectos en la salud de los olores (especialmente los agrícolas) podrían deberse a los factores cognitivos y emocionales como la experiencia mental almacenada con olores similares o las actitudes hacia los olores desagradables.

²³ SUCKER, R; BOTH, R; WINNEKE, G. Review of adverse health effects of odours in field studies. *Water science and thechnology*. (2009). Vol. 59, No. 7. Pag: 1281-1289. DOI: <http://dx.doi.org/10.2166/wst.2009.113>

²⁴ Banes-Vidal, et al, Op. Cit., p 2.

²⁵ Ibid, p 2.

²⁶ SCHIFFMAN, Susan S. Livestock Odors: Implications for Human Health and Well-Being. *Journal of Animal Science*. (1998) Vol. 76 Pag: 1343-1355.

Aatamila, et al,²⁷ plantean que el rol del olor en la causalidad de efectos a la salud es poco clara. Se ha sugerido que es la molestia (y no la percepción) de olor la que conduce a los síntomas. Las características de olor pueden, a su vez, contribuir a la génesis de la molestia por olores y por lo tanto a los síntomas. Además de la exposición de olores, se ha demostrado que factores también no olfativas como factores personales relacionados a otras exposiciones ambientales, la estructura social y económica de la zona residencial y la situación momentánea (por ejemplo, la perturbación de las actividades de ocio o para dormir) han demostrado influir en la respuesta a la molestia.

Estudios previos registrados en la investigación de Blanes-Vidal, et al,²⁸ han reportado la molestia, la percepción del riesgo de la salud y la interferencia del comportamiento como respuestas psicosociales importantes a los olores ambientales. La molestia se puede definir como "un sentimiento de desagrado asociado con cualquier agente o condición, que un individuo o grupo se piense que puede afectarlos negativamente". La molestia se considera una forma de estrés psicológico, y puede coincidir con otras emociones negativas, por ejemplo, la ira, la decepción, la insatisfacción, impotencia, ansiedad y agitación. La percepción del riesgo de la salud relacionada con olor, se puede definir como una preocupación por las posibles consecuencias que la exposición a productos químicos olorosos en el medio ambiente puede tener en la salud. Por último, la interferencia del comportamiento se refiere a cualquier alteración de la forma de vida, la interferencia con las actividades previstas y los cambios no deseados en el comportamiento social. La interferencia del comportamiento causado por la contaminación de olores al aire libre puede conducir a impactos sociales significativos, especialmente en las comunidades donde las vidas están arraigadas en disfrutar al aire libre.

De igual forma, Aatamila, et al,²⁹ reportaron estudios donde se han encontrado asociaciones entre la exposición a las emisiones de diversas fuentes de olor y síntomas entre los residentes. Por ejemplo, el aumento de reportes de dolor de cabeza, problemas respiratorios, irritación en ojos, nariz y garganta, náuseas, debilidad y diarrea se ha observado en las proximidades de dos instalaciones de producción porcina. Náuseas, diarrea frecuente y cansancio excesivo se han asociado con la exposición al olor molesto y microorganismos de un sitio de compostaje, y náuseas y alteraciones de la coordinación con la exposición al olor molesto. También se asoció la molestia por olores con irritación de los ojos, los

²⁷ AATAMILA, Marjaleena; et al. Odour annoyance and physical symptoms among residents living near waste treatment centres. *Environmental Research*. (2011) Vol. 111. Pag: 164–170.

²⁸ Blanes-Vidal, et al, Op. Cit., p 2.

²⁹ Aatamila, et al, Op. Cit., p 2.

síntomas articulares y musculares, pero no con los síntomas de las vías respiratorias. Se reportó además, que el dolor de cabeza, náuseas, irritación de ojos y garganta tenían una relación directa con la frecuencia de la percepción del olor y el grado de preocupación ambiental entre los residentes cerca de sitios de desechos peligrosos.

Millot, et al,³⁰ muestran en su investigación, que al considerar los parámetros psico-fisiológica (tales como la forma de respuesta potencial de la piel o la frecuencia cardiaca), se observaron diferentes modificaciones de acuerdo a la agradabilidad del olor probado sobre las personas. Se indica también en esta investigación al realizar pruebas sobre algunas tareas cognitivas, que hay un efecto relajante en el olor a lavanda, con algunas influencias adversas sobre el razonamiento aritmético. Otros estudios reportados por Millot han llegado a conclusiones diferentes: los olores ambientales agradables aumentaron el estado de alerta y el rendimiento en tareas de vigilancia (lirio de los valles y menta), en las tareas cognitivas (limón y olores florales), y la recuperación del ejercicio (lavanda).

En el mismo estudio, Millot, et al,³¹ demuestran a través de pruebas con tres condiciones diferentes de olor (incluyendo sin olor) realizadas en tres grupos personas, que los olores ambientales modifican el tiempo de reacción al menos para tareas sensorial-motoras simples. También demostraron que hubo una disminución en el tiempo de reacción para ambos tipos de olores ambientales en comparación con la condición de no-olor y, por consiguiente que las modificaciones en tareas de rendimiento no se correlacionaron con la valencia hedónica de los olores y sus influencias en el estado de ánimo.

Las relaciones entre la exposición a olores y respuestas psicosociales son complejas. Cuando un olor se aprecia como nocivo o desagradable (valoración primaria), las estrategias de afrontamiento que se desarrollan puede ser dirigidas a minimizar o gestionar la fuente de estrés "orientado a los problemas", es decir; por ejemplo, mediante el cierre de las ventanas para evitar que el aire maloliente entre a la vivienda o no salir al exterior; o "orientado a la emoción", es decir, dirigido a reducir o gestionar la angustia emocional causada por el estrés; por ejemplo, al consolar a la cognición sobre efectos en la salud. Cuando la persona tiene poco control sobre la fuente y percibe que la única manera de gestionar su exposición al factor de estrés es mediante la alteración de los planes destinados a evitar la exposición (la interferencia del comportamiento), esta situación puede ser una fuente secundaria de molestia. Con base en estas estrategias, la gente reevalúa

³⁰ MILLOT, Jean-Louis; BRAND, Gérard and MORAND, Nadège. Effects of ambient odors on reaction time in humans. *Neuroscience Letters* (2002). Vol. 322. Pag: 79-82.

³¹ *Ibíd.* p 3.

su situación (evaluación secundaria). En resumen, una persona experimentará molestia cuando valora el olor objetable o perjudicial (valoración primaria), y, considerando sus opciones para hacer frente a la situación (evaluación secundaria), encuentra que sus recursos de afrontamiento son insuficientes o perjudiciales.³²

Al evaluar los parámetros que ampliamente son utilizados para evaluar las molestias por olores, Aatamila³³ indica que las emisiones químicas de varios procesos que se perciben como olor y que pueden ser ocasionales, repetidas o continuas, varían en gran medida por la intensidad. De igual forma, debido a que estos olores surgen en gran parte de los procesos de degradación microbiológicos, sugieren que en su mayoría son desagradables por el tono hedónico. El tono hedónico del olor se ha dicho que tiene una fuerte influencia tanto sobre la asociación entre la exposición y la molestia y la asociación entre la exposición y los síntomas. Más específicamente, olores neutrales y desagradables, en comparación con los olores agradables, parecen aumentar la aparición de los síntomas. En condiciones extremas de exposición a los olores pueden estar asociados con síntomas relacionados con la salud, pero en la exposición moderada al olor, los síntomas reportados están mediados por la molestia entre los residentes en zonas cercanas a la fuente.

4.1.2. Medición de olores ofensivos

La medición de olor ha tomado fuerza a raíz de la conciencia creciente de la población sobre el problema que representa la presencia de olores ofensivos en sus comunidades. Desde los inicios de la cuantificación de los olores, se ha tratado de establecer el método más adecuado para determinar la forma correcta de captar el mayor impacto del olor, planteándose metodologías analíticas, en las que se estudia las propiedades físicas y químicas de los componentes del olor y las mediciones sensoriales utilizando el olfato humano como instrumento de detección y el cual consideran muchos autores como la mejor forma de cuantificar olores³⁴.

³² Blanes-Vidal, et al, Óp. Cit., p 2.

³³ Aatamila, et al, Óp. Cit. p 1.

³⁴ GOSTELOWM, P; PARSONS, S.A. y STUETZM, R.M. Odour measurements for sewage treatment works. Water Research 2001 Vol. 35, No. 3, p. 3.

De acuerdo con Sarkar, et al,³⁵ un método que se indica como estimación de categoría puede ser derivado de la Ley de Fechner (proporciones iguales de estímulo conduce a diferencias iguales entre intensidad percibida) cuando se relaciona con el sentido del olfato. Así, la intensidad percibida (I) es una función lineal del logaritmo de la concentración (C) $I=k_1(\text{Log}_{10}C) + K_2$ donde k_1 y k_2 son constantes para un grupo de panelistas dentro de un experimento.

Se presenta a continuación una breve descripción de las principales metodologías o técnicas ampliamente utilizadas a nivel mundial para la evaluación de la concentración del olor y para determinar el impacto del mismo como lo son: los paneles de olores, las narices electrónicas y la olfatometría (evaluación sensorial del olor).

Un panel de olor es un grupo de personas que evalúan el olor. Estos deben ser elegidos por medio de pruebas psicológicas y olfativas entre las que se encuentran el Test de Sensibilidad Olfativa.³⁶ La elección de los sniffers (panelistas) es un paso esencial en la olfatometría de campo ya que el principal instrumento de medición es su olfato. La gran importancia que tiene el sistema olfativo en esta medición se fundamenta en que en la actualidad ningún dispositivo electrónico, ni método analítico ha sido capaz de medir con precisión la concentración del olor, esto se da porque el olfato está dotado de aproximadamente 650 tipos de sensores, mientras que los detectores electrónicos o narices electrónicas solo poseen alrededor 30.³⁷

Para la elección del sniffer lo recomendable es hacer estudios clínicos sobre el estado físico y mental de los candidatos, de esta forma se corrobora de una forma más confiable que los integrantes del panel cumplan con las condiciones que se nombraran a continuación:

- Ser mayor de 18 años.
- No ser fumador.
- Poseer buena salud que le permita trabajar en campo y bajo condiciones climáticas variables.
- Las mujeres no pueden estar en embarazo.
- Se recomienda que este personal no padezca de enfermedades respiratorias como alergias, gripas constantes, o afecciones de otro tipo como bronquitis,

³⁵ SARKAR, Ujjaini; HOBBS, Stephen E. y LONGHURST, Philip. Dispersion of odour: a case study with a municipal solid waste landfill site in North London, United Kingdom. *Journal of Environmental Management*. 2003. Vol. 68, p. 2

³⁶ AMVA (2), Op. cit., p. 9

³⁷ Ibid., p. 14

- neumonía o pulmonía que le impidan tener un olfato con la sensibilidad adecuada al momento del entrenamiento o de la medición.
- Es conveniente que este personal no presente ningún tipo de alteración, trastorno o enfermedad de alguno de los órganos de los sentidos.
 - El sniffer debe ser capaz de responder en forma adecuada ante las presiones del trabajo y debe poseer la madurez psicológica adecuada que le permita tener buena capacidad de decisión, concentración, y de abstracción ante las situaciones familiares o personales que puedan afectar su rendimiento. Además debe ser capaz de tomar decisiones rápidas, oportunas, confiables y con un sentido de responsabilidad adecuado y capacidad de trabajo en equipo con el fin de garantizar el éxito en el resultado.
 - Los sniffers deben de ser capaces de lograr una gran concentración en sus tareas por un periodo prolongado de tiempo sin permitirse ningún tipo de distracción. Para esto es importante que el grupo sea integrado y que se tenga un sentido de conciencia general que haga que las reglas de la medición sean llevadas a cabo sin ningún problema.
 - Los evaluadores con un tipo de personalidad variante o demasiado fuerte, no son aconsejables para ser elegidos como miembros del panel. Estos evaluadores deben de ser capaces de adaptarse muy bien al equipo de trabajo.
 - Deben ser capaces de recibir órdenes y ejecutarlas de forma adecuada y en forma disciplinada, ya que al momento de la medición no debe existir comunicación entre ellos.

Las narices electrónicas han sido definidas como un sistema inteligente que contiene un grupo de sensores químicos capaces de clasificar el olor. Este sistema está compuesto por un grupo de sensores electrónicos de gases y un sistema de procesamiento de la señal, capaz de reconocer olores simples o complejos.³⁸

Las narices electrónicas comerciales usan sensores como MOS (sensores de óxidos metálicos), CP (sensores polímero-conductor), QCM (micro-balanzas de cristal de cuarzo), sensores BAW (sensores de ondas acústicas a granel, dispositivos piezoeléctricos basados en osciladores de cristal de cuarzo), MOSFET (transistores semiconductores de óxido de metal de efecto de campo) y sensores MISIC (similares a los MOSFET pero basados en carburo de silicio en

³⁸ÚBEDA-SÁNCHEZ, Y; et al. Malos olores en la producción porcina: medición y técnicas de control. Instituto de ciencia y tecnología animal. Universidad politécnica de valencia. Revista ANAPORC. 2007. Pag: 50-61. [Consultado 16-11-2012]. Disponible en: <<http://www.doom-informatica.com/webs2/socioeng/revistaanaporc2007.pdf>>

vez de silicio). Otras narices electrónicas, se basan en la técnica de espectrómetro de masas y espectrometría de masas de huellas digitales, así como también es utiliza la técnica IMCELL (forma avanzada de la espectrometría de movilidad iónica).³⁹

La principal ventaja de las narices electrónicas es que pueden producir mediciones en continuo. Como inconveniente cabe citar que no son totalmente representativos: pueden detectar algunos componentes a niveles más bajos que los de la nariz humana.⁴⁰

La olfatometría ha sido usada aproximadamente por cuatro décadas para la evaluación de los olores ofensivos provenientes de diferentes fuentes en muchos lugares del globo terráqueo. En general existen dos líneas de medición, una que está enfocada a la evaluación de la emisión, es decir medición directamente en la fuente y la otra orientada a la evaluación de los niveles de olor en las áreas receptoras. Esta es la metodología más aceptada en el mundo para la evaluación de los olores ambientales, se usa tanto para la evaluación de la emisión como de la inmisión; y los parámetros relacionados con esta metodología son la frecuencia, intensidad, tono hedónico del olor y carácter de olor.⁴¹

• **Frecuencia:** medida del número de veces que es reconocido el olor durante 10 minutos sobre un punto de medición. El cociente de las respuestas positivas y el número de muestras realizadas (60) es la frecuencia del olor (Ver ecuación 1).

$$\%h = \frac{(N^{\circ}\text{Veces que el Olor es Reconocido})}{60} * 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

• **Intensidad:** medida de la fuerza con la que es percibido el olor. Esta medida se realiza por medio del *olfatómetro* de campo (figura 1), el cual posee rangos de diluciones 2, 4, 7, 15, 30 y 60 D/T, las cuales son las unidades discretas de esta medida.

³⁹ Nimmermark, Op. cit., p. 20

⁴⁰ Ubeda-Sanchez et al., Op. cit., p. 5

⁴¹OSPINA GIRALDO, Frank E; RAMÍREZ CASAS, Gloria. E. y TORO, Maria Victoria. Implementación Del Método De Monitoreo Y Análisis De Olores Ofensivos En Dos Localidades Del Valle De Aburrá Afecta Das Por El Procesado De Sebo. Revista de ciencias, Universidad del Valle. 2011 Vol. 15, p. 2



Figura 1: Olfatómetro de campo Nasal Ranger

• **Tono hedónico del olor:** medida del agrado y desagrado que el panelista tiene hacia el olor. Esta se puede evaluar por medio de una escala de intensidades que va desde -5 a 5, donde 5 es valor que se le da al olor cuando es agradable y fuerte y -5 cuando es desagradable e igualmente fuerte. La tabla 1 muestra las evaluaciones de los demás números de la escala.

Tabla 1. Escala de intensidades para la evaluación del tono hedónico

Grado	Intensidad
0	Sin olor
1	Muy leve
2	Débil
3	Fácilmente notable
4	Fuerte
5	Muy fuerte

Fuente: Ospina, et al.

• **Carácter del olor:** parámetro por el que los panelistas reconocen el olor, este se puede hallar haciendo la pregunta entre el grupo de panelistas ¿a que huele?

La olfatometría ha sido la solución que el mundo le ha dado al control de los olores ambientales ofensivos, ya que inicialmente se creía que controlando las sustancias que podían generar dicho olor se minimizaba la afectación, pero esto fue un procedimiento incorrecto por la presencia de más de 60 sustancias dentro de una mezcla olorosa de las cuales no se ha podido comprobar sus sinergismos y antagonismos que hacen que generen las reacciones sobre el olfato humano.⁴²

⁴² Ibid., p. 4

Con el uso del olfatómetro de campo en la olfatometría, la metodología ha logrado remontarse como una forma efectiva, rápida y de bajo coste para controlar y cuantificar olores principalmente en algunos estados de USA y es usado en más de 30 países para este mismo propósito⁴³.

El olfatómetro de campo Nasal Ranger es un instrumento muy avanzado, según el “estado de la técnica”, en el campo de la olfatometría para medir y cuantificar con confianza y fiabilidad la intensidad de los olores en el ambiente. El olfatómetro de campo Nasal Ranger es un instrumento portátil que permite evaluar objetivamente la intensidad de los olores ambientales mediante la técnica de “Dilución hasta el Umbral” (D/T).⁴⁴

El principio básico de funcionamiento del Nasal Ranger es el conseguir la mezcla de volúmenes discretos del olor ambiental y aire limpio (filtrado) en proporciones predeterminadas (dilución). Para ello, se emplean dos conductos distintos de circulación de aire:

- A través de los filtros (cartuchos) de eliminación de olores y
- A través de uno de los orificios asignados a cada una de las posiciones de la concentración a medir.

El primer conducto de circulación es el del aire limpio, el cual pasa a través de los dos cartuchos ó filtros colocados a cada lado del cuerpo del Nasal Ranger. El aire ambiente oloroso entra por la parte externa de ambos cartuchos y pasa a través del lecho compuesto de adsorbentes específicos que eliminan el olor. El aire filtrado pasa a continuación hacia el interior del Nasal Ranger hasta encontrarse con el segundo conducto por el que circula el aire ambiente que ha pasado a través del orificio correspondiente a la posición D/T seleccionada por el usuario. Este aire diluido pasa entonces a través del cuerpo del olfatómetro y llega a la nariz del usuario que se coloca en la máscara nasal del aparato.

⁴³ AMVA (2), Op. cit., p. 27

⁴⁴ St. Croix Sensory, Inc. Manual de operaciones del olfatómetro de campo Nasal Ranger. Disponible en: http://www.nasalranger.com/espanol/Operations/NR_Manual_de_Operacion_en_espanol_v6_0_2.pdf

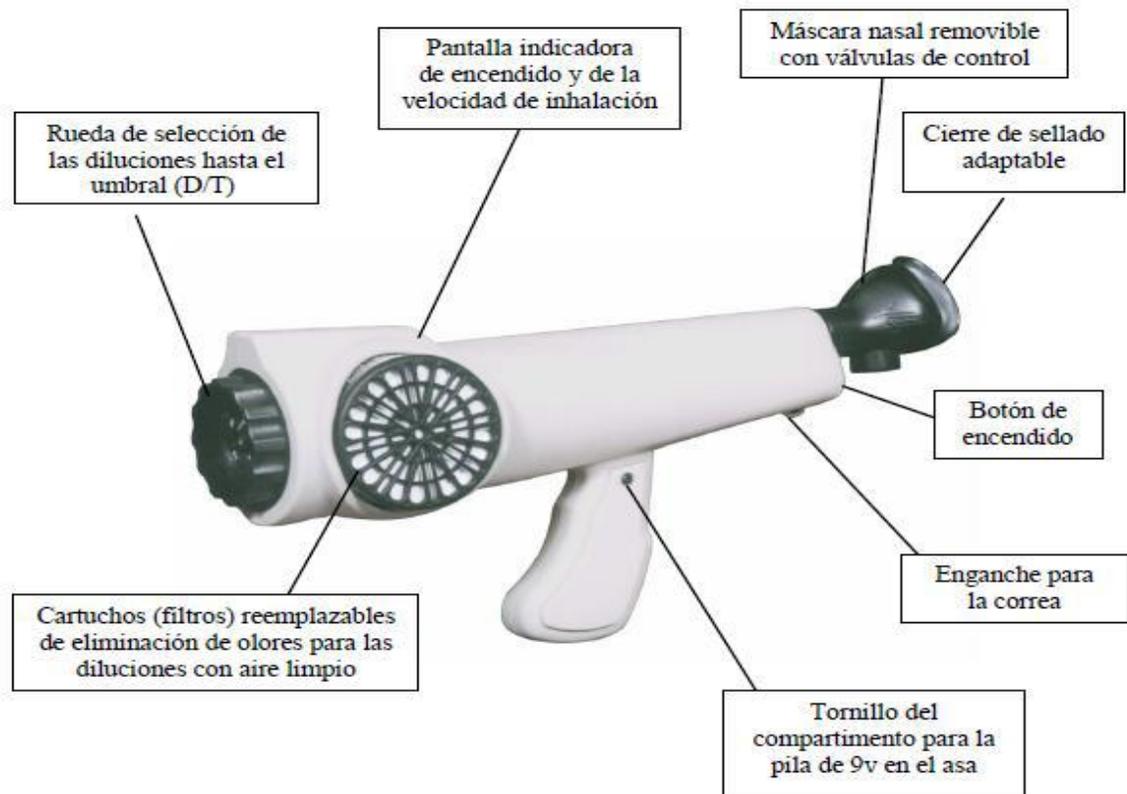


Figura 2: Componentes del Olfatómetro de campo Nasal Ranger

Fuente: St. Croix Sensory, Inc. Manual de operaciones del olfatómetro de campo Nasal Ranger.

5. Estado de Desarrollo o Antecedentes

Como ya se mencionó anteriormente, los olores ofensivos son considerados contaminantes de difícil medición en el aire, su composición puede variar con el tipo de operación, las variaciones estacionales, y los puntos de muestreo. Los compuestos malolientes son generalmente de baja masa molecular y son productos de tres grupos: compuestos de azufre (por ejemplo, sulfuro de hidrógeno (H_2S), mercaptanos, sulfuros orgánicos), compuestos que contienen oxígeno (por ejemplo, ácidos grasos volátiles, aldehídos, cetonas) y compuestos que contienen nitrógenos (NH_3 , aminas, indoles, piridinas)⁴⁵.

Sarkar et al.,⁴⁶ muestran que las quejas por olores son comunes en las comunidades urbanas, donde los barrios residenciales están situados cerca de las zonas industrializadas. La mayoría de las veces, puede ser difícil identificar las fuentes de los olores ya que puede haber muchas instalaciones situadas cerca una de otra. En estos casos, es importante disponer de un método adecuado para determinar si las emisiones de una planta, son de hecho la creación de olores en la comunidad circundante.

Las instalaciones ganaderas y la aplicación agronómica de estiércoles y purines poseen un elevado potencial contaminador desde el punto de vista odorífero. Los olores desagradables, como los procedentes del estiércol, son a menudo considerados como emisiones molestas, especialmente cuando los afectados no obtienen ningún beneficio directo o no están vinculados con la actividad.⁴⁷

El olor que se detecta de una operación porcina es una mezcla compleja de gases, están asociados principalmente con el almacenamiento y la descomposición del estiércol⁴⁸. La mayoría de las veces el olor es el resultado de la descomposición anaeróbica no controlada del abono. Sin embargo, alimento descompuesto también puede contribuir al olor. Algunos de los más importantes

⁴⁵ KARAGEORGOS, Petros; et al. Characterization and Dispersion Modeling of Odors from a Piggery Facility. *Journal of Environmental Quality*. Nov/Dec 2010. Vol. 39. N° 6, p. 1

⁴⁶ Sarkar et al., Op. cit., p. 1

⁴⁷TORRES SALVADOR, Antonio G; et al. Guía técnica para la gestión de las emisiones odoríferas generadas por las explotaciones ganaderas intensivas. [En línea] Centro de Tecnologías Limpias Ronda Isaac Peral y Caballero, Valencia – España. 2008. N° 5. [Consultado 16-8-2013]. Disponible en: <<http://www.malosolores.org/pdf/cliente/guia-tecnica-gestion-emisiones-odoriferas-ganaderas.pdf>>

⁴⁸ MILLER, D. N. y VAREL, V. H. Swine manure composition affects the biochemical origins, composition, and accumulation of odorous compounds. *Journal of Animal Science*. 2003. Vol. 81, p. 1

tipos de compuestos que producen olor son: ácidos grasos volátiles, mercaptanos, ésteres, carbonilos, aldehídos, alcoholes, amoníaco y aminas.⁴⁹

Según Chastain,⁵⁰ la intensidad del olor de estos compuestos no se combina de manera aditiva. Esto es, algunas veces la mezcla de muchos de estos compuestos puede resultar en una reducción del mismo, debido a la dilución de los que tienen olor más intenso. En otras ocasiones, la mezcla es peor que cualquiera de los compuestos individuales.

Miller y Varel,⁵¹ para identificar las fuentes de olor durante la fermentación del estiércol, añadieron sustratos (almidón, caseína, y celulosa) a suspensiones de estiércol de cerdo fresca y a productos acumulados de la fermentación anaerobia, y el consumo de sustrato se midió relativo a la no adición de sustratos. Los resultados mostraron que los ácidos grasos volátiles y alcoholes fueron los productos de fermentación dominantes en todos los tratamientos con sustratos. La concentración total de ácidos grasos volátiles del tratamiento de almidón fue mayor que para todos los otros sustratos. Los ácidos grasos volátiles de cadena ramificada y compuestos aromáticos se acumularon en todos los sustratos, pero la acumulación en la caseína fue mayor que en los demás sustratos.

Karageorgos et al.,⁵² muestran que en instalaciones porcinas, en las mediciones realizadas el 9 de Septiembre de 2008 en Creta (Grecia), se caracterizaron por valores elevados de NH_3 y sobre todo de H_2S . Esto era debido al largo tiempo de almacenamiento del estiércol en las habitaciones del sitio de estudio. La mayoría de los valores medios medidos excedieron 6 ml/m^3 . Las concentraciones de sulfuro de hidrógeno fueron bastante altas y en algunos casos llegó a ser 40 a 50 veces mayor que su valor umbral de olor ($4,7 \mu\text{L/m}^3$).

Emisiones al aire de la casa porcina en el laboratorio de campo de la universidad estatal de Carolina del Norte fueron diluidas y presentadas a una cámara de exposición ambiental por Schiffman, et al.⁵³ El estudio de diseño consistía en dos sesiones de 1 hora, una en donde 48 adultos voluntarios sanos fueron expuestos al aire porcino diluido (Niveles medios de compuestos en el aire: sulfuro de

⁴⁹CHASTAIN, John P. Calidad del Aire y Control de Olores de Instalaciones de Producción Porcina. Agricultural & Natural Resource Engineering Applications. USA, September 2007. Vol. 071, p. 1

⁵⁰ Ibid., p. 1

⁵¹ Miller y Varel, Op. cit., p. 1

⁵² Karageorgos et al., Op. cit., p. 4

⁵³ SCHIFFMAN, Susan S; et al. Symptomatic Effects of Exposure to Diluted Air Sampled from a Swine Confinement Atmosphere on Healthy Human Subjects. Environmental Health Perspectives; May 2005; Vol. 113, No. 5, p. 1

hidrogeno (24ppb), amoniaco (817ppb), partículas totales suspendidas (0.0241 mg/m³), endotoxina (7.40 unidades de endotoxina/m³) y olor (57 veces por encima del umbral de olor)) y otra en la que fueron expuestos a aire limpio (control). Mediciones objetivas de estado físico, estado de ánimo, atención y memoria fueron correlacionadas con mediciones objetivas de calidad de aire. Los resultados de este estudio indicaron que 1 hora de exposición a olores, no tiene efecto agudo sobre el estado físico, estado de ánimo, atención y memoria de los voluntarios sanos. Es decir, no hubo diferencias estadísticamente significativas en las medidas objetivas de los síntomas físicos⁵⁴.

Wing et al.⁵⁵ , durante aproximadamente 2 semanas, expusieron al aire libre durante 10 minutos dos veces al día en momentos preseleccionados a 101 voluntarios no fumadores que viven cerca de una industria porcina en 16 barrios del este de Carolina del Norte. Reportaron los niveles de olor en una escala de nuevo puntos y revisaron la asociación entre la presión arterial sistólica y diastólica y las concentraciones de olor estimadas.

Acorde a los resultados de Wing et al.,⁵⁶ la presión arterial diastólica aumentó 0,23 (0,08) mmHg por unidad de olor de cerdo reportado durante los 10 minutos al aire libre. La presión arterial sistólica aumentó 0,10 (0,12) mmHg por cada unidad de olor en la misma hora. Por otro parte concluyeron, que al igual que el ruido y otros factores de estrés ambiental repetitivos, los malos olores pueden estar asociados con aumentos agudos de la presión arterial, que podrían contribuir al desarrollo de la hipertensión crónica.

En Irlanda emisiones de olor y amoniaco fueron medidos por Hayes et al.,⁵⁷ en cuatro unidades de explotación intensiva de cerdos. Se calculó la media geométrica de las tasas de emisión de olor y amoniaco para diferentes fases (cerdas secas (no lactantes), lactantes, cochinitos destetados, finalistas). En general, las tasas de emisión de olores y de amoniaco fueron similares a los reportados en la literatura, aunque algunas cifras de tasa de emisión de olores para los cerdos finalistas (próximos a concluir la fase de producción) fueron notablemente más bajos en este estudio.

⁵⁴ Ibid., p. 3

⁵⁵ WING, Steve; AVERY HORTON, Rachel y ROSE, Kathryn M. Air Pollution from Industrial Swine Operations and Blood Pressure of Neighboring Residents. Environmental Health Perspectives January 2013 Vol. 121, No. 1, p. 1

⁵⁶ Ibid., p. 1

⁵⁷ HAYES, E.T; CURRAN, T.P. y DODD, V.A. Odour and ammonia emissions from intensive pig units in Ireland. Bioresource Technology 2006 Vol. 97 No.7, p. 1

Los procesos de compostaje también presentan problemas frente al tema de olores ofensivos. Sundberg et al.,⁵⁸ encontraron una gran variabilidad de olor en las muestras de diferentes compost, con valores que van desde 5500 hasta 2 millones ouE/m^3 . Las concentraciones de olor fueron superiores en muestras a pH bajos. Las muestras se agruparon en dos grupos significativamente diferentes, un grupo (A) con valores de pH <6,0 y concentraciones de olor superiores a 70.000 ouE/m^3 , y el otro (grupo B) con valores de pH > 6,6 y olor con concentraciones <41.000 ouE/m^3 . Los dos grupos difieren significativamente también en la concentración COVT (compuestos orgánicos volátiles totales) y ácido, con mayores concentraciones de COVT y ácido en el grupo con la concentración de olor mayor. Además, las concentraciones de nitrato diferían significativamente entre los grupos, mayores en el grupo A y concentraciones menores en el grupo B.

Así mismo, alrededor de 400 compuestos orgánicos y 94 compuestos de olor fueron identificados a partir de las muestras de aire en el proceso de compostaje. Los olores más intensos y desagradables fueron causados por p-cresol, ácidos carboxílicos (C2-C7), y algunas cetonas tales como 3-hidroxi-2-butanona, 2,3-butanodiona y 2-butanona. Terpenos (α-pineno, β-pineno, 3-careno y limoneno), que se originan a partir del aserrín, causaron los picos principales en los cromatogramas registrados de las áreas de compostaje. El uso de aserrín como material de compostaje causa elevadas concentraciones de terpenos al aire ambiente de acuerdo con Louhelainen, et al.⁵⁹

De igual manera, Louhelainen, et al.,⁶⁰ establecieron que en instalaciones de confinamiento de cerdos donde el sistema de compostaje estaba funcionando correctamente, la concentración de compuestos sulfurados, y especialmente de ácidos carboxílicos, cetonas y p-cresol, disminuyeron efectivamente. Había claramente menos aerotransporte de amoníaco y sulfuro de hidrogeno en las áreas de compostaje que funcionaban adecuadamente, que en las que no. Sin embargo, elevados niveles de sulfuro de hidrogeno se midieron durante los cambios de turno de trabajo, en las áreas de compostaje, registrando un nivel tan alto como 15 mg/m^3 para este compuesto. Todas las demás concentraciones de compuestos olorosos no excedieron los valores límites de exposición ocupacional, pero varios compuestos excedieron el respectivo umbral de concentración de olor.

⁵⁸SUNDBERG, C; et al. Effects of pH and microbial composition on odour in food waste composting. Waste Management 2013, Vol. 33, No. 1, p. 3

⁵⁹ LOUHELAINEN, Kyosti; KANGAS, Juhani; VEIJANEN, Anja y VIILOS, Pia. Effect of in situ composting on reducing offensive odors and volatile organic compounds in swineeries. American Industrial Hygiene Association Journal. Mar/Abr 2001. Vol.62, No. 2, p. 1

⁶⁰ Ibid., p. 1

Hanajima, et al.,⁶¹ encontraron que las temperaturas máximas de las muestras en el estudio del proceso de compostaje de heces porcinas alcanzaron alrededor de los 70°C. Un aumento notable de la temperatura se observó en el inicio y después de cada ciclo antes de 3 semanas (día 21), después de lo cual el aumento de la temperatura era normal y el cierre de temperatura al nivel ambiente. La intensidad de olor (OI) justo antes del cambio tendía a ser baja, pero aumentó notablemente unos días después del cambio en respuesta a la elevación de temperatura. Las concentraciones de amoníaco y compuestos de azufre también se incrementaron en grandes cantidades después de haber iniciado el ciclo. Los ácidos grasos volátiles (AGVs) registraron el valor máximo en el día 0, después de lo cual disminuye considerablemente el día 1.

La diferencia en el volumen de las masas de compost (11 ó 17 kg) no afectó el valor máximo de la intensidad del olor (OI), pero las concentraciones relativamente más altas de NH₃, H₂S, dimetil disulfuro y AGVs se observaron en la masa 17 kg. Todos los valores máximos se registraron: en la etapa inicial de compostaje (días 1-2), justo después del primer ciclo (día 8), o del segundo ciclo (día 15) a excepción de los AGVs. Alta unidad de olor (> 1000) se observó en NH₃ y todos los compuestos de azufre. Metil mercaptano registró el valor más alto de unidad de olor en cada ciclo completo de compostaje y el valor máximo observado fue de 417.267.⁶²

La SEPA⁶³, realizó mediciones en tres instalaciones, cada una con diferente sistema de compostaje: Sitio A: Sistema de compostaje en hileras abierta (residuos verdes); Sitio B: Vertical, sistema de compostaje de flujo continuo jaula silo (subproductos de desecho animal); Sitio C: Sistema de compostaje de aislamiento térmico en vasos (residuos sólidos urbanos). La toma de muestras de olor se llevó a cabo en las tres plantas de compostaje durante el verano, ya que se estima que las concentraciones de olores serían más altas durante las condiciones cálidas.

Los resultados del muestreo de olores, mostró que las mayores emisiones de olores eran de los subproductos de animales (sitio B). Resultado esperado debido a la naturaleza de la materia prima. El sistema del sitio C presento las segundas

⁶¹ HANAJIMA, Dai; et al. Key odor components responsible for the impact on olfactory sense during swine feces composting. *Bioresource Technology*. 2010. Vol. 101, p. 2

⁶² Ibid., p. 2

⁶³ SCOTTISH ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY (SEPA). Measurement and Modelling of Emissions from Three Composting Sites. Final Report Project UKPIR 12. May 2007. [Consultado 06-01-2014] Disponible en: < <http://www.sepa.org.uk>>

concentraciones de olor más altas. El sitio de residuos verdes, presento medidas bajas en las concentraciones de olor.⁶⁴

La práctica de la ganadería intensiva y los problemas asociados con el tratamiento y eliminación de residuos han aumentado la conciencia pública de los malos olores agrícolas como contaminantes ambientales. Estos olores pueden ser liberados de los sistemas de ventilación de los edificios, sistemas de tratamiento de residuos y almacenamiento de purines de las explotaciones ganaderas. Por otra parte, los malos olores que emanan de la difusión de estiércol y biosólidos, como fertilizantes, en tierras agrícolas son una fuente creciente de la contaminación del ambiente. Rappert y Müller⁶⁵.

Los olores provenientes de ganadería están estrechamente correlacionadas con concentraciones en el aire de compuestos orgánicos volátiles (COV), que son una mezcla compleja de carbono, azufre, y compuestos que contienen nitrógeno producidos principalmente durante la fermentación anaeróbica incompleta de estiércol animal por microorganismos de acuerdo con Miller y Varell⁶⁶.

Ubeda, et al.,⁶⁷ realizaron estudios en una granja lechera con digestión anaerobia utilizando tres técnicas diferentes de medición para cuantificación de olores: olfatometría dinámica y de campo y el método de equipo olfateador (sniffers). Las emisiones de olor de todos los puntos fueron medidas por duplicado mediante olfatometría dinámica, bajo dos condiciones de medición diferentes: en condiciones normales y después de agitar las fuentes de olor. Donde la tasa de emisión de olor superior correspondió a los residuos sólidos y liquido de agricultura utilizados en los procesos de digestión.

En la investigación ejecutada por Miller y Varell,⁶⁸ realizaron análisis en suspensiones frescas (< 24h) y envejecidas (> 1d) de estiércol de ganado proveniente de la fermentación anaerobia de productos y el consumo de sustratos. Los resultados muestran que la acumulación de compuestos olorosos y productos de fermentación difería entre estiércol fresco y muestras envejecidas pero estaba dominado por ácidos grasos volátiles y producción de alcohol. Etanol, acetato,

⁶⁴ Ibid., p. 15

⁶⁵RAPPERT, S. y MÜLLER, R. Odor compounds in waste gas emissions from agricultural operations and food industries. Waste Management. 2005. Vol. 25, p. 4

⁶⁶ MILLER, D. N. y VARELL, V. H. In vitro study of the biochemical origin and production limits of odorous compounds in cattle feedlots. Journal of Animal Science. 2001. Vol. 79, p. 2

⁶⁷UBEDA, Y; et al. Odour evaluation of a dairy farm with anaerobic digestion. Chemical Engineering Transactions. 2010. Vol. 23, p. 1

⁶⁸ Ibid., p. 2

propionato, butirato, lactato, y H_2 fueron los principales productos de fermentación. Así mismo, a partir de la adición de sustratos a las muestras (almidón, caseína y sustrato de celulosa) confirmaron que la generación de compuestos de olor se da principalmente por la fermentación de almidón en lugar de proteína y otro carbohidrato⁶⁹.

Muestras de aire provenientes de ganadería fueron analizadas en paralelo utilizando la tradicional TD-GC-MS (Desorción termina-cromatografía de gases - espectrometría de masas) y SIFT-MS (flujo en tubo de iones seleccionados-espectrometría de masas) por Van Huffel et al.,⁷⁰ en muestras de 4 instalaciones ganaderas diferentes, 23 compuestos olorosos fueron detectados y cuantificados basados en TD-GC-MS, incluyendo ácidos orgánicos, compuestos de azufre y fenoles.

Van Huffel et al.,⁷¹ encontraron diferencias significativas entre la concentración de establos de cerdo y granjas avícolas. El compuesto más abundante en todas las muestras es el ácido etanoico, alcanzando más del 40% en base a la masa de la concentración total. Otro compuesto dominante es el ácido propanoico y ácido butanoico para establos de cerdos, 2-butanona y fenol para los pollos de engorde y dimetil sulfuro (DMS) y dimetil disulfuro (DMDS) para las gallinas ponedoras.

Sin embargo, en ciertas ocasiones la medición y análisis de olores ofensivos en procesos de explotación ganadera resulta difícil debido a la mala comprensión del problema y al conocimiento limitado de estos. Por tal motivo a través de investigaciones se han desarrollado algunos sistemas para el análisis de estos olores; muestra de ello es el sistema de inferencia neuro-difuso con enfoque adaptativo planteado por Pan y Yang⁷², el cual fue probado con una base de datos de olores de explotación ganadera demostrando la eficacia y la predicción precisa del olor comparado con una red neuronal típica anticipativa de múltiples capas.

⁶⁹ MILLER, D. N. y VAREL, V. H. An in vitro study of manure composition on the biochemical origins, composition, and accumulation of odorous compounds in cattle feedlots. *Journal of Animal Science*. 2002. Vol. 80, p. 2

⁷⁰VAN HUFFEL Katrijn, HEYNDERICKX Philippe M., DEWULF Jo, VAN LANGENHOVE Herman. Measurement of Odorants in Livestock Buildings: SIFT-MS and TD-GC-MS. *Chemical Engineering Transactions*. 2012. Vol. 30, p. 1

⁷¹ Ibid., p. 3

⁷²PAN, Leilei y YANG Simon X. Analysing livestock farm odour using an adaptive neuro-fuzzy approach. *Biosystems Engineering*. 2007 Vol. 97, p. 1

Además de este sistema neuro-difuso, Pan y Yang,⁷³ desarrollaron un nuevo sistema de nariz electrónica inteligente para medición y análisis de olores provenientes de granjas ganaderas y de aves de corral. El cual puede ser utilizado tanto en laboratorio, como en campo. Así mismo, se llevaron a cabo experimentos en campo a sotavento de 14 establos ganaderos y granjas avícolas. Los resultados experimentales, mostraron que las fuertes predicciones de olor de la nariz electrónica logro una mayor consistencia en comparación con la intensidad de olor percibido por panelistas humanos.

Otro sistema implementado para el monitoreo de olor, es el descrito por Haas, et al.,⁷⁴ en su estudio “*A method for online measurement of odour with a chemosensor system*” (Sistema electrónico de medición de olor [OdourVector]), el cual fue instalado en la salida de un filtro de carbón vegetal, en una planta de incineración de residuos durante un periodo de prueba de tres meses, en el cual el sistema tomo muestras de forma continua, midiendo y calculando las líneas de olor. El método de medición de olores demostró la eficiencia en la detección de avances de filtros por medio del uso de un sistema de sensor químico (Sistema OdourVector).

Muestras de aire oloroso colectados de varias fuentes fueron presentados a un olfatómetro, una nariz electrónica, un detector de sulfuro de hidrogeno y un detector de amoniaco por Qu, et al.,⁷⁵ Las mediciones de olfatometría fueron utilizados como los valores esperados mientras que los valores de mediciones de los otros instrumentación se convirtieron en variables de entrada para el desarrollo de un sensor integrado par medición de olor.

De acuerdo con Qu, et al.,⁷⁶ la nariz electrónica o el detector de H₂S pueden predecir de forma individual las mediciones de concentración de olor con una precisión similar ($R^2 = 0,46$ y $0,50$, respectivamente). Aunque el detector de NH₃ por sí solo tiene una relación muy mala con las mediciones de concentración de olor, la combinación de los detectores de H₂S y NH₃ pueden predecir las concentraciones de olores con mayor precisión ($R^2 = 0,58$) que cualquiera de los instrumentos. Los datos de la integración de la nariz electrónica, y los detectores de H₂S y NH₃, producen la mejor predicción de las concentraciones de olor ($R^2 =$

⁷³ PAN, Leilei y YANG Simon X. A new intelligent electronic nose system for measuring and analysing livestock and poultry farm odours. Environ Monit Assess. 2007 Vol. 135, p. 1

⁷⁴ HAAS, Torsten; et al. A method for online measurement of odour with a chemosensor system. Sensors and Actuators B. 2008 Vol. 132, p. 1

⁷⁵ QU, Guoliang; et al. Development of an integrated sensor to measure odors. Environmental Monitoring and Assessment Sep. 2008 Vol. 144, No. 1-3, p. 1

⁷⁶ Ibid., p. 1

0,75). Con esta precisión, las mediciones de concentración de olor pueden ser representados con confianza mediante la integración de una nariz electrónica, detectores de H₂S y NH₃.

Por otro lado, en cuanto a la temática relacionada al manejo y tratamiento de las aguas residuales, uno de los problemas más importantes o tal vez el más importante relacionado con el rechazo de la población a la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales es la generación de olores⁷⁷. Los olores en las plantas de tratamiento de aguas residuales se generan principalmente por la degradación biológica de los constituyentes de las aguas residuales domésticas y están particularmente asociados con la actividad microbiana anaeróbica,⁷⁸ con la generación y tratamiento de residuos sólidos como el lodo biológico o químico así como con el manejo del agua residual misma⁷⁹.

Adicionalmente los olores pueden surgir directa o indirectamente de las aguas residuales industriales o de otras descargas al alcantarillado. Componentes olorosos, tales como disolventes, derivados del petróleo y otros compuestos orgánicos volátiles contribuyen directamente a un problema de olor.⁸⁰

Según Morgan et al.,⁸¹ uno de los compuestos que contribuye en gran medida a la generación de malos olores es el sulfuro de hidrógeno (H₂S) que es un producto natural de la descomposición anaerobia de la materia orgánica, muy frecuentemente encontrado en drenajes y en plantas de tratamiento de aguas residuales y de lodos de desecho; así como también el amoniaco, ácido acético, láctico y butírico, el índole, skatole, fenoles, mercaptanos y aminas como la cadaverina y putrescina.

Emisiones de compuestos reducidos de azufre (RSCs) del clarificador primario y secundario en una fábrica de papel kraft fueron medidos por 8 y 22 días respectivamente utilizando una cámara de flujo flotante por Catalan, et al.⁸² En el

⁷⁷ MORGAN SAGASTUME, Juan Manuel; REVAH MOISEEV, Sergio y NOYOLA ROBLES, Adalberto. Malos olores en plantas de tratamiento de aguas residuales: Su control a través de procesos biotecnológicos. [En línea. Consultado 29-12-2013]. Disponible en: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/mexicon/R-0032.pdf>>

⁷⁸ GOSTELOWM, P; PARSONS, S.A. y STUETZM, R.M. Odour measurements for sewage treatment works. *Water Research* 2001 Vol. 35, No. 3, p. 3

⁷⁹ Morgan et al., Op. cit., p. 1

⁸⁰ Gostelown et al., Op. cit., p. 3

⁸¹ Morgan et al., Op. cit., p. 1

⁸² CATALAN, Lionel; et al. Emissions of Reduced Sulphur Compounds from the Surface of Primary and Secondary Wastewater Clarifiers at a Kraft Mill. *Environ Monit Assess* 2009 Vol. 156 No.1-4, p. 1

clarificador primario, dimetil disulfuro tuvo el flujo medio más alto entre todos los RSCs ($0.83 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), y el flujo medio de azufre reducido total fue de $1.53 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. En el clarificador secundario, el flujo medio de azufre reducido total fue de $0.025 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, con un flujo medio de dimetil sulfuro de $0.024 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Jeon et al.,⁸³ investigaron las emisiones características de seis compuestos olorosos de una planta de tratamiento de aguas residuales en Sun-Cheon, Corea del Sur. Los compuestos olorosos específicos seleccionados fueron sulfuro de hidrógeno, metil mercaptano, dimetil sulfuro, dimetil disulfuro, amoníaco, y trimetilamina. Se analizaron muestras de aire del sedimentador primario, del tanque de aireación y del sedimentador secundario y la cantidad total de los compuestos olorosos seleccionados emitidos por tonelada de agua residual fue de $1344 \mu\text{g}/\text{m}^3$. También se observó en este estudio que la contribución a la intensidad de olor dominante fue causada por el dimetil disulfuro (69,1%).

Los resultados de las mediciones de la concentración de olor en diferentes plantas de tratamiento de aguas residuales se utilizan por Capelli, et al.,⁸⁴ con el fin de estimar los factores de emisión de olores relacionados con las fuentes de olor individuales. Siendo la fuente principal de olor en una planta de tratamiento de aguas residuales la sedimentación primaria con un factor de emisión de olor igual a $1.9 \times 10^5 \text{ ouE m}^{-3}$. En general, los factores de emisión de olor más altos, se observan en correspondencia de los primeros pasos del ciclo de la depuración de aguas residuales (Factores de emisión de olor entre $1,1 \times 10^4 \text{ ouE m}^{-3}$ y $1,9 \times 10^5 \text{ ouE m}^{-3}$) y tendían a disminuir a lo largo del proceso de depuración (Factores de emisión de olor entre $7,4 \times 10^3 \text{ ouE m}^{-3}$ y $4,3 \times 10^4 \text{ ouE m}^{-3}$).

Así mismo, Sirioni, et al.,⁸⁵ realizaron los cálculos de factores de emisión de olor para 40 plantas italianas de tratamiento mecánico y biológico de residuos a partir de los resultados de las mediciones de la concentración de olor. Donde los resultados mostraron que la principal fuente de olor en una planta de tratamiento mecánico y biológico de residuos, está representado por el tratamiento biológico aerobio, con un factor de emisión de olor $1.40 \times 10^8 \text{ ouE t}^{-1}$.

⁸³ JEON, Eui-Chan; SON, Hyun-Keun y SA; Jae-Hwan. Emission Characteristics and Factors of Selected Odorous Compounds at a Wastewater Treatment Plant. Sensors 2009 Vol. 9 No.1, p. 1

⁸⁴ CAPELLI, Laura; et al. Predicting Odour Emissions from Wastewater Treatment Plants by Means of Odour Emission Factors. Water Research 2009 Vol. 43, No. 7, p. 1

⁸⁵ SIRONI, Selena; et al. Odour emission factors for the prediction of odour emissions from plants for the mechanical and biological treatment of MSW. Atmospheric Environment 2006 Vol. 40 No. 39, p. 1

Romain et al.,⁸⁶ llevaron a cabo estudio con el objetivo de estimar el factor de emisión de olor en unidades de engorde de cerdo. Mediciones por olfatometría dinámica llevadas a cabo en diferentes etapas de desarrollo de los cerdos mostraron una tendencia lógica de la medida del factor de emisión evaluado con la masa de los cerdos. Para ser capaz de monitorear continuamente la variación diaria del olor, fue utilizada una nariz electrónica con el modelo de regresión adecuado calibrado frente a mediciones de olfatometría. Se demostró que, en condiciones controladas de los corrales experimentales, la variación diaria de la tasa de emisión de olor podría atribuirse principalmente a la única influencia del ritmo circadiano del cerdo.

Deng, et al.,⁸⁷ investigaron en procesos llevados a cabo a escala piloto en laboratorio, las emisiones características de compuestos volátiles durante el proceso de secado de lodos de aguas residuales municipales y lodos de fabricación de papel. El resultado indico que cinco compuestos volátiles fueron emitidos durante el proceso de secado (CO_2 , NH_3 , C_7H_{16} (n-heptano), AGVs (ácidos grasos volátiles) y CH_4). Se encontró que el NH_3 y CO_2 fueron los compuestos principales liberados del proceso de secado de lodos de aguas residuales municipales. En el caso de los lodos de fabricación de papel, los AGVs y CO_2 fueron los principales compuestos liberados. Adicionalmente, en el estudio se encontró que la temperatura y la cantidad de agua de los lodos tienen grandes efectos en las tasas de emisión de los compuestos.

Sucker, et al.,⁸⁸ realizaron estudios de campo pertinentes con el fin de estudiar la modificación hedónica-inducida a asociaciones dosis-respuesta de molestias de olor en una comunidad. Rejillas con puntos de observación equidistantes se localizaron alrededor de seis fuentes industriales de olor, dos con olor agradable (dulces, panadería bizcocho), dos con olor neutro (producción textil, producción de aceite de semilla), y dos con emisión de olores desagradables (refinería de grasa, producción de hierro fundido).

Relacionados con la exposición a la información de los observadores en campo en cuanto a la frecuencia, la intensidad (escala de seis puntos) y el tono hedónico (escala de nueve puntos), Sucker et al.,⁸⁹ la comparan con la información de

⁸⁶ ROMAIN, Anne-Claude; et al. Continuous odour measurement from fattening pig units. Atmospheric Environment 2013 Vol. 77, p. 1

⁸⁷ DENG, Wen-Yi; et al. Emission Characteristics of Volatile Compounds during Sludges Drying Process. Journal of Hazardous Materials 2009 Vol. 162 No. 1, p. 1

⁸⁸ SUCKER, Kirsten; et al. Odor frequency and odor annoyance. Part I: assessment of frequency, intensity and hedonic tone of environmental odors in the field. Int Arch Occup Environ Health 2008 Vol. 81, p. 1

⁸⁹ Ibid., p. 1

1456 residentes que utilizan las mismas escalas de calificación. Los resultados muestran que los residentes evaluaron los olores industriales más intensos y desagradables que los panelistas. Por otra parte para los residentes solo se encontraron relaciones negativas entre la intensidad del olor y el tono hedónico, mientras que para los observares el olor agradable si hizo más agradable con intensidad creciente. En lugar de tres clases de olores industriales, las respuestas permiten solo para dos clases, agradable y no agradable, el último también abarca la categoría neutro.

Blanes-Vidal, et al.⁹⁰, investigaron la asociación entre la variación regional y temporal de las concentraciones de amoníaco (NH_3) en cinco regiones Danesas no urbanas y las molestias ambientales por olor percibido por los residentes locales. Alrededor del 45% de los encuestados se siente molesto por la contaminación de olores en sus zonas residenciales. El olor percibido por los encuestados se caracterizó como el olor de desperdicios animales.

El modelo sigmoide de exposición-molestia aplicado por Blanes-Vidal, et al.,⁹¹ mostró que la prevalencia de la molestia por olores se asoció significativamente con las concentraciones de NH_3 (medidos y estimados) en las estaciones de monitoreo de calidad del aire local ($p < 0.01$, $R^2 = 0.99$ y $p < 0.05$, $R^2 = 0,93$; respectivamente). Los errores de predicción estaban por debajo de 5,1% y 20% respectivamente. El patrón estacional de la percepción del olor se asocia con la variación estacional de las concentraciones de NH_3 ($p < 0,001$, R^2 ajustado = 0,68). Los resultados sugieren que los niveles de NH_3 atmosféricos en las estaciones locales de calidad del aire podrían ser utilizados como indicadores de la prevalencia de la molestia por olores en las comunidades residenciales no urbanas.

Kistler, et al.,⁹² en su estudio realizado en Europa central nos muestran los umbrales de olor promedio de los procesos de combustión completa de emisiones de sustancias olorosas para diversos tipos de madera, que derivan información sobre el potencial de molestia por olor de leña en las comunidades. Por ejemplo los umbrales de olor para briquetas, troncos de madera y biomasa de jardín en un rango de combustión están entre 536 y 18.963 Ou/m^3 .

⁹⁰ BLANES-VIDAL, Victoria; et al. Perceived annoyance from environmental odors and association with atmospheric ammonia levels in non-urban residential communities: a cross-sectional study. *Environmental Health* 2012, 11:27, p. 1

⁹¹ Ibid., p. 1

⁹² KISTLER, Magdalena; et al. Odor, gaseous and PM10 emissions from small scale combustion of wood types indigenous to Central Europe. *Atmospheric Environment*. 2012. Vol. 51, p. 6

La concentración más alta de olor se observó por la quema de hojas secas. El resultado difiere fuertemente (un orden de magnitud) del humo de madera. El máximo umbral de olor de humo de madera (5217 Ou/m³) se observó en el humo de abeto, el más bajo de 536 Ou/m³ para el humo de carpe. El umbral de olor promedio de humo de madera dura (2087 Ou/m³) es menor que la del humo de madera blanda (3036 Ou/m³), si bien entre ambos grupos de combustible hay especies de alta y baja emisión.

En la combustión de carbono de leña para barbacoa se produce una serie de compuestos generadores de olores ofensivos como los compuestos orgánicos volátiles (COV), compuestos reducidos de azufre (RSC), carbonilos, y el amoníaco medidos a lo largo de varios contaminantes de referencia (como el benceno, CS₂, SO₂, CO, hidrocarburos totales y (THC)), producidos por cinco países diferentes (Corea, China, Indonesia, Malasia y EE.UU.). Aunque las concentraciones de las emisiones de la mayoría de los olores eran por lo general por debajo del límite de referencia fijado por la ley de prevención de malos olores en Corea, la concentración media de algunos aldehídos, acetaldehído y amoníaco, superando esas directrices⁹³.

Como tal, los aldehídos fueron el odorante más dominante de la combustión de carbón seguido de COV y amoníaco. Si los niveles de olor de los productos de carbón se comparan, existen grandes distinciones entre los productos de diferentes países. Si la comparación se realiza utilizando el concepto de la suma de la intensidad del olor (SOI), la magnitud de SOI para los productos de carbón de los cinco países diferentes variaban en el orden de 4,30 (Corea), 3,10 (Indonesia), 2,97 (China), 2,76 (Malasia) y 2,76 (EE.UU.).

En Corea, las técnicas de mediciones de olores se han aplicado a una variedad de campos de industrias desde principios de 1990. Entre las principales aplicaciones de la medición de olor en la industria según Yang⁹⁴ se destacan: En la industria de alimentos, evaluación de la frescura, control de calidad de alimentos y bebidas; en la industria química, monitoreo de calidad de productos sintéticos; en instalaciones de reducción de olor, chequeo de la eficiencia de las instalaciones de desodorización; entre otras aplicaciones como en desodorantes, para medir la eficiencia desodorizante; en filtros de aire, para medir la eficiencia de desodorización de filtros de aire; en aires acondicionados, mediciones de los malos olores de estos; en refrigeradores, sistemas de desodorización de olores en

⁹³RAHMAN, Mahmudur y KIM, Ki-Hyun. Release of offensive odorants from the combustion of barbecue charcoals. Journal of Hazardous Materials. 2012. Vols. 215– 216, p. 1

⁹⁴YANG, Sung-Bong. Applications of odour measurements in Korea. [En línea] School of Chemistry and Biological Sciences, University of Ulsan. [Consultado 30-12-2013] Disponible en: <http://www.env.go.jp/en/air/odor/eastasia_ws/2-1-2.pdf>

refrigeradores; aspiradoras, tratamiento para el mal olor del aire de escape, entre otras aplicaciones.

En Yeosu (Corea), Gyu Seo, et al.,⁹⁵ realizaron investigación donde la suma de las concentraciones medias de todas las sustancias odorantes en las instalaciones de pesca principales y en las zonas fronterizas eran 1085 ppb y 88 ppb, respectivamente. En complejos industriales de pesca las concentraciones medias de sustancias odoríferas encontradas van en el orden de amoniaco NH_3 (638 ppb), sulfuro de hidrogeno H_2S (291 ppb), metil mercaptano CH_3SH (123 ppb), trimetilamina TMA (20.6 ppb), dimetil disulfuro DMDS (7.71 ppb), y dimetil sulfuro DMS (5.25 ppb).

Por otra parte, en las zonas fronterizas las concentraciones medias de sustancias odoríferas eran amoniaco NH_3 (85,3 ppb), trimetilamina TMA (1,75 ppb), sulfuro de hidrogeno H_2S (0,25 ppb), metil mercaptano CH_3SH (0,18 ppb), dimetil sulfuro DMS (0,07 ppb), y dimetil disulfuro DMDS (0,06 ppb). En las instalaciones pesqueras más importantes, las concentraciones medias de H_2S , CH_3SH y TMA superaron ampliamente las directrices de emisión de odorantes (OEG) aplicado a una zona industrial. La concentración media de CH_3SH , en particular, excedió la OEG por 30 veces y la concentración máxima incluso casi por 700 veces. Estos niveles de emisión llevarían a riesgos de salud para las personas que trabajan o viven allí.

Schiffman. et al.,⁹⁶ identificaron en Carolina de Norte un total de 331 compuestos orgánicos volátiles diferentes y gases fijos de las instalaciones porcinas por cromatografía de gases y espectrometría de masas. Fueron diversos los compuestos encontrados e incluyen muchos ácidos, alcoholes, aldehídos, amidas, aminas, compuestos aromáticos, ésteres, éteres, gases fijos, hidrocarburos halogenados, hidrocarburos, cetonas, nitrilos, otros compuestos nitrogenados, fenoles, compuestos que contienen azufre, esteroides, y otros compuestos. La gran mayoría de estos compuestos estaban presentes en concentraciones por debajo de los umbrales de olor y de irritación. Sin embargo, las evaluaciones humanas, indicaron que los olores (y sensaciones irritantes) en las inmediaciones de las casas de los cerdos (e incluso a distancias más allá de 1000 pies) eran fuertes.

A nivel de Suramérica se pueden señalar mediciones de olores ofensivos realizadas en Chile por parte de la empresa de mediciones ambientales

⁹⁵GYU SEO, Seong; et al. Measurements of key offensive odorants in a fishery industrial complex in Korea. Atmospheric Environment. 2011. Vol. 45, p. 1

⁹⁶ SCHIFFMAN, Susan S; BENNETT; Jeanette L. y RAYMER, James H. Quantification of odors and odorants from swine operations in North Carolina. Agricultural and Forest Meteorology 2001 Vol. 108, p. 1

ECOMETRIKA por medio de diferentes metodologías, entre las que se pueden mencionar los paneles de olor, mapa de olor y análisis en laboratorio de muestras de compostaje. En un orden cronológico se pueden citar las siguientes mediciones realizadas:

(1) Noviembre de 2006; Pesquera Pacific Star S. A.⁹⁷ donde se determina la línea base de olor en sectores externos y cercanos a la zona donde opera la planta elaboradora de harina y aceites de salmón, con el objetivo principal de realizar una medición de olores previo a la expansión de la planta.

(2) Marzo 2008; Frigorífico O'Higgins S.A.⁹⁸ especializado en la producción, elaboración y comercialización de carne de vacuno y cerdo, donde se midieron los olores emitidos al aire ambiente, para obtener un levantamiento y diagnóstico respecto de notas de olor (episodios de emisión de olor) que pudieran ser percibidas en la zona y producir una perturbación de la calidad de vida de los habitantes que viven en zonas cercanas.

(3) Octubre 2008; Cooperativa Agrícola Pisquera Elqui Ltda. Mediciones realizadas en la planta Agroindustrial Pitaqui, con el propósito de realizar un diagnóstico para evaluar si los olores atribuibles a una zona de solarización modificada (fase meso-térmica y termófila de un sistema de tratamiento de residuos industriales líquidos) eran percibidos en sectores externos al terreno de emplazamiento de la misma y donde los registros de las mediciones indicaron que no se percibieron notas atribuibles (episodios específicos de emisión de olor) al proceso de solarización modificada en receptores sensibles en la zona en ninguno de los horarios de medición establecidos por los investigadores⁹⁹. (Nota: Los resultados de estos monitoreos mostrados en tablas y gráficas se omiten por ser extensos y pueden ser consultados en los respectivos reportes).

Un aspecto no menos importante utilizado en la predicción ya análisis de olores son los modelos matemáticos utilizados para determinar la dispersión de olores ofensivos a partir de varias actividades sobre una zona o población específica. Muestra de la utilización de estos modelos se puede notar en el estudio de

⁹⁷ECOMETRIKA. Reporte: Medición de olores al ambiente Planta los Glaciares. Puerto Montt. Noviembre 2006. [Consultado 13-09-2013]. Disponible en: <http://www.e-seia.cl/archivos/Anexo_III_f_Informe_Olores_Los_Glaciares.pdf>.

⁹⁸ECOMETRIKA. Reporte: Medición de olor al aire ambientes. FRIOSA. Marzo 2008. [Consultado 13-09-2013]. Disponible: <http://www.e-seia.cl/archivos/Anexo_4_Reporte_Mapa_Olores.pdf>.

⁹⁹ ECOMETRIKA. Reporte: Medición de olor-Planta Agroindustrial Pitaqui. Octubre 2008. [Consultado 13-09-2013]. Disponible: <http://www.e-seia.cl/archivos/ANEXO_XIV.pdf>.

Schiffman, et al.,¹⁰⁰ “*Eulerian-Lagrangian model for predicting odor dispersion using instrumental and human measurements*”; en el cual un modelo Euleriano-Lagrangiano fue utilizado para predecir la trayectoria y la distribución espacial de olores y odorantes a sotavento de una instalación industrial con múltiples fuentes de emisiones de olores.

Yu, et al.,¹⁰¹ desarrollaron un modelo de dispersión de olor ganadero (olor proveniente de explotaciones ganaderas), para predecir la concentración y frecuencia de olor usando una rutina horaria para la entrada de datos meteorológicos. La concentración de olor predicha por el modelo fue comparada con los resultados obtenidos por otro modelo comercial para su evaluación apropiada. De igual forma, se utilizaron dos sets de datos de pluma de olor medidos en campo para validar el modelo. Las concentraciones medias de olor y frecuencia predichas por el modelo fueron comparadas con las medidas y los resultados muestran que este modelo tiene un buen rendimiento para la predicción de concentraciones y las frecuencias de olor.

Barrera¹⁰², aplicó el modelo gaussiano de dispersión atmosférica ISC AERMOD para la simulación de olores, en base a las unidades de olor europeas definidas en la Norma Europea EN 13725:2003, a fin de evaluar eventos de olores en comunidades cercanas a la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas La Farfana (Santiago, Chile), realizando también cuantificación de las tasas de emisiones de olor por medio de olfatometría dinámica.

En los resultados presentados por Barrera,¹⁰³ las mayores tasas de emisión se presentan en las unidades de tratamiento de aguas con mayor superficie. El Estanque Aeróbico es el que aporta la mayor cantidad de unidades de olor con una emisión de 1400 millones de unidades de olor por hora (OU/h), consta de una superficie unitaria de 2005 m² y una superficie total de 32080 m² (16 fuentes). La segunda máxima son los Clarificadores Primarios con emisiones de 780 millones de OU/hr y una superficie total de 21152 m² (16 fuentes). Estos resultados de la modelación, se compararon con los resultados de mediciones en terreno de tipo sensorial (paneles de olor y monitoreo continuo). Estas simulaciones concordaron

¹⁰⁰SCHIFFMAN, S.S; et al. Eulerian-Lagrangian model for predicting odor dispersion using instrumental and human measurements. *Sensors and Actuators B*. 2005 Vol. 106, p. 1

¹⁰¹ YU, Zimu; GUO, Huiqing y LAGUË, Claude. Development of a Livestock Odor Dispersion Model: Part II. Evaluation and Validation. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 2001 Vol. 61, p. 1

¹⁰² BARRERA CURIHUENTRO, Maritza Carolina. Aplicación del modelo ISC- AERMOD para la estimación de dispersión de olores. caso estudio: planta de tratamiento de aguas servidas la Farfana. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Santiago, Chile 2010. [Consultado 01-01-2014] Disponible en: <<http://www.tesis.uchile.cl/handle/2250/112443>>

¹⁰³ Ibid., p. 65

con ambas mediciones en terreno, generando mapas de olores entre las concentraciones de olores y los principales puntos receptores.

Sin embargo, aunque los modelos de dispersión de la contaminación odorífera, representen una manera factible para la predicción de las concentraciones de olor, y que además de ello la realización de modelos debe ir acompañada de mediciones en campo para la validación de estos, el campo de la modelación no es el tema principal de esta investigación, ya que esta se direcciona a la medición por olfatometría con ayuda del olfatómetro de campo Nasal Ranger.

La olfatometría dinámica de campo con el Nasal Ranger se inicia en USA en 2003 y en España en 2004, casi en paralelo a la norma europea UNE 13725 y representa un cambio fundamental en la medición de olores, aunque en algunos países para el año 2002 ya se realizaban mediciones con el asesor humano Nasal Ranger. Esta nueva metodología permite distinguir entre los conceptos de detección de olores y molestia de olores, es decir, que si una actividad provoca puntualmente algún episodio de olor se puede evaluar cuantitativamente si constituye una molestia midiendo en inmisión la frecuencia, la intensidad y la duración para cada tipo de mal olor identificado y considerando también su carácter ofensivo.¹⁰⁴

Datos de olor fueron colectados en 4 granjas de cerdos para determinar la relación entre la intensidad del olor evaluada por asesores humanos entrenados (Nasal Ranger) y concentración medida con olfatometría. La intensidad de olor se midió por dos o más Nasal Ranger usando la escala de referencia 8-punto n-butanol en el campo, así como en el laboratorio para muestras de olor colectadas en bolsas Tedlar.¹⁰⁵

En su resultados Zhang, et al.,¹⁰⁶ encontraron que la intensidad del olor de campo no se correlacionó bien con la concentración de olor medida con olfatómetros. Esto debido a que en el campo la intensidad de olor evaluada con el Nasal Ranger representó en nivel instantáneo de olor en un momento determinado durante la toma de muestras. Mientras la concentración de olor medido con olfatómetros representó el nivel de olor promedio durante todo el periodo de muestro. Por otra parte, realizaron mediciones de intensidad de olor con Nasal Ranger a las muestras tomadas en las bolsas Tedlar (mediciones en laboratorio), demostrando una buena correlación entre la intensidad y la concentración del olor, la cual se

¹⁰⁴ CID MONTAÑÉS, Op. cit., p. 2

¹⁰⁵ ZHANG, Q; et al. Correlation between odour intensity assessed by human assessors and odour concentration measured with olfactometers. Canadian Biosystems Engineering 2002, Vol. 44, p. 1

¹⁰⁶ Ibid., p. 1

podría predecir adecuadamente por dos modelos de uso común - el modelo de Weber-Fechner y el modelo de Stevens.

Pan et al.,¹⁰⁷ realizaron en el sur de Ontario mediciones con el olfatómetro de campo Nasal Ranger y una nariz electrónica a sotavento en un periodo de 7 semanas entre julio y agosto de 2004 en dos granjas de aves de corral, seis granjas lecheras y seis granjas de cerdos. Los datos recolectados fueron estudiados analizando la relación entre factores individuales y la intensidad en la dirección del viento, así como también fue investigada y calificada la importancia de cada uno de los factores.

Los resultados obtenidos por Pan, et al.,¹⁰⁸ muestran que el olfatómetro de campo Nasal Ranger, es eficiente en la medición de olores en la explotación ganadera y que puede proporcionar resultados de medición consistentes y precisos. Por otra parte, mediante el análisis de los datos recogidos, se demostró que la intensidad del olor del ganado se ve afectada por diversos factores, tales como la distancia a la fuente y la temperatura del aire. Por lo tanto, para una medición satisfactoria se requiere un análisis con múltiples componentes y múltiples factores. Acorde con la calificación de los factores de intensidad del olor, se demostró con los resultados que esta calificación puede mejorar la comprensión de los sistemas de olor y mejorar la eficiencia de las técnicas de evaluación de olores.

Los monitoreos de un estudio realizado en el Reino Unido por medio de esta metodología, detectaron 50.160 lecturas de olor entre abril de 2007 y diciembre de 2009, donde 2.595 de ellas eran olor del estiércol. Hubo 189 casos en los que los monitores identificaron el olor como estiércol de "vaca", lo que podría atribuirse al ganado pastando en residencias cercanas, y el resto de los informes de olor del estiércol se atribuyeron a estiércol de cerdo (n = 2406).¹⁰⁹

Sólo había una lectura de olor en 2007 por encima del valor normal, no fue a partir de estiércol de cerdo. Había 93 y 807 eventos de olor en 2008 y 2009, respectivamente. El mayor número de observaciones de olores en 2008 se atribuyeron a un ciervo muerto al lado de la estación de muestreo; el mayor número durante el año 2009 se atribuyó al humo de una estufa de leña cerca del lugar de muestreo.

¹⁰⁷ PAN, L; YANG, S.X. y DEBRUYN, J. Factor Analysis of Downwind Odours from Livestock Farms. Biosystems Engineering 2007 Vol. 96 No.3, p. 1

¹⁰⁸ Ibid., p. 10

¹⁰⁹DALTON, Pamela; et al. A Multi-Year Field Olfactometry Study Near a Concentrated Animal Feeding Operation. Journal of the Air & Waste Management Association. United Kingdom, Dec 2011. N°61, p. 6

Brandt, et al¹¹⁰, realizaron una investigación para evaluar las emisiones de olores asociados con las diversas tecnologías que incorporan el estiércol con una mínima alteración del suelo. El olfatómetro de campo Nasal Ranger se utilizó como instrumento para recolectar las observaciones de dilución hasta el umbral (D/T) usando un panel de cuatro asesores tomando cuatro lecturas, cada una durante un periodo de 10 minutos. La mejor estimación de umbral D/T se calculó para cada método de aplicación y un control sin tratar.

De acuerdo a la mejor estimación de umbral realizada por Brandt, et al.,¹¹¹ con el olfatómetro Nasal Ranger para todos los tiempos de medición planteados, mostro que la D/T disminuyo en el orden de: emisión de superficie> infiltración aireación> superficie + incorporación cincel > inyección directa de tierra ≈ inyección disco superficial> control. En 24 horas, los beneficios de reducción de olor relativos a la radiodifusión persistieron para todos los métodos, excepto infiltración aireación, y los olores asociados con la inyección directa de tierra no fueron diferentes de los controles no tratados.

Laor, et al,¹¹² identificaron las principales sustancias odoríferas y evaluaron las concentraciones de olores asociados con la aplicación al suelo de los lodos de aguas residuales digeridos anaeróticamente (Clase B) y los productos de estabilización alcalina (cal y carbón cenizas volantes) (Clase A). Las concentraciones de olor fueron evaluadas en sitio con un olfatómetro de campo Nasal Ranger que olfateó sobre un área de superficie de la tierra definida a través de una cámara estática.

Acorde con los resultados de Laor, et al.,¹¹³ los olores emitidos por los lodos de aguas residuales digeridos anaeróticamente a partir de tres plantas de tratamiento de agua de lodos activados tenían una huella química característica. La estabilización alcalina emitió olores sustanciales asociadas con altas concentraciones de amoníaco y la liberación de compuestos orgánicos volátiles que contienen nitrógeno y no redujo efectivamente el potencial de molestia por olores. Compuestos orgánicos volátiles olorosos se podrían generar dentro del suelo después de la incorporación de biosólidos.

¹¹⁰ BRANDT, R. C; et al. Field Olfactometry Assessment of Dairy Manure Land Application Methods. Journal of Environmental Quality 2011Vol. 40 No. 2, p. 1

¹¹¹ Ibid., p. 1

¹¹² LAOR, Yael; et al. Odorants and Malodors Associated with Land Application of Biosolids Stabilized with Lime and Coal Fly Ash. Journal of Environmental Quality 2011Vol. 40 No. 5, p. 1

¹¹³ Ibid., p. 1

Benzo, et al.,¹¹⁴ realizaron un estudio comparativo entre el olfatómetro de campo Scentroid SM110 y el olfatómetro portátil Nasal Ranger. La prueba de medición se realizó en una planta de digestión anaerobia situado cerca de Vicenza (Italia) y una fuente de olor típico era un biofiltro con una emisión de 350 ouE/m³. El objetivo del estudio fue comparar diferentes técnicas (olfatometría de campo, análisis de marcador, modelo de dispersión) para la evaluación de la concentración de olor en el aire ambiente. Los resultados mostraron una clara y medible influencia de olor en el ambiente, resultando en niveles más altos cuando se mide utilizando olfatometría de campo que se predice utilizando análisis químico o modelos de dispersión.

En Colombia, principalmente en Antioquia es posible citar el monitoreo realizado a once empresas por el AMVA¹¹⁵ con ayuda del olfatómetro de campo Nasal Ranger por el método de la olfatometría de campo con un grupo de panelistas debidamente entrenados. Entre los resultados más significativos se pueden mencionar los siguientes:

Monitoreo Industrial S.A. donde se obtuvo que el olor más percibido fue el de solvente, caracterizado por ser intenso pero esporádico en el sector de medición, debido a las condiciones atmosféricas del lugar. Monitoreo a la Industria Colombiana de Café S.A. donde se percibió el carácter “café tostado” la mayor parte del tiempo, esto se debe al proceso de tostado que se hace al interior de la empresa; además, la cascarilla que se retira de la semilla de café es incinerada en una caldera para producir energía a la empresa, lo que hace que el olor sea más intenso. Monitoreo al matadero municipal de Medellín donde se obtuvo según su carácter de olor calificaciones como “olor a podrido” proveniente de la quebrada Tijuana cercana al costado oeste del matadero y olor a “residuo orgánico animal” proveniente del matadero municipal. Monitoreo a la empresa Ospina Grasas y Pielas, donde el umbral de olor se dio con valores mayores a 7 D/T, demostrando así una gran afectación sobre los residentes de los barrios aledaños.

¹¹⁴ BENZO, Maurizio; MANTOVANI, Alice y PITTARELLO, Alberto. Measurement of Odour Concentration of Immissions using a New Field Olfactometer and Markers' Chemical Analysis. Chemical Engineering Transactions 2012 Vol.30, p. 1

¹¹⁵ AMVA (1), Op. cit., p. 4

6. Objetivos

6.1. General

Determinar la intensidad y distribución de olores ofensivos en los sectores del distrito de Santa Marta que presenten este tipo de contaminación, mediante el uso del olfatómetro de campo Nasal Ranger.

6.2. Específicos

- Establecer las principales fuentes y/o actividades generadoras de olores ofensivos en el Distrito de Santa Marta.
- Determinar la distribución espacial de la intensidad de los olores ofensivos en las diferentes zonas que presentan actividades y/o fuentes generadoras en el Distrito de Santa Marta a través del método de la pluma de olor.
- Establecer una correlación entre los parámetros del olor y las variables atmosféricas medidas en campo.

7. Diseño Metodológico.

7.1. Área de Estudio

Como área de estudio se establecieron aquellos sectores del distrito de Santa Marta (Magdalena – Colombia), donde se presenta emisión de olores ofensivos a partir de actividades industriales o de servicios que se encuentran dentro del perímetro urbano de la ciudad. Sin embargo, debido a algunas limitaciones presentadas durante la realización de esta investigación, las mediciones fueron encaminadas a los sectores donde se encuentran las estaciones de bombeo de aguas residuales de la empresa Metroagua SA. E.S.P, especialmente las estaciones de bombeo de aguas residuales Manzanares y Norte, ubicadas respectivamente en el barrio manzanares en la calle 30 con carrera 2ª y en la carrera 1ª con calle 8 en cercanías a la sociedad portuaria de Santa Marta.

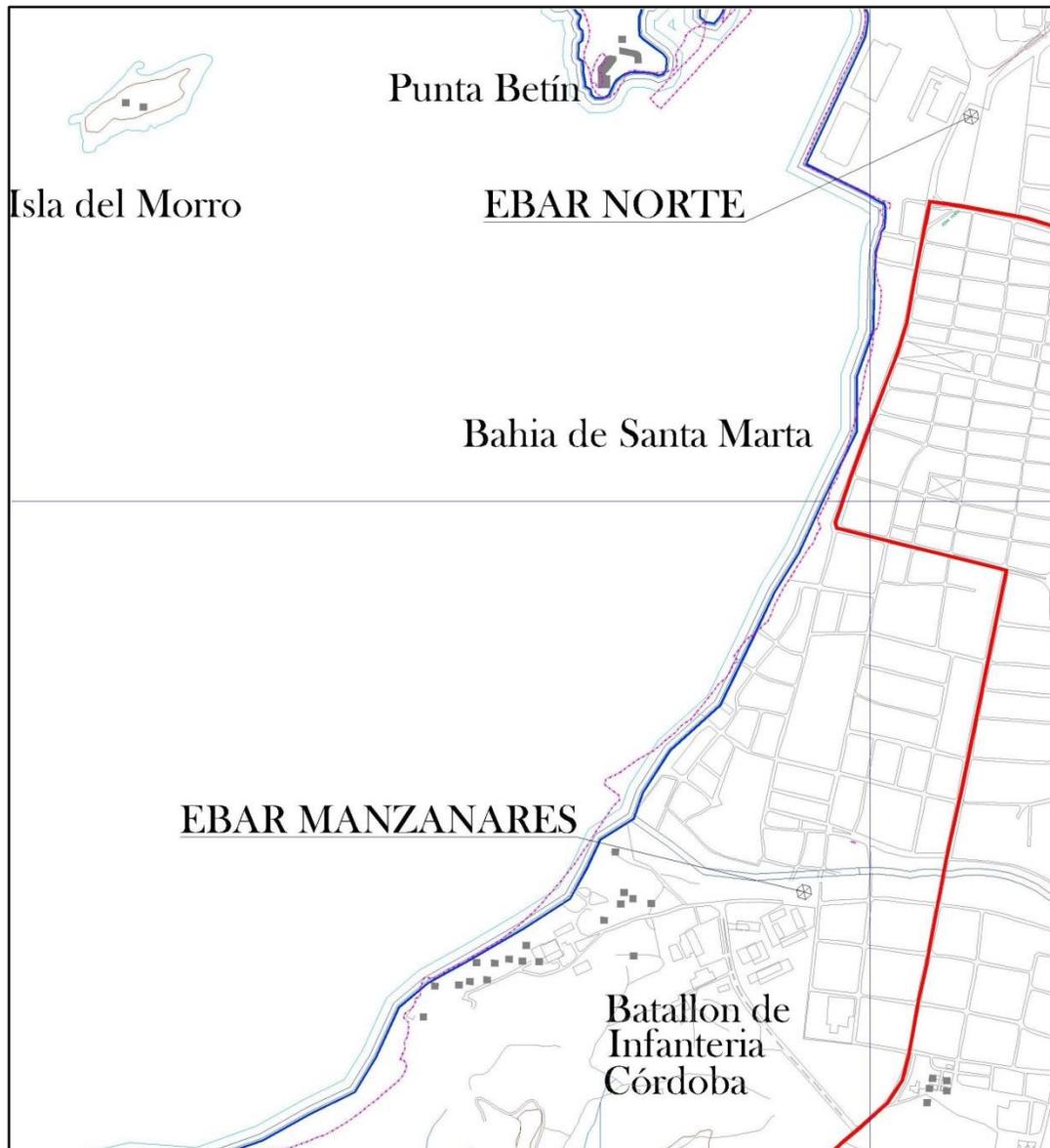


Figura 3: Área de estudio.

7.2. Metodología

Para la realización de esta investigación, la metodología utilizada está basada en la olfatometría de campo con el Nasal Ranger, adaptada a partir de la metodología utilizada por Ospina et al.,¹¹⁶ para olores del procesado de sebo y el protocolo para el monitoreo y análisis de olores ofensivos en el Valle de Aburrá del AMVA¹¹⁷; los cuales a su vez se basan en la norma Europea UNE 13725 (adoptada a través de la norma técnica colombiana NTC 5880. Calidad de Aire. Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica) y la norma alemana DIN 3940. Esta consta de tres componentes principales los cuales se mencionan a continuación:

I. Identificación de las fuentes y condiciones de seguridad.

Al no tenerse plenamente identificadas todas las fuentes con posible generación de olores ofensivos, el coordinador (investigador principal) de la investigación deberá realizar recorridos dentro del área urbana del distrito de Santa Marta identificando cada una de las posibles fuentes generadoras de olores ofensivos en las cuales se realizará las respectivas mediciones. Además de ello, para identificar con certeza las fuentes de emisión de estos contaminantes, se debe constatar con la autoridad ambiental urbana del distrito si existe un registro de quejas por contaminación por olores e identificar a partir de este registro las fuentes de esta contaminación.

Así mismo, durante la identificación de las fuentes durante los recorridos realizados el coordinador deberá identificar los parámetros de seguridad de las personas encargadas del monitoreo y aspectos que pueden afectar la medición.

En esta identificación se deben realizar los siguientes chequeos:

- Se deben observar las vías de acceso vehiculares al lugar de monitoreo. Si existe dificultad de acceso se debe reportar para tenerla en cuenta en el momento de hacer la medición.
- Identificar las posibles fuentes que puedan interferir con la medición del carácter a evaluar (verificar la presencia o no de otras fuentes de olor en las cercanías de los puntos de monitoreo o de la fuente a medir).

¹¹⁶ Ospina, et al., Op. cit., p.4

¹¹⁷ AMVA (2), Op. cit., p. 30

- Verificar como va a ser el posicionamiento de las líneas de intersección en el lugar de monitoreo (la ubicación de los puntos de medición).

Luego de haber realizado la identificación de fuentes y revisión de condiciones de seguridad se procesa a realizar la fase de mediciones y colecta de datos.

II. Campañas de medición y colecta de información.

Para llevar a cabo las mediciones se deben seguir los siguientes pasos.

- Una vez se llega al campo de monitoreo se debe caracterizar el olor. Es decir, los panelistas (olfateadores) y el coordinador deben ponerse de acuerdo sobre como llamarán el olor que desean evaluar, esta caracterización se puede hallar al responder la pregunta ¿a que huele la fuente? Esto se hace con el fin de diferenciarlo de otros olores que puedan estar en el campo y que puedan interferir con las mediciones.
- Luego se halla la extensión de la pluma o el área de impacto, es decir el área donde posiblemente se pueda percibir el olor. En el sitio más alejado de la fuente, donde aún es percibido, se ubican los puntos de medición de forma tal que formen una línea perpendicular al eje de la pluma (ver figura 3).
- Una vez que los olfateadores estén ubicados en los puntos de medición sobre la línea de intersección empiezan a tomar las muestras para el cálculo de la frecuencia o porcentaje tiempo del olor durante los primeros 10 minutos de comenzar la medición.
 - El panelista aspira el aire durante 10 segundos y reporta si identifica el carácter en la hoja de registro. Al final de los 10 minutos (ciclo de medida del porcentaje tiempo del olor), el panelista ha evaluado 60 muestras, para luego realizar el cálculo de la frecuencia en base a la ecuación 1. En cada intervalo de 10 segundos se evalúa cada inhalación del olor, no la impresión del olor que le deja después de completado el intervalo.
 - Si existiese algún evento que afecte la medida dentro del rango de tiempo de los 10 minutos, se pueden adicionar inmediatamente después, intervalos de 10 segundos para evaluar las muestras afectadas. El ciclo de medida no debe sobrepasar los 20 minutos.
- Al terminar la medición anterior deben reposar 10 minutos antes de comenzar la evaluación del olor con el Nasal Ranger.
- Se realizan dos mediciones con el olfatómetro de campo dentro de la hora de medición, la primera a los 10 minutos de haber terminado la evaluación del porcentaje tiempo del olor (frecuencia) y la segunda a los 20 minutos de haber

realizado la primera medición. Para estas mediciones se sigue el procedimiento establecido en el manual del olfatómetro de campo Nasal Ranger (ver figura 4).

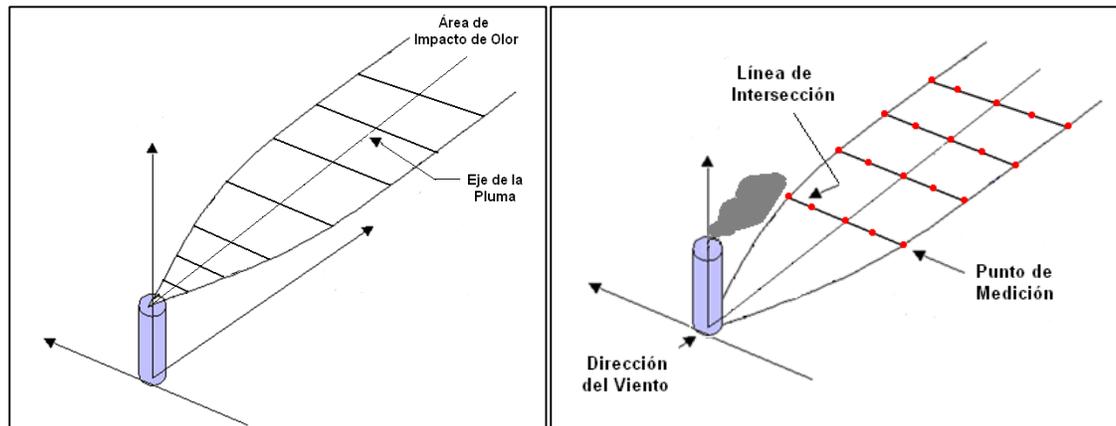


Figura 4: Extensión de la pluma y ubicación de los puntos de medición

Fuente: AMVA. Protocolo para el Monitoreo y Análisis de Olores Ofensivos en el Valle de Aburrá.

- Por último el olor es evaluado por su tono hedónico es decir caracterizar la muestra por la escala de intensidad especificada en la tabla 1 (Ver marco teórico).
- Este procedimiento se repite en la hora siguiente de haber realizado la primera medida de la frecuencia del olor sobre la línea de intersección siguiente más cercana a la fuente de emisión. No es necesario que esta medida se haga en un orden definido, es decir es posible hacer la medición de líneas más cercanas a la fuente.
- En total durante el día se deberían medir 6 líneas, para completar 30 durante cinco días. En ocasiones estos tiempos no se cumplen por la presencia de lluvias en el sector de medición, aun así es necesario que se dé el cumplimiento de la medición del total de las líneas (30) durante más días de monitoreo.

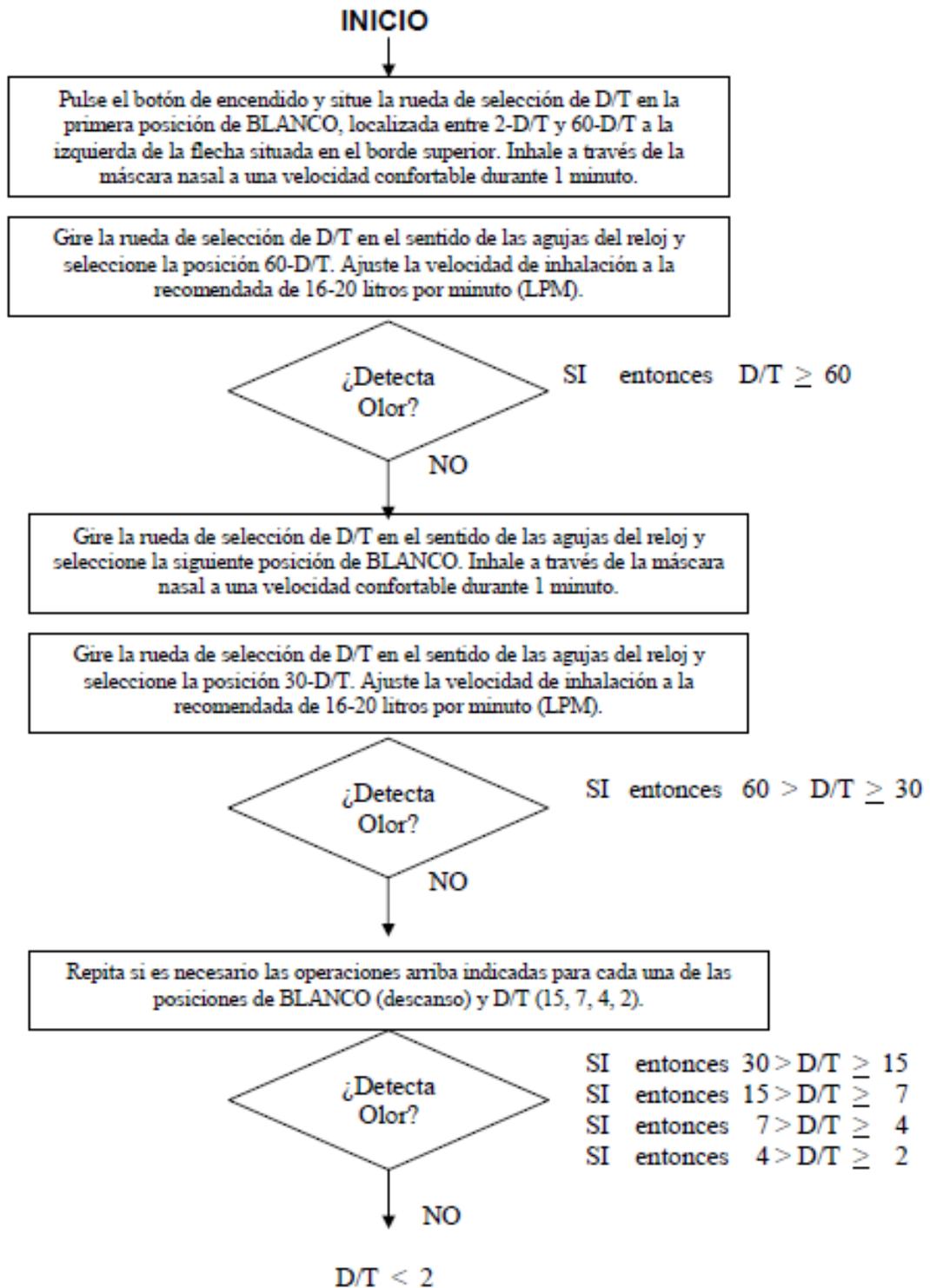


Figura 5: Diagrama secuencial del procedimiento operativo del Nasal Ranger
 Fuente: St. Croix Sensory, Inc. Manual de operaciones del olfatómetro de campo Nasal Ranger

III. Análisis de los datos

Una vez terminado el monitoreo de olor en cada una de las fuentes de emisión y con todos los datos colectados, estos se deben agrupar y analizar de una forma organizada para obtener el mayor potencial de la medición de la inmisión del olor. Para este estudio en particular se realizara el análisis comparando los parámetros obtenidos con algunos estándares regulados en Europa y Estados Unidos (estos estándares fueron tomados a partir del estudio realizado por Ospina, et al, ¹¹⁸ en el Valle de Aburrá).

- Para el análisis de la frecuencia se tienen en cuenta el criterio establecido en Alemania, el cual usa la frecuencia del olor para caracterizar las zonas de inmisión de acuerdo a los porcentajes establecidos en la siguiente tabla ¹¹⁹.

Tabla 2. Estándares de la frecuencia del olor en Alemania

Zonas residenciales	Zonas mixtas o industriales
10%	15%

Fuente: Ospina, et al.¹¹⁹

- La intensidad del olor, es usada principalmente en algunas ciudades de USA para el control de olores, Actualmente ocho estados (Colorado, Connecticut, Illinois, Kentucky, Missouri, Nevada, Dakota del Norte, Wyoming) usan límites de olfatometría de campo de 7 a 15 D/T para la definición de las condiciones de molestias por malos olores¹²⁰. Así mismo, el estándar recomendado como criterio de molestia por los fabricantes del olfatómetro de campo Nasal Ranger, es de 7 D/T.
- El tono hedónico no es regulado ya que esta es una medida subjetiva por la cual se conoce el agrado o desagrado que cada panelista siente hacia el olor. Aun así, evaluar esta variable nos da base para establecer una comparación entre la percepción de la comunidad en cuanto a esta medida y la evaluación realizada por los sniffers. Por otro lado, de acuerdo a la norma EN 13725 como lo cita Ospina, et al¹²¹, esta medida es interesante hacerla ya que muestra el juicio de un panel estandarizado.

¹¹⁸ Ospina, et al., Op. cit., p. 6

¹¹⁹ *GUIDELINE ON ODOUR IN AMBIENT AIR* / GOAA, Determination and assessment of odour in ambient air. En: Ospina, et al., Op. cit., p. 6

¹²⁰ Brandt, et al., Op. cit., p. 2

¹²¹ Ospina, et al., Op. cit., p. 6

8. Limitaciones

Durante la etapa de formulación, el principal inconveniente fue la falta de información en las autoridades ambientales del distrito (tanto autoridad ambiental urbana y corporación autónoma regional) sobre las actividades industriales, comerciales o de servicios, las cuales presentan emisión de compuestos olorosos ya sea como subproducto de sus actividades o bien sea por almacenamiento de materias primas necesarias para el desarrollo de las mismas.

Una de las principales dificultades para la realización del trabajo radica en contar con el personal adecuado para la identificación del olor, este personal debe cumplir cada una de las condiciones antes mencionadas en el marco conceptual, además de haber realizado el respectivo test de sensibilidad de olor, el cual no pudo practicarse al no contar con el quid de marcadores para elaboración del mismo. Por otro lado se debía contar con al menos cinco (5) sniffers o panelistas entrenados para realizar las mediciones, de igual forma, se debía contar con al menos dos coordinadores, quienes deben hacer cumplir a cabalidad la metodología para la evaluación sensorial del olor, como también seleccionar y entrenar el personal adecuado para la realización de los monitoreos, sin embargo solo se contó con tres panelistas, de los cuales dos tuvieron a su cargo el desarrollo cabal de la metodología para determinar los olores.

Otro aspecto de importancia en la medición y el cual represento uno de los principales limitantes es la cantidad de equipos que se tuvieron para realizar la medición. Debido a que para la medición de una línea de intersección, en la cual se ubican al menos cinco puntos de medición, era necesario contar con un olfatómetro de campo Nasal Ranger (equipo usado como asesor humado para determinar la intensidad del olor) por cada punto de medición, es decir por cada línea era necesario contar con al menos 5 sniffers y 5 olfatómetros de campo para llevar a cabo la medición en completa cabalidad con la metodología establecida.

Solo se contaba con un olfatómetro de campo para la realización de las mediciones, lo que en términos de tiempo puede llegar a duplicar e incluso a triplicar el tiempo necesario para la realización de las mediciones, lo que se vio representado en mayor gasto económico para los monitoreos de cada una de las fuentes, trayendo esto consigo que el presupuesto calculado para la medición de por lo menos 4 fuentes, fuese utilizado en la medición de solo 2 fuentes.

Otro aspecto limitante clave durante la realización de las mediciones fue la cantidad de personal utilizado durante los monitoreos, puesto que aunque solo se contó con un solo olfatómetro, el planteamiento metodológico adaptado a partir de las condiciones que se tenían para las mediciones, permitía la medición de tres puntos por línea en simultaneo con la presencia de al menos tres sniffers, lo que

se dificultó en gran medida debido a que durante gran parte de las mediciones solo se contó con la presencia de 2 sniffers en tiempo completo, ya que los demás participantes de la investigación (semilleros de investigación), durante sus jornadas académicas no pudieron participar de las jornadas de monitoreo.

9. Desarrollo del trabajo

Durante las primeras semanas de trabajo se realizó una planificación de actividades acorde a la cantidad de fuentes que van a ser monitoreadas. Para ello los investigadores principales o coordinadores se dirigieron inicialmente ante las autoridades ambientales, para verificar la existencia o no de un registro de fuentes o actividades que estén emitiendo sustancias olorosas y que a su vez éstas se encuentren dentro del casco urbano.

En segunda instancia, al no contar con un registro previo de todas las fuentes (todas las zonas o fuentes de olor no se entregaron en la semana de identificación por parte de las autoridades ambientales a los investigadores), se realizó una visita a aquellas zonas que fueron establecidas para uso industrial dentro del respectivo plan de ordenamiento territorial del municipio o aquellas zonas con actividades comerciales o de servicios que son catalogadas como generadoras de este tipo de contaminación (esta visita en la mayoría de los casos debió realizarse obligatoriamente, debido a que las autoridades ambientales locales no cuentan con registro de todas las actividades generadoras de compuestos odorantes).

Este trabajo no tardó más de 15 días hábiles, periodo en el cual debieron responder las autoridades ambientales, las solicitudes o petición de información con respecto al registro de quejas por emisión de olores ofensivos, o bien sea, el registro de los monitoreos y seguimientos realizados sobre las aquellas fuentes que ya estén plenamente identificadas como generadoras de sustancias o compuestos odorantes.

Luego de la plena identificación de las fuentes de emisión que se desean monitorear, se realizaron las visitas a campo para cada una de las fuentes, donde se identificó las condiciones de seguridad en la zona, la facilidad para el acceso durante la fase de monitoreo a cada una de estas, y las posibles fuentes que pudieran interferir con las mediciones. Durante la visita al lugar y con ayuda de los sistemas de posicionamiento global y los mapas de la zona que se tuvieron a la mano, se realizó la ubicación de las líneas y puntos de medición en cada una de las fuentes respectivas de acuerdo a las directrices que establece el método de la pluma para mediciones en zonas residenciales.

Para cada uno de los monitoreos se definieron tres bloques horarios durante el día, en los cuales se mide una línea de intercepción por cada bloque horario, completando así la medición de tres líneas diarias, la cual repitió repetirse por al menos diez días, para completar un total de treinta (30) líneas, cantidad mínima establecida para medición de olor por inspección en campo (este fue el caso para la estación de bombeo norte, sin embargo la distribución de las líneas en la estación manzanares necesitó la medición de 36 líneas).

Para cada una de estas líneas, las cuales fueron conformadas por cinco puntos de medición se procedió de la siguiente manera. Inicialmente se realiza una medición de parámetros meteorológicos con ayuda de una estación meteorológica portátil (Ver figura 5), estos parámetros fueron: temperatura, presión barométrica, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, cubrimiento de nubes (condición climática: soleado, parcialmente nublado, mayormente nublado, nublado), precipitación (estos parámetros son registrados en el anexo 1, formato para registro de condiciones meteorológicas).



Figura 6. Estación meteorológica portátil DAVIS

Siguiente a la medición de los parámetros meteorológicos de la línea, se realizó la medición de la frecuencia o porcentaje tiempo del olor en un intervalo de 10 minutos, está teniendo en cuenta el personal que estuviese disponible para los monitoreos se realizaba a máximo tres puntos durante la primera hora de cada bloque, midiendo cada punto al finalizar la medición del punto anterior, esto debido a que como se contaba con solo un olfatómetro y se debían cumplir ciertos tiempos de descanso antes de comenzar las mediciones con el olfatómetro. Luego de terminar las mediciones con el olfatómetro en la primera hora del bloque, se procede a determinar de la misma forma el porcentaje tiempo del olor para los

puntos restantes de la línea de intercepción. Para el registro de la frecuencia o porcentaje tiempo se utilizó el formato mostrado en el anexo 2.

Siguiendo el diagrama de la figura 4 (ver metodología), luego de diez minutos de realizada la medición del porcentaje tiempo o frecuencia del olor, se procedió a la primera medida de la intensidad en cada uno de los puntos con la ayuda del asesor humano Nasal Ranger (figura 1, marco teórico), el cual como se mencionó anteriormente posee un rango de diluciones que nos permite cuantificar la intensidad de estos, esta medición con el olfatómetro tarda alrededor de nueve (9) minutos, aunque en algunos casos puede llegar a tardar hasta doce (12) minutos cuando la intensidad es muy baja o un minuto con treinta segundos cuando las concentraciones eran altas.

Luego de la primera medición en el primer punto se procedió a determinar la primera medición con el olfatómetro en el segundo punto y luego de esta, se realiza la primera medición en el tercer punto, dando un intervalo de descanso de veinte minutos para que el primer sniffer o panelista realice la segunda medición de intensidad con el equipo en el punto en el cual se encuentra ubicado.

De igual forma, durante las mediciones de intensidad el panelista califica el tono hedónico y el carácter del olor, estas medidas se realizan en conjunto con cada medición de intensidad, la primera se realiza para calificar el grado de molestia o desagrado por la presencia de los olores ofensivos ayudados por la tabla 1 (ver marco teórico), y la segunda se realiza al responder la pregunta ¿a que huele?, con la ayuda de la guía para caracterización del olor mostrada en el anexo 4.

10. Resultados y discusión

10.1. Identificación de fuentes

A partir de la información entregada por la autoridad ambiental urbana del Distrito de Santa Marta (Departamento Administrativo Distrital de Medio Ambiente - DADMA), se pudieron establecer las siguientes zonas con presencia de olores ofensivos.

Tabla 3. Zonas con presencia de olores ofensivos

ITEM	ZONA DE OLORES OFENSIVOS
1	CALLE 30 CON CARRERA 72 - CANTILITO
2	CARRERA 14 CON CALLE 16
3	TRONCAL DEL CARIBE - KM 1
4	CARRERA 1 CON CALLE 8
5	PARQUE BONDIGUA
6	CARRERA 1 - CALLE 11B, RODADERO

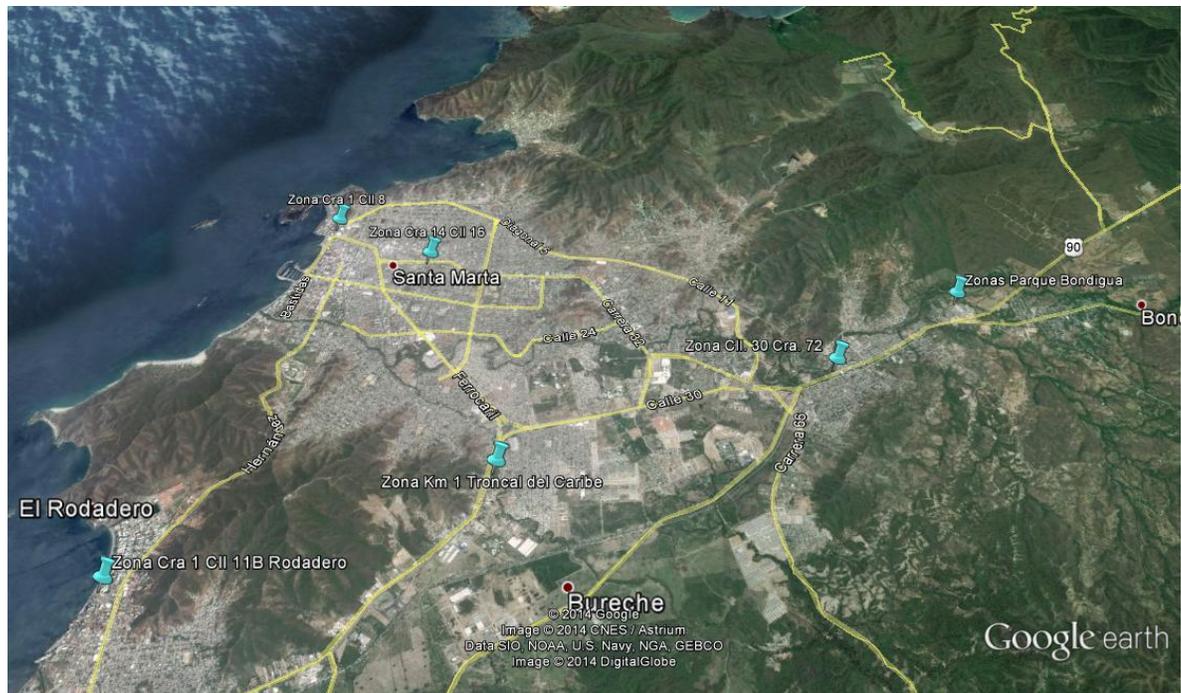


Figura 7. Zonas de olor identificadas por información del DADMA

Luego de obtenida esta información, se realizaron visitas a campo y recopilación de información con ayuda de la comunidad en general, donde se pudieron establecer como fuentes emisoras de olor las mostradas en la siguiente tabla (se presenta la relación de la actividad emisora y su respectiva fuente).

Tabla 4. Principales actividades emisoras de olores ofensivos en Santa Marta

ITEM	Fuente generadora	Actividad	Sustancia característica	Ubicación
1	Empresa de procesamiento de palma de aceite.	Elaboración de grasas y aceites de origen vegetal.	Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S), Amoníaco (NH ₃)	Comuna nueve.
2	Relleno Sanitario PALANGANA	Tratamiento y disposición de desechos no peligrosos.	Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S), Amoníaco (NH ₃)	Comuna cinco.
3	EBAR-Norte	Tratamiento de aguas residuales.	Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	Comuna tres.
4	EBAR-Rodadero	Tratamiento de aguas residuales.	Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	Comuna siete
5	EBAR-Manzanares.	Tratamiento de aguas residuales.	Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	Comuna uno
6	EBAR-Cantilito	Tratamiento de aguas residuales.	Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	Comuna seis
7	Ventosa Tubería de Aguas Residuales	Tratamiento de aguas residuales.	Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	Troncal del Caribe, KM 1
8	Mercado publico	Procesamiento y venta de carnes, pescados, crustáceos.	Azufre total reducido (TRS)	Comuna dos

10.2. Medición por olfatometría dinámica de campo con Nasal Ranger.

Estas se realizaron en las dos principales estaciones de bombeo de aguas residuales que se encuentran en el distrito (Norte y Manzanares), como se explicó en las limitaciones, las demás fuentes identificadas no pudieron ser monitoreadas debido a la falta de recursos durante el desarrollo del trabajo.

10.2.1. Monitoreo estación de bombeo de aguas residuales norte (EBAR Norte).

En esta estación de aguas residuales se presentaron dos condiciones importantes a tener en cuenta durante la ubicación de los puntos de monitoreo, como primera instancia, las condiciones de seguridad y como segunda medida, el tráfico vehicular de la zona. Debido a esto, solo se permitió la ubicación de tres líneas de monitoreo en zonas muy cercanas a la fuente, donde se pudiera contar con presencia de las autoridades de policía (como se muestra en la siguiente figura).

Cabe aclarar que la línea 3 no fue ubicada de forma radial a la fuente como las línea 1 y 2, debido a que al ubicarla en forma radial, esta se posesionaba sobre la vía lo que dificultaba la medición por temas de seguridad del personal de monitoreo ante cualquier accidente vehicular, por lo que se ubicó la línea 3 como se muestra en la figura 6 tratando de cubrir un buen rango de direcciones.

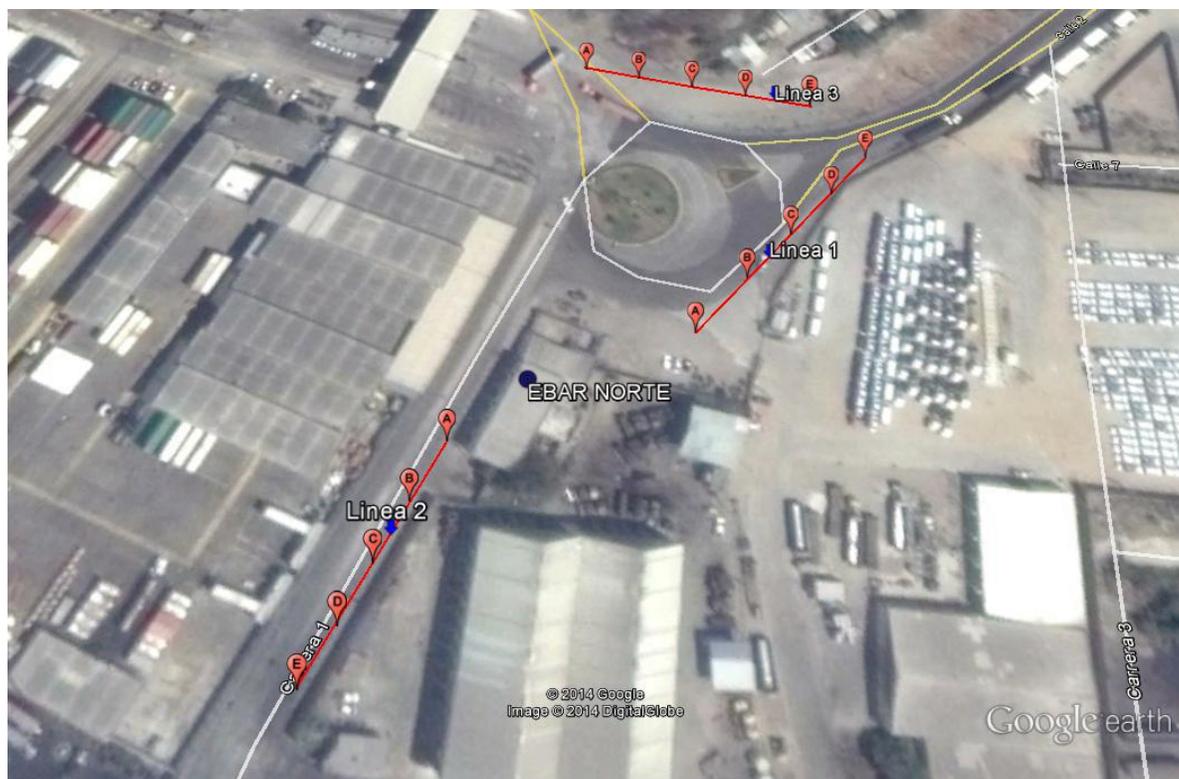


Figura 8: Líneas de monitoreo EBAR Norte

Los monitoreos a esta EBAR se realizaron entre el 21 de abril y el 5 de mayo de 2014 periodo en el cual se midieron 3 líneas diarias durante 10 días de monitoreo (no se incluye sábados y domingos), para completar un total de 30 líneas de medición, en cada una de las cuales se determinaron los parámetros de

frecuencia, intensidad, carácter y tono hedónico del olor. Las mediciones se realizaron diariamente entre las 7 am y las 4 pm, contemplando tres bloques de medición los cuales estaban comprendidos en los siguientes horarios: bloque 1, entre las 7:00 y las 10:00 am; bloque 2, entre las 10:00 am y la 1:00 pm; y el bloque número 3, entre la 1:00 y las 4:00 pm.

Carácter del Olor

Al hablarse de tratamiento de aguas residuales, la normativa ambiental en olores establece que la principal sustancia emitida de estos sistemas es el sulfuro de hidrogeno (H_2S), con olor característico a huevo podrido. En concordancia con esta premisa, se caracteriza la fuente, como emisora de un olor principalmente séptico, con ocasiones en las que se percibe olor a materia fecal.

Realizando la caracterización del olor por cada línea de monitoreo (durante las mediciones con Nasal Ranger), se pudo evidenciar que la línea con mayor aporte a las mediciones del carácter de la fuente, fue la línea número dos, seguida de la número uno y posteriormente la línea tres. Durante las mediciones en la línea número uno, se pudo percibir en ocasiones olores provenientes de los exostos de los vehículos de carga pesada que circulan hacia y desde la sociedad portuaria de Santa Marta, estos olores fueron calificados como olor a diésel, humo de carro (vehículos que circulan por la vía alterna) y caucho quemado, con ocasiones donde se podía percibir el olor a granel solido que era transportado por estos vehículos (maíz, trigo).

La línea número dos, fue calificada como la de mayor representatividad en cuanto a la identificación del carácter de la fuente, presentando el mayor número de evaluaciones de carácter séptico, en ocasiones el olor principal (séptico) fue remplazado por olor a granel solido proveniente de las bodegas de almacenamiento de la sociedad portuaria, así como también olor a café proveniente de las mismas instalaciones portuarias y olor a humo de caro (vehículos que circulan diariamente por la vía) y orina y materia fecal (debido a la presencia de población habitante de la calle, la cual es muy común en la zona).

Por otra parte, las mediciones de carácter en la línea número 3, presentaron tendencia hacia el olor a diésel y humo de carros provenientes de los vehículos que ingresaban a la sociedad portuaria, esto debido a la cercanía de la línea de medición con respecto a la entrada a las instalaciones portuarias, el olor percibido de la fuente fue sustituido en gran medida, por el olor proveniente de la emisión de los exostos de los vehículos. En esta también pudo percibirse el olor característico a basura, y plástico quemado generado por la quema de residuos realizada por personal cercano al área de estudio, además de percibirse en muy pocas ocasiones el carácter séptico de la fuente (en algunos casos, se presentó que finalizada la jornada de monitoreo, a partir de las 6:00 de la tarde se podía

identificar con más frecuencia el olor proveniente de la fuente, sin embargo debido a las condiciones de seguridad en la zona no pudieron ser efectuados monitoreos en la misma).

Porcentaje tiempo del olor (Frecuencia)

Esta estación de aguas residuales de acuerdo al plan de ordenamiento territorial, se encuentra ubicada en una zona de uso múltiple y una área de equipamiento institucional, por tanto, para el análisis de frecuencia el punto de referencia para violación a las normas de olores es de 15%, el cual es el establecido para zonas mixtas o industriales (ver tabla 2: metodología).

Los resultados obtenidos para el porcentaje tiempo de olor durante el periodo de medición muestran que la fuente supera el estándar establecido en normativas internacionales como criterio de molestia para zonas mixtas (15%) en por lo menos una ocasión en cada uno de los puntos ubicados sobre las líneas de intercepción, como se puede apreciar en la figura 7. Así mismo, a partir del valor medio obtenido para cada uno de los datos, las líneas de intercepción 1 y 2, superan en cada uno de sus puntos de monitoreo el estándar establecido en dicha norma para el porcentaje tiempo de olor (15%), con excepción del punto E ubicado en la primera línea, el cual presenta solamente un evento registrado superior al estándar, con un 25% de tiempo de olor. La línea número 3 se caracterizó por presentar valores medios por debajo del límite establecido para zonas mixtas, sin embargo, de acuerdo al seguimiento diario, en cada punto los valores obtenidos superaron en al menos dos ocasiones el valor límite para este parámetro, de igual forma su valor medio en todos los casos supero el criterio para zonas residenciales (10%).

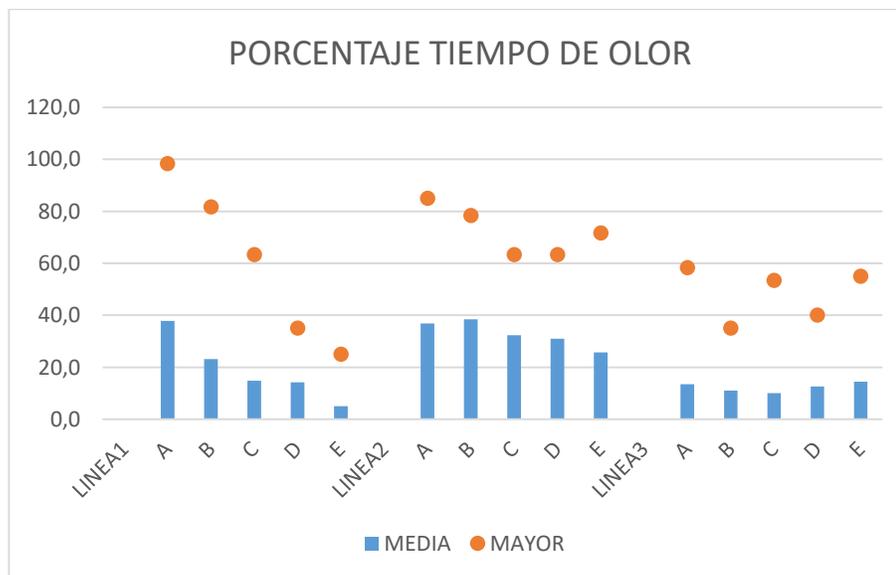


Figura 9. Porcentaje tiempo de olor en las líneas de monitoreo EBAR-Norte

Durante los monitoreos también se puede establecer que la línea con mayor frecuencia en la presencia de olores ofensivos fue la número 2 con valores de frecuencia hasta de 85%, sin embargo el pico más alto de olor fue registrado en la línea número 1 con 98,3% de porcentaje del tiempo de olor, medida registrada durante el primer día de monitoreo en el punto A, seguida de un 93,3 % para el cuarto día de mediciones en el mismo punto. De igual forma se logró identificar que la mayor presencia de olor fue registrada entre las 10 am y las 4 pm, las cuales fueron atribuidos a las altas temperaturas durante este horario, en concordancia con Pan, et al,¹²² quienes realizaron mediciones con Nasal Ranger en dos granjas de aves de corral, seis granjas lecheras y seis granjas de cerdos en el sur de Ontario (Canadá), e informaron que frecuencias elevadas de olores ocurren mayormente al mediodía, lo que atribuían a los aumentos durante el mediodía en la temperatura ambiente.

En contraste con esto, Dalton, et al,¹²³ indican que en particular, las condiciones climáticas atmosféricas estables, que se observan típicamente desde la tarde hasta la madrugada, son conducentes a los viajes horizontales del olor y lo que permite detectar los olores a mayores distancias de la fuente, mostrando esto correspondencia a lo manifestado por algunas habitantes de la zona.

Tono Hedónico

Esta medida considerada por muchos autores como subjetiva, debido a que puede variar ampliamente entre los individuos e incluso dentro de un mismo individuo con el tiempo¹²⁴; aun cuando no es un parámetro normado, su medición puede representar un punto de comparación entre los habitantes de la zona con presencia de olor y el grupo de personas entrenadas externas a la zona afectada.

Las mediciones a este parámetro se realizaron siguiendo una escala de 0 a -5, por medio del cual se expresaba el nivel de desagrado con respecto al olor percibido (siendo 0, sin olor; -1, muy leve; -2, débil; -3, fácilmente notable; -4, fuerte y -5, muy fuerte). En este orden de calificación, para esta EBAR, se registraron la mayor cantidad de registros hedónicos sobre la línea número 2, con un total de 73 valoraciones de tono hedónico diferentes a “0 o sin olor”, con respecto a un total de 133 registros diferentes de 0 encontrados durante el periodo de monitoreo, seguida por la línea 1 con 31 registros y la línea 3 con 29 valoraciones distintas al grado sin olor (tabla 5).

¹²² Pan, et al, Óp. Cit., p 5.

¹²³ Dalton, et al, Op. Cit., p1.

¹²⁴ *Ibíd.* p 1.

Tabla 5. Numero de mediciones del tono hedónico EBAR-Norte

Posición	Muy leve	Débil	Fácilmente notable	Fuerte	Muy Fuerte
Línea 1	-7	-3	-12	-7	-2
Línea 2	-10	-18	-30	-11	-4
Línea 3	-13	-5	-10	-1	0
Toral	-30	-26	-52	-19	-6

En orden porcentual, la categoría fácilmente notable presentó la mayor cantidad de registros con un 39,10% del total de los datos en cada una de las líneas de monitoreo, seguido por la categoría muy leve con 22,56%, débil con 19,55%, fuerte con 14,29% y con un porcentaje de 4,51% para el grado muy fuerte.

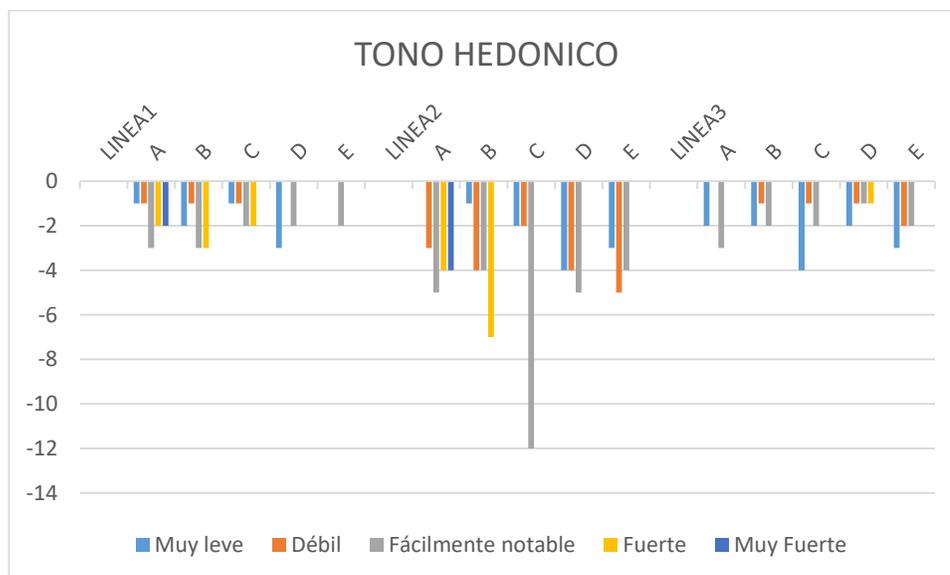


Figura 10. Tono hedónico en la EBAR-Norte

Acorde a los resultados obtenidos, los cuales se pueden apreciar en la figura anterior, la fuente se caracterizó por presentar un olor fácilmente notable con algunos episodios de carácter fuerte, esto principalmente en la línea número 2, lo que contrastado con la respuesta de la comunidad y algunos trabajadores de las instalaciones portuaria, quienes se exponen diariamente al olor presente, consideran que la fuente emite olores con un tono fuerte la mayor parte del tiempo.

Estos resultados muestran concordancia con los resultados reportados por Sucker, et al,¹²⁵ en su estudio de evaluación de frecuencia, intensidad y tono hedónico en campo, donde los residentes de las zonas evaluadas calificaron los

¹²⁵ Sucker, et al, Op. Cit., p2.

olores de forma más intensa que el grupo de panelistas expertos, además de ello en fuentes escogidas con olor agradable, los residentes solo encontraban las relaciones negativas del olor; atribuyendo esta medida a factores ambientales de estrés percibidos en las zonas residenciales y a la percepción negativa de la calidad de vida por parte de los residentes para con la presencia de los olores.

Intensidad del olor.

Para la evaluación la intensidad del olor se realizaron 300 lecturas con el olfatómetro de campo Nasal Ranger (100 mediciones en cada línea de intercepción), de las cuales se obtuvieron un total de 133 lecturas positivas con el equipo (se registraron 133 episodios de olor durante las mediciones). De las 133 mediciones realizadas, 26.32% correspondió a una intensidad de 15 D/T, 25.56% con intensidad de 30 D/T, 17.29% con valores de 7 D/T y 15.04% con intensidad de 60 D/T; lo que indica que el 84,21% de las evaluaciones realizadas con el olfatómetro portátil, se encontraban por encima del criterio establecido en el manual del mismo y en el criterio de algunas ciudades de Estados Unidos (7 D/T).

Tabla 6. Número de mediciones de intensidad EBAR-Norte

Posición	60(D/T)	30(D/T)	15(D/T)	7(D/T)	4(D/T)	2(D/T)
Línea 1	4	7	9	5	3	3
Línea 2	15	20	22	11	3	2
Línea 3	1	7	4	7	5	5
Total	20	34	35	23	11	10

Como se muestra en la figura 9 y tabla 6, la mayor cantidad de eventos registrados durante la evaluación realizada con el olfatómetro Nasal Ranger se encontraron en la línea 2, con 11.28%, 15.04%, 16.54% y 8.27%, para valores de intensidad de 60, 30, 15 y 7 D/T respectivamente, otorgando a esta línea 51,13% de eventos por encima de los estándares establecidos como criterio de molestia y un total de 54,89% de las evaluaciones registradas. Para las líneas 1 y 3 se registran 23.31% y 21.80% del total de los datos respectivamente, la línea 1 con 3.01%, 5.26%, 6.77%, 3.76%, 2.26%, y 2.26%, para intensidades de 60, 30, 15, 7, 4 y 2 D/T respectivamente y la línea 3 con valores de 0.75%, 5.26%, 3.01%, 5.26%, 3.76% y 3.76% para iguales tasas de dilución hasta el umbral.

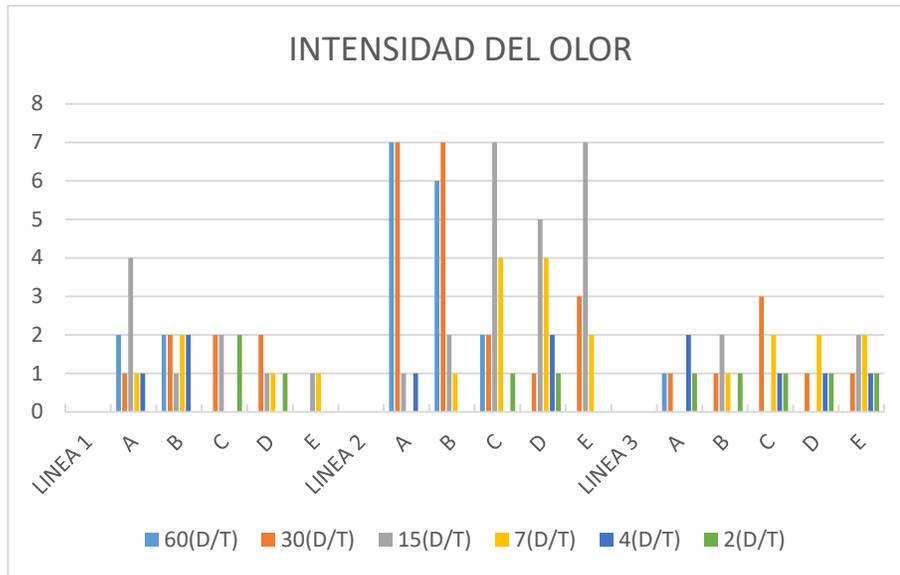


Figura 11. Intensidad de olor EBAR-Norte

A través de los bloques horarios seleccionados para llevar a cabo los monitoreos en campo se logró establecer, que la mayor cantidad de valoraciones positivas de intensidad de olor se registraron en el horario entre las 10:00 y las 13:00 con 44 observaciones de intensidad con dilución igual o mayor a 7 D/T. El segundo bloque horario (entre las 13:00 y 16:00), presentó 39 evaluaciones superiores a 7 D/T y el primer bloque (7:00-10:00), 38 estimaciones de intensidad, con 28 registros superiores a la tasa límite de dilución hasta el umbral (Ver anexo 8). De igual forma se pudo evidenciar, que durante el tercer bloque de mediciones, tanto la línea 1 como la 3, no presentaron registros de intensidad de olor.

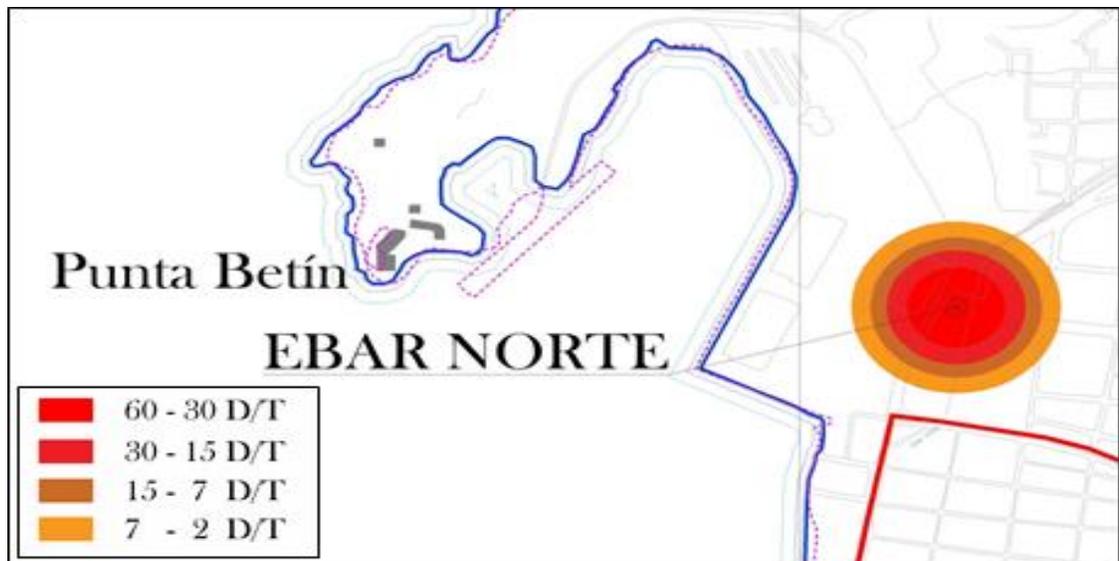


Figura 12. Zona de impacto de olor.

10.2.2. Monitoreo estación de bombeo de aguas residuales manzanares (EBAR Manzanares).

Para la realización del monitoreo en la estación de bombeo Manzanares, la cual se encuentra ubicada entre los barrios Manzanares, La Tenería y el Batallón Córdoba, se dispuso de cuatro líneas de medición posesionadas en los barrios Manzanares y La Tenería (figura 10), para la ubicación de estas líneas en concordancia con el protocolo utilizado, los investigadores en la visita de identificación revisaron las condiciones de seguridad y aquellas posibles fuentes que podrían interferir con las mediciones (fuentes de olor cercanas a la EBAR Manzanares), acorde al método de la pluma de olor, se retiraron a gran distancia hasta donde el olor no fuese percibido y fueron retornando a la fuente ubicando las líneas de medición en las calles o carreras donde el olor era percibido.

Las líneas fueron ubicadas de la siguiente manera: línea 1, barrio la tenería en la calle 29 entre carreras 2 y 1C, en el barrio manzanares, línea 2 ubicada en la carrera 2 entre calles 29 y 30, línea 3 ubicada en la carrera 2 entre calles 31 y 31 y por último la línea 4 en la calle 30 entre carreras 3 y 2 (la ubicación de los puntos se presenta en el anexo 7).

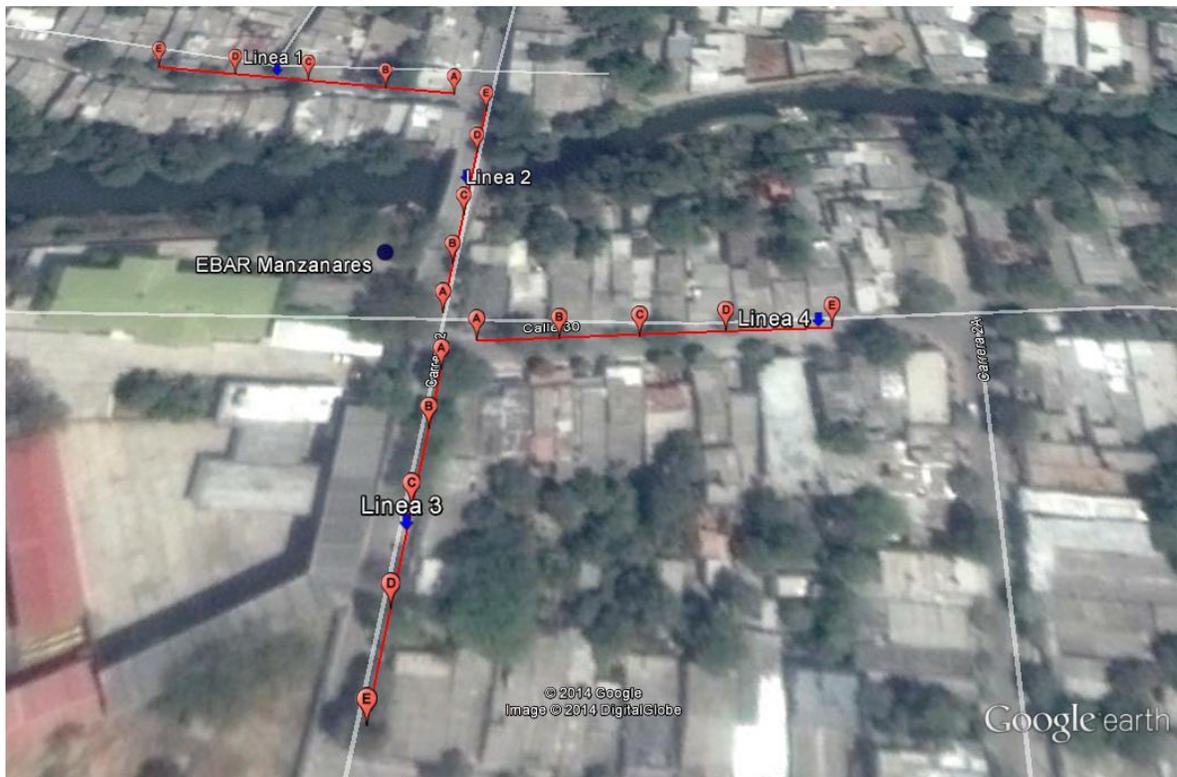


Figura 13: Líneas de monitoreo EBAR Manzanares

Los monitoreos a estas líneas se realizaron entre el 13 y 28 de mayo de 2014, contemplando diariamente la medición de tres líneas en los siguientes horarios: la primera entre las 9:00 y las 12:00 horas, la segunda línea entre las 13:00 y las 16:00 y la tercera línea del día entre las 16:00 y las 19:00 horas, estas mediciones se realizaron durante 12 días variando los horarios para cada línea, cada una de las cuales se midió por 9 ocasiones completando un ciclo de 36 líneas de medición para la obtención de datos representativos (la metodología aplicada indicaba la medición de un número no menor a 30 líneas).

Carácter del olor.

Durante la evaluación a esta fuente, se caracterizó el olor como séptico y olor a cloaca, con presencia externa de olores a podrido, a orina y a basura, provenientes de un punto de acumulación de residuos que los habitantes de la zona crearon en las riveras del río Manzanares. De acuerdo a la caracterización en cada una de las líneas cuando se realizó la medición con el Nasal Ranger, se encontró que la línea uno presentó pocas evaluaciones positivas del carácter (no se registraron gran cantidad de evaluaciones del carácter de la fuente en esta línea), debido a que en esta solo se registraron dos evaluaciones positivas del carácter séptico proveniente de la fuente y una evaluación de carácter a humo (se indagaron las causas de la no presencia de olor durante las jornadas de medición y se pudo establecer con la ayuda de los pobladores, que la presencia de olor en la línea se presentaba durante la noche, más sin embargo durante el día, el olor se concentraba en el interior de las viviendas, lo que pudo ser constatado por los olfateadores o panelistas).

La línea dos, se caracterizó por poseer olor séptico y a cloaca especialmente en sus puntos A y B y en ciertas ocasiones en el punto C, sin embargo, los puntos C y D, los cuales se encontraban ubicados sobre el puente que cruza el río Manzanares donde se encontró la presencia de residuos acumulados presentó principalmente carácter a podrido y a basura, de igual forma el punto E presentó en su gran mayoría carácter a orina, debido a que muchos lugareños utilizan las orillas de los puntos como orinales.

Para la línea número tres, cada uno de los puntos evaluados presentó el carácter específico de la fuente, con presencia de carácter a mercaptano en pocas ocasiones, sin embargo, para los puntos D y E, el carácter del olor era emitido por una cámara de inspección de alcantarillado ubicada en la calle 31 con carrera 2. Por otro parte, la línea número cuatro presentó evaluaciones positivas de carácter principalmente en sus puntos A y B y en muy pocas ocasiones en el punto C, estas fueron calificadas como de carácter séptico y olor a mercaptano.

Por medio de esta evaluación, se pudo establecer que durante el periodo de medición (temporada seca con vientos no muy fuertes), el olor podía llegar a ser identificado fácilmente a una distancia radial de aproximadamente 80 metros de la fuente de emisión.

Porcentaje tiempo del olor (Frecuencia)

Para el análisis de la frecuencia en la EBAR-Manzanares, se tuvo en cuenta que el plan de ordenamiento territorial del distrito, establece esta zona, como área residencial tipo 2A y tipo 7 en lo que concierne a los barrios Manzanares y La Tenería y el área del Batallón Córdoba como área residencial turística y hotelera; por lo cual el límite establecido para el criterio de la frecuencia del olores de 10% (ver tabla 2: metodología).

La evaluación de la frecuencia en esta EBAR, muestra una clara influencia del olor sobre las líneas de monitoreo 2 y 3 y sobre los puntos A y B de la línea número 4. Para la línea 1, la medición a este parámetro solo registró una estimación positiva (superior al límite establecido 10%) durante los nueve días de monitoreos realizados sobre esta (esta se presentó en el punto A), durante la mayoría de los días en los que se realizó la evaluación sobre esta línea, las valoraciones fueron nulas o inferiores al 8%, atribuyéndose la no presencia de olores a la dirección y velocidad del viento durante la realización de las mismas; otra causa probable de la no presencia de olores en los puntos de monitoreo, puede atribuirse a que el olor, se concentraba en el interior de las viviendas que se encuentran en la rivera del río Manzanares, actuando como barrera ante el transporte de las sustancias olorosas.

La línea 2, presento regularidad en la presencia de olor durante todas las jornadas de estimación de la frecuencia, con porcentajes de olor que variaron entre 8% y 60%, con excepción del punto E, en el cual la presencia de olor se mantuvo con valores de 1,7% o 0 (ver figura 11). La línea número 3, presentó regularidad en la presencia de olor en seis días de medición, con valores de porcentaje tiempo de olor entre 48% y 13%, sin embargo, tres de los nueve días en los que se evaluó esta línea presentaron valores por debajo de límite establecido como criterio de molestia (10%) y en su mayoría de puntos se registraron frecuencias de 0% principalmente cuando se evaluó esta línea en el primer bloque horario (9am–12 m).

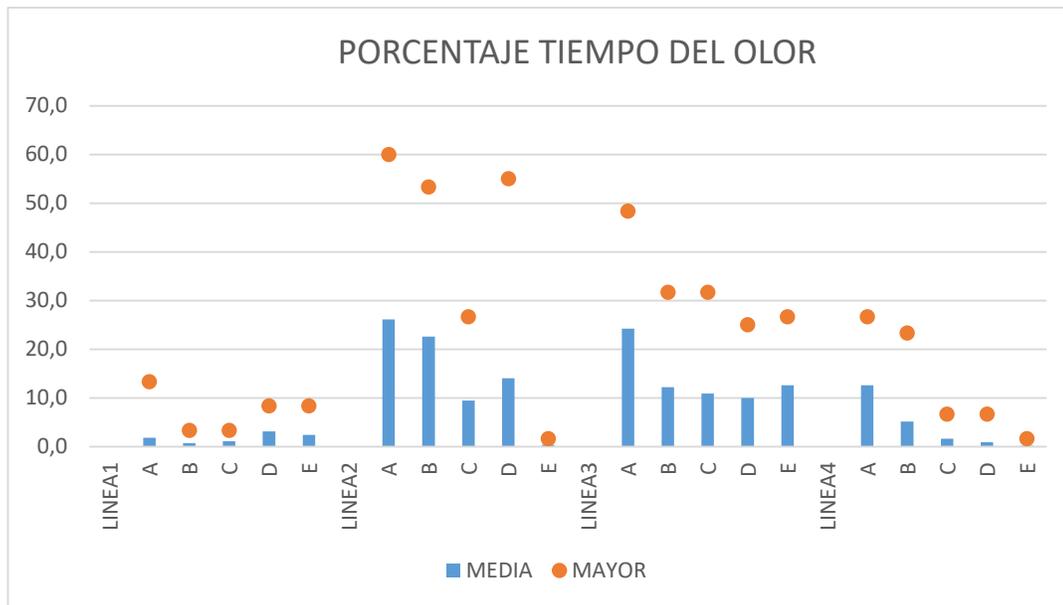


Figura 14. Frecuencia del olor en las líneas de monitoreo EBAR-Manzanares

La línea 4, al igual que la línea uno, presento bajas estimaciones de frecuencia, en esta, los principales puntos con estimaciones de frecuencia por encima del límite de referencia fueron los puntos A y B, más sin embargo, el punto A presento 3 valoraciones con porcentaje de olor de 0% y el punto B solo presento dos episodios que sobrepasaron el límite de referencia para el parámetro de la frecuencia.

De igual forma que en la EBAR-Norte, se pudo establecer que los principales horarios con mayor frecuencia de olor se encuentran entre las 11 am y las 4 pm, sin embargo la línea 2 presento frecuentes episodios durante el primer bloque horario (9am-10am), especialmente en los puntos A, B y C, esto se atribuyó a la cercanía de estos puntos con la fuente emisora de olor.

Tono Hedónico

En esta estación, se registraron 112 valoraciones de tono hedónico diferentes al carácter o grado sin olor, de estas valoraciones, 51 se presentaron en la línea 3, 44 en la línea 2, 15 en la línea 4 y 2 evaluaciones en la línea 1, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7. Numero de mediciones de tono hedónico EBAR-Manzanares

Posición	Muy leve	Débil	Fácilmente notable	Fuerte	Muy Fuerte
Línea 1	-2	0	0	0	0
Línea 2	-7	-15	-18	-4	0
Línea 3	-8	-10	-27	-5	0
Línea 4	0	-3	-11	-1	0
Total	-17	-28	-56	-10	0

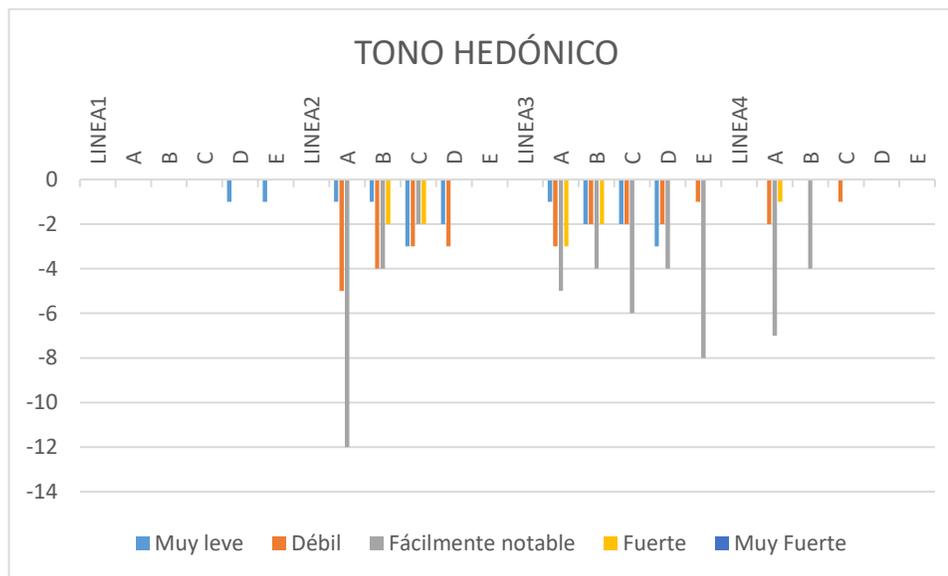


Figura 15. Tono hedónico EBAR-Manzanares.

Como se evidencia en la figura anterior, en la fuente se hizo notable el olor con una valoración de -3 en la escala establecida (fácilmente notable), con 56 registros de tono hedónico para este grado; para el grado -2 (débil) se realizaron 27 valoraciones de este parámetro, 17 mediciones para el grado -1 (muy leve) y 10 cotejos para el grado -4 (fuerte); el grado muy fuerte no presento ningún registro hedónico durante la medición a esta fuente.

Sin embargo, al igual que en la EBAR–Norte, la población calificó de manera más intensa el olor con periodicidad variable, es decir, el olor solo se presentaba durante pocas horas durante el día, especialmente en el medio día y en la noche, de acuerdo con lo registrado en las encuestas realizadas a los habitantes de los barrios La Tenería y Manzanares, lo que presentó concordancia con lo registrado en el parámetro de porcentaje tiempo de olor, donde se pudo identificar el horario entre las 11 am y las 4 pm como el de mayor presencia de olor. Para el horario nocturno, no pudo evidenciarse la presencia de los olores debido a las limitaciones

que se presentaron durante la ejecución del proyecto, ya que no se debía realizar gran cantidad de mediciones con el mismo personal de monitoreo durante una jornada de evaluación.

Intensidad del olor

Durante la medición de este parámetro se realizaron 360 evaluaciones sobre las cuatro líneas de monitoreo (90 mediciones en línea, completando la medición de 36 líneas de intercepción). Como resultado de la evaluación se obtuvieron 112 lecturas de episodios específicos de olor distribuidos de la siguiente forma, 2 mediciones en la línea número 1, 44 en la línea número 2, 51 en la línea número 3 y 15 en la línea número 4 (Tabla 8). En esta estación la tasa de dilución hasta el umbral de 30, presentó 27.68% del total de los datos, seguido de la tasa de 60 D/T con 24.11%, 22.32% para la tasa de 15D/T y 11.61% para las mediciones registradas en 7 D/T.

Tabla 8. Número de mediciones de intensidad EBAR-Manzanares

Posición	60(D/T)	30(D/T)	15(D/T)	7(D/T)	4(D/T)	2(D/T)
Línea 1	0	0	0	0	0	2
Línea 2	9	12	10	5	3	5
Línea 3	14	13	13	6	2	3
Línea 4	4	6	2	2	0	1
Total	27	31	25	13	5	11

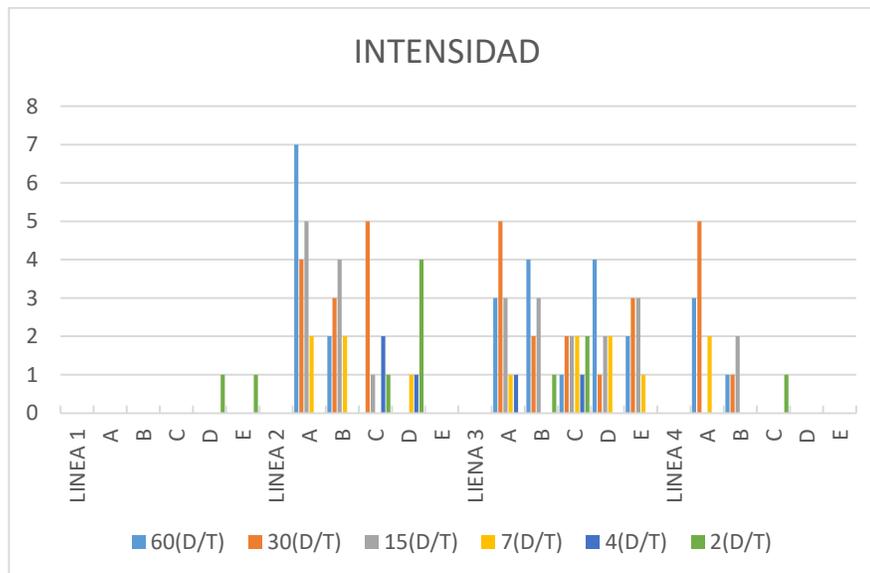


Figura 16. Intensidad de olor en la EBAR-Manzanares

De acuerdo a la figura 13 y anexo 9, la línea número 1 solo presentó dos registros con intensidad de 2D/T, esto en el primer bloque horario establecido de monitoreo (9:00-12:00), indicando que la zona abarcada por dicha línea no presenta una afectación significativa, bajo las condiciones climáticas presentes durante el periodo de monitoreo. En la línea número 3 se evidenció, que el olor no fue identificado durante las mediciones con Nasal Ranger en sus puntos D y E, lo que se atribuyó a la influencia de la velocidad y dirección del viento.

Por el contrario en las líneas 2 y 3 se presentaron gran cantidad de episodios de olor, la línea 3 (línea con mayor cantidad de registros de intensidad) presentó 14, 13, 13 y 6 valoraciones para tasas de 60, 30, 15 y 7 diluciones respectivamente. Para la línea número 2, se evidenciaron 9, 12, 10, y 5 mediciones respectivamente para las diluciones antes mencionadas.

Los monitoreos a esta fuente dieron evidencia de que en los horarios entre las 13:00 y las 16:00 horas (bloque de medición 2), se desplegaron la mayor cantidad de episodios de olor (43 episodios), seguido del bloque horario entre las 16:00 y las 19:00 horas con 36 registros y el primer bloque horario con 33 reconocimientos, de los cuales 35, 33 y 28 de estas diluciones identificadas sobrepasaron el límite de 7 D/T establecido como criterio de molestia por olores ofensivos para los horarios antes mencionados.

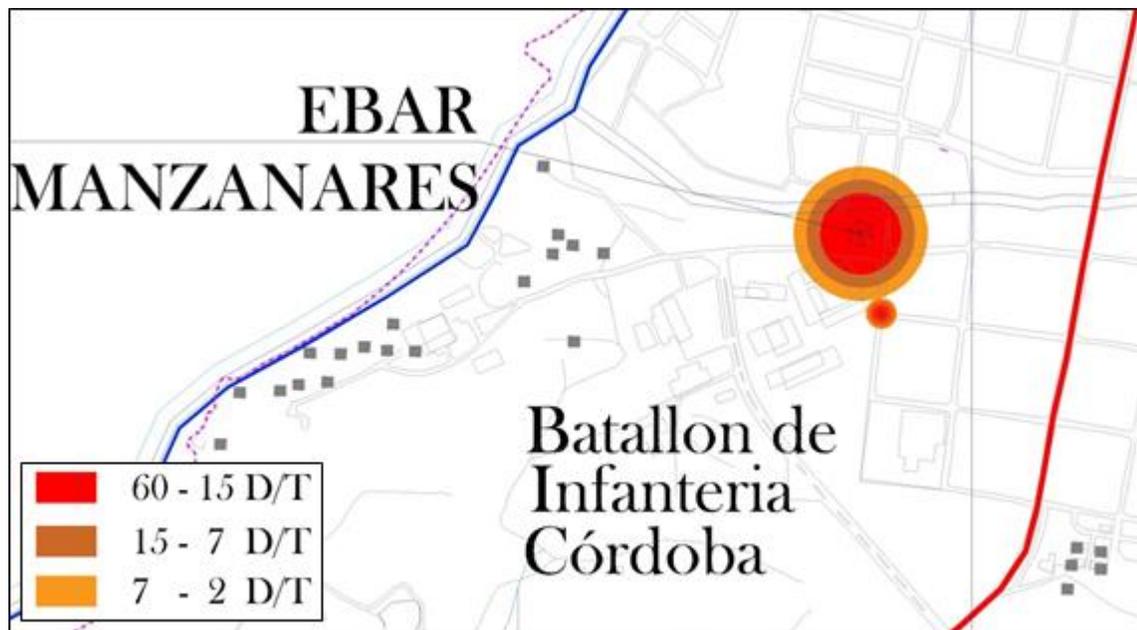


Figura 17. Zona impacto del olor

10.3. Análisis estadístico de los resultados

10.3.1. Análisis de varianza.

Para el análisis de los datos obtenidos en las fuentes de emisión de olores ofensivos se realizó inicialmente un análisis de varianza con la ayuda de la versión estudiantil del software InfoStat, por medio del cual se estableció una comparación entre las dos zonas de emisión estudiadas, donde no se encontraron diferencias significativas entre zonas para los parámetros del olor (frecuencia e intensidad), sin embargo al aplicar las pruebas normalidad se determinó que los datos no cumplen con los supuestos de normalidad establecidos ($p > 0.05$).

Se aplicaron las transformaciones $y = \sqrt{x}$ y $y = \sqrt[4]{x}$, para los parámetros frecuencia e intensidad y la transformación $y = \log_{10}(x)$ para la intensidad, sin embargo los datos obtenidos de estas transformaciones, no se ajustaron a una distribución normal ($p > 0.05$), por lo que se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon (Mann-Whitney U). Esta prueba permite probar la hipótesis que dos muestras aleatorias independientes ($\{X_1, \dots, X_{n1}\}$ e $\{Y_1, \dots, Y_{n2}\}$), provienen de la misma población, usando el estadístico de Wilcoxon. Esta prueba es equivalente a la prueba U de Mann Whitney para muestras independientes. Ambas son propuestas no paramétricas basadas en los rangos de las observaciones originales¹²⁶.

Los resultados obtenidos para la prueba de Wilcoxon, tanto para intensidad como para frecuencia, no se encontraron diferencias significativas entre los datos ($p = 0.0284$ y $p < 0.0001$). Este comportamiento, es atribuible a que las fuentes de emisión de olor sometidas e estudios, comparten la misma actividad de servicio (tratamiento de aguas residuales); además de ello, el estudio se realizó únicamente en época seca, por lo que los resultados obtenidos no presentaron gran variabilidad (Los resultados de las diferentes pruebas y transformaciones aplicadas se pueden observar en el anexo 10).

De igual forma para un análisis independiente para cada zona (análisis entre líneas de medición), debido a que los datos no se ajustaban a una distribución normal, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. La prueba permite realizar un análisis de varianza no paramétrico a una vía de clasificación. El ANAVA propuesto por Kruskal y Wallis (1952) permite comparar las esperanzas de 2 o más distribuciones sin necesidad de realizar el supuesto de que los términos de error se distribuyen normalmente.¹²⁷

¹²⁶ InfoStat, Software estadístico. Manual de usuario versión 2008. Disponible: <http://www.infostat.com.ar/>

¹²⁷ InfoStat, Software estadístico. Manual de usuario versión 2008. Disponible: <http://www.infostat.com.ar/>

Para la EBAR Norte, los resultados de la prueba muestran tanto para la frecuencia, como para la intensidad, que las línea 2 presenta diferencias significativas frente a las líneas 1 y 3, las cuales no presentaron diferencias significativas entre sí. Por otra lado, para la EBAR Manzanares, a partir de la prueba, se determinó que tanto las líneas 1 y 4, como 2 y 3, no presentan entre sí, diferencia estadísticamente significativa, sin embargo se presentan diferencias si se comparan las líneas 2 y 3, con respecto a las líneas 1 y 4; este comportamiento se atribuye principalmente a la ubicación de las líneas de medición con respecto a la fuente emisora del olor (los resultados de la prueba se muestran en el anexo 11).

10.3.2. Análisis de correlaciones.

Debido que los datos obtenidos durante el periodo de monitoreo con cumplen con los supuestos estadísticos de normalidad, las correlaciones se calcularon a partir de los coeficientes de correlación de Spearman para datos que no cumplen los supuestos estadísticos de normalidad y homogeneidad.

Tabla 9: Correlación entre la frecuencia y los parámetros meteorológicos medidos en campo.

Variable(1)	Variable(2)	n	Spearman	p-valor
Frecuencia	Humedad	330	0,07	0,1953
Frecuencia	Temperatura	330	-0,13	0,0159
Frecuencia	Presión	330	-0,04	0,4421
Frecuencia	Velocidad Viento	330	-0,01	0,9263
Frecuencia	Frecuencia	330	1	<0,0001

A partir de los resultados mostrados en la anterior tabla, se puede evidenciar que la frecuencia se correlacionó de forma negativa con la temperatura, la presión y la velocidad del viento y de forma positiva con la humedad. Esto nos indica, que para las fuentes monitoreadas a mayor temperatura el olor era menos frecuente, de igual forma ocurrió con la presión y la velocidad del viento (correlación que presenta la más alta probabilidad, $p=0,9263$), cuanto mayor fueron los valores de estos parámetros meteorológicos, el olor en la zona era menos frecuente. Caso contrario se presentó con la humedad, donde los resultados de la correlación arrojaron que a mayor humedad, más frecuente se hacía el olor en la zona de estudio.

Tabla 10: Correlación entre la intensidad y los parámetros meteorológicos medidos en campo.

Variable(1)	Variable(2)	n	Spearman	p-valor
Promedio Intensidad	Humedad	330	-0,07	0,1915
Promedio Intensidad	Temperatura	330	4,00E-03	0,9424
Promedio Intensidad	Presión	330	-0,02	0,6624
Promedio Intensidad	Velocidad Viento	330	-0,12	0,0298
Promedio Intensidad	Promedio Intensidad	330	1	<0,0001

De la tabla 10, se observa que la intensidad, al contrario de la frecuencia, presenta correlación positiva aunque muy baja con la temperatura, indicando esto que cuando se presentaron altas temperaturas, el olor era poco frecuente, pero con una alta intensidad. Al igual que la frecuencia, la intensidad presentó una correlación negativa con la y la velocidad del viento, sin embargo, aunque la correlación con la humedad obtuvo el mismo valor que la frecuencia (0.07), la magnitud de esta para con la intensidad fue negativa.

Partiendo de los resultados obtenidos a través de la correlación, se puede indicar que la temperatura y la velocidad del viento, fueron los parámetros que determinaron la presencia y concentración del olor durante el periodo de monitoreo para estas dos estaciones de bombeo de aguas residuales.

Por otra parte, los bajos coeficientes de correlación obtenidos, se atribuyeron al corto periodo de tiempo en el que se realizaron las mediciones, el cual no incluyó las diferentes épocas de años (húmeda y seca), por lo que para efectos de corroborar de forma más precisa el efecto de la temperatura, la velocidad del viento y los demás parámetros meteorológicos sobre el olor, se debe adoptar tiempos que incluyan ambas condiciones climáticas.

11. Conclusiones

Finalizado este trabajo, gracias a la indagación realizada fue posible concluir que en el Distrito de Santa Marta, la contaminación por olores ofensivos es un tema sobre el cual ninguno de los entes de control a realizado mediciones con el fin de establecer la línea base de contaminación del aire que se plantea en la política de prevención y control de la contaminación del aire del entonces Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial (2010), por lo que esta investigación aporta los primeros pasos en la base investigativa de los olores, presentando algunas de las zonas y actividades que están afectando el normal desarrollo de las actividades humanas, en cuanto a la molestia que significa el convivir diariamente con una fuente de emisión de olores ofensivos.

De igual forma, a partir de las fuentes investigadas y de los diferentes recorridos que se realizaron para identificar las fuentes de emisión de olores ofensivos en Santa Marta, se pudo llegar a la conclusión que el principal problema relacionado a la contaminación por olores son las fallencias que en muchas ocasiones presenta el alcantarillado sanitario de la ciudad, información que pudo verificarse en el informe de auditoría realizada por la Contraloría Distrital. Ligado a esta temática de aguas residuales, también pudo verificarse las emisiones de olor de las estaciones de bombeo dispuestas por la empresa de servicios públicos, en dos de las cuales se realizaron las mediciones antes registradas.

Otras actividades que se identificaron como emisoras de este tipo de contaminación fueron el procesamiento de palma de aceite registrado en la comuna nueve, el relleno sanitario ubicado en el sector de Palangana, las actividades de venta y procesamiento de carnes, pescados, crustáceos, etc., que se realizan en el mercado público de la ciudad, entre otras actividades mencionadas por los ciudadanos como el procesamiento de café, las cuales no pudieron ser medidas debido a las limitaciones que se presentaron durante el planteamiento y desarrollo de la investigación.

A partir de las mediciones que se realizaron se pudo verificar que tanto en la EBAR Norte como Manzanares, hay presencia de olor en porcentajes superiores a los niveles permitidos por algunas normas internacionales (10% para zonas residenciales y 15% para zonas mixtas), de igual forma los reportes de intensidad que pudieron ser detectados con ayuda del olfatómetro de campo Nasal Ranger, presentan más del 50% de las valoraciones con tasas de olores superiores a la sugerida como criterio de molestia por los creadores del olfatómetro (7D/T), si se compara este parámetro con el criterio de otros estados de USA, en los cuales se

establece como criterio de molestia 2D/T, queda demostrada la afectación que están causando los olores en la comunidad, que se expresan inicialmente como la molestia por olor, y que pueden terminar en problema de las salud ya que más del 80% de las mediciones registradas con olfatómetro de campo, presentan intensidad superior a 2 D/T.

A partir de las correlaciones realizadas se pudo establecer que la temperatura y la velocidad del viento, son los principales agentes climáticos o variables atmosféricas, que determinan la presencia e intensidad del olor en las zonas donde se presentan actividades relacionadas al tratamiento de aguas residuales.

12. Recomendaciones

Como primera medida se recomienda que los estudios con respecto a la medición de olores se realicen durante las diferentes épocas que se presentan en el año, de modo que se garantice una cobertura completa de todas las variables atmosféricas que pueden llegar a afectar las concentraciones del olor en el aire ambiente. De igual manera el contar con todas las condiciones climáticas presentes en por lo menos dos épocas del año podrá brindar datos concretos con los que se pueda realizar un modelo matemático para determinar la distribución espacio temporal que presentan estos compuestos bajo diferentes condiciones de dirección y velocidad del viento, temperatura, humedad y radiación solar.

Un aspecto de gran importancia para el monitoreo de olores es contar con los equipos necesarios para realizar el seguimiento a las diferentes fuentes o actividades, el uso del olfatómetro Nasal Ranger representa un avance en la medición sensorial en cuanto elimina parte de la subjetividad en las mediciones del olor, sin embargo, al contar con solo una pequeña cantidad de rangos ya preestablecidos no se puede conocer de forma exacta la intensidad que puedan llegar a presentar los compuestos generadores de olor. Por tanto, se recomienda el uso de equipos que puedan estimar el valor exacto de la concentración de los olores en el aire, esto puede ser a través de otros olfatómetros que puedan brindar un mayor rango en la estimación de las emisiones del olor, o el uso de las narices electrónicas las cuales pueden reportar mediciones de forma continua, aunque tienen la desventaja de no captar toda la experiencia humana al olor, como si lo hace la olfatometría utilizando el olfato humano y en algunos casos ayudados de los olfatómetros de campo.

13. Presupuesto

Tabla 11. Presupuesto Global

RUBROS GENERALES	RECURSOS APORTADOS POR:			TOTAL
	UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA		OTRAS FUENTES	
	EFFECTIVO	(CAPACIDAD INSTALADA)		
Personal:	\$ 6.500.000,00	\$ 1.680.000,00	\$ -	\$10.780.000,00
Insumos:	\$ 134.000,00	\$ -	\$ -	\$ 134.000,00
Otros insumos:	\$ 180.000,00	\$ -	\$ -	\$ 180.000,00
Equipo	Compra	\$ -	\$ -	\$ -
	Arriendo	\$ -	\$ -	\$ -
	Uso	\$ -	\$10.781.445,90	\$ -
Servicios técnicos:	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Salidas de campo:	\$ 876.000,00	\$ -	\$ -	\$ 876.000,00
Viajes Nacionales, Internacionales y Cursos de entrenamiento:	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Software:	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Realización talleres, foros:	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Material bibliográfico especializado:	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Publicaciones y patentes:	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Imprevistos				\$ -
TOTAL	\$7.690.000,00	\$11.187.015,38	\$ -	\$20.151.445,90

14. Bibliografía

1. AATAMILA, Marjaleena; et al. Odour annoyance and physical symptoms among residents living near waste treatment centres. *Environmental Research*. (2011) Vol. 111. Pag: 164–170.
2. ASOCARS-UPB. Mediciones En Actividades Generadoras De Olores Ofensivos Mediante Los Métodos Definidos Por El Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, Y Establecer Un Diagnóstico De Sus Emisiones. Diciembre 2013.
3. ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA (AMVA). Gestión de la Calidad del Aire del Valle de Aburrá. Medellín, Diciembre de 2007. No. 31, pág. 209-224.
4. _____. Protocolo para el Monitoreo y Análisis de Olores Ofensivos en el Valle de Aburrá. [En línea]. Convenio de Asociación No. 543 de 2008 Acta No 3. Informe de Avance 1 Abril de 2010. [Consultado 26-11-2012]. Disponible en: http://www.aredigital.gov.co/calidadaire/Isdocolores/protocolo_monitoreo.pdf
5. BARRERA CURIHUENTRO, Maritza Carolina. Aplicación del modelo ISC-AERMOD para la estimación de dispersión de olores. caso estudio: planta de tratamiento de aguas servidas la Farfana. [En línea]. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Santiago, Chile 2010. [Consultado 01-01-2014] Disponible en: <<http://www.tesis.uchile.cl/handle/2250/112443>>
6. BENZO, Maurizio; MANTOVANI, Alice y PITTARELLO, Alberto. Measurement of Odour Concentration of Immissions using a New Field Olfactometer and Markers' Chemical Analysis. *Chemical Engineering Transactions* 2012 Vol.30, pág. 103-108
7. BLANES-VIDAL, Victoria; et al. Perceived annoyance from environmental odors and association with atmospheric ammonia levels in non-urban residential communities: a cross-sectional study. *Environmental Health* 2012, 11:27
8. BLANES-VIDAL, Victoria; et al. Chronic exposure to odours chemicals in residential áreas and effects on human psychosocial health: Dose-response relationships. *Science of the total environment*. (August 2014). Vol. 490, Pag: 545-554.
9. BRANDT, R. C; et al. Field Olfactometry Assessment of Dairy Manure Land Application Methods. *Journal of Environmental Quality* 2011 Vol. 40 No. 2, pág. 431-437.

10. CAPELLI, Laura; et al. Predicting Odour Emissions from Wastewater Treatment Plants by Means of Odour Emission Factors. *Water Research* 2009 Vol. 43, No. 7, pág. 1977–1985.
11. CATALAN, Lionel; et al. Emissions of Reduced Sulphur Compounds from the Surface of Primary and Secondary Wastewater Clarifiers at a Kraft Mill. *Environ Monit Assess* 2009 Vol. 156 No.1–4, pág. 37–49.
12. CHASTAIN, John P. Calidad del Aire y Control de Olores de Instalaciones de Producción Porcina. *Agricultural & Natural Resource Engineering Applications*. USA, September 2007. Vol. 071
13. CID MONTAÑÉS, José Francisco. Malos olores en aire interior y exteriores: olfatometría dinámica de campo [En línea]. Congreso Nacional Del Medio Ambiente. 2012. [Consultado 28-12-2013]. Disponible: <http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama11/CT%202010/1896706308.pdf>
14. Contraloría Distrital, Distrito Turístico Cultural e Histórico de Santa Marta. Informe Definitivo NO. 002. Auditoria Gubernamental con Enfoque Integral Modalidad Especial al Servicio Publico Domiciliario de Alcantarillado Sanitario en el Distrito Turístico Cultural e Histórico de Santa Marta, Vigencia 201. Agosto de 2012.
15. DALTON, Pamela; et al. A Multi-Year Field Olfactometry Study Near a Concentrated Animal Feeding Operation. *Journal of the Air & Waste Management Association*. United Kingdom, Dec 2011. N° 61, pág.1398–1408
16. DENG, Wen-Yi; et al. Emission Characteristics of Volatile Compounds during Sludges Drying Process. *Journal of Hazardous Materials* 2009 Vol. 162 No. 1, pág.186–192.
17. ECOMETRIKA. Reporte: Medición de olor al aire ambiente. FRIOSA. Marzo 2008. [Consultado 13-09-2013]. Disponible: < http://www.e-seia.cl/archivos/Anexo_4_Reporte_Mapa_Olores.pdf>.
18. _____. Reporte: Medición de olores al ambiente Planta los Glaciares. Puerto Montt. Noviembre 2006. [Consultado 13-09-2013]. Disponible en: <http://www.e-seia.cl/archivos/Anexo_III_f__Informe_Olores_Los_Glaciares.pdf>.
19. _____. Reporte: Medición de olor-Planta Agroindustrial Pitaqui. Octubre 2008. [Consultado 13-09-2013]. Disponible: <http://www.e-seia.cl/archivos/ANEXO_XIV.pdf>.
20. GOSTELOWM, P; PARSONS, S. A. y STUETZM, R.M. Odour measurements for sewage treatment works. *Water Research* 2001 Vol. 35, No. 3, pág. 579-597.

21. GYU SEO, Seong; et al. Measurements of key offensive odorants in a fishery industrial complex in Korea. *Atmospheric Environment*. 2011. Vol. 45, pág. 2929-2936
22. HAAS, Torsten; et al. A method for online measurement of odour with a chemosensor system. *Sensors and Actuators B*. 2008 Vol. 132, pág. 545–550
23. HANAJIMA, Dai; et al. Key odor components responsible for the impact on olfactory sense during swine feces composting. *Bioresource Technology*. 2010. Vol. 101, pág. 2306–2310
24. HAYES, E.T; CURRAN, T.P. y DODD V.A. Odour and ammonia emissions from intensive pig units in Ireland. *Bioresource Technology* 2006 Vol. 97 No.7, pág. 940–948.
25. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Informe del estado de la calidad del aire en Colombia (2007-2010).
26. JEON, Eui-Chan; SON, Hyun-Keun y SA, Jae-Hwan. Emission Characteristics and Factors of Selected Odorous Compounds at a Wastewater Treatment Plant. *Sensors* 2009 Vol. 9 No.1, pág. 311–326.
27. KABIR, Ehsanul; et al. Offensive odorants released from stormwater catch basins (SCB) in an urban area. *Chemosphere*. 2010. Vol. 81, No. 3, pág. 327–338.
28. KARAGEORGOS, Petros; et al. Characterization and Dispersion Modeling of Odors from a Piggery Facility. *Journal of Environmental Quality*. Nov/Dec 2010. Vol. 39. N° 6, pág. 2170-2178
29. KISTLER, Magdalena; et al. Odor, gaseous and PM10 emissions from small scale combustion of wood types indigenous to Central Europe. *Atmospheric Environment*. 2012. Vol. 51, pág.86-93
30. LAOR, Yael; et al. Odorants and Malodors Associated with Land Application of Biosolids Stabilized with Lime and Coal Fly Ash. *Journal of Environmental Quality* 2011 Vol. 40 No. 5, pág. 1405-1415.
31. LOUHELAINEN, Kyosti; KANGAS, Juhani; VEIJANEN, Anja y VIILOS, Pia. Effect of in situ composting on reducing offensive odors and volatile organic compounds in swineries. *American Industrial Hygiene Association Journal*. Mar/Abr 2001. Vol.62, No. 2, pág. 159-167
32. MILLER, D. N. y VAREL, V. H. An in vitro study of manure composition on the biochemical origins, composition, and accumulation of odorous compounds in cattle feedlots. *Journal of Animal Science*. 2002. Vol. 80, pág. 2214–2222
33. _____. In vitro study of the biochemical origin and production limits of odorous compounds in cattle feedlots. *Journal of Animal Science*. 2001. Vol. 79, pág. 2949–2956

- 34._____. Swine manure composition affects the biochemical origins, composition, and accumulation of odorous compounds. *Journal of Animal Science*. 2003. Vol. 81, pág. 2131–2138
- 35.MILLOT, Jean-Louis; BRAND, Gérard and MORAND, Nadège. Effects of ambient odors on reaction time in humans. *Neuroscience Letters* (2002). Vol. 322. Pag: 79-82.
- 36.MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (MADS). Resolución 1541 de 2013.
- 37.MINISTERIO DE AMBIENTE; VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL (MAVDT). Viceministerio de ambiente. Política de prevención y control de la contaminación del aire. 2010.
- 38.MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). Decreto 0948 de Junio de 1995.
- 39.MORGAN SAGASTUME, Juan Manuel; REVAH MOISEEV, Sergio y NOYOLA ROBLES, Adalberto. Malos olores en plantas de tratamiento de aguas residuales: Su control a través de procesos biotecnológicos. [En línea]. [Consultado 29-12-2013]. Disponible en: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/mexicona/R-0032.pdf>>
- 40.NIMMERMARK, Sven. ODOUR IMPACT. Odour release, dispersion and influence on human well-being with specific focus on animal production. [En línea]. Department of Agricultural Biosystems and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences. 2004. [Consultado 23-04-2012]. Disponible en: <<http://pub.epsilon.slu.se/692/4/Agraria494.pdf>>
- 41.OSPINA GIRALDO, Frank E; RAMÍREZ CASAS, Gloria. E. y TORO, Maria Victoria. Implementación Del Método De Monitoreo Y Análisis De Olores Ofensivos En Dos Localidades Del Valle De Aburrá Afecta Das Por El Procesado De Sebo. *Revista de ciencias, Universidad del Valle*. 2011 Vol. 15, pág. 185-199.
- 42.PAN, L; YANG, S. X. y DEBRUYN, J. Factor Analysis of Downwind Odours from Livestock Farms. *Biosystems Engineering* 2007 Vol. 96 No.3, pág. 387–397
- 43.PAN, Leilei y YANG, Simon X. A new intelligent electronic nose system for measuring and analysing livestock and poultry farm odours. *Environ Monit Assess*. 2007 Vol. 135, pág. 399–408
- 44._____. Analysing livestock farm odour using an adaptive neuro-fuzzy approach. *Biosystems Engineering*. 2007 Vol. 97, pág.387–393
- 45.PUIGCERVER, Manuel y CARRASCAL, M. Dolors. El medio atmosférico: meteorología y contaminación. [En línea]. Barcelona: Universidad de Barcelona. 2008. 248 p. [Consultado 25-04-2012]. Disponible <<http://books.google.com.co>>

46. QU, Guoliang; et al. Development of an integrated sensor to measure odors. *Environmental Monitoring and Assessment* Sep. 2008 Vol. 144, No. 1-3, pág. 277-83.
47. RAHMAN, Mahmudur y KIM, Ki-Hyun. Release of offensive odorants from the combustion of barbecue charcoals. *Journal of Hazardous Materials*. 2012. Vols. 215– 216. Pág: 233– 242.
48. RAPPERT, S. y MÜLLER, R. Odor compounds in waste gas emissions from agricultural operations and food industries. *Waste Management*. 2005. Vol. 25, pág. 887–907
49. ROMAIN, Anne-Claude; et al. Continuous odour measurement from fattening pig units. *Atmospheric Environment* 2013 Vol. 77, pág. 935-942
50. SARKAR, Ujjaini; HOBBS, Stephen E. y LONGHURST, Philip. Dispersion of odour: a case study with a municipal solid waste landfill site in North London, United Kingdom. *Journal of Environmental Management*. 2003. Vol. 68, pág.153–16
51. SCHIFFMAN, S. S; et al. Eulerian-Lagrangian model for predicting odor dispersion using instrumental and human measurements. *Sensors and Actuators B*. 2005 Vol. 106 Pag:122–127
52. SCHIFFMAN, Susan S; BENNETT, Jeanette L. y RAYMER, James H. Quantification of odors and odorants from swine operations in North Carolina. *Agricultural and Forest Meteorology* 2001 Vol. 108, pág. 213–240
53. SCHIFFMAN, Susan S; et al. Symptomatic Effects of Exposure to Diluted Air Sampled from a Swine Confinement Atmosphere on Healthy Human Subjects. *Environmental Health Perspectives*; May 2005; Vol. 113, No. 5, pág. 567-576
54. SCHIFFMAN, Susan S. Livestock Odors: Implications for Human Health and Well-Being. *Journal of Animal Science*. (1998) Vol. 76 Pag: 1343-1355.
55. SCOTTISH ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY (SEPA). Odour guidance 2010.
56. _____. Measurement and Modelling of Emissions from Three Composting Sites. [En línea]. Final Report Project UKPIR 12. May 2007. [Consultado 06-01-2014] Disponible en: < <http://www.sepa.org.uk>>
57. SIRONI, Selena; et al. Odour emission factors for the prediction of odour emissions from plants for the mechanical and biological treatment of MSW. *Atmospheric Environment* 2006 Vol. 40 No. 39, pág. 7632–7643
58. St. Croix Sensory. Manual de operaciones del olfatómetro de campo Nasal Ranger. Disponible en: http://www.nasalranger.com/espanol/Operations/NR_Manual_de_Operacion_en_espanol_v6_0_2.pdf

59. SUCKER, Kirsten; et al. Odor frequency and odor annoyance. Part I: assessment of frequency, intensity and hedonic tone of environmental odors in the field. *Int Arch Occup Environ Health* 2008 Vol. 81, pág. 671–682
60. SUCKER, R; BOTH, R; WINNEKE, G. Review of adverse health effects of odours in field studies. *Water science and technology*. (2009). Vol. 59, No. 7. Pag: 1281-1289. DOI: <http://dx.doi.org/10.2166/wst.2009.113>
61. SUNDBERG, C; et al. Effects of pH and microbial composition on odour in food waste composting. *Waste Management* 2013, Vol. 33, No. 1, pág. 204–211
62. TORRES SALVADOR, Antonio G; et al. Guía técnica para la gestión de las emisiones odoríferas generadas por las explotaciones ganaderas intensivas. [En línea] Centro de Tecnologías Limpias Ronda Isaac Peral y Caballero, Valencia – España. 2008. N° 5. [Consultado 16-8-2013]. Disponible en: <http://www.malosolores.org/pdf/cliente/guia-tecnica-gestion-emisiones-odoriferas-ganaderas.pdf>
63. UBEDA, Y; et al. Odour evaluation of a dairy farm with anaerobic digestion. *Chemical Engineering Transactions*. 2010. Vol. 23, pág. 255-260.
64. ÚBEDA-SÁNCHEZ, Y; et al. Malos olores en la producción porcina: medición y técnicas de control. [En línea]. Instituto de ciencia y tecnología animal. Universidad politécnica de valencia. *Revista ANAPORC*. 2007. Pag: 50-61. [Consultado 16-11-2012]. Disponible en: <http://www.doom-informatica.com/webs2/socioeng/revistaanaporc2007.pdf>
65. VAN HUFFEL, Katrijn; et al. Measurement of Odorants in Livestock Buildings: SIFT-MS and TD-GC-MS. *Chemical Engineering Transactions*. 2012. Vol. 30, pág. 67-72
66. WING, Steve; AVERY HORTON, Rachel y ROSE, Kathryn M. Air Pollution from Industrial Swine Operations and Blood Pressure of Neighboring Residents. *Environmental Health Perspectives* January 2013 Vol. 121, No. 1, pág. 92-96
67. YANG, Sung-Bong. Applications of odour measurements in Korea. [En línea]. School of Chemistry and Biological Sciences, University of Ulsan. [Consultado 30-12-2013] Disponible en: http://www.env.go.jp/en/air/odor/eastasia_ws/2-1-2.pdf
68. YU, Zimu; GUO, Huiqing y LAGUË, Claude. Development of a Livestock Odor Dispersion Model: Part II. Evaluation and Validation. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 2001 Vol. 61, pág. 277–284.
69. ZHANG, Q; et al. Correlation between odour intensity assessed by human assessors and odour concentration measured with olfactometers. *Canadian Biosystems Engineering* 2002, Vol. 44, pág. 6.27- 6.32

Anexos

Anexo 1: Formato Para Registro De Condiciones Meteorológicas

Fecha:		Lugar:					
Línea	Variabes	Punto A	Punto B	Punto C	Punto D	Punto E	Punto F
1	Velocidad del viento (m/s)						
	Dirección del viento						
	Temperatura (°C)						
	Humedad Relativa (%)						
	Presión Barométrica (mm)						
2	Velocidad del viento (m/s)						
	Dirección del viento						
	Temperatura (°C)						
	Humedad Relativa (%)						
	Presión Barométrica (mm)						
3	Velocidad del viento (m/s)						
	Dirección del viento						
	Temperatura (°C)						
	Humedad Relativa (%)						
	Presión Barométrica (mm)						
4	Velocidad del viento (m/s)						
	Dirección del viento						
	Temperatura (°C)						
	Humedad Relativa (%)						
	Presión Barométrica (mm)						
5	Velocidad del viento (m/s)						
	Dirección del viento						
	Temperatura (°C)						
	Humedad Relativa (%)						
	Presión Barométrica (mm)						

Condición Climática	L1	L2	L3	L4	L5	Precipitación	L1	L2	L3	L4	L5
Soleado						Ninguna					
Parcialmente Nublado						Niebla					
Mayormente Nublado						Cellisca					
Nublado						Lluvia					

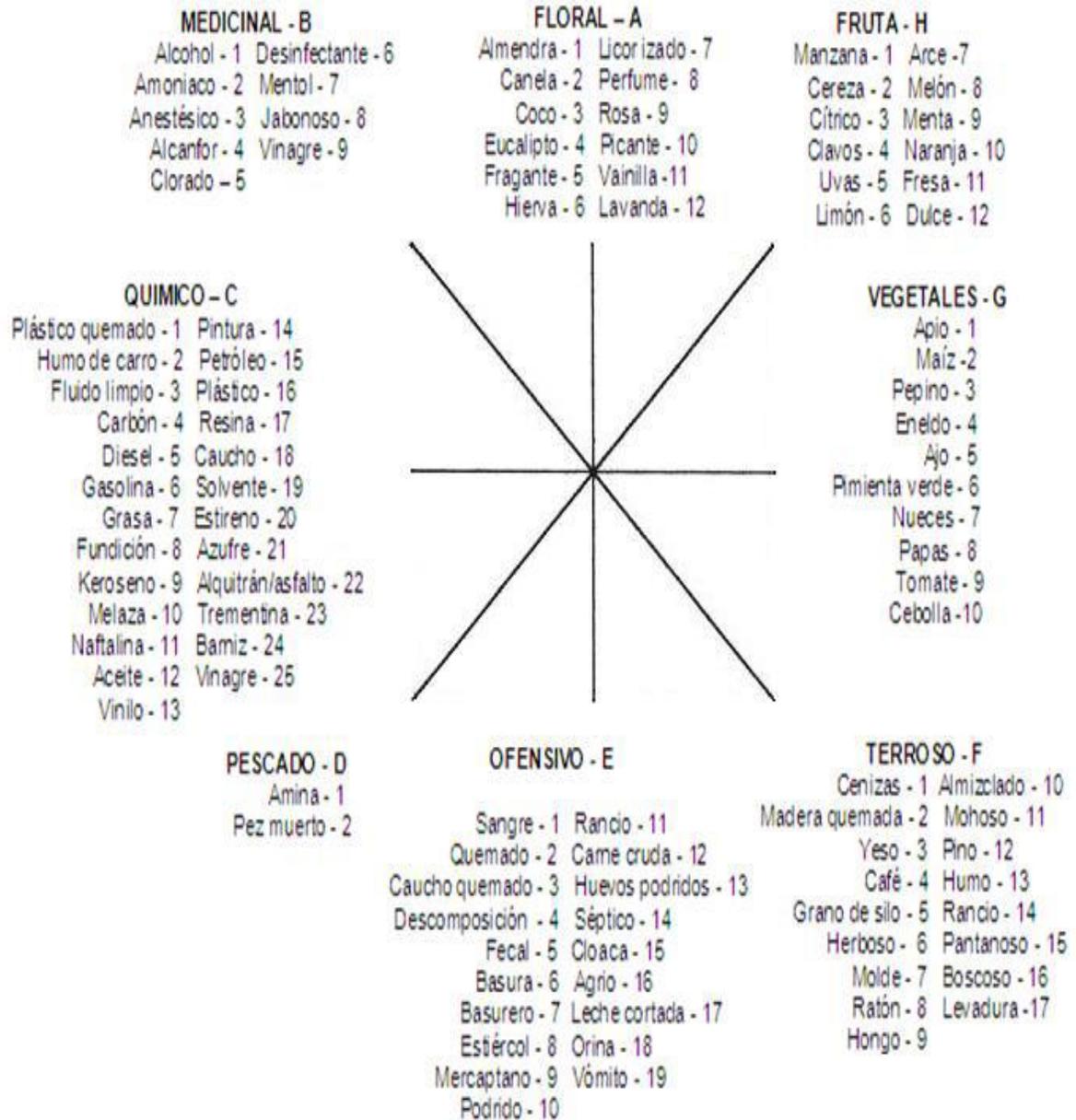
Nombre del Sniffer encargado: _____

Nombre del Coordinador: _____

Anexo 2: Formato para el registro del porcentaje tiempo del olor.

Fecha							Lugar						
Intervalo	Línea	1	2	3	4	5	Intervalo	Línea	1	2	3	4	5
Minuto 1	0						Minuto 6	0					
0:00-0:59	10						5:00-5:59	10					
	20							20					
	30							30					
	40							40					
	50							50					
Minuto 2	0						Minuto 7	0					
1:00-1:59	10						6:00-6:59	10					
	20							20					
	30							30					
	40							40					
	50							50					
Minuto 3	0						Minuto 8	0					
2:00-2:59	10						7:00-7:59	10					
	20							20					
	30							30					
	40							40					
	50							50					
Minuto 4	0						Minuto 9	0					
3:00-3:59	10						8:00-8:59	10					
	20							20					
	30							30					
	40							40					
	50							50					
Minuto 5	0						Minuto 10	0					
4:00-4:59	10						9:00-9:59	10					
	20							20					
	30							30					
	40							40					
	50							50					
Línea	Hora inicio	Hora final	Posición	Caracterización									
1				Olor principal.									
2				Olor Secundario.									
3				Otro Olor.									
4				Nombre Sniffer									
5				Nombre Coordinador									

Anexo 4: Guía para la caracterización del olor



Anexo 5: Resultados monitoreo estación de bombeo de aguas residuales Norte.

Porcentaje tiempo del olor o Frecuencia.

LÍNEA1	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	MEDIA	MAYOR
A	98,3	51,7	5,0	93,3	0,0	31,7	3,3	60,0	31,7	3,3	37,8	98,3
B	81,7	63,3	3,3	20,0	0,0	13,3	3,3	35,0	10,0	1,7	23,2	81,7
C	63,3	16,7	5,0	50,0	3,3	1,7	0,0	0,0	6,7	1,7	14,8	63,3
D	35,0	10,0	8,3	35,0	25,0	1,7	0,0	0,0	26,7	0,0	14,2	35,0
E	25,0	5,0	3,3	3,3	0,0	6,7	3,3	0,0	3,3	0,0	5,0	25,0

LÍNEA2	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	MEDIA	MAYOR
A	56,7	31,7	11,7	10,0	16,7	51,7	25,0	85,0	51,7	28,3	36,8	85,0
B	26,7	78,3	5,0	13,3	15,0	60,0	10,0	66,7	78,3	31,7	38,5	78,3
C	28,3	60,0	1,7	10,0	25,0	46,7	6,7	51,7	63,3	30,0	32,3	63,3
D	10,0	58,3	1,7	18,3	30,0	63,3	8,3	51,7	35,0	33,3	31,0	63,3
E	6,7	20,0	0,0	18,3	56,7	21,7	0,0	56,7	71,7	5,0	25,7	71,7

LÍNEA3	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	MEDIA	MAYOR
A	5,0	10,0	21,7	5,0	3,3	5,0	20,0	3,3	58,3	3,3	13,5	58,3
B	3,3	16,7	21,7	8,3	0,0	5,0	5,0	13,3	35,0	1,7	11,0	35,0
C	6,7	20,0	5,0	1,7	0,0	1,7	3,3	5,0	53,3	3,3	10,0	53,3
D	13,3	13,3	13,3	1,7	0,0	1,7	5,0	35,0	40,0	3,3	12,7	40,0
E	11,7	20,0	5,0	11,7	0,0	5,0	1,7	55,0	28,3	6,7	14,5	55,0

Número de mediciones de intensidad del olor.

LÍNEA 1	60(D/T)	30(D/T)	15(D/T)	7(D/T)	4(D/T)	2(D/T)
A	2	1	4	1	1	0
B	2	2	1	2	2	0
C	0	2	2	0	0	2
D	0	2	1	1	0	1
E	0	0	1	1	0	0

LÍNEA 2	60(D/T)	30(D/T)	15(D/T)	7(D/T)	4(D/T)	2(D/T)
A	7	7	1	0	1	0
B	6	7	2	1	0	0
C	2	2	7	4	0	1
D	0	1	5	4	2	1
E	0	3	7	2	0	0

LINEA 3	60(D/T)	30(D/T)	15(D/T)	7(D/T)	4(D/T)	2(D/T)
A	1	1	0	0	2	1
B	0	1	2	1	0	1
C	0	3	0	2	1	1
D	0	1	0	2	1	1
E	0	1	2	2	1	1

Numero de mediciones del tono hedónico.

LINEA1	Muy leve	Débil	Fácilmente notable	Fuerte	Muy Fuerte
A	-1	-1	-3	-2	-2
B	-2	-1	-3	-3	0
C	-1	-1	-2	-2	0
D	-3	0	-2	0	0
E	0	0	-2	0	0

LINEA2	Muy leve	Débil	Fácilmente notable	Fuerte	Muy Fuerte
A	0	-3	-5	-4	-4
B	-1	-4	-4	-7	0
C	-2	-2	-12	0	0
D	-4	-4	-5	0	0
E	-3	-5	-4	0	0

LINEA3	Muy leve	Débil	Fácilmente notable	Fuerte	Muy Fuerte
A	-2	0	-3	0	0
B	-2	-1	-2	0	0
C	-4	-1	-2	0	0
D	-2	-1	-1	-1	0
E	-3	-2	-2	0	0

**Anexo 6: Resultados Monitoreo estación de bombeo de aguas residuales
Manzanares**

Porcentaje tiempo del olor o frecuencia

LINEA1	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	MEDIA	MAYOR
A	0,0	0,0	13,3	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	1,9	13,3
B	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	3,3	1,7	0,0	0,7	3,3
C	0,0	0,0	1,7	1,7	0,0	1,7	3,3	1,7	0,0	1,1	3,3
D	5,0	0,0	8,3	1,7	0,0	8,3	5,0	0,0	0,0	3,1	8,3
E	0,0	0,0	6,7	1,7	0,0	8,3	5,0	0,0	0,0	2,4	8,3

LINEA2	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	MEDIA	MAYOR
A	36,7	60,0	15,0	16,7	36,7	30,0	5,0	26,7	8,3	26,1	60,0
B	18,3	43,3	5,0	16,7	53,3	5,0	28,3	33,3	0,0	22,6	53,3
C	20,0	5,0	3,3	16,7	1,7	3,3	26,7	5,0	3,3	9,4	26,7
D	15,0	55,0	30,0	3,3	16,7	1,7	0,0	3,3	1,7	14,1	55,0
E	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,4	1,7

LINEA3	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	MEDIA	MAYOR
A	28,3	30,0	48,3	40,0	8,3	31,7	31,7	0,0	0,0	24,3	48,3
B	6,7	1,7	31,7	28,3	0,0	28,3	13,3	0,0	0,0	12,2	31,7
C	13,3	3,3	16,7	8,3	10,0	31,7	13,3	1,7	0,0	10,9	31,7
D	25,0	21,7	15,0	11,7	0,0	13,3	1,7	1,7	0,0	10,0	25,0
E	15,0	21,7	13,3	21,7	1,7	26,7	0,0	0,0	13,3	12,6	26,7

LINEA4	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	MEDIA	MAYOR
A	0,0	20,0	26,7	23,3	0,0	18,3	11,7	0,0	13,3	12,6	26,7
B	0,0	23,3	0,0	3,3	3,3	16,7	0,0	0,0	0,0	5,2	23,3
C	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	6,7	0,0	1,7	5,0	1,7	6,7
D	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,9	6,7
E	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,7

Numero de mediciones de intensidad

LINEA 1	60(D/T)	30(D/T)	15(D/T)	7(D/T)	4(D/T)	2(D/T)
A	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	1
E	0	0	0	0	0	1

LINEA 2	60(D/T)	30(D/T)	15(D/T)	7(D/T)	4(D/T)	2(D/T)
A	7	4	5	2	0	0
B	2	3	4	2	0	0
C	0	5	1	0	2	1
D	0	0	0	1	1	4
E	0	0	0	0	0	0

LIENA 3	60(D/T)	30(D/T)	15(D/T)	7(D/T)	4(D/T)	2(D/T)
A	3	5	3	1	1	0
B	4	2	3	0	0	1
C	1	2	2	2	1	2
D	4	1	2	2	0	0
E	2	3	3	1	0	0

LINEA 4	60(D/T)	30(D/T)	15(D/T)	7(D/T)	4(D/T)	2(D/T)
A	3	5	0	2	0	0
B	1	1	2	0	0	0
C	0	0	0	0	0	1
D	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0

Numero de mediciones de tono hedónico

LINEA1	Muy leve	Débil	Fácilmente notable	Fuerte	Muy Fuerte
A	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0
D	-1	0	0	0	0
E	-1	0	0	0	0

LINEA2	Muy leve	Débil	Fácilmente notable	Fuerte	Muy Fuerte
A	-1	-5	-12	0	0
B	-1	-4	-4	-2	0
C	-3	-3	-2	-2	0
D	-2	-3	0	0	0
E	0	0	0	0	0

LINEA3	Muy leve	Débil	Fácilmente notable	Fuerte	Muy Fuerte
A	-1	-3	-5	-3	0
B	-2	-2	-4	-2	0
C	-2	-2	-6	0	0
D	-3	-2	-4	0	0
E	0	-1	-8	0	0

LINEA4	Muy leve	Débil	Fácilmente notable	Fuerte	Muy Fuerte
A	0	-2	-7	-1	0
B	0	0	-4	0	0
C	0	-1	0	0	0
D	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0

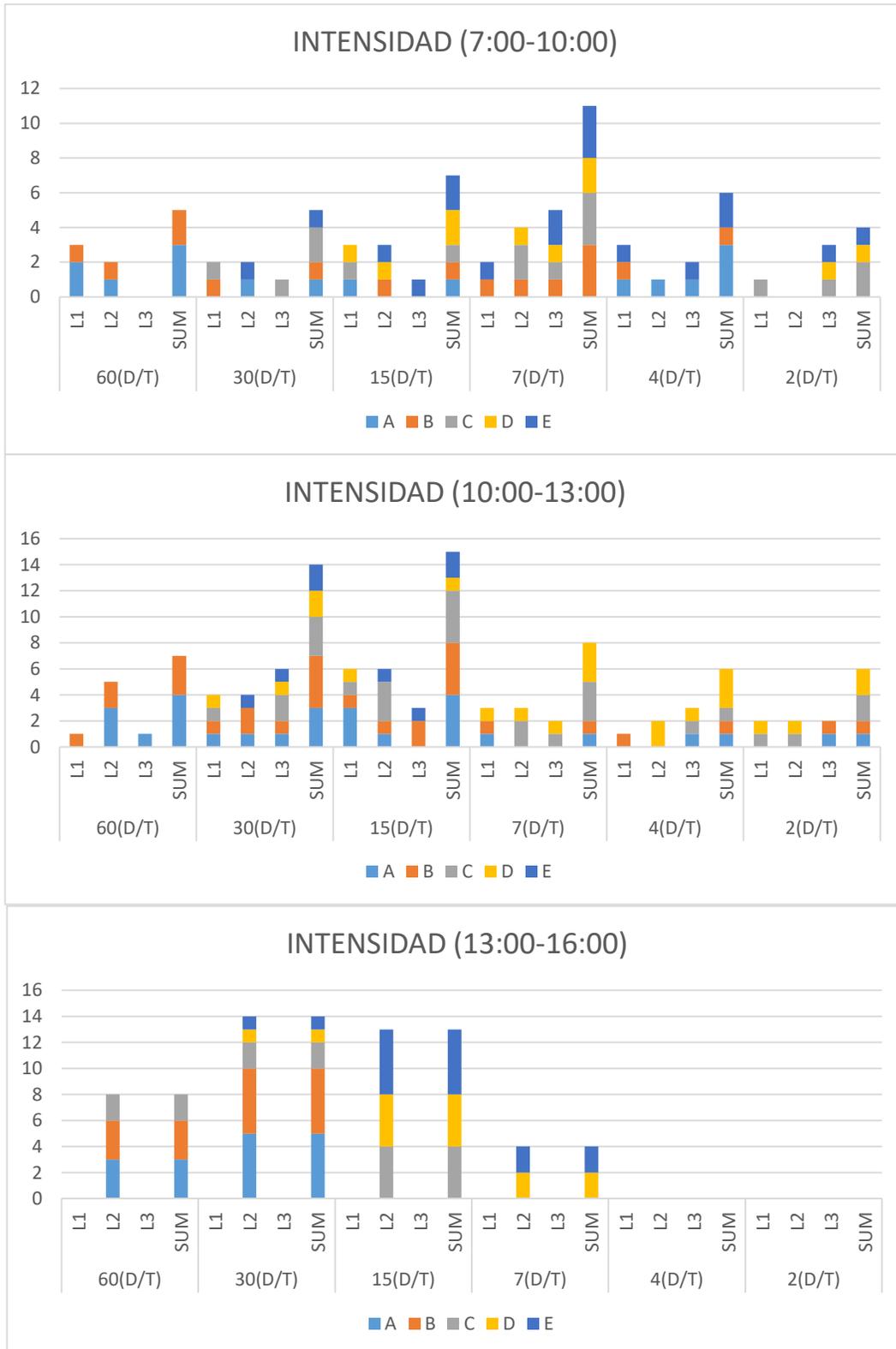


Anexo 7. Ubicación de puntos de monitoreo

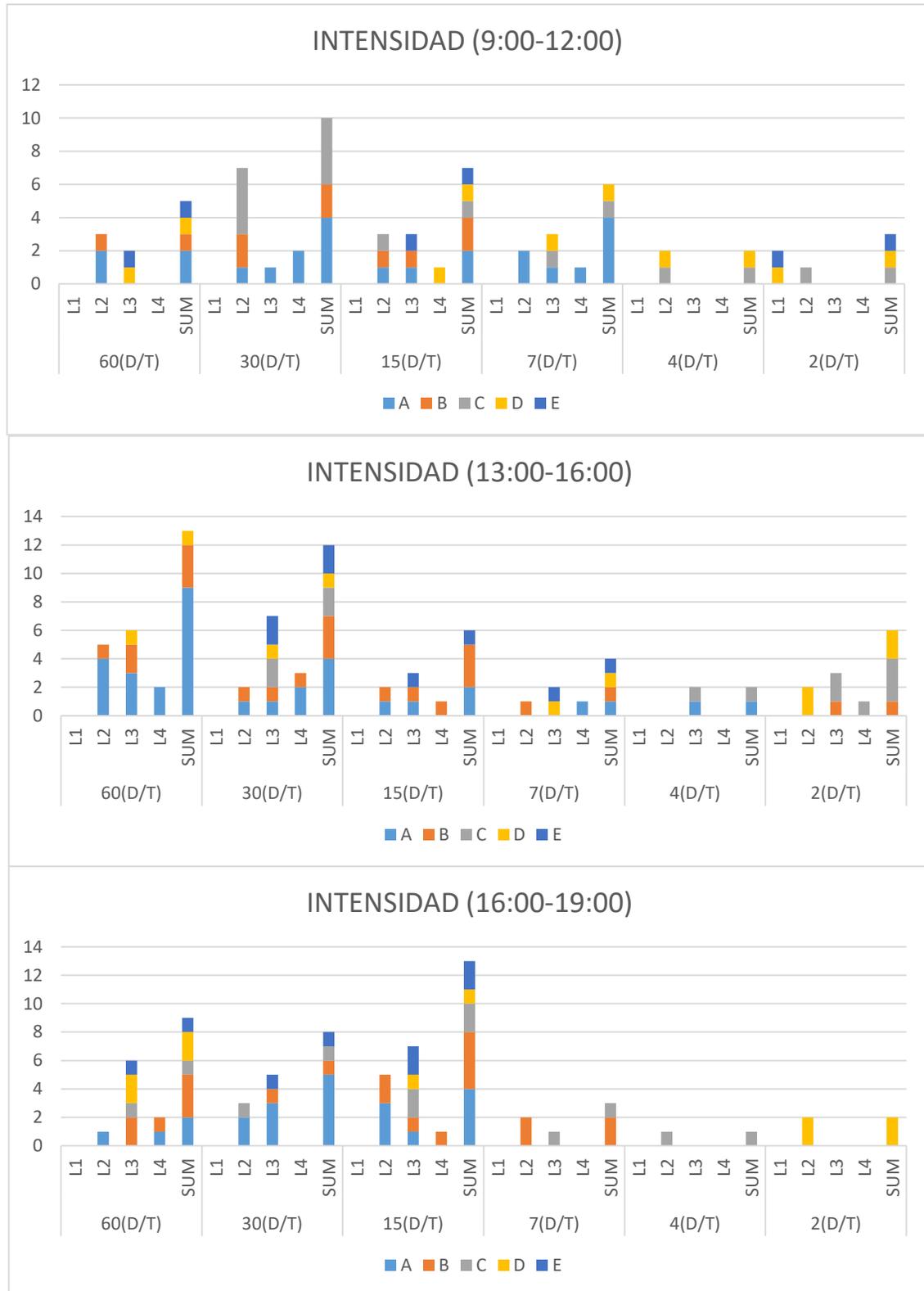
EBAR NORTE						
	Latitud			Longitud		
Posición	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 1	Línea 2	Línea 3
A	11°15'00,3" N	11°14'59,4" N	11°15'02,6" N	74°12'44,9" W	74°12'46,7" W	74°12'43,5" W
B	11°15'00,7" N	11°14'59,0" N	11°15'02,7" N	74°12'44,2" W	74°12'46,9" W	74°12'44,1" W
C	11°15'01,2" N	11°14'58,6" N	11°15'02,8" N	74°12'43,7" W	74°12'47,1" W	74°12'44,6" W
D	11°15'01,6" N	11°14'58,3" N	11°15'02,9" N	74°12'43,5" W	74°12'47,3" W	74°12'45,1" W
E	11°15'02,0" N	11°14'57,8" N	11°15'03,2" N	74°12'43,2" W	74°12'47,7" W	74°12'45,6" W

EBAR MANZANARES								
	Latitud				Longitud			
Posición	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4
A	11°14'03,7" N	11°14'01,3" N	11°14'01,0" N	11°14'01,2" N	74°12'57,3" W	74°12'57,3" W	74°12'57,3" W	74°12'57,0" W
B	11°14'03,7" N	11°14'01,7" N	11°14'00,5" N	11°14'01,2" N	74°12'57,8" W	74°12'57,3" W	74°12'57,4" W	74°12'56,4" W
C	11°14'03,8" N	11°14'02,2" N	11°13'59,8" N	11°14'01,2" N	74°12'58,5" W	74°12'57,1" W	74°12'57,3" W	74°12'55,9" W
D	11°14'03,9" N	11°14'02,8" N	11°13'59,1" N	11°14'01,3" N	74°12'59,1" W	74°12'57,1" W	74°12'57,3" W	74°12'55,2" W
E	11°14'03,9" N	11°14'03,3" N	11°13'58,5" N	11°14'01,3" N	74°12'59,8" W	74°12'57,1" W	74°12'57,4" W	74°12'54,5" W

Anexo 8: Intensidad del olor por bloques horarios en la EBAR Norte.



Anexo 9: Intensidad del olor por bloque horarios en la EBAR Manzanares.





Anexo 10: Pruebas estadísticas unificadas (análisis por zonas).

- **Prueba de Shapiro-Wilks para la verificación del supuesto de normalidad de residuos, como requisito para la realización de los análisis de varianza.**

Variable		Transformación			
		Ninguna	Raíz cuadrada	Raíz cuarta	Log10
Intensidad	Estadístico W	0,66	0,74	0,76	0,77
	Valor p	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Frecuencia	Estadístico W	0,84	0,92	0,93	-----
	Valor p	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-----

H₁: los residuos del ANOVA no se ajustan a un modelo de distribución normal. Nivel de significancia: 5 %.

- **Prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras independientes.**

Clasificación	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)
Zona	Frecuencia	Manzanares	Norte	180	150	8,62	21,4	12,6	23,63	30359	<0,0001

Clasificación	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)
Zona	Intensidad	Manzanares	Norte	180	150	9,18	10,46	15,15	14,82	26532	0,0284

Anexo 11. Pruebas estadísticas por zona (análisis entre línea).

- **Prueba de Shapiro-Wilks para la verificación del supuesto de normalidad de residuos, como requisito para la realización de los análisis de varianza.**
 - Prueba de Shapiro-Wilks para las líneas de la zona Norte

Variable		Transformación			
		Ninguna	Raíz cuadrada	Raíz cuarta	Log10
Intensidad	Estadístico W	0,83	0,87	0,89	0,90
	Valor p	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Frecuencia	Estadístico W	0,89	0,95	0,94	-----
	Valor p	<0,0001	0,0056	<0,0001	-----

*H₁: los residuos del ANOVA no se ajustan a un modelo de distribución normal.
Nivel de significancia: 5 %.*

- Prueba de Shapiro-Wilks para las líneas de la zona Manzanares

Variable		Transformación			
		Ninguna	Raíz cuadrada	Raíz cuarta	Log10
Intensidad	Estadístico W	0,82	0,89	0,91	0,91
	Valor p	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Frecuencia	Estadístico W	0,88	0,94	0,92	-----
	Valor p	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-----

*H₁: los residuos del ANOVA no se ajustan a un modelo de distribución normal.
Nivel de significancia: 5 %.*

- Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

- Estación de bombeo Norte

Variable	Línea	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Frecuencia	1	100	19	25,75	5	45,85	<0,0001
Frecuencia	2	100	32,87	24,15	28,3		
Frecuencia	3	100	12,33	14,58	5		
Trat. Ranks							
3	123,66	A					
1	129,5	A					
2	198,34		B				
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)							
Intensidad	1	100	7,07	13,52	1	49,75	<0,0001
Intensidad	2	100	19,5	19,99	15		
Intensidad	3	100	4,8	9,54	1		
Trat. Ranks							
3	121,93	A					
1	129,3	A					
2	200,28		B				
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)							

○ Estación de bombeo Norte

Variable	Línea	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Frecuencia	1	90	1,85	3,02	0	77,18	<0,0001
Frecuencia	2	90	14,52	16,59	5		
Frecuencia	3	90	14	12,91	13,3		
Frecuencia	4	90	4,11	7,51	0		
Trat.	Ranks						
1	128,01	A					
4	136,83	A					
2	227,48		B				
3	229,68		B				
Variable	Línea	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Intensidad	1	90	1,02	0,15	1	55,26	<0,0001
Intensidad	2	90	12,81	18,67	1		
Intensidad	3	90	17,39	21,61	7		
Intensidad	4	90	6,01	13,89	1		
Trat.	Ranks						
1	127,38	A					
4	155,56	A					
2	210,62		B				
3	228,44		B				
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)							

Anexo 12. Análisis de correlación por zonas

Correlación de Spearman Zona Norte

Variable(1)	Variable(2)	n	Spearman	p-valor
Promedio Intensidad	Humedad	150	-0,08	0,3109
Promedio Intensidad	Temperatura	150	0,03	0,7544
Promedio Intensidad	Presión	150	0,08	0,3471
Promedio Intensidad	Velocidad Viento	150	-0,23	0,0043
Promedio Intensidad	Promedio Intensidad	150	1,00	<0,0001

Variable(1)	Variable(2)	n	Spearman	p-valor
Frecuencia	Humedad	150	0,02	0,8299
Frecuencia	Temperatura	150	-0,05	0,5534
Frecuencia	Presión	150	3,4E-03	0,9672
Frecuencia	Velocidad Viento	150	-0,18	0,0261
Frecuencia	Frecuencia	150	1,00	<0,0001

Correlación de Spearman zona Manzanares

Variable(1)	Variable(2)	n	Spearman	p-valor
Promedio Intensidad	Humedad	180	-0,16	0,0317
Promedio Intensidad	Temperatura	180	0,13	0,0752
Promedio Intensidad	Presión	180	-0,12	0,1239
Promedio Intensidad	Velocidad Viento	180	-0,17	0,0202
Promedio Intensidad	Promedio Intensidad	180	1,00	<0,0001

Variable(1)	Variable(2)	n	Spearman	p-valor
Frecuencia	Humedad	180	-0,13	0,0736
Frecuencia	Temperatura	180	0,10	0,1784
Frecuencia	Presión	180	-0,13	0,0859
Frecuencia	Velocidad Viento	180	-0,16	0,0340
Frecuencia	Frecuencia	180	1,00	<0,0001

Anexo 13: Registro fotográfico de mediciones.

Registro de medición de la frecuencia.



Registro medición olfatometría con Nasal Ranger.



Registro fuentes externas de olor.

