

**UNIVERSIDAD METROPOLITANA
ESCUELA GRADUADA DE ASUNTOS AMBIENTALES
SAN JUAN, PUERTO RICO**

**PLAN DE ACCIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE
EVALUACIÓN DE OLORES OBJETABLES**

Requisito parcial para la obtención del
Grado de Maestría en Ciencias en Gerencia Ambiental
en Planificación Ambiental

Por
José Ángel Alvarado Calderón

4 de mayo de 2011

DEDICATORIA

*A Dios, por ser mi guía,
fortaleza e inspiración para culminar
esta meta y a la memoria de quien
me dio parte de mi ser y ya no esta
físicamente conmigo para ver
el fruto de sus consejos y apoyo, a mi
Padre.*

AGRADECIMIENTO

Antes que todo, gracias a Dios por permitirme poner fin a un capítulo inconcluso en mí vida estudiantil. Gracias a mi comité de tesis, Dr. Santos Rohena, Dr. Juan Carlos Musa y Profesora María Calixta Ortiz. Siempre estuvieron presentes y dispuestos para ayudarme a culminar este trabajo, así como el Dr. Carlos Padín.

Gracias a mí familia por todo el apoyo brindado, por su cooperación y paciencia, de forma muy especial gracias a mi madre Dolores Calderón y a mi hermana Glenda Alvarado, Dios le recompense por toda la ayuda brindada.

Gracias a la Profesora María Calixta Ortiz, por la orientación y ayuda brindada para la obtención de una beca para poder culminar este proyecto, sin esa ayuda me hubiese sido muy difícil, tal vez imposible culminarlo.

Gracias a mi amigo y compañero de estudios César O. Rodríguez por la ayuda brindada para poder completar partes importantes de este trabajo, por su apoyo y por siempre estar disponible como amigo.

También quiero agradecer a los compañeros de labores en la Junta de Calidad Ambiental, Vanesa Villafañe, Milagros Nabón, Javier Mercado, Yensid Mosquete, Ángel Morales, Félix Colón y otros que sacaron de su tiempo para brindarme información importante y apoyo para terminar esta meta.

En fin, a todo aquel que de una forma u otra me brindó apoyo o fue paciente conmigo durante este periodo. ¡GRACIAS!

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Páginas</u>
LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE APÉNDICES.....	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
Trasfondo del problema	1
Problema de estudio.....	5
Justificación	6
Preguntas de investigación.....	7
Meta y objetivos.....	7
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
Trasfondo histórico	8
Funcionamiento del Sistema Olfativo.....	9
El sentido del olfato y el Sistema Límbico	11
Organización de la Escuela de Preceptores Evaluadores de Olores en la Junta de Calidad Ambiental	14
Método desarrollado por el Área de Calidad de Aire y que es utilizado por los Comité de Detección de Olores Objetables.....	18
Meteorología.....	23
Paneles de olor	25
Determinación de la concentración de olor en el laboratorio	27
Intensidad del olor.....	33
Persistencia del olor	35
Carácter del olor.....	36
Olfatometría	37
Estudio de Casos	39
Disponibilidad de tecnología	50
Regulación Federal aplicable.....	58
Regulación Estatal aplicable	59
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	65
Introducción	65
Área de estudio	65
Objetivo 1.....	66
Objetivo 2.....	67
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	69
Evaluación del desempeño del Comité de Detectores de Olores Objetables.....	69

Efectividad de los procesos del comité de olores objetables	75
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
Conclusiones	79
Recomendaciones	83
Limitaciones.....	84
CAPÍTULO VI: PLAN DE ACCIÓN	85
LITERATURA CITADA	92

LISTA DE TABLAS

	<u>Páginas</u>
Tabla 1: Total de querellas reportadas durante el año 2006.	98
Tabla 2: Desglose en ocho categorías de las querellas reportadas por olores objetables durante el año 2006	99
Tabla 3: Querellas reportadas mensualmente por olores objetables durante el año 2006.....	100
Tabla 4: Relación entre la temperatura promedio mensual y el número de querellas reportadas por mes en la JCA durante el 2006.....	101
Tabla 5: Total de querellas reportadas durante el año 2007.....	102
Tabla 6: Desglose en ocho categorías de las querellas reportadas por olores objetables durante el año 2007	103
Tabla 7: Querellas reportadas mensualmente por olores objetables durante el año 2007.....	104
Tabla 8: Relación entre la temperatura promedio mensual y el número de querellas reportadas por mes en la JCA durante el 2007.....	105
Tabla 9: Número de querellas reportadas por mes contra Betteroads durante el año 2006.....	106
Tabla 10: Número de querellas reportadas por mes contra Betteroads durante el año 2007.....	107
Tabla 11: Toneladas de asfalto producidas mensualmente durante los años 2006 y 2007.....	108

LISTA DE FIGURAS

	<u>Páginas</u>
Figura 1: Área de estudio.....	110
Figura 2: Total de querellas reportadas durante el año 2006.....	111
Figura 3: Desglose de las querellas por olores objetables 2006.....	112
Figura 4: Distribución del total de querellas recibidas 2006.....	113
Figura 5: Total de querellas reportadas 2007.....	114
Figura 6: Desglose de las querellas por olores objetables 2007.....	115
Figura 7: Desglose del total de querellas recibidas 2007.....	116
Figura 8: Querellas reportadas contra <i>Betteroads</i> del total de querellas recibidas en 2006.....	117
Figura 9: Querellas reportadas contra <i>Betteroads</i> del total de querellas reportadas por Olores en el 2006.....	118
Figura 10: Querellas contra <i>Betteroads</i> del total de querellas recibidas por olor a asfalto en 2006.....	119
Figura 11: Querellas reportadas por Urbanizaciones aledañas a <i>Betteroads</i> durante el año 2006.....	120
Figura 12: Querellas reportadas contra <i>Betteroads</i> del total de querellas recibidas en el 2007.....	121
Figura 13: Querellas reportadas contra <i>Betteroads</i> del total de querellas reportadas por Olores en el 2007.....	122
Figura 14: Querellas reportadas contra <i>Betteroads</i> del total de querellas recibidas por olor en 2007.....	123
Figura 15: Querellas reportadas por Urbanizaciones aledañas a <i>Betteroads</i> durante el año 2006.....	124
Figura 16: Total de querellas reportadas para los años 2006 y 2007.....	125

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1. Ubicación de <i>Betteroads</i> y las Urbanizaciones que le rodean	128
Apéndice 2. Zonificación de <i>Betteroads</i> y áreas limítrofes según la Junta de Planificación	130
Apéndice 3. Ubicación de las estaciones de percepción de olor durante la realización del CDOO	132
Apéndice 4. Rosa de los vientos del área de San Juan para los años 2006 y 2007.....	134

RESUMEN

Esta investigación fue motivada por la gran cantidad de querellas por olores objetables que se reciben en la Junta de Calidad Ambiental (JCA). La meta del estudio es desarrollar un plan de acción para implementar el programa de olores objetables en la JCA. Durante el estudio utilizamos la base de datos de querellas de la JCA para hacer comparaciones entre el total de querellas recibidas y cuantas de ellas eran por olores objetables. También utilizamos un estudio de caso de una compañía asfaltera que ha recibido múltiples quejas por olores objetables en la JCA. Analizamos los métodos y actividades que utiliza la JCA para evaluar olores objetables, método ACA-LSM-1 y la resolución R-86-35-1. Evaluamos Leyes y Reglamentos existentes en Puerto Rico: la Ley Número 170 Ley del 12 de agosto de 1988, según enmendada, Ley de Procedimiento Administrativo Uniforme: Ley Número 416 de 22 de septiembre de 2004, Ley sobre Política Pública Ambiental; Reglamento para el Control de la Contaminación Atmosférica y la Regla 420 olores objetables. Encontramos que las querellas más frecuentes en la JCA, son las querellas por olores objetables. Para el año 2006 un 64 % del total de las querellas reportadas fueron por olores objetables y en el 2007 un 57 % del total fue por las mismas causas. También encontramos que dentro de las querellas por olores objetables el mayor número se debe a olores a pintura. Para el 2006 del número de querellas reportadas por olor el 41 % fue por olores a pintura y para el 2007 el valor fue de 43%. Terminado el estudio, concluimos que los métodos y actividades utilizados por la JCA para evaluar olores objetables carecen de validez jurídica para poder procesar en términos administrativos y criminales una violación a la Regla 420. Una de las recomendaciones del estudio es que es necesario que la JCA realice una enmienda a la Regla 420 Olores Objetables y por ende al RCCA. También recomendamos que se enmiende la Ley Núm. 416 del 22 de septiembre de 2004, Ley de Política Pública Ambiental, en el Título II, Artículo 9(B) para añadir el programa de certificación de evaluadores de olores objetables.

ABSTRACT

This research was motivated by the large number of complaints of odors that are received in the Environmental Quality Board (EQB). During the study we used the database of complaints of the EQB to make comparisons between the total number of complaints received and how many of them were from objectionable odors. Also, a case study of the hot mix asphalt plant that has received multiple complaints about objectionable odors in the EQB was utilized. We analyzed the methods and activities that the EQB used to evaluate odors, method ACA -LSM-1 and Resolution R-86-35-1. In addition, we reviewed the literature and made an analysis and evaluation of existing laws and regulations in Puerto Rico. Among the laws and regulations analyzed was: Law Act No. 170 of August 12, 1988, as amended, The Uniform Administrative Procedures Act; Act No. 416 of September 22, 2004, Law on Environmental Policy; Regulation for Control of Atmospheric Pollution (RCAP), Rule 420 Objectionable Odors. We found that the most frequent complaints in the EQB are the complaints of objectionable odors. By 2006, 64% of the total complaints were reported by odors and in 2007, 57% of the total was for the same reasons. We also found that among the complaints of odors as many are due to paint odors. For 2006, the number of complaints reported by paint odors was 41% and in 2007 the value was 43%. Over the study, we concluded that the methods and activities used by the EQB to evaluate odors don't have legal validity to process in administrative and criminal forum a violation of the Rule 420. One of the recommendations of the study is that the EQB needs to make an amendment to Rule 420 Objectionable Odors and therefore to RCAP. It is also recommended amending the Act No. 416 of September 22, 2004, Environmental Policy Act, Title II, Article 9(B) to add the certification program for odor evaluators.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Trasfondo del problema

A partir de 1947, el gobierno de Puerto Rico comenzó a implantar una serie de medidas que preparó el camino para lo que se conoció como Operación Manos a la Obra. El Gobierno fue responsable de organizar una campaña de promoción y publicidad sobre la Isla en los Estados Unidos, para atraer nuevas industrias mediante el ofrecimiento de exenciones contributivas e incentivos industriales. De 1947 a 1950 se establecieron en la Isla más de 100 nuevas industrias (Piñero, 2003).

Este repentino crecimiento trajo consigo un marcado impacto en la generación de empleos. Sin embargo, también creó una serie de eventos ambientales. Para la década de los 60 comenzó a surgir una preocupación sobre el impacto ambiental del crecimiento industrial alcanzado y su efecto en los recursos naturales y ambientales (JCA, 2005b). Ante la preocupación surgida, la Cámara de Representantes creó una comisión especial para estudiar lo relacionado con la conservación de los recursos naturales y el ornato. Como resultado del estudio se creó una Secretaría Auxiliar de Recursos Naturales, adscrita al Departamento de Obras Públicas. Aunque esta Secretaría atendió algunos de los problemas ambientales que confrontaba Puerto Rico, era imperativo formular una política pública ambiental para la Isla. Ante tal preocupación, el entonces gobernador Luis A. Ferré, promovió la aprobación de una Política Pública Ambiental de Puerto Rico, Ley Núm. 9 del 18 de junio de 1970, (ahorra sustituida y derogada por la Ley 416 de 22 de septiembre de 2004) que a su vez creó la Junta de Calidad Ambiental (JCA).

El problema de los olores objetables comenzó hace muchos años y continua hoy día, de hecho las querellas recibidas por éstos en agencias reguladoras y oficinas de gobierno, tanto en Estados Unidos como internacionalmente, continúan al tope de las listas de quejas por contaminación de aire (McGinley, Mahin, Pope, 2000).

En Puerto Rico, la problemática de olores objetables data de muchos años y ha afectado diferentes lugares. Para la década del 70, los problemas de sustancias con olores objetables ocurrían en los siguientes lugares: playas del Condado, Isla Verde, Ponce y Guayama. También en la Laguna del Condado y la Bahía de San Juan, las cuales eran casi pozos sépticos descubiertos, debido a las descargas directas de aguas usadas (JCA, 2005b). Sustancias con olores objetables también eran percibidas cerca de vaquerías, porquerizas, atuneras, ranchos de criar aves de corral, destilerías de ron, plantas de procesamiento para desperdicios de mataderos municipales, industrias para procesamiento y envasado de anchoas y en vertederos con quemado al aire libre, entre otros (JCA, 1986).

A partir de la década de los 90, los olores objetables fueron reportados en escuelas públicas, colegios privados, comunidades y centros de trabajos, entre otros. Con respecto a las escuelas públicas y privadas, algunas fuentes documentadas han sido: cercanía a garajes de vehículos de motor, cercanía a áreas industriales y comerciales, trabajos de sellado de techo y fumigación, entre otros (Estudios Técnicos, Inc. 2001). Por ejemplo, a causa de los gases que emanaban de un sellado de techo, los estudiantes y profesores del Colegio San Agustín de Río Piedras, sintieron mareos, nauseas y dolor de cabeza (Millán, 1999a). Entre las sustancias más comunes que se pueden generar por las fuentes antes mencionadas se encuentran el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno

provenientes de la quema de combustible fósil como la gasolina y el diesel. Algunos problemas que estas sustancias pueden causar son conjuntivitis, bronquitis, pérdida del olfato y pérdida del gusto, entre otros (Estudios Técnicos, Inc., 2001).

Otras fuentes de olores que afectan las escuelas, provienen de los sistemas de alcantarillado sanitario y plantas de tratamiento de aguas usadas. Por ejemplo, el 27 de enero de 2005, se reportó una querrela por sustancias con olores objetables en la Academia Cristo de Los Milagros en Caguas. Empleados de la escuela y estudiantes dijeron sentir un fuerte olor a pozo séptico o pozo muro. Se pudo identificar que las sustancias provenían de una alcantarilla desbordada cerca a los predios del plantel escolar (JCA, 2005a). Algunos síntomas que presentaron los afectados fueron náuseas, mareos y malestar estomacal. Los principales causantes de olores objetables en alcantarillados son las aminas, el amoníaco, sulfuro de hidrógeno, escatol y mercaptanos (Velázquez, 2001). El sulfuro de hidrógeno, es un gas tóxico para los humanos y puede causar ceguera temporal en concentraciones de 50 partes por millón (PPM) y hasta la muerte. Otro ejemplo es el de la escuela Fernando Malavé en Ponce, el plantel fue cerrado debido a las continuas emanaciones y los estudiantes fueron reubicados en otro plantel (Caquíás, 1999a).

Algunos casos de olores se presentan por años, como lo fue el de las escuelas Ernesto Valderas y la Juan Ríos Serpa en Ciales. Estas escuelas indicaron tener episodios de olores objetables por espacio de 5 a 6 años, pero los mismos no eran frecuentes. Para el año 1999, el problema se tornó recurrente, lo que llevó a que los estudiantes perdieran 10 días de clases durante un episodio. La situación provocó que se adoptara un programa de horario alterno. Además, los dos directores de las escuelas tuvieron que reportarse al

Fondo del Seguro del Estado por que presentaron problemas de asma bronquial (Pérez, 1999). Como vemos, los olores objetables interfieren con el disfrute de la escuela y con el tiempo necesario para la educación de los estudiantes.

Los problemas de sustancias con olores objetables en las escuelas han sido tan numerosos que el gobierno en una ocasión pensó recurrir al Negociado Federal de Investigaciones (FBI, por sus siglas en inglés) para que tomara jurisdicción en los casos de olores objetables (Millán, 1999b).

Las sustancias con olores objetables no están reguladas bajo la lista de contaminantes atmosféricos de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés). Por esta razón, los estados o jurisdicciones locales han tenido que crear reglamentos o reglas para fiscalizar los olores objetables, lo cual varía de un lugar a otro. Por ejemplo, en el Estado de Nevada el National Air Control NAC 445B.22087 Odors, indica que un olor será una violación si un técnico es capaz de hacer dos medidas de aire oloroso, que consisten en detectar el aire oloroso luego de éste ser diluido con ocho o más volúmenes de aire libre de olor en un periodo de una hora, pero las medidas tienen que ser separadas por un periodo mínimo de 15 minutos. Illinois por su parte incluyó el olor en su lista de Ambient Air Quality Standard. En el caso de olor, la lista indica que el estándar será: en cualquier momento cuando una unidad de volumen de aire ambiental con olor sea mezclada con siete unidades de volumen de aire libre de olor, a la mezcla no podrá detectársele olor. En Puerto Rico la problemática de olores objetables se atiende de acuerdo al Reglamento para el Control de la Contaminación Atmosférica (RCCA), Parte IV: Prohibiciones, Regla 420 Olores Objetables.

Para velar por el cumplimiento de la Regla 420, la JCA creó en 1986 un procedimiento, método y actividades para la evaluación de presencia de olores en la atmósfera y por consiguiente creó la Escuela de Perceptores Evaluadores de Olores (EPEO) (JCA, 1986). Como instrumento para evaluar la presencia de olores, la EPEO utiliza el comité para la detección de olores objetables (CDOO). Los CDOO realizan la evaluación del olor conforme a lo establecido por el Área de Calidad de Aire (ACA), en el método ACA-LSM # 1 (Determinación e identificación de olores objetables en la atmósfera comunal). Este método será explicado en detalle más adelante.

Problema de estudio

Uno de los tipos de querellas que se reciben con mayor frecuencia en la Junta de Calidad Ambiental, son las referentes a olores objetables en las comunidades. En la década de los 90 estas querellas fueron tan numerosas que el gobierno pensó recurrir al Federal Bureau of Investigation (FBI, por sus siglas en inglés) para que tomara jurisdicción en la investigación de este tipo de querella, basado en que el FBI tiene jurisdicción para investigar violaciones al Clean Air Act (CAA).

Además, en la resolución que creó la EPEO, se indica que el Área de Calidad de Aire, desarrolló el método ACA-LSM- # 1 debido a que al momento no había en el mercado un instrumento analítico capaz de identificar olores objetables en la atmósfera. Luego de 25 años de la creación de este método, los avances tecnológicos pueden haber desarrollado diferentes equipos tecnológicos que cumplen con el fin antes mencionado. Por tanto, la falta de tecnología, que brinde objetividad al proceso, crea un problema, esto debido a que los olores objetables son muy subjetivos según un experto de la JCA (JCA,

2005a). Por último, la JCA no tiene aprobado un reglamento específico para la identificación y evaluación de olores objetables como tampoco existe política pública específica sobre este particular.

Justificación del estudio

Es la gran cantidad de casos, donde se reportan olores objetables en escuelas y comunidades, así como el indicativo de que no existe reglamentación específica, ni un plan de identificación y evaluación para situaciones de olores objetables, lo que hace que la realización de este estudio sea necesario. También, justifica este estudio, el hecho de que desde que se creó la EPEO en 1986 por el ACA, el método ACA-LSM # 1 no ha sido revisado, evaluado ni actualizado. Las guías de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) para el desarrollo de procedimientos operacionales estándares (SOP, por sus siglas en inglés), señalan que entre uno a dos años estos deben de ser revisados, para asegurar que se mantengan actualizados. De ser necesario hacer algún cambio, la revisión puede ser antes del periodo señalado (EPA, 2007). Durante 25 años (1986 a 2011), no sólo la problemática de los olores objetables puede haber cambiado, sino también, los métodos o normas que son utilizados para su identificación y evaluación así como la disponibilidad de nuevas tecnologías.

Por otro lado, se pretende aportar un plan de acción que sirva como instrumento efectivo en la implantación de un programa para la evaluación de olores objetables. De esta forma, la JCA cumplirá con el propósito de la Ley número 416 del 22 de septiembre de 2004, Ley Sobre Política Pública Ambiental, que entre otras cosas señala el que se debe impedir o eliminar los daños al ambiente y la biosfera y estimular la salud y

bienestar del hombre. Por último, el análisis que se desprenda de este estudio podría ser utilizado para proveer recomendaciones a los cuerpos pertinentes y que éstos a su vez puedan someter las respectivas enmiendas a reglas o reglamentos, siguiendo los debidos procesos de ley.

Preguntas de investigación

1. ¿Tiene validez jurídica el método ACA-LSM- # 1, utilizado por la JCA para identificar y evaluar olores objetables en la atmósfera comunal?
2. ¿Tiene vigencia la Regla 420 del Reglamento para el Control de Contaminación Atmosférica?

Metas y objetivos

La meta de este estudio, es desarrollar un plan de acción para implementar el programa de olores objetables en la JCA. Este debe contar con la objetividad y base legal necesaria para que se pueda procesar en términos administrativos y criminales las violaciones a la Regla 420 del RCCA. Para lograr el desarrollo del plan antes mencionado es necesario completar los objetivos que se presentan a continuación.

1. Evaluar el desempeño de la EPEO y el CDOO, para determinar si estos han sido efectivos en la identificación y evaluación de olores objetables.
2. Evaluar un estudio de caso para determinar la efectividad de los procesos realizados por los comités de olores objetables.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Trasfondo histórico

Haciendo referencia a la historia de siglos pasados, el filósofo y sabio Platón estableció su propia teoría sobre los olores, así como la complejidad de los mismos. Según este filósofo, el agua, tierra, fuego y aire, las cuales son las cuatro principales fuentes de materia, no tienen olor y adquieren olor cuando cambian a otra fase de materia (Kalat, 2009). Aristóteles, quien fue un discípulo aprovechado de Platón, adoptó la teoría de su maestro, pero la modificó después de la muerte de éste. Aristóteles, estableció la clasificación de olores en cuatro categorías:

- rico o agradable
- agrio o áspero
- picante, dulce o sabroso
- fétido o hediondo que es lo mismo que desagradable y objetable (Kalat, 2009).

La contaminación atmosférica ha ido en aumento en las áreas industriales del mundo a pesar de los esfuerzos para reducirla. Esta conduce a daños físicos, económicos y daños a la salud. Algunas enfermedades relacionadas a la contaminación atmosférica son el asma, la bronquitis, el enfisema pulmonar y cáncer del pulmón (Keller, 2000). Los compuestos olorosos pueden afectar la salud por varios mecanismos. En primer lugar, cuando hay concentraciones de olor lo suficiente mente altas como para estimular el nervio trigémino, los olores pueden producir irritación de los ojos, nariz y garganta entre otros efectos toxicológicos (Ames & Statton, 1991). En estos casos, las propiedades toxicológicas de las moléculas que producen olor, son las que causan los síntomas en

lugar del olor en sí. En segundo lugar, a través de la repulsión innata, acondicionamiento o la respuesta al estrés, los compuestos que producen olor pueden producir síntomas tales como vómitos, náuseas, dolor de cabeza, estrés, ánimo negativo y sensación de ardor, cuando se presentan en concentraciones mayores a las olfativas (Schiffman, Walker, Dalton, Lorig, Raymer, Shusterman, 2000; Shusterman, 2001). En Puerto Rico, uno de los efectos más serios que acompaña la contaminación ambiental, son las sustancias irritantes que causan olores objetables (JCA, 1986).

De estado en estado y en diferentes comunidades a través de los EUA, las situaciones de olores han sido manejadas por una variedad de ordenanzas, regulaciones y políticas públicas. Cuando los olores comprometen la calidad del aire la aplicación de la ley y la investigación efectiva requieren que el olor sea medido utilizando métodos estandarizados que sean responsables, reproducibles, objetivos y cuantitativos (McGinley, 2002).

Antes de proseguir definiremos lo que es el olor. Olor se refiere a la percepción experimentada cuando uno o más químicos entran en contacto con los receptores en el nervio olfativo. Por otro lado, el término oloroso se refiere a cualquier químico presente en el aire y que es parte de la percepción de olor (McGinley, & McGinley, 1999).

Funcionamiento del sistema olfativo

Para entender mejor la problemática de los olores objetables, es importante conocer que es el olor y como funciona el sentido del olfato y aspectos relacionados. Los humanos poseen cinco sentidos, estos son: el gusto, tacto, visión, audición y olfato. De los cinco sentidos, el del olfato es el más complejo y es único en estructura y

organización. El sentido del olfato es la respuesta a un químico que entra en contacto con las membranas que se encuentran dentro de la nariz. El sentido del olfato es uno primario, tanto para humanos como para otros animales; el mayor rol que desempeña es como mecanismo de defensa. La percepción del olor en humanos es y fue utilizada para la identificación y la protección desde la antigüedad (Kathleen, 2005).

El sentido del olfato, al igual que el sentido del gusto, es un sentido químico. Se denominan sentidos químicos porque detectan compuestos químicos en el ambiente, con la diferencia de que el sentido del olfato funciona a distancias mucho más largas que el sentido del gusto (Kalat, 2009). En general, según, el proceso del olfatear sigue más o menos estos pasos:

1. Las moléculas del olor en forma de vapor (compuestos químicos) que están flotando en el aire llegan a las fosas nasales y se disuelven en las mucosidades (que se ubican en la parte superior de cada fosa nasal).
2. Debajo de las mucosidades, en el epitelio olfativo, las células receptoras especializadas, también llamadas neuronas receptoras del olfato, detectan los olores. Cabe señalar que estas neuronas son capaces de detectar miles de olores diferentes.
3. Las neuronas receptoras del olfato transmiten la información a los bulbos olfatorios, que se encuentran en la parte de atrás de la nariz.
4. Los bulbos olfatorios tienen receptores sensoriales que en realidad son parte del cerebro que envían mensajes directamente a:
 - a. los centros más primitivos del cerebro donde se estimulan las emociones y memorias (estructuras del sistema límbico) y

- b. centros avanzados donde se modifican los pensamientos concientes (neo corteza).
5. Estos centros cerebrales perciben olores y tienen acceso a recuerdos que nos traen a la memoria personas, lugares o situaciones relacionadas con estas sensaciones olfativas.

Es importante agregar que nuestro sentido del olfato es 10,000 veces más sensible que cualquier otro de nuestros sentidos y que el reconocimiento del olor es inmediato (Netter, 1987). Otros sentidos similares, como el tacto y el gusto deben viajar por el cuerpo a través de las neuronas y la espina dorsal antes de llegar al cerebro, mientras que la respuesta olfatoria es inmediata y se extiende directamente al cerebro. Este es el único lugar donde nuestro sistema nervioso central está directamente expuesto al ambiente (Kalat, 2009).

El sentido del olfato y el sistema límbico

El bulbo olfatorio es una de las estructuras del sistema límbico y es una parte muy antigua del cerebro. Como se mencionó anteriormente en la descripción del proceso olfativo, la información capturada por el sentido del olfato pasa del bulbo olfativo a otras estructuras del sistema límbico.

Este sistema es una red de estructuras conectadas entre sí que se encuentra cerca de la parte media del cerebro y está conectada con el sistema nervioso central. Estas estructuras trabajan en conjunto para tener efecto en un amplio rango de comportamientos que incluyen las emociones, la motivación y la memoria. Este sistema maneja las respuestas instintivas o automáticas y tiene muy poco, o

posiblemente nada, que ver con los pensamientos conscientes o la voluntad (Kalat, 2009).

El sistema límbico también está relacionado con la interpretación de los datos sensoriales obtenidos de la neo corteza (la parte del cerebro donde se elabora el pensamiento) para convertirla en las motivaciones del comportamiento. El sistema límbico tiene una función central que es la mediación entre el reconocimiento de un evento por una persona, su percepción como una situación que provoca ansiedad y la reacción fisiológica que resulta de la misma, todo mediado a través del sistema endocrino: Los estímulos son procesados conceptualmente en la corteza y pasan al sistema límbico donde son evaluados y se elabora una respuesta motivada.

Con frecuencia los términos olor y oloroso, son utilizados indistintamente el uno del otro y muchas veces de forma incorrecta. Sin embargo, existe una diferencia entre estos dos términos, la cual es fundamental en la discusión de olor y olores molestos. El término olor, se refiere a la percepción experimentada cuando una o más sustancias químicas presentes en el aire entran en contacto con el sistema sensorial humano (olor es la respuesta humana). El término oloroso se refiere a cualquier químico en el aire que es parte de la percepción de olor experimentada por el humano (oloroso es el químico). La percepción de olor puede ocurrir cuando una o más sustancias olorosas están presentes (Leffingwell, 2001).

El olor es medido utilizando métodos científicos. Las pruebas de olor han evolucionado a través del tiempo con cambios en terminología, métodos e

instrumentación. La terminología de olor está atada a los métodos estándares y a la instrumentación utilizada en estos métodos.

Cuatro parámetros objetivos que se pueden medir de la percepción de olor son los siguientes:

1. concentración del olor - medido como la relación de dilución y reportado como la detección umbral o el reconocimiento de los umbrales o la dilución a umbral (D / T) y a veces le asigna el pseudo-dimensión de las unidades de olor por metro cúbico.
2. intensidad del olor – reportada como partes equivalentes por millón de butanol, utilizando una escala de referencia de concentraciones discretas de butanol.
3. La persistencia del olor – reportada como la función dosis-respuesta, una relación de la concentración de olor y la intensidad de olor.
4. descriptores de las características de olor – como a que huele un olor, utilizando una escala categórica y ejemplos reales como por ejemplo: fruta→ cítrico→ limón.

Estos parámetros de olor son objetivos debido a que pueden ser medidos utilizando técnicas o escalas de referencia en las cuales se trata con hechos sin que haya distorsión causada por sentimientos o prejuicios de personas. Sin embargo, existen parámetros adicionales para medir olor que son subjetivos:

1. tono hedónico- simpatía vs. desagradable
2. molestia- interferencia con el disfrute de la vida y la propiedad
3. objetable- que causa que una persona lo evite o causa efectos fisiológicos en la misma.
4. resistencia- escala de palabras como fuerte o débil.

Estos parámetros de olor son subjetivos debido a que los individuos confían en su interpretación de escala de palabras y confían en sus sentimientos, creencias, memorias, experiencias y prejuicios personales para reportarlos (McGinley, McGinley & McGinley, 2005).

Organización de la escuela de perceptores evaluadores de olores en la JCA

Con motivo de hacer cumplir lo dispuesto en la Regla 420, el 29 de octubre de 1986, se somete a la JCA el procedimiento, método y actividades establecidas para la evaluación de presencia de olores objetables en la atmósfera y por consiguiente la creación de una Escuela de Perceptores Evaluadores de Olores (EPEO) (JCA, 1986). La resolución R-86-35-1, referencia de la creación de la EPEO, ofrece las guías para el establecimiento de la Escuela. Esta se diseñó en tres partes principales:

Parte académica

En esta sesión se incluye una discusión somera de las sustancias que producen olores. También se incluye información básica de la anatomía y fisiología del sistema respiratorio. Se incluye además, aspectos básicos de meteorología tales como dirección y velocidad del viento. Muy importante durante esta parte es entrar en una serie de definiciones y conceptos tales como:

1. ¿Qué es un olor?

Desde el punto de vista fisicoquímico, el olor es la percepción sensorial de los átomos y moléculas que compone la materia y se encuentran en estado gaseoso. Sin embargo, esto no significa que toda la materia posea olor ya que nuestro sentido del

olfato solo detecta las concentraciones más elevadas y algunas sustancias en especial los sólidos puros poseen pocas moléculas en estado gaseoso (es decir sustancias volátiles).

2. ¿Cuál es el sentido del olfato?

El sentido del olfato, al igual que el sentido del gusto, es un sentido químico. Se denominan sentidos químicos porque detectan compuestos químicos en el ambiente, con la diferencia de que el sentido del olfato funciona a distancias mucho más largas que el sentido del gusto (Brown, 2007)

3. Evaluaciones de olores:

a. Calidad - escala hedónica

El término hedónico se define como "haciéndolo con placer". En esta escala, el panelista o evaluador expresa el grado de gusto o disgusto por medio de escalas. Pueden ser de cinco a once puntos variando desde el máximo nivel de gusto al máximo nivel de disgusto y cuenta con un valor medio neutro, a fin de facilitar al juez la localización de un punto de indiferencia.

b. Intensidad

Intensidad es la fuerza con la que se recibe un estímulo y se mide con palabras descriptivas, si gusta, si no gusta, agradable, no agradable, placentero o no placentero.

4. Respuesta del humano al entrar en contacto con los olores.

En el caso concreto de los olores, los efectos descritos por la presencia de aromas, perfumes, humo de tabaco, olores no familiares o desconocidos, etc., incluyen efectos somáticos difícilmente justificables por las concentraciones presentes en aire. Entre los citados en la bibliografía se hallan náuseas, vómitos, dolor de cabeza, algunas reacciones aparentemente neurotóxicas, tales como comportamiento evasivo, pérdidas de memoria o

problemas de concentración, interacciones con otros sistemas sensoriales o biológicos que provocan reacciones de hipersensibilidad y cambios en las pautas de respiración, y estrés, especialmente frente a olores repetitivos y/o no identificados. Algunos de estos efectos dependen de la dosis y pueden aumentar con el tiempo (Shusterman, 2001).

5. Fuentes de emisión de olor.

Algunas de las fuentes de emisión de olor que están documentadas en la Junta de Calidad Ambiental son: refinerías de petróleo, plantas termoeléctricas, vehículos de motor (aviones, barcos, etc.), plantas de asfalto, industrias químicas, farmacéuticas y textiles, talleres de hojalatería, lavanderías, funerarias, gasolineras, alcantarillas, vertederos, porquerizas, ganaderías, ebanisterías, plantas de tratamiento de aguas usadas, pozos sépticos, granjas de pollos y conejos, centrales para el proceso de caña de azúcar y atuneras entre otros (JCA, 1986).

6. Métodos de control de olores.

Los olores o gaseosos, han sido tradicionalmente tratados por métodos físico-químicos, tales como: adsorción, lavado, condensación, biofiltración, scrubber, ozono, y procesos de oxidación. Estas técnicas presentan ciertos inconvenientes, tales como transferencia del contaminante a otra fase del sistema (sólido / líquido), altos costos de construcción y mantenimiento, consumos importantes de energía y reactivos químicos (William & Miller, 1992).

7. Definiciones tales como:

- a. Sentido del olfato
- b. Anosmia: completa inhabilidad de oler o percibir olor
- c. Putrefacto: que esta podrido, descompuesto o corrompido

- d. Séptico: que produce putrefacción o es causado por ella
- e. Enmascarar: que es cubierto por algo o con algo
- f. Células quimiorreceptoras: las que se estimulan al entrar en contacto con las sustancias químicas presentes en el aire o el agua.
- g. Misceláneas: incluye cualquier preocupación o interés de los miembros del curso.

Actividades de laboratorio

Esta parte consiste en poner a los estudiantes en contacto con una serie de olores ya preparados y de los cuales las sustancias químicas que los producen son conocidas. Son utilizados unos 25 tipos o clases de olores diferentes, los cuales están identificados durante la etapa de ensayo o practica. La idea es que el estudiante relacione el olor con la sustancia que lo produce para que luego pueda reconocerlo en el campo o la sustancia que esta produciéndolo.

Parte práctica o de campo

Consiste en la administración de un examen escrito que sea representativo de todos los materiales discutidos durante las partes I y II. Luego se procede a la práctica de campo en un área donde pueda existir una situación de olores desagradables u objetables. Si se finaliza todo el proceso de forma satisfactoria, se le otorga al candidato un certificado con duración de un año, duración al cabo de la cual debe someterse a una re-certificación.

Método desarrollado por el ACA y que es utilizado por los CDOO

El Área de Calidad de Aire de la JCA desarrolló el método ACA-LSM- # 1, método para la determinación e identificación de olores objetables en la atmósfera comunal. Para que pueda aplicarse el método, debe haber una queja o querrela por olor objetable de algún miembro de la comunidad o ser percibido por personal de la JCA durante una inspección o investigación. Luego de establecido el potencial de presencia de un olor objetable, se procede a confirmar y determinar técnicamente el nivel de intensidad del olor en la atmósfera.

Lo primero será que el Director del Área de Calidad de Aire, active el comité para la detección de olores objetables. Una vez activado el comité, por lo menos cinco personas previamente certificadas por la EPEO y cuyo certificado este vigente, deben ser seleccionadas para formar parte del mismo. Es importante señalar que cinco es el mínimo requerido de personas pero, dependiendo la complejidad de la situación pueden usarse más personas siempre y cuando se mantenga la cantidad en números nones. También, se seleccionará el líder del grupo o project officer (PO, por sus siglas en inglés). El PO es seleccionado por el Director del ACA, y será la persona a cargo de supervisar las actividades del grupo de trabajo durante el proceso de percepción y evaluación. Es importante que antes de activar el CDOO para realizar las pruebas de percepción de olores objetables, se relacione al grupo con el área a evaluar, detalles sobre la fuente o posibles fuentes, ubicación de estaciones de percepción, querellantes y cualquier otra información que se crea es de importancia para desempeñarse en el comité. Una vez se constituye el comité, los miembros deben tener una reunión preliminar con el PO, en la cual delinearán y discutirán las actividades y la logística que será implementada

durante la evaluación del olor. Al momento de esta reunión, el PO debe tener completo conocimiento de la situación del olor e información como:

- a. Identificación específica de la fuente u origen del olor como nombre de la industria o comercio, localización, dirección, dueño y la información de la operación de la industria necesaria para la operación del comité.
- b. El PO, producirá toda la información necesaria sobre la posible fuente de emisión de olores, para discutirla con los miembros del CDOO. Si el PO lo determina conveniente, se realizará una visita anticipada a la posible fuente o área afectada.
- c. La ubicación de las estaciones de percepción, así como la hora y fecha en que se llevará a cabo el comité, se determinará tomando en consideración información recibida por la gente o vecinos de la fuente de emisión que se hayan querellado por la situación o hayan percibido el olor.
- d. El PO seleccionará un punto neutral o negativo donde se ubicará una estación de percepción. Esta será utilizada como punto de referencia y para desintoxicar o refrescar el sistema olfativo de los preceptores y no excederá los cinco minutos. Este periodo debe coincidir con el tiempo de percepción de cada estación, a menos que el PO tome otra decisión.
- e. En la fecha y hora seleccionada para operar el comité, los miembros y el PO se reunirán en un punto de encuentro previamente acordado cerca al lugar donde se llevará a cabo la evaluación del comité. En ese momento se discutirán detalles finales de la operación del comité y se designará la estación inicial de percepción de olor.

El procedimiento presentado a continuación debe ser seguido por los miembros del comité de olor:

A cada miembro del comité de olor se le suplirá con el siguiente equipo:

1. radio transmisor
2. tablilla de apoyo y bolígrafo de tinta indeleble
3. escala hedónica
4. tablas de referencias para la identificación de olor
5. mapa topográfico y/o diagrama geográfico que contenga la localización de las estaciones de percepción, una breve descripción del lugar específico, distancia aproximada de la fuente de emisión de olor (industria) y su orientación geográfica magnética.
6. Reloj
7. El número de estaciones de percepción será siempre impar y variara con la situación prevaleciente de la intensidad del olor, pueden ser de 1 al 5 o de 1 al 7. La estación negativa o de referencia llevará el número impar que sigue al número más alto de la estación de percepción.
8. Después de que la primera estación es asignada a cada miembro del comité y que cada uno pasa a la estación asignada, cada uno deberá en primer lugar escribir en una hoja de papel la descripción e identificación de la estación, tal como: Localización (utilizando como referencia dueños de hogares, números o nombres de carreteras, orientación magnética y geográfica con relación a la fuente de

emisión de olor); condiciones prevalecientes del tiempo (condiciones del cielo, temperatura, condiciones de lluvia) y cualquier otra información necesaria. Esto aplica únicamente a la primera estación en que interviene cada miembro del comité.

9. Luego de pasados unos 5 a 10 minutos, en la estación de percepción el miembro del comité realizará la percepción de olor al momento en que el PO de la instrucción. Una vez hecha la percepción, se anota la evaluación en la hoja de papel, esta incluye el nivel de percepción de la intensidad del olor y la hora en que se realizó la percepción. Una vez completada la evaluación cada miembro del comité, se moverá a la próxima estación de percepción, se comunicará por radio con el PO y la operación se repite hasta que se cubran todas las estaciones.
10. Mientras el comité esta en funcionamiento, un oficial de control y calidad se moverá por las diferentes estaciones recopilando información de meteorología tal como velocidad y dirección del viento, temperatura ambiental, lluvia, condiciones del cielo y otra información que pueda ser importante en la evaluación final de la situación de olor.
11. En cualquier momento antes, durante o después de la operación del comité de olor, un ingeniero, inspector o técnico familiarizado con el funcionamiento de la fuente de emisión, evaluará los procesos de la misma. Un reporte escrito se creará y debe incluir información como:

12. Extensión de la operación basada en términos porcentuales, equipos de proceso en operación que produzcan emisiones a la atmósfera, estatus operacional y toda otra información de operación que pueda estar relacionada con la fuente que emite el olor.
13. Cualquier mal funcionamiento del proceso o equipo de control de emisión debe ser detallado.
14. Entrevistas a representantes de la industria durante la intervención.
15. Observaciones generales.
16. Después de concluida la operación del comité, se celebrará una reunión entre los miembros en la cual el PO recopilará toda la información escrita por cada uno, así como cualquier información final que estos crean importante para redactar el informe final.
17. El PO, evaluará toda la información recibida del comité y realizará cualquier proceso matemático necesario en orden de determinar la situación de la evaluación de olor. Si una violación a la Regla 420 del RCCA es detectada en una o más de las estaciones de percepción, será evidencia suficiente para notificar a la industria de violación. Si no se detecta violación en la primera ronda otros CDOO se realizará hasta que tres de ellos determinen que no hay violación.
18. Cualquiera que sea la determinación final del CDOO, el corriente proceso legal-administrativo continuará. Después, toda información técnica recopilada es interpretada a base de la regulación y referida a la oficina legal de la JCA para acciones futuras.

Meteorología

La meteorología se define como el estudio de la atmósfera y sus fenómenos. Es la rama de la física que estudia la atmósfera y los fenómenos físicos que en ella tienen lugar. Deriva de las voces griegas *meteoro* y *logos*, que significan fenómeno celeste y ciencia. Su objetivo es estudiar los fenómenos atmosféricos y resolver el problema fundamental de la meteorología, a saber, la predicción del tiempo. Es una ciencia basada en observaciones, por lo que su comprensión depende fuertemente de los sistemas de medidas y de observación. Incluye el análisis de las variaciones diarias de las condiciones atmosféricas (meteorología sinóptica), el estudio de las propiedades dinámicas, térmicas, eléctricas, ópticas y otras de la atmósfera (meteorología física); el estudio del clima, las condiciones medias y extremas durante largos periodos de tiempo (climatología), la variación de los elementos meteorológicos cerca del suelo en un área pequeña (micro meteorología) y muchos otros fenómenos. El estudio de las capas más altas de la atmósfera (superiores a los 50 Km.) suele implicar el uso de técnicas y disciplinas especiales, y recibe el nombre de aeronomía. El término aerología se aplica al estudio de las condiciones atmosféricas a cualquier altura (Ahrens, 2007).

La tierra y su atmósfera son sistemas dinámicos que están en cambio constante. La atmósfera no es un sujeto pasivo de la contaminación, todos los fenómenos meteorológicos pueden jugar un papel importante en la evolución de los contaminantes en la atmósfera y, por lo tanto, algunos aspectos relacionados con estos fenómenos deben tenerse en cuenta. El viento, la humedad, la inversión y las precipitaciones tienen un papel importante en el aumento o disminución de la contaminación. El viento generalmente favorece la difusión de los contaminantes ya que desplaza las masas de aire

en función de la presión y la temperatura. El efecto que puede causar el viento depende de los accidentes del terreno o incluso de la configuración de los edificios en las zonas urbanizadas. Al contrario del viento, la humedad juega un papel negativo en la evolución de los contaminantes ya que favorece la acumulación de humos y polvo. En cuanto a la temperatura, un estudio realizado encontró que las altas temperaturas registradas durante los veranos producían una mayor cantidad de emisiones de fuentes líquidas, debido al aumento en la volatilidad de los compuestos. Sin embargo, se señaló que estas emisiones tienden a dispersarse fácilmente bajo condiciones inestables. Un escenario opuesto fue revelado en el caso de las temperaturas de invierno, esto debido a que la baja en temperatura disminuye la cantidad de emisiones (Satter & Devanathan, 2007).

Por otra parte, el vapor de agua puede reaccionar con ciertos aniones aumentando la agresividad de los mismos, por ejemplo el trióxido de azufre en presencia de vapor de agua se transforma en ácido sulfúrico, lo mismo ocurre con los cloruros y los fluoruros para formar ácido clorhídrico y fluorhídrico respectivamente. El modelo de dispersión atmosférica considera que la distribución de olores no es homogénea sino que varía dependiendo de varios factores tales como la climatología de la zona (régimen de vientos, precipitaciones), la altura de la fuente, la emisión de la misma o la rugosidad de la superficie terrestre (valles, montañas) (Ahrens, 2007).

Normalmente, la temperatura del aire disminuye con la distancia, de tal manera que en una atmósfera normal hay una disminución de 0.64 a 1 °C cada 100 metros en la zona más próxima a la superficie de la tierra, llamada troposfera; por encima de ella la temperatura disminuye más rápidamente. Este sería el radiante térmico normal, pero bajo determinadas condiciones orográficas y climatológicas este gradiente puede alterarse de

tal manera que a una determinada altura la temperatura del aire es superior a la de una altura inferior, este fenómeno es conocido como inversión térmica. El problema que esto crea es impedir la dispersión vertical de los humos y de otros contaminantes enviados a la atmósfera por las industrias, calefacciones, motores de explosión, actividades urbanas etc. Las causas que determinan la aparición de una inversión térmica son diversas. Normalmente son causadas por uno de los siguientes procesos: superposición de masas de aire que se encuentran a diferentes temperaturas (ejemplo característico es el paso de un frente frío o cálido) y alteración de una masa de aire que originalmente era homogénea, modificándose la estructura vertical de los niveles bajos de la atmósfera. Este caso es debido principalmente al enfriamiento de la superficie de la tierra durante la noche.

Por esto es frecuente la aparición de inversiones térmicas en el borde oriental de los anticiclones, es decir en la costa oeste de los continentes como Los Ángeles, Santiago, Lisboa, El Cabo, presentan un alto número de inversiones térmicas a lo largo del año, agravado por un alto índice de contaminación existente en estas macrociudades. Por otro lado, las precipitaciones en forma de agua o nieve tienen un efecto de limpieza del aire, pero evidentemente los contaminantes pasan a los suelos o a las aguas. Así pues, el plomo proveniente de las gasolinas puede encontrarse, sobre todo, cerca de autopistas y carreteras (Ahrens, 2007).

Paneles de olor

Los orígenes de la evaluación sensorial y las pruebas nasales organolépticas fueron en la industria del comercio. Productos como perfumes, café, té, vino, licores, carnes y pescado, entre otros, comenzaron a ser olidos o probados para

determinar la calidad de estos. Eventualmente, estos individuos fueron conocidos como jueces expertos y fueron utilizados para calificar o dar grado a la calidad de los productos. En los 1940's y 1950's, grandes avances se dieron en el campo de las evaluaciones sensoriales por investigadores que realizaron pruebas sensoriales para los desarrolladores de las raciones de alimento de guerra para el gobierno de los Estados Unidos. Desde ese momento, los paneles de perceptores de olor adiestrados fueron el método preferido de evaluar las características sensoriales de los productos en los laboratorios (McGinley, McGinley & McGinley, 2005).

En el campo de la ingeniería ambiental, las muestras de aire oloroso son tomadas en la fuente de emisión. La evaluación del olor es llevada a cabo en un laboratorio bajo condiciones controladas siguiendo prácticas industriales estandarizadas y utilizando evaluadores adiestrados. El laboratorio de olor es un espacio donde no hay olor ni estímulos para el evaluador; incluso el área de espera está apartada del área de prueba. A los evaluadores no se les permite comer, mascar goma o tomar durante la evaluación. Los paneles de olor consisten de evaluadores que tienen que ser adiestrados siguiendo las Guías para la Selección y Adiestramiento de los Miembros de Paneles Sensoriales que se encuentran en la Publicación Especial Técnica 758 de American Society for Testing and Materials (ASTM) y European Normalization (EN) 13725 (ASTM, 1991; CEN, 2003). Una persona que fume, que utilice tabaco sin humo, que pueda o esté embarazada, que padezca de alergias crónicas o asma queda excluido como candidato a un panel de olor. A cada evaluador se le prueba individualmente para determinar su sensibilidad olfativa utilizando olores estándares como el n-butanol y el sulfuro de

hidrógeno. Al asesor se le adiestra para que tenga conciencia de la olfatometría, sobre técnicas de oler, descriptores estandarizados y respuestas al la olfatometría. Estos paneles para determinar olores objetables en la atmósfera, fueron utilizados ampliamente en el pasado. Grupos de expertos en evaluar olor eran llevados a lugares donde existían problemas con olores para realizaran un procedimiento y determinararan si el olor era objetable. Al pasar del tiempo y tras el surgimiento de nuevas normas y estándares, esta práctica fue sustituida por lo que se conoció como la olfatometría (McGinley, McGinley & McGinley, 2005).

Determinación de la concentración de olor en el laboratorio

El parámetro de olor mayormente determinado por evaluaciones de olor, es la concentración. La concentración de olor, es determinada utilizando un instrumento llamado olfatómetro y es expresada como factor de dilución (relación de dilución). La concentración de olor es reportada como umbral de detección (DT, por sus siglas en inglés) o umbral de reconocimiento (RT, por sus siglas en inglés). Varios avances en tecnología y nuevas normas han cambiado la ciencia de la olfatometría a través de los últimos cincuenta años, y el nuevo milenio ha comenzado con la publicación de una nueva norma de aceptación internacional para determinar la concentración de olores. Algunas de las normas de mayor utilización a través de los años serán presentadas a continuación, así como una breve descripción de las mismas.

ASTM –D 1391

En 1957, el Comité Sensorial de Evaluación E-18 Internacional de ASTM, aprobó y publicó una norma para medir los olores del medio ambiente en un entorno de laboratorio, el cual fue originalmente desarrollado por el Distrito para el Control de la Contaminación del Aire de Los Ángeles California (Mills, Walsh, Luedtke & Smith, 1963). La norma ASTM-D1391 fue llamada medida del olor en la atmósfera. La norma D1391 llegó a ser conocida como método de la jeringa de dilución estática, ya que utilizaba jeringas de vidrio de 100 ml para diluir el olor del aire con el aire libre de olores. La práctica envolvía la presentación al evaluador de jeringas con muestras de olor diluido y muestras de jeringas libres de olor. El evaluador entonces reportaba cual de las jeringas contenía la muestra de olor (Benforado, Rotella & Horton, 1969). La lentitud de las normas de dilución estática, como ASTM D1391, condujo al desarrollo de olfatómetros dinámicos que fueron diseñados para realizar las diluciones del aire oloroso de forma automática y continua. En marzo de 1985, el comité ASTM E-18, oficialmente retiró de su publicación D 1391, mismo año en que la JCA la incorporó al RCCA como método utilizado para medir las concentraciones de olor.

ASTM –E 679

En el 1979, la ASTM Internacional publicó la norma ASTM E679-79, Standard practice for determination of odor and taste thresholds by a forced-choice ascending concentration series method of limits. Esta norma se basa en el uso de olfatometría dinámica para realizar automáticamente la dilución del aire oloroso o

muestra y luego presentar la mezcla diluida a un panel de humanos evaluadores. La norma de dilución dinámica, ASTM E-679, fue subsecuentemente revisado en 1991, 1997, y luego re aprobado en 2004 (ASTM E-679, 2004).

El procedimiento de la norma ASTM E679 está basado en un método de presentación llamado tres alternativas de elección forzada (3-AFC) o elección triangular forzada (TFC). En este procedimiento cada panelista, realiza la tarea de evaluar oliendo la muestra de olor diluido directamente desde un olfatómetro. El panelista olfatea tres presentaciones de la muestra, una contiene el olor diluido, mientras que las otros dos son blancos (aire libre de olores). La escala de concentración debe aumentarse geoméricamente de forma que entre cualesquiera dos concentraciones que estén adyacentes, éstas sean separadas por un factor constante. Tanto la muestra, como los blancos son codificados de forma que no haya diferencia visual, audible, táctil o termal entre ellos. El panelista comienza con la concentración más baja, que debe ser dos o tres concentraciones por debajo del umbral estimado. Una vez expuesto a las muestras indica cual de las tres es diferente de las otras dos; una elección tiene que hacerse aunque no se detecte diferencia alguna ya que toda la data será utilizada. El proceso continua, presentando al evaluador tres nuevas muestras, en cada ocasión se aumenta la concentración de la muestra de olor (por ejemplo dos veces mayor a la anterior), este enfoque estadístico de aumentar la concentración es llamado serie de concentraciones ascendentes. Para calcular el factor de dilución por olfatometría, se utiliza la relación Total de Flujo Volumétrico dividido por el Flujo de la Muestra de Olor (AWMA, 2002).

$$D/T = V_d + V_o / V_o = Z$$

V_d es flujo volumétrico de aire libre de olor, V_o es el flujo volumétrico de la muestra de aire con olor. El factor de dilución Z , es utilizado en honor a H. Zwaardemaker, un científico Holandés, que fue uno de los primeros investigadores en el campo de la olfatometría. Términos alternos que se utilizan son: dilución hasta el umbral (D/T , por sus siglas en inglés), unidades de olor (OU, por sus siglas en inglés), y dosis efectiva en el 50% de la población (ED50, por sus siglas en inglés) (ASTM E-679, 1991). Los resultados de concentración de olor de las pruebas de olfatometría, son expresados como umbral de detección (D/T) o umbral de reconocimiento (R/T). El umbral de detección es un estimado del número de diluciones necesarias para hacer que la emisión de olor no sea detectable y el umbral de reconocimiento representa el número de diluciones necesarias para hacer que la muestra de olor sea reconocida ligeramente. El valor de D/T de una muestra de olor será mayor que el valor R/T , debido a que es necesario hacer más diluciones con aire sin olor para hacer que la muestra no sea detectable. Por lo cual, un valor alto de la concentración de olor D/T o R/T representará un olor fuerte y un valor bajo en la concentración de olor representa un olor débil. El panel de olor utilizado para el procedimiento ASTM E-679, consiste de 6 a 12 panelistas humanos debidamente adiestrados y experimentados. Los panelistas son seleccionados de la población general, pero no pueden ser personas con hipersensibilidad (que sean muy sensibles) específica al olor o que padezcan anosmia que significa falta de sensibilidad al olor. Los panelistas son seleccionados y adiestrados siguiendo las normas de ASTM STP-758 y del Comité

Europeo de Normalización (CEN, por sus siglas en ingles) (ASTM STP-758, 2004).

ASTM E 544

En el 1999, la ASTM Internacional publicó la norma ASTM E544-99, Standard practices for referencing suprathreshold odor intensity. Esta práctica está diseñada para delinear dos procedimientos preferidos para hacer referencia a la intensidad del olor de cualquier material oloroso en la región supra-umbral de la norma ASTM- Odor intensity referencing scale. El método por el cual los vapores de olor de referencia se presentan para su evaluación a un panel de al menos ocho jueces independientes se especifica, pero la manera en que se presenta la muestra dependerá de la naturaleza de la muestra, y no se define en el documento. Los métodos en los cuales se recomienda una escala de progresión geométrica con una relación de 2, se realizan generalmente mediante la comparación de la intensidad del olor de la muestra con la intensidad de olor de una serie de concentraciones de la sustancia odorífera de referencia 1-butanol (n-butanol). Los dos procedimientos se diferencian por el método por el cual los vapores diluidos de 1-butanol son preparados. En el primer procedimiento, método de escala dinámica, un aparato de dilución dinámica (olfatómetro) es utilizado. Éste está equipado con una serie de puertos para oler de los cuales emerge una concentración constante de 1-butanol a un flujo constante. En el segundo procedimiento, método estático, una serie de envases Erlenmeyer contienen concentraciones conocidas de 1-butanol diluido en el agua (ASTM E544, 1999).

EN 13725

Durante la década de los ochenta (1980's) los países en Europa comenzaron a desarrollar normas de olfatometría. Algunos de estos países que desarrollaron y publicaron normas fueron: Francia AFNORX-43-101, Alemania VDI 3881-Partes 1-4, Países Bajos NVN 2829. Estas normas pasaron por un proceso de mucho estudio, y poco a poco fueron evolucionando para atender los comentarios que surgían de estos estudios en diferentes países. Para atender esta situación se creó un grupo de trabajo en el CEN, El Comité Técnico 264-Calidad de Aire, para desarrollar un estándar de olfatometría europea unificado. Esto sería logrado mediante el desarrollo de una norma que aumentara la consistencia entre cada laboratorio (repetición), lograría resultados comparables entre los laboratorios (reproducibilidad) y que vinculará los resultados a un material de referencia trazable, como por ejemplo el n-butanol (precisión) (CEN, 1999).

El primer borrador completo de la norma de olfatometría Europea fue publicado en 1995 y la primera norma de olfatometría del CEN fue publicada a finales de 1999 en cada organización de normas de los diferentes países participantes. La norma fue publicada como Propuesta de Estándar CEN # 13725 (prEN13725) Calidad de aire-determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica. El periodo para comentarios del público finalizó a finales de enero de 2000. Ese mismo año fue revisado por un grupo de trabajo y la revisión final fue sometida al CEN en el 2001 para su traducción y votación final. Como resultado, la norma fue aprobada y publicada en el año 2003 (CEN, 2003).

La aprobación de la versión final de la norma CEN EN 13725, obligó a todos los países de la Unión Europea a adoptar la misma y a retirar cualquier norma nacional

redundante o conflictiva con la recién presentada. Entre estos países se incluyó: Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Grecia, Alemania; Irlanda, Italia, Luxemburgo, Islandia, Holanda, Noruega, Suiza, Swedan, Portugal, España y Reino Unido. La norma fue publicada en el idioma inglés, francés y alemán. Esta nueva norma también fue adoptada por Normas Australia y Normas Nueva Zelanda.

La norma EN 13725 también fue referenciada por organizaciones nacionales en Singapur, Tailandia y otros países Asiáticos. Además, agencias de gobierno y universidades en Norte América, siguen o están trabajando para adoptar la EN 13725. Algunas de estas agencias son; Agricultura de Canadá, Ciudad de los Ángeles California, Condado de Los Ángeles California y el Concilio Metropolitano de Minnesota. Ejemplo de algunas universidades es: University of Duke, Iowa, Perdue, Alberta, Illinois, Manitoba, Minnesota and West Texas A&M (Mahin, Pope & McGinley, 2000). Por lo tanto, EN 13725 se ha convertido en la norma de facto para las pruebas de olor. En fin, es crítico que se entienda, que si un laboratorio sigue el método de selección forzada entre tres alternativas presentado por la norma EN 13725, el mismo estará cumpliendo todos los requisitos de la norma ASTM E679 y A&WMA EE-6 Guías para Comité de Olores. Los requisitos adicionales que presenta la norma EN 13725, mejorarán la repetibilidad, reproducibilidad, confianza y exactitud de todos los análisis de olor realizados en un laboratorio (McGinley & McGinley, 2001).

Intensidad del olor

La intensidad del olor es la fuerza relativa con que éste es percibido sobre el umbral de reconocimiento (R/T), es medida utilizando varios métodos, entre los cuales se

encuentra una escala de palabras descriptivas, estimado de la magnitud de intensidad y una escala de referencia. Una de las escalas de palabras descriptivas utilizada, es una en la cual los panelistas ubican el olor en una escala de cinco puntos, donde cero se asigna a ausencia de olor y los otros cinco puntos corresponden a: apenas percibido, ligeramente percibido, moderadamente percibido, fuerte y muy fuerte. La deficiencia de este método, es que no representa un aumento lineal en percepción y que cada panelista puede interpretar la escala de forma diferente independiente del adiestramiento que posea. La intensidad del olor es percibida directamente, sin que se tenga conocimiento de la concentración de las sustancias que lo producen o del grado de dilución que se necesitará para eliminar el olor (NRC, 2000).

La norma ASTM E-544-04, Standard practice for referencing suprathreshold odor intensity, presenta dos métodos para hacer referenciar la intensidad de los olores en el ambiente contra una escala estándar. El primer método es conocido como método de escala dinámico y el segundo como método de escala estático. El método dinámico utiliza un dispositivo conocido como olfatómetro, el cual opera con un flujo continuo de un químico oloroso estándar (n-butanol) para ser presentado a un grupo de evaluadores a través de una serie de puertos. En este proceso, el evaluador compara la intensidad determinada de la muestra que se le presenta, contra un nivel de concentración específica del químico oloroso estándar que se utiliza en el olfatómetro. En el método estático, se utiliza un grupo de frascos Erlenmeyer con diluciones conocidas de un olor estándar (n-butanol) en una solución de agua (ASTM E-544, 20004).

Los investigadores de campo, comúnmente utilizan el método estático y este ha sido incorporado como una práctica estándar en los laboratorios de olores, debido a su

bajo costo comparado con el dispositivo olfatómetro (Turk, 1980). El método de referencia de butanol para determinar la intensidad del olor, es el más utilizado para evaluar olores ambientales. En este método la intensidad es expresada en PPM de n-butanol. Un valor alto de butanol significa un olor fuerte, mientras un valor bajo de butanol significa un olor débil. Otro aspecto importante de la escala de referencia de intensidad de butanol es la gran cantidad de escalas disponibles. Las escalas comúnmente utilizadas incluyen un punto de partida para la concentración de butanol presente en el aire tan bajo como 10 PPM y tan alto como 25 PPM. ASTM recomienda una escala de progresión geométrica de 2 (cada nivel de dilución dobla la concentración de la primera); sin embargo, algunas escalas utilizan progresiones geométricas de entre 1.5 y 3.

Persistencia del olor

Persistencia del olor, es el término utilizado para describir la razón a la cual la intensidad percibida de un olor disminuye a medida que el olor es diluido. Por ejemplo, dilución en la atmósfera viento abajo de la fuente de emisión. La intensidad del olor disminuye a razón de diferentes diluciones para diferentes olores. Para los años 60, S.S. Stevens, a través de sus trabajos en la Universidad de Harvard propuso que la intensidad del olor aumenta como una función de poder del estímulo oloroso. Stevens demostró que esa Ley de Poder (Ley de Stevens) seguía esta ecuación:

$$I = K C^n$$

Donde: **I** es la intensidad del olor, **C** es la razón de dilución y **K** y **n** son constantes que son diferentes para cada muestra de olor. La Dosis-Respuesta para cada muestra de olor

demuestra como la intensidad del olor disminuye a medida que este es diluido (Prokop, 1992).

Carácter del olor

Es un término de la ciencia sensorial utilizado para indicar la acción de un panel de evaluadores describiendo los atributos de un producto o muestra (cualitativo) y señalar la escala de intensidad de ese atributo (cuantitativo). El carácter del olor, muchas veces llamado calidad del olor, es una escala nominal de medida, donde los olores son caracterizados utilizando vocabulario como referencia. La práctica normal es proveer al evaluador con una lista de términos descriptivos, los cuales son organizados en grupos de términos similares. De forma similar, los términos con connotación negativa (como no placentero) son agrupados con otros términos negativos y los positivos (como placentero) con otros términos positivos (Harper, 1968).

En 1986, la International Association on Water Pollution Research and Control (IAWPRC) propuso ocho categorías mayores de descriptores para describir olores de aguas naturales e ilustrar las ocho categorías en una rueda de olor: vegetal, a fruta, floral, medicinal, químico, a pescado, ofensivo y a tierra (Bartel, Brady, & Suffet, 1989). Alrededor de ese mismo tiempo, la ASTM publicó un documento titulado, DS-61: Atlas of Odor Carácter Profile, el cual contenía una lista de 146 descriptores de olores estándar. Esta lista fue un condensado de una lista maestra de 800 términos (Dravnieks, 1985). Las listas estándares, son utilizadas como base para la descripción de muestras de olores en el ambiente. St. Croix Sensory, desarrollo una rueda descriptiva basada en la lista original de IAWPRC, para ser utilizada con muestras de olores ambientales (McGinley,

McGinley & McGinley, 2005). La rueda descriptiva esta organizada de forma que de un descriptor general se va a uno específico. Por ejemplo, si se detecta un olor a fruta, se va luego a identificar la fruta en específico (fresa, melón, cherry). Cuando se asigna descripción a un olor, a la categoría de descripción general se da un valor en una intensidad relativa que va de uno a cinco, de débil a fuerte donde, donde cero es igual a ausencia de olor.

Olfatometría

Cuando un olor es detectado en la atmósfera y las comunidades se quejan sobre el mismo, es imperativo que tanto las compañías que puedan ser responsables de éste, como las agencias reguladoras investiguen la situación. Para realizar una investigación de este tipo, las normas internacionales vigentes, presentan como aceptables la olfatometría. La olfatometría se divide en dos partes: olfatometría de laboratorio y olfatometría de campo.

La olfatometría de laboratorio utiliza un dispositivo conocido como olfatómetro, el cual opera con un flujo continuo de un químico oloroso estándar (n-butanol) para ser presentado a un grupo de evaluadores a través de una serie de puertos (ASTM E-544, 2004). En este proceso, el evaluador compara la intensidad determinada de la muestra que se le presentó, contra un nivel de concentración específica del químico oloroso estándar que se utiliza en el olfatómetro. La olfatometría de laboratorio a menudo es utilizada como seguimiento a estudios o investigaciones realizadas por inspectores de campo para medir y cuantificar el olor en el ambiente, así como para identificar la posible fuente de emisión de olor. Para la olfatometría de laboratorio se requiere de la toma de una muestra de olor que se toma del punto de emisión (chimenea o respiradero) o de la

superficie de la fuente de emisión en el caso de líquidos y sólidos. Las muestras, típicamente son tomadas en fundas Tedlar de 10 L, las cuales tienen un costo aproximado de 20 dólares por unidad, y las cuales necesitan ser transportadas de forma inmediata al laboratorio para ser evaluadas en un periodo de 24 (Huey, Broerin, Jutze & Gruber, 1960).

A través del análisis de laboratorio que se le realiza a una muestra, se puede determinar la concentración, intensidad, carácter y persistencia de un olor. El costo del análisis es de aproximadamente 250 dólares por una muestra para determinar la concentración del olor. Si se desea conocer el carácter, persistencia y concentración de la muestra, hay un costo adicional de aproximadamente 100 dólares, lo que hace que el costo total aproximado es de unos 350 dólares por muestra (McGinley, McGinley & McGinley, 2005).

El olor puede ser medido y cuantificado directamente en el ambiente por evaluadores adiestrados utilizando uno de dos métodos. El primer método utiliza una escala de referencia de intensidad de olor (OIRS, por sus siglas en inglés) compuesta por el olor estándar n-butanol, para cuantificar la intensidad del olor. El segundo método, utiliza un olfatómetro de campo, el cual diluye dinámicamente el aire ambiental con aire filtrado a través de carbón activado, en distintas razones de dilución conocido como factor de dilución hasta el umbral (D/T). La sensibilidad olfativa del evaluador, es un factor a considerar cuando se utiliza el método de olfatometría de campo. Un método de prueba nasal quimiosensorial estandarizado, determina el umbral olfativo de cada evaluador de forma individual y permite comparaciones de la sensibilidad olfativa individual con valores normales de umbral olfativo.

Estudios de casos

Impacto de vertedero municipal sobre el valor de propiedades residenciales

La problemática con olores objetables, es algo que se vive en diferentes partes del mundo. En los Estados Unidos, los olores objetables continúan al tope de la lista de quejas y estos tienen diversos efectos sobre las comunidades o personas que los perciben. Por ejemplo, un estudio realizado en Cleveland Ohio para determinar el impacto de cinco vertederos municipales en los valores de las propiedades residenciales en una zona metropolitana, concluyó que los vertederos probablemente tendrán un impacto negativo sobre los valores de las viviendas cuando el vertedero se encuentra a varias cuadras de una zona de viviendas de alto valor. El impacto negativo es de entre 5.5% -7.3% del valor de mercado en función de la distancia real del vertedero. Para las zonas menos costosas, el impacto de los vertederos es menos pronunciado, ya que van del 3% -4% del valor de mercado (Reichert, Small & Mohanty, 2009).

Impacto sobre la salud física y mental de los vecinos de granja de cerdos

Otro estudio fue realizado para evaluar la salud física y mental de los residentes que viven en las cercanías de una operación de confinamiento de cerdos a gran escala. Datos de salud física y mental se obtuvieron a través de entrevistas personales a partir de una muestra (n = 18) de todos los vecinos que viven en un radio de dos millas de una planta de producción porcina de 4.000 cerdos. Los resultados fueron comparados con datos similares recogidos de una muestra aleatoria de los residentes rurales, demográficamente similares, (n = 18) que viven cerca de una ganadería de mínima producción. Los resultados indican que los vecinos de la planta porcina a gran escala,

reportaron haber experimentado tasas significativamente mayores a cuatro grupos de síntomas conocidos para representar los efectos tóxicos o inflamatorios en las vías respiratorias. Estos grupos de síntomas han sido bien documentados entre los trabajadores de plantas porcinas. Sin embargo, no hubo pruebas suficientes para sugerir que los vecinos de la operación porcina a gran escala hayan sufrido una tasa mayor de problemas de salud psicológica como ansiedad o depresión (Thu, et al., 1997).

Estudio de caso asfaltera *Betteroads*

En esta investigación utilizaremos como estudio de caso la asfaltera *Betteroads* ubicada en la Carretera 845 KM 1.6 Sector Cupey Bajo del Barrio Río Piedras del Pueblo de San Juan de Puerto Rico (Figura 1). A continuación, presentaremos información básica sobre los procesos realizados por este tipo de industria. La mezcla de asfalto caliente (HMA, por sus siglas en inglés) para pavimentar, es una que se compone de agregados de diferente calidad, agregados de alta calidad (lo cual incluye pavimento asfáltico recuperado (RAP, por sus siglas en inglés) y cemento asfáltico líquido, la cual es calentada y mezclada en cantidades específicas para producir HMA. Cuando se utilizan agregados y RAP, estos constituyen el 92% por peso del total de la mezcla. Dejando a un lado la cantidad y el grado del cemento asfáltico utilizado, las características de la mezcla son determinadas por la cantidad relativa y por el tipo de agregados y RAP utilizado. Un determinado por ciento de agregado fino (menor de 74 micrones en diámetro) es requerido para la producción de un HMA de buena calidad (EPA, 2000).

Existen cuatro tipos de tecnologías mundialmente conocidos para la producción de mezclas de asfalto: las plantas de producción discontinua, conocidas como Batch

Plant, plantas de producción continua con mezcla fuera del tambor secador conocidas como Continuous Mix Plant, las plantas de producción continua conocidas como Counter Flow Plant y las plantas de mezclado con flujo paralelo dentro del tambor Parallel Flow Plant. Una planta de mezcla de asfalto caliente puede ser construida como una planta permanente, como una de fácil re-localización o como una planta portátil. Todas ellas con capacidad para procesar RAP y la mayoría de ellas tiene la capacidad de utilizar gas natural o aceite como combustible.

Batch Mix Plant

En este tipo de planta los agregados son normalmente almacenados en pilas cerca de la unidad de producción. El proceso comienza cuando el agregado es retirado de las pilas y se colocado en las tolvas de almacenaje de la unidad alimentadora. El material se descarga en cantidades medidas desde las tolvas de almacenaje a una correa mecánica que lo transporta a un secador rotativo. Cuando los agregados calientes salen del secador, estos caen en una cubeta que funciona como elevador y son transferidos a un conjunto de parillas vibrantes donde son clasificados en por lo menos cuatro tamaños diferentes. Una vez clasificados, de acuerdo al tamaño son depositados individualmente en cubetas calientes (EPA, 2000).

En facilidades modernas, el RAP es transferido a una cubeta caliente por separado. Para controlar la distribución del agregado por tamaño en la tanda final de la mezcla. Un operador pesa las cubetas calientes en una tolva de pesaje hasta obtener la mezcla y el peso deseado. Simultáneo al pesaje de las cubetas de agregado, cemento líquido asfáltico es bombeado desde un tanque de almacenaje caliente a una cubeta donde éste es pesado para asegurar la relación agregado-asfalto en la mezcla final. Una vez en

sale de la tolva de pesaje, el agregado es depositado en una mezcladora (muele y mezcla) y mezclado en seco por seis a diez segundos. Luego el asfalto líquido es añadido a la mezcla molida, donde es mezclado por un periodo de tiempo adicional. En plantas viejas, el RAP es directamente transportado desde las tolvas de almacenaje de RAP hasta la mezcladora moledora y combinado con el agregado caliente. El tiempo de mezcla total, es usualmente menos de sesenta segundos. Luego la mezcla caliente es transportada a un silo de almacenaje caliente o directamente a los camiones y llevada a los lugares a emplearse.

Parallel Flow Drum Mix Plant

Este proceso, es uno de mezcla continuo utilizando controles de proporción para los materiales a utilizarse. La mayor diferencia entre este proceso y el proceso de batch mix plants, es que en este proceso el secador no solo se utiliza para secar el material, sino también para mezclar los agregados secos y calientes con el cemento asfáltico líquido. Los agregados, que son proporcionados por gradación de tamaño, son introducidos al tambor por el extremo donde se encuentra el quemador. Según el tambor va rotando, los agregados y el producto de la combustión se mueven hacia el otro extremo del tambor en paralelo. El flujo de cemento asfáltico líquido es controlado por una bomba de flujo variable atada electrónicamente a la escala de pesaje de agregados nuevos y de RAP. El cemento asfáltico es añadido en la zona de mezclado a medio camino, bajando el tambor a una zona de temperatura más baja, al mismo tiempo que cualquier RAP y material particulado de los colectores. La mezcla es descargada por el final del tambor y es transportada a una serie de cubetas o a silos de almacenaje de HMA

para luego ser despachada en camiones. Los gases de escape también salen del final del tambor y pasan a un sistema de recolección (EPA, 2000).

El añadir el material particulado en el punto final, representa una ventaja de este proceso ya que mantiene los equipos de control de emisión sin llenarse a capacidad. Esta razón, es por la cual en la mayoría de las plantas de flujo paralelo el tambor solo esta seguido de un equipo de recolección primario, usualmente un baghouse. (EPA, 2000).

Counter Flow Drum Mix Plant

En este tipo de planta los materiales fluyen dentro del tambor en sentido opuesto o en contra flujo de la dirección de los gases de escape. En adición, la zona de mezclado del cemento asfáltico líquido está localizada detrás de la zona de flama del quemador, con el propósito de retirar el material del contacto directo con los gases calientes que escapen del proceso. El flujo de cemento asfáltico líquido es controlado por una bomba de flujo variable atada electrónicamente a la escala de pesaje de agregados nuevos y de RAP. Este es inyectado en la mezcla junto a cualquier RAP o material particulado proveniente de colectores primarios o secundarios. Debido a que el cemento asfáltico líquido, los agregados vírgenes y el RAP son mezclados en una zona removida de la línea de escape de los gases, las plantas de mezclado en tambor con contra flujo probablemente tendrán emisiones orgánicas (gaseosas y aerosoles líquidos) en menor grado que las plantas de mezclado en tambor con flujo paralelo (EPA, 2000).

La compañía productora de asfalto *Betteroad Asphalt*, está localizada en la Carretera 845 KM 1.6 de Sector Cupey Bajo, Barrio Rió Piedras, Pueblo San Juan de Puerto Rico (Figura 1). Según el censo del año 2000, el Barrio de Cupey cuenta con una población de 36,659 habitantes. Según datos de la Junta de Planificación, los terrenos

exactos donde esta localizada la compañía, están zonificados como Distrito 1-2 Industrial Pesado. Sin embargo, toda la zona aledaña a la compañía posee zonificación Distrito R-3 residencial general con solar mínimo de 300 metros (Apéndice 1). *Betteroad* se estableció en Cupey Bajo en el año 1954 y desde entonces se dedica a la manufactura de mezcla de asfalto caliente (HMA) para pavimentar. Esta compañía cuenta con un permiso de operación vigente otorgado por la JCA, cuya última revisión fue en año 2000. Entre las condiciones de permiso, se indica que *Betteroad* no permitirá la emisión a la atmósfera de material que produzca olor objetable o desagradable que pueda percibirse en predios que no sean aquellos que han sido designados para propósitos industriales. El permiso otorgado le permite a *Betteroad* procesar 400,000 toneladas de HMA anualmente y un promedio de 300 ton/hr basado en un ciclo rotativo de 365 días. Además, *Betteroad* tiene un período de operación establecido en el permiso, el mismo es de 1,700 hr/año durante cinco días a la semana y 11.5 meses al año. Tampoco se permite la producción de HMA durante los días sábados y domingos a menos que se someta una justificación por escrito a la Junta de Gobierno de la JCA, por lo menos cinco días previos a dicha actividad. La Junta de Gobierno deberá evaluar y determinar si aprueba la solicitud. No obstante, bajo ninguna circunstancia se permitirá la operación y producción de HMA en el periodo comprendido entre las 6:00 PM de un día y 6:00 AM del siguiente día, sin que medie una aprobación escrita de la JCA y se lleve a cabo un consenso en las comunidades vecinales. *Betteroad* brindará mantenimiento preventivo a sus sistemas de control de emisión y mantendrá operando en todo momento los filtros marca CECO, en especial durante el almacenaje de asfalto caliente, transferencia a y desde el tanque de almacenamiento y el uso continuo de asfalto liquido en la manufactura de concreto

asfáltico, de forma tal que se controlen los gases o vapores procedentes del líquido y que pueden ser fuentes de olores objetables. La compañía deberá notificar a la JCA cualquier anomalía en el sistema de filtraje que motive se descontinúe su operación continua. De ser este el caso la JCA deberá determinar si se continúan las operaciones diarias de la planta o se limitan hasta que el sistema sea reparado o sustituido. Además, *Betteroad* debe mantener registro de todas sus operaciones, incluyendo horas de operación, cantidad de material procesado, combustible necesario para la operación, condiciones de los sistemas de control de emisión, mantenimiento y mal funcionamiento de los mismos, entre otras condiciones impuestas.

Betteroad ha recibido múltiples querellas por olores objetables de parte de sus vecinos inmediatos. Estos son, Urbanización Venus Garden por el este, Urbanización Venus Garden Oeste por el norte, Urbanización Purple Tree por el oeste, Urbanización Chalets de Cupey y Urbanización Litheda High por el sur. Las constantes quejas de las comunidades circundantes provocaron que la JCA interviniera e inspeccionara la compañía. Durante el año 2006, contra *Betteroad* se reportó un total de 24 querellas. Estas querellas fueron recibidas los días 21 de febrero; 3, 6, 8, 9, 16, 28 y 29 de marzo (el día 29 se recibieron 7 querellas); 3, 4, y 18 de abril; 9 y 18 de mayo (2 querellas el día 18); 5, 7 y 8 de junio (dos querellas el día 5).

Estas querellas tuvieron el efecto de que la JCA llevara a cabo tres inspecciones por querella, 16 de febrero de 2006, 9 de marzo de 2006, 29 de marzo de 2006 y dos inspecciones posteriores para verificar cumplimiento de permiso en los meses de junio y septiembre. En la inspección del 9 de marzo de 2006, el personal técnico de la JCA encontró violación. Las violaciones encontradas por la JCA fueron las siguientes:

Violación a la condición de permiso 4(D) que solicita que todo equipo de control de contaminación de aire deberá ser operado en todo momento en que la fuente de emisión bajo control esté en proceso. Violación a la condición de permiso 4(G) que le requiere a BR mantener copia de los informes de calibración e inspecciones mensuales de los equipos de control, tales como colectores de polvo y lavadores de gases y mantendrán registros de todos los incidentes de apagado de equipo de control si los procesos continúan operando. Los reportes deberán estar disponibles al personal de la JCA de ser requerido. Violación a la condición de permiso 15 que indica que BR deberá preparar un registro diario conjuntamente con el informe de consumo de combustible y contenido de azufre, donde se anote, por lo menos una vez al día lo siguiente para cada filtro:

- a. Temperatura del aire en filtro, fecha y hora de la lectura.
- b. Lectura de la caída en presión a través del filtro, fecha y hora de la lectura.
- c. Nivel de asfalto en el tanque de 200,000 galones.

Deberá someter este informe mensualmente a la JCA no más tarde de los próximos 15 días del mes siguiente para el cual el informe es representativo y deberá estar disponible en la instalación en todo momento para ser revisado por nuestro personal técnico.

Violación a la condición de permiso 23 que indica que *Betteroad* deberá instalar un medidor de flujo de combustible justo a la entrada del quemador GENCO y calibrarlo cada seis meses para garantizar que no se exceda dicho valor. Deberá preparar y mantener un registro donde se indique la fecha, la hora y resultados de la calibración. El mismo deberá estar disponible en todo momento para ser revisado por nuestro personal técnico. Violación a la condición de permiso 25 que indica que *Betteroad* deberá

preparar y ejecutar un plan de mantenimiento completo que incluya pero sin limitarse a lo siguiente:

- a. Examinar y reparar cualquier escape de polvo y gases durante la transferencia de asfalto hasta los silos por el elevador.
- b. Sellar y darle mantenimiento a los sellos de las compuertas o tapas de los tanques de uso diario y el tanque principal donde se almacenan el asfalto AP-3. Se incluye el área de descarga de los camiones tanques.
- c. Deberá apagarse luego de las 4:00 PM o al finalizar las operaciones de la planta, los calentadores de asfalto AP-3 almacenado en los tanques de uso continuo.
- d. Verificar semanalmente los compartimientos del colector de polvo para examinar los sacos y mantener un registro sobre los hallazgos encontrados.

Una copia del Plan de Mantenimiento deberá estar disponible en todo momento en la instalación para ser revisado por personal técnico de la JCA o de la EPA. Violación a la condición de permiso 26 la cual indica que las horas de operación del generador de electricidad de 263 HP no excederán de 500 horas al año. Mantendrá un registro mensual en donde se anoten las horas de operación del generador de electricidad y el contenido de azufre en por ciento por peso del combustible diesel. Este registro deberá estar disponible en todo momento para ser revisado por personal de la JCA.

Las violaciones encontradas por la JCA le fueron notificadas el 23 de marzo de 2006 a la compañía *Betteroad* por escrito en lo que se conoce como una notificación de violación. Por su parte, la compañía responde el 19 de abril de 2006 la notificación de violación haciendo comentarios sobre las medidas correctivas que tomó para cada una de

las violaciones notificadas. El 21 de junio de 2006 la JCA realiza una reinspección a *Betteroad* y discute con la compañía posibles soluciones para disminuir los olores objetables. La JCA realiza nuevamente el 21 de septiembre de 2006 una inspección por cumplimiento y encontró violación. Las violaciones fueron a la condición de permiso 4(D) y a la Regla 108(D) del RCCA. La condición de permiso 4(D) solicita que todo equipo de control de contaminación de aire deberá ser operado en todo momento en que la fuente de emisión bajo control esté en proceso. La JCA notifica la violación a *Betteroad* el 12 de octubre de 2006. La compañía por su parte, responde el 28 de noviembre de 2006 la notificación de violación haciendo comentarios sobre las medidas correctivas que tomó para cada una de las violaciones notificadas.

Durante al año 2007, se reportaron querellas contra *Betteroads* los días 2, 9 y 26 de febrero, 4 de abril, 18 de mayo, 24 de agosto, 20 de septiembre, 1 de noviembre y 12 de diciembre, para un total de 9 querellas durante todo el año. Por su parte, la JCA ya para el mes de septiembre había comenzado una serie de reuniones tanto con la comunidad aledaña a la compañía como con ésta, ya que había decidido realizar un CDOO. El meteorólogo de la JCA había identificado los siete puntos que servirían de estaciones de percepción de olor, así como el área libre de olor. La estación #1 se ubicaría en la urbanización Litheda Hight a 466.3 mts. al sur de *Betteroads*, la #2 en la urbanización Purple Tree a 388.0 mts. al suroeste de *Betteroads*, la #3 en la urbanización Purple Tree a 253.2 mts. al oeste de *Betteroads*, la #4 urbanización Venus Graden Oeste a 156.8 mts al noroeste de *Betteroads*, la #5 urbanización Venus Graden Oeste 136.8 mts al norte de *Betteroads*, la #6 en urbanización Venus Garden a 161.9 mts al este de

Betteroads y la #7 estación de descanso o libre de olor se ubicó en la Carretera 845 frente al negocio El Chaparral a 814.7 mts al sur de *Betteroads* (Apéndice 2).

El 24 de septiembre de 2007, la JCA se reunió con las comunidades aledañas para notificarle que llevaría a cabo un comité para evaluar los olores objetables, para indicarle como se llevaría a cabo el mismo y para recopilar quejas y sugerencias de la comunidad. De igual forma, el 8 de octubre de 2007 la JCA se reunió con personal de *Betteroads* para discutir como se llevaría a cabo el comité de olores. El 10 de octubre de 2007, se realizó el Comité de Detección de Olores. Cabe señalar que durante la realización del comité de olores, dentro de la planta hay un técnico de la JCA, asegurándose que la misma esté operando a su máxima capacidad. Al finalizar el CDOO, se concluyó que había presencia de olores objetables en dos de las siete estaciones establecidas. Las estaciones donde se determinó que había olores objetables fueron las estaciones #4 y #5 ambas estaciones fueron ubicadas en la Urbanización Venus Garden Oeste al norte y noroeste de la compañía. A pesar de que en el área de San Juan los vientos predominan del este nordeste (Apéndice 3), la estación de meteorología que se utilizó el día del CDOO indicó que la dirección del viento en esa área en particular era del sur sureste. El 18 de octubre de 2007, la JCA notificó a *Betteroads* violación al RCCA Regla 420 Olores Objetables (A) Generalidades (1) Ninguna persona causará o permitirá la emisión a la atmósfera de materia que produzca un olor objetable o desagradable que pueda percibirse en predios que no sean aquellos que han sido designados para propósitos industriales. El 19 de octubre de 2007 el Área de Calidad de Aire refiere al Área de Asuntos Legales de la JCA la violación cometida por *Betteroads* a la Regla 420(A)(1) del RCCA. Por su parte, la compañía responde el 2 de noviembre de 2007 la notificación de violación a la Regla

420(A)(1) del RCCA negando la misma. La compañía solicita a la JCA toda evidencia producida durante el CDOO, así como los procedimientos o protocolos seguidos. De ese día en adelante, el caso quedo en suspenso, la JCA no ha producido la información requerida por la compañía y la compañía está fuera de operación desde el 3 de febrero de 2008.

Para poder llevar a cabo el CDOO, la Directora del Área de Calidad de Aire investigó si tenía personal técnico o gerencial certificado como evaluadores perceptores de olores objetables, encontrando que no tenía ningún personal certificado para esos propósitos. De inmediato se procedió a identificar técnicos que estuvieran interesados en certificarse como evaluadores de olores. Una vez identificado el personal a certificarse, se designa a la Jefa del Área de Fuentes Menores como PO y ella coordinó la Escuela para Perceptores Evaluadores de Olores Objetables. La escuela consistió de una parte teórica y una práctica. El método utilizado para la parte practica consistió en exponer el personal técnico a oler frascos con diferentes sustancias, para que luego estos pudieran reconocer o asociar olores. No se siguió ningún procedimiento estandarizado, durante estos procesos. Tampoco se cumplió con la Regla 420 Olores Objetables del RCCA que en la Parte C indica el método a seguirse para medir concentración de olores en la atmósfera.

Disponibilidad de tecnologías

Un obstáculo para la evaluación de los olores y su impacto, es el que los componentes del olor, así como las fuentes que lo emiten, no son de fácil identificación y cuantificación. Según percibido por los humanos, los olores tienen 5 propiedades cuantificables: intensidad (concentración o fuerza), carácter (grado de ofensa o tono

hedónico), grado de ofensa percibido, frecuencia y duración. Las primeras dos propiedades, son medidas utilizando monitoría de olor o métodos sensoriales. El grado de ofensa percibido es una respuesta cualitativa de los humanos al carácter y la intensidad del olor. La frecuencia y duración están en parte dictadas por las condiciones climáticas (velocidad y dirección del viento, humedad, etc.) (Sweeten, 1995).

Los olores pueden ser medidos por la intensidad física de las sustancias que componen el olor (método químico) o por la respuesta sensorial o grado de ofensa que provoque en un evaluador humano (método sensorial). Esto implica, que las dos formas de medir un olor es son la monitoría por instrumentos que miden concentración de gases olorosos específicos y la monitoría sensorial realizada por un grupo de evaluadores humanos a través de la olfatometría de campo y de laboratorio.

En 1958, 1959 y 1960, el Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos, patrocinó el desarrollo de un instrumento y procedimientos para la olfatometría de campo. El primer olfatómetro de campo se conoció como Scentometer y fue construido por la compañía Barnebey-Cheney y subsecuentemente manufacturado por la compañía Barnebey Sutcliffe (Huey, Broerin, Jutze & Gruber, 1960). Este aparato creaba una serie de diluciones, mezclando el aire con olor ambiental con aire pasado por una cama de carbón activado (aire sin olor). El equipo fabricado por Barnebey Sutcliffe, era una caja rectangular construida de plástico transparente con dos camas de carbón activado. La caja contaba con dos orificios de entrada de aire hacia las camas de carbón activado (uno arriba y otro abajo de la caja) con un diámetro de media pulgada cada uno. Tenía seis entradas de aire, por las cuales pasaba el aire con olor en la parte de atrás de la caja para seis diferentes valores de D/T (2, 7,15, 31 y 350). En el frente de la caja había dos tubos

de cristal que sirven como ventanas para colocar la nariz y oler. El costo de este aparato era de aproximadamente 650 dólares (Newby & McGinley, 2003). El factor de dilución obtenido con el olfatómetro de campo se definió como dilución hasta el umbral (D/T). La razón de D/T es la medida del número de diluciones necesarias para hacer el olor en el aire no detectable. La fórmula para calcular D/T con un olfatómetro de campo es:

$$\text{Factor de Dilución} = \frac{\text{Volumen de aire filtrado}}{\text{Volumen de aire con olor}} = D/T$$

Otro tipo de olfatómetro comúnmente utilizado, fue desarrollado por la compañía St. Croix Sensory Inc., y es conocido como el olfatómetro de campo *Nasal Ranger*. Este aparato opera basado en los mismos principios que el olfatómetro de campo original Scentometer. Aire libre de olor es suplido a través de dos filtros de carbón activado reemplazables. El equipo cuenta con una rueda que tiene seis orificios por los cuales entra el aire con olor, correspondientes a seis valores D/T (2, 4, 7, 15, 30 y 60). La rueda también cuenta con seis posiciones “blanco” (por las cuales entra aire 100% filtrado) que se alternan con los orificios de D/T. La rueda puede ser reemplazada por otra que contiene una serie de D/T mayor (60, 100, 200, 300, 500). La muestra de aire con olor es olida o evaluada a través de máscara nasal ergonómicamente diseñada, la cual es construida de una mezcla de fibra de carbón y poliuretano y cubierta con una capa de fluoro polímeros material parecido al teflón). El Nasal Ranger es designado con un sensor de flujo de aire que mide la razón de flujo de la acción de oler a través de este olfatómetro de campo. El equipo, cuenta con una luz LED ubicada en el tope, que se enciende cuando la razón de flujo de la acción de oler esta en el rango nominal de 16 a 20 litros por minuto (LPM). El Nasal Ranger tiene un costo aproximando de 1,500 dólares y es un método probado y realista para cuantificar la intensidad de los olores ambientales

cuando es utilizado por un evaluador debidamente certificado y adiestrado (Newby & McGinley, 2003).

La olfatometría de campo tiene una amplia variedad de aplicaciones, y se considera un método costo efectivo para cuantificar olores si es utilizada con una escala de referencia de intensidad de olores (OIRS) y un olfatómetro de campo calibrado. A continuación prestaremos algunas de estas aplicaciones.

1. Monitoría en el sitio. En este caso el evaluador tendrá la habilidad de monitorear los olores a través del día con un olfatómetro de campo. El proceso de monitoría incluye observación de materiales que entran o llegan a la facilidad, actividades de procesos al aire libre y de emisiones fugitivas al ambiente. El monitorear los olores on-site puede incluir el seguir una vía lógica a través de la facilidad para determinar donde existen los olores o hacer observaciones en puntos predeterminados, como por ejemplo en portones, verjas, almacenes, áreas con puertas abiertas o vías de entrada y salida.
2. Monitoría al azar. Este es un método utilizado con frecuencia y conduce a una recopilación de datos que pueden ser correlacionados con datos de meteorología y actividades on-site. Tanto los gerentes de instalaciones como las agencias reguladoras encuentran que la monitoría aleatoria utilizando olfatometría de campo es un protocolo costo efectivo.
3. Monitoría programada. Una monitoría bien programada puede estar limitada a caminadas diarias o a manejar alrededor de la instalación, o estructurada con varias visitas al lugar de monitoreo. Los datos del olfatómetro de campo pueden utilizarse para hacer correlaciones entre los parámetros que influyen sobre los

episodios de olor, esto incluye condiciones meteorológicas y las actividades de operaciones on-site.

4. Encuestas intensivas de olor. Una evaluación profunda de la generación on-site y del impacto off-site de olor puede ser necesaria para la renovación de permisos o para la expansión de una instalación. La recolección extensa de datos, utilizando un olfatómetro de campo puede identificar que fuentes u operaciones causan olores y cuales no causan olor off-site. Todas las potenciales fuentes u operaciones que causen olor pueden ser clasificadas así como su potencial contribución determinada. Los ensayos a corto plazo o pruebas de medida de mitigación de olor, como por ejemplo neutralizadores de olor, también requeriría un periodo intensivo de recolección de datos utilizando olfatometría de campo.
5. Monitoría por ciudadanos. La implementación de monitoría de olor por ciudadanos con un olfatómetro de campo puede ser parte de un programa de alcance comunitario interactivo. La función primaria de la monitoría por ciudadanos es recopilar información a través de registros exactos, los cuales representan las condiciones reales en la comunidad. Los ciudadanos reclutados y adiestrados para medir olores utilizando OIRS's u olfátometros también pueden reportar descriptores de olor. Los ciudadanos pueden ayudar a determinar las condiciones prevalecientes clima y el tiempo que duran los episodios de olor.
6. Respuesta a querellas. La utilización de una línea exclusiva, para querellas por olores, es comúnmente utilizado por comunidades y facilidades para responder a este tipo de episodios. Un plan para respuesta a querellas, que tenga una persona designada a responder en todo momento, crea la oportunidad para verificar

episodios de olor, seguirle el rastro a generadores de olor y cuantificar la intensidad del olor con olfatometría de campo.

7. Perfiles de penachos. Los modelos de dispersión de aire especializados y estandarizados, pueden predecir como será dispersado y transportado un olor por el viento. Varios evaluadores haciendo uso de OIRS o de olfatómetros de campo, ubicados viento abajo y viento cruzado con referencia a la fuente, podrán medir y registrar la fuerza de un olor como intensidad de butanol o D/T. Luego los perfiles de penacho pueden ser documentados y superpuestos en mapas locales del terreno. Por lo tanto, los modelos de dispersión del aire y la topografía local son integrados con las medidas de olor tomadas por olfatometría de campo.

Recordemos que la percepción de un olor se da cuando una o más sustancias químicas presentes en el aire entran en contacto con el sistema olfativo. El término odorífero, se refiere a cualquier sustancia química presente en el aire que es parte de la percepción del olor. Debido a que los odoríferos, pueden ser irritantes para los humanos que los perciben, puede ser necesario el realizar análisis químicos para odoríferos específicos como parte de las investigaciones de olores. Además, odoríferos específicos pueden ser identificados y utilizados como sustitutos del olor percibido y pueden convertirse en un marcador químico que se tome en consideración al momento de otorgar permisos e implementar regulaciones. Sin embargo las investigaciones y estudios sobre olores, algunas veces requieren análisis de las sustancias químicas en el aire oloroso. Las sustancias químicas pueden incluir odoríferos, no odoríferos, irritantes, tóxicos, contaminantes peligrosos, contaminantes criterios y otros contaminantes. Entre los análisis para determinar los odoríferos específicos se puede incluir el uso de instrumentos

que brinden datos en tiempo real en el sitio y equipos analíticos de laboratorio. El análisis de campo de químicos odoríferos y otras sustancias químicas puede ser logrado utilizando una variedad de métodos de análisis. Sweeten (1995) resumió estas técnicas utilizadas para medir gases específicos en cromatografía de gas (absorción diferencial), espectrometría de masa (diferenciación de espectro liviano), tubos con empaque para químicos específicos, trampas de absorción de amonio y sensores electrónicos.

Estos métodos de análisis químicos incluyen instrumentos portátiles de bajo costo como los tubos colorímetros cuyo costo es de cinco dólares por tubo y equipos electrónicos portátiles de alto costo (\$5,000 a \$10,000). Todos estos métodos de análisis portátiles tienen limitaciones en sensibilidad o especificidad, lo cual puede afectar su valor como instrumentos portátiles para evaluar olores (McGinley, et al. 2005).

Los avances en este tipo de tecnología, la electrónica, la bioquímica y la inteligencia artificial, hace posible el desarrollo de dispositivos capaces de medir y caracterizar aromas volátiles que se desprendan de gran variedad de fuentes de emisión de olor. Estos dispositivos, conocidos como narices electrónicas, fueron diseñados para imitar el sistema olfativo de los mamíferos. Son instrumentos diseñados para obtener medidas reproducibles, permitiendo la identificación y clasificación de las mezclas de olor, al tiempo que elimina la fatiga del evaluador. A diferencia de otros instrumentos de análisis, estos dispositivos permiten identificar las mezclas de muestras orgánicas en su totalidad, sin tener que identificar las distintas sustancias químicas dentro de la muestra. Cientos de prototipos diferentes de narices artificiales han sido desarrollados para diferenciar mezclas complejas que contengan diferentes tipos de compuestos orgánicos volátiles. Estos prototipos, representan las tecnologías electrónicas de detección (EAD,

por sus siglas en ingles) que utilizan diferentes tipos de sensores, incluyendo: sensores de óxido metálico, semiconductores, para polímeros, polímeros conductores, electro activo y sensores electroquímicos para detectar gases entre otros (Wilson, & Baietto, 2009).

El gobierno Federal, ha patrocinado las iniciativas del Homeland Security, quien tiene la necesidad de métodos rápidos y precisos para la detección e identificación de amenazas terroristas. Como resultado la compañía Electronic Sensor Technology, Inc., ha desarrollado y patentizado una tecnología de avanzada de nariz electrónica conocida como zNose. Esta ha sido designada para complementar los esfuerzos de seguridad llevados a cabo por el Homeland Security. El zNose es una nariz electrónica que reconoce la huella digital química de cualquier olor, fragancia o vapor y que puede ser adaptada para reconocer cualquier amenaza terrorista. Con los zNose se realizan mapas de huellas químicas de contenedores de transporte marítimo, túneles de trenes subterráneos, industrias de alimento, transportes colectivos (barcos, autobuses, aviones, trenes, etc.), edificios públicos, agencias de gobierno y otros. Una vez estos mapas realizados, se clasifican en lo que se considera normal y a través de la monitoria continua es de fácil detección cualquier sustancia que altere lo que ha sido designado como normal. Además los zNose pueden identificar químicos o vapores específicos que se conozca son explosivos, que dañan alimentos, irritantes o sospecho y ájenos a una facilidad específica.

Este tipo de tecnología conocido como narices electrónicas son instrumentos especializados de detección con sensores especializados para detectar muchas sustancias químicas. Debido a que los sensores electrónicos tienen un amplio rango de detección, estos necesitan ser programados para mezclas de sustancias que producen olor en

específico. La aplicación de narices electrónicas ha sido exitosa en el campo de control de calidad de procesos de manufactura. Sin embargo el uso de esta tecnología en el campo ambiental aun continua en desarrollo (Wilson & Baietto, 2009).

Regulación Federal Aplicable

Acta de Aire Limpio, Regulación para el Control de Contaminación Atmosférica

La Regulación de Aire define contaminación de aire como la presencia en el aire ambiental de uno o más contaminantes atmosféricos en cantidades y duración que puedan ser peligrosos para la salud humana, que afecte adversamente la vida de plantas y animales, interfiera con el disfrute de la vida o la propiedad o que viole los estándares establecidos en la Regulación de Aire o en regulaciones promulgadas bajo la Ley de Aire Limpio Federal. El término contaminante de aire es definido como polvo, humos, cenizas, material particulado, vapores, gases, olores, sustancias físicas, sustancias químicas, sustancias biológicas, o sustancias radioactivas, o cualquier combinación de estas. El vapor de agua no se considera un contaminante de aire.

La emisión de contaminantes a la atmósfera en Puerto Rico es regulada por la ley de Política Publica Ambiental (ley Núm. 416, aprobada el 22 de septiembre de 2004, antes ley Num. 9), Regulaciones para el Control de la Contaminación Atmosférica, el Plan de Implementación Estatal de Puerto Rico (SIP, por sus siglas en inglés), así como por el Acta de Aire Limpio Federal (CAA, por sus siglas en inglés).

Regulación Estatal Aplicable

Ley de Política Pública Ambiental

La misión encomendada por la Asamblea Legislativa de Puerto Rico a la Junta de Calidad Ambiental en la Ley Núm. 416 de 22 de septiembre de 2004 (deroga y sustituye la Ley Núm. 9 del 18 de junio de 1970), fue la de proteger la calidad del ambiente, mediante el control de la contaminación del aire, las aguas y los suelos y de la contaminación por ruidos; así como el utilizar todos los medios y medidas prácticas para crear y mantener las condiciones bajo las cuales el hombre y la naturaleza puedan existir en armonía productiva y cumplir con las necesidades sociales y económicas y cualesquiera otras que puedan surgir con las presentes y futuras generaciones de puertorriqueños. La Ley Núm. 416 de 22 de septiembre de 2004 en el Título II: De la Junta de calidad Ambiental, Artículo 9, Sección 5: Control de emisiones a la atmósfera, Parte A, indica lo siguiente: “Establecer, mediante reglamentos, los requisitos que a su juicio sean necesarios para el control de emisiones a la atmósfera y para la prevención, disminución o control del calentamiento global y de daños al ambiente y a los recursos naturales.”

EPA/JCA Acuerdo de Cumplimiento de Aire

Consistente con el mandato Congressional para delegar la administración de las políticas de control de contaminación de aire del CAA y en orden de coordinar la implementación y cumplimiento de las regulaciones federales, la JCA y la EPA entraron en un Acuerdo de Cumplimiento de Aire. La JCA obtuvo la delegación de administrar la mayoría de los programas del CAA.

Reglamento Para el Control de la Contaminación Atmosférica

El Reglamento para el Control de la Contaminación Atmosférica (RCCA), Parte IV: Prohibiciones, encontramos la Regla 420 Olores Objetables.

A. Generalidades:

1. Ninguna persona causará o permitirá la emisión a la atmósfera de materia que produzca un olor objetable o desagradable que pueda percibirse en predios que no sean aquellos que han sido designados para propósitos industriales.
2. No se considerara que estén en violaciones a esta Regla aquellos olores que emanen de los siguientes:
 - a. árboles, arbustos, plantas, flores, hierbas
 - b. procesos domésticos de jardinería y agricultura, así como el uso de fertilizantes (excepto los desperdicios de caña de azúcar).

B. Olores objetables

1. Para los propósitos de esta regla, un olor será considerado objetable o desagradable, cuando el consenso de un grupo de por lo menos 5 personas elegidas por la JCA, establecen que el olor es objetable al ser ellas expuestas al mismo.

- ### C. Las concentraciones de olores se medirán de acuerdo con la Sociedad Americana de Estándares de Materiales y Pruebas (American Society for Testing and Material Standars) Método D-1391-57 para medición de olores mediante el Método de Atmósfera Diluida (Methods for Measuring Of Odor in atmosphere (Dilution Methods))” o su equivalente.

Ley Núm. 35 del 19 de enero de 2000 conocida como ley creadora de la Unidad Interagencial Especializada

Debido al alto número de querellas reportadas a la JCA por olores objetables en la década del noventa se creó la Ley Núm. 35 del 19 de enero de 2000, conocida como la Ley Unidad Interagencial Especializada. Posteriormente fue enmendada en su Artículo 2 por la Ley 82 de 10 de marzo de 2003.

Artículo 1.- Esta Ley crea un organismo que se conocerá como la Unidad Interagencial Especializada cuyas funciones principales serán entre otras, coordinar con las agencias gubernamentales participantes y municipios donde ocurran los hechos, los esfuerzos necesarios dirigidos a prevenir la emanación de gases y olores objetables, combatir sus efectos cuando estos surjan, a fin de garantizar a los estudiantes, empleados escolares y visitantes o terceras personas una protección adecuada.

En el Artículo 2.- Organización, reza de la siguiente manera: La Unidad Interagencial Especializada estará integrada por un miembro de cada una de las siguientes agencias: Junta de Calidad Ambiental, Departamento de Educación, Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, Administración de Reglamentos y Permisos, Comisión de Servicio Público, Compañía de Aguas, Autoridad de Desperdicios Sólidos, Cuerpo de Bomberos, Defensa Civil Estatal, Emergencias Médicas, Departamento de Salud, Edificios Públicos, Policía de Puerto Rico y la Junta de Planificación.

La Ley 82 de 10 de marzo de 2003, enmienda el Artículo 2 de la Ley Núm. 35 de 19 de enero de 2000 a fin de añadir entre los miembros de la Unidad a la Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres, en sustitución de la "Defensa Civil Estatal", y a la "Compañía de Aguas" por la Autoridad de Acueductos y

Alcantarillados, así como un representante de la compañía privada que administre las operaciones de ésta, en el caso que aplique.

La Unidad Interagencial Especializada será dirigida por el Secretario de Educación o la persona que este designe. Los directores de cada una de las agencias participantes nombrarán el funcionario que integrará la Unidad y un sustituto.

Entre los principales deberes y poderes de otorgados a la Unidad en el Artículo 4 podemos señalar los siguientes:

(b) Tendrá inherencia y responsabilidad primaria al surgir en las escuelas alguna situación de emanación de gases y olores objetables.

(d) Realizará las investigaciones necesarias para determinar la causa y origen de las emanaciones y olores objetables, y la forma en que se están llevando a cabo en cualquiera de las escuelas los asuntos relativos a la prevención y manejo de éstos.

(e) Llevará un registro en el que se haga constar todos los casos de emanaciones de gases y olores objetables, y los hechos relacionados, su origen y las acciones tomadas con relación al manejo de los mismos. Este informe incluirá estadísticas sobre los daños causados a la salud y cualquier otro informe de pertinencia.

(f) Rendirá al Gobernador de Puerto Rico y a la Asamblea Legislativa, no más tarde de la segunda semana del mes de enero de cada año, un informe que contendrá un resumen de todas las actividades llevadas a cabo por la Unidad durante el año, con toda la información correspondiente.

(g) Preparará y desarrollará un plan de vigilancia y mantenimiento rutinario adecuado en aquellas áreas de la escuela que son susceptibles al escape de gases y olores objetables.

(h) Preparará, desarrollará y mantendrá al día un plan de acción a llevarse a cabo en caso de que ocurra un evento de emanación de gases u olores objetables el cual incluirá pero sin limitarse a:

1. Medidas a tomarse para la acción inmediata y efectiva en caso de emergencia, entre otras, planes de desalojo, identificación de lugares seguros a movilizar a los estudiantes, comunicación con agencias de apoyo, con los padres y personas relacionadas con el plantel.
2. Medidas para la reducción o prevención de daños a estudiantes, maestros y otro personal docente y no docente.
3. Coordinación de esfuerzos con todas aquellas agencias gubernamentales a participar sobre la mejor forma de lograr los objetivos de esta Ley, y desarrollar las funciones que le han sido encomendadas a la Unidad.

Ley Núm. 405 Del 27 de septiembre de 2000

Para enmendar el Artículo 277 del Código de Enjuiciamiento Civil de 1933 a los fines de ampliar las definiciones y cubrir otra conducta tipificada en cuanto a lo que constituye estorbo público.

Artículo 277 - Estorbo Público; definición; acción para obtener su cese

Todo lo que fuere perjudicial a la salud, indecente u ofensivo a los sentidos, o que interrumpa el libre uso de la propiedad, de modo que impida el cómodo goce de la vida o de los bienes, o que estorbare el bienestar de todo un vecindario, o un gran número de

personas, o que ilegalmente obstruyere el libre tránsito, en la forma acostumbrada, por cualquier lago, río, bahía, corriente, canal o cuenca navegable, o por cualquier parque, plaza, calle, carretera pública y otras análogas, constituye un estorbo público que da lugar a una acción. Dicha acción podrá ser promovida por cualquiera persona, agencia pública o municipio cuyos bienes hubieren sido perjudicados o cuyo bienestar personal resulte menoscabado por dicho estorbo público; y la sentencia podrá ordenar que cese aquella, así como decretar el resarcimiento de los perjuicios; lo aquí provisto no podrá aplicarse a las actividades relacionadas con el culto público practicado por las diferentes religiones. Disponiéndose, que nada de lo aquí dispuesto limitará los poderes de la Junta de Calidad Ambiental para promulgar los reglamentos a que está autorizada por ley. Además, esta legislación no limitará aquellos poderes otorgados por ley y que puedan adoptar los municipios mediante ordenanzas municipales en la implantación de los procesos y procedimientos sobre estorbos públicos en sus correspondientes jurisdicciones.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Introducción

El problema de los olores objetables comenzó hace muchos años y continua hoy día, de hecho las querellas recibidas por éstos en agencias reguladoras y oficinas de gobierno, tanto en Estados Unidos como internacionalmente, continúan al tope de las listas de quejas por contaminación de aire (McGinley, Mahin, & Pope, 2000).

La meta de este estudio, fue desarrollar un plan de acción para implementar el programa de olores objetables en la JCA. Este cuenta con la objetividad y base legal necesaria para que se pueda procesar en términos administrativos y criminales las violaciones a la Regla 420 del RCCA. Este estudio fue realizado en un periodo de tiempo que comprende del 1 de enero de 2006 al 31 de diciembre de 2007. Este periodo fue seleccionado por entender era el más apropiado para cumplir con nuestro plan de trabajo, así como porque era el periodo más completo encontrado en la base de datos de querellas de la Junta de Calidad Ambiental. Otra consideración para la selección de este periodo fue el tener datos de querellas suficientes que nos permitieran completar el estudio.

Estudio de caso

Estudio de caso del expediente que existe en la Junta de Calidad Ambiental de la compañía productora de asfalto *Betteroads Asphalt*, localizada en la Carretera 845 KM 1.6 de Sector Cupey Bajo, Barrio Río Piedras, Pueblo San Juan de Puerto Rico (Figura 1). Según el censo del año 2000, el Barrio de Cupey cuenta con una población de 36,659 habitantes. *Betteroads* se dedica a la manufactura de mezcla de asfalto caliente (HMA)

para pavimentar. HMA se compone de agregados de diferente calidad; agregados de alta calidad (lo cual incluye pavimento asfáltico recuperado (RAP) y cemento asfáltico líquido, la cual es calentada y mezclada en cantidades específicas para producir HMA. Los procesos de manufactura de *Betteroads*, son conocidos como Parallel Flow Drum Mix Asphalt Plant. En este proceso el secador no solo se utiliza para secar el material, sino también para mezclar los agregados secos y calientes con el cemento asfáltico líquido. Los agregados, que son proporcionados por gradación de tamaño, son introducidos al tambor por el extremo donde se encuentra el quemador. Según el tambor va rotando, los agregados y el producto de la combustión se mueven hacia el otro extremo del tambor en paralelo. El flujo de cemento asfáltico líquido es controlado por una bomba de flujo variable atada electrónicamente a la escala de pesaje de agregados nuevos y de RAP. El cemento asfáltico es añadido en la zona de mezclado a medio camino, bajando el tambor a una zona de temperatura más baja, al mismo tiempo que cualquier RAP y material particulado de los colectores. La mezcla es descargada por el final del tambor y es transportada a una serie de cubetas, o a silos de almacenaje de HMA para luego ser despachada en camiones. Los gases de escape también salen del final del tambor y pasan a un sistema de recolección.

Evaluamos el desempeño del Comité de Detectores de Olores Objetable.

1. Utilizamos la base de datos de querellas de la JCA para realizar un análisis descriptivo de los registros de querellas ambientales reportadas por olores objetables durante los años 2006 y 2007.

2. Determinamos el número de querellas por olores objetables del total de querellas recibidas.
3. Segregamos las querellas por olor en ocho categorías, dependiendo a que las relaciono el querellante.
4. Determinamos cuantas fueron reportadas por cada mes.
5. Determinamos la relación entre las querellas reportadas por mes y la temperatura mensual promedio para los años 2006 y 2007.
6. Diseñamos un método de tabulación para las querellas obtenidas de la base de datos de la JCA.
7. Determinamos en cuantas ocasiones se había utilizado el CDOO para atender querellas.
8. Realizamos una comparación entre las querellas atendidas por el CDOO y las resueltas por éste.
9. Analizamos el procedimiento AQA-LSM- # 1 Determinación y identificación de olores objetables en la atmósfera comunal.
10. Analizamos la Regla 420 Olores Objetables del RCCA.

Evaluamos un estudio de caso para determinar la efectividad de los procesos del comité de olores objetables.

1. Analizamos y evaluamos el expediente que existe en la Junta de Calidad Ambiental de la compañía productora de asfalto *Betteroads* Asphalt localizada en Cupey Bajo Río Piedras. Mediante esta evaluación determine el número de querellas reportadas contra la compañía en los años 2006 y 2007.
2. Clasificamos las querellas reportadas por año y mes.

3. Clasificamos las querellas de acuerdo a la urbanización desde la cual se reportó.
4. Diseñamos un método de tabulación para las querellas obtenidas.
5. Identificamos en una foto aérea la localización de la compañía y las urbanizaciones donde residen los querellantes.
6. Realizamos una visita a la planta para observar personalmente el área bajo estudio.
7. Utilizamos datos de la rosa de los vientos del año 2006 y del 2007 del área de San Juan para saber de dónde predomina el viento en el área de estudio.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este estudio fue realizado para evaluar los métodos y actividades que utiliza la Junta de Calidad Ambiental para la evaluación de olores objetables en la atmósfera. Para llevar a cabo el mismo, obtuvimos de la base de datos de querellas de la JCA los expedientes de querellas recibidas durante los años 2006 y 2007. Además, realizamos un análisis del procedimiento ACA-LSM- #1 creado por el Área de Calidad de Aire y sometido a la Junta de Gobierno de la JCA, el cual indica el método y actividades que se utilizarán para la evaluación de olores en la atmósfera y que propone a la antes mencionada Junta la creación de la Escuela de Perceptores Evaluadores de Olores Objetables. También analizamos la Resolución R-86-35-1 de la Junta de Gobierno de la JCA, mediante la cual se aprobó la creación de la Escuela de Perceptores Evaluadores de Olores y la Regla 420 Olores Objetables del RCCA.

Evaluación del desempeño del Comité de Detectores de Olores Objetables

Para el año 2006, la JCA recibió vía telefónica un total de 576 querellas ambientales. Del total de querellas reportadas, 370 fueron por olores objetables, lo que representa un 64% del total de querellas recibidas y 206 fueron por otras causas, para un 36 % del total de quejas recibidas (Tabla 1 y Figura. 2).

Las querellas por olores objetables en el año 2006, fueron segregadas en ocho categorías de acuerdo a con que relacionó el querellante el olor percibido o de dónde reportó que procedía. De las 370 querellas se encontró que 154 fueron reportadas como

olor a pintura y que procedían de talleres de hojalatería y pintura o de marquesinas o solares donde se realizaba esta actividad. Este número de querellas representa un 41% de las querellas por olor y el 27% del total de querellas recibidas. Unas 54 querellas fueron reportadas como olor a humo, para un 15% de las 370 recibidas por olor y un 9% del total de querellas recibidas. Unas 48 querellas fueron por olor a combustible representando el 13 % de las querellas por olor y el 8% del total de querellas recibidas. Otras 37 querellas fueron reportadas como olores objetables pero no se identificó a que olía o de donde procedía el olor, estos casos representaron el 10% de las querellas por olor y un 6% del total de querellas. Unas 29 querellas reportadas por olor a asfalto para un 8% de las querellas reportadas por olor y un 5% del total de querellas recibidas. Se reportaron 26 querellas que indicaban olor a químicos extraños, peligrosos, tóxicos o desconocidos, esto representó el 7% de las querellas por olor y 5% del total de querellas recibidas. Unas 11 querellas fueron reportadas como olores procedentes de industrias farmacéuticas, para un 3% del total de querellas por olor y un 2% del total de querellas recibidas. Otras 9 querellas fueron reportadas como olores procedentes de lavanderías, para un 2% del total de querellas por olor y un 2% del total de querellas reportadas. Por último, dos querellas fueron reportadas como olores fuertes a café, para un 1% de las querellas por olor y un 0% del total de querellas (Tablas 2 y Figuras 3 y 4).

Las querellas que fueron reportadas durante el año 2006 fueron segregadas en cuantas fueron reportadas por mes (Tabla 3) y luego se determinó la relación entre estas y la temperatura mensual promedio (Tabla 4). Durante el mes de enero se reportó 19 querellas, febrero 32 querellas, marzo 45 querellas, abril 12 querellas, mayo 27 querellas, junio 41 querellas, julio 8 querellas, agosto 41 querellas, septiembre 45 querellas, octubre

22 querellas, noviembre 36 querellas y por último en el mes de diciembre se reportaron 42 querellas. Las temperaturas mensuales promedios fueron las siguientes: enero 75.7 °F, febrero 76.7 °F, marzo 78.3 °F, abril 78.5 °F, mayo 82.2 °F, junio 83.0 °F, julio 82.2 °F, agosto 82.5 °F, septiembre 83.8 °F, octubre 83.1°F, noviembre 81.1 °F y diciembre con 78.7 °F.

Al calcular la relación entre la temperatura y el número de querellas reportadas, se encontró una correlación donde $r = 0.1671$, lo que representa una correlación muy débil o despreciable. Este análisis tuvo como propósito el determinar si se reportaba un mayor número de querellas en los meses más cálidos, donde se presumía la dispersión de gases que causaran olores objetables fuese mayor que en los fríos. Puede haber otros factores que no fueron recogidos en este estudio y que incidieran sobre el momento de tomar la decisión de realizar la querella.

Los procedimientos antes descritos, también fueron realizados para el año 2007. Para el año 2007 la JCA recibió vía telefónica un total de 705 querellas ambientales. Del total de querellas reportadas, 399 fueron por olores objetables, lo que representa un 57% del total de querellas recibidas y 306 fueron por otras causas, para un 43 % del total de quejas recibidas (Tabla 5 y Figura. 5).

Las querellas por olores objetables en el año 2007, fueron segregadas en ocho categorías de acuerdo a con que relaciono el querellante el olor percibido o de donde reportó que procedía. De las 399 querellas reportadas, se encontró que 174 fueron reportadas como olor a pintura y que procedían de talleres de hojalatería y pintura o de marquesinas o solares donde se realizaba esta actividad. Este número de querellas representa un 43% de las querellas por olor y el 54% del total de querellas recibidas.

Unas 77 querellas fueron reportadas como olor a humo, para un 19% de las querellas recibidas por olor y un 11% del total de querellas recibidas. Unas 60 querellas fueron por olor a combustible representando el 15% de las querellas por olor y el 9% del total de querellas recibidas. Se reportaron 33 querellas que indicaban olor a químicos extraños, peligrosos, tóxicos o desconocidos, esto representó el 8% de las querellas por olor y 5% del total de querellas recibidas. Otras 22 querellas fueron reportadas como olores objetables pero no se identificó a que olía o de donde procedía el olor, estos casos representaron el 6% de las querellas por olor y un 3% del total de querellas. Unas 14 querellas reportadas por olor a asfalto para un 4% de las querellas reportadas por olor y un 2% del total de querellas recibidas. Otras 14 querellas fueron reportadas como olores procedentes de industrias farmacéuticas, para un 4% del total de querellas por olor y un 2% del total de querellas recibidas. Otras 4 querellas fueron reportadas como olores procedentes de lavanderías, para un 1% del total de querellas por olor y un 1% del total de querellas reportadas. Por último 1 querella fue reportada como olor fuerte a café, para un 0% de las querellas por olor y un 0% del total de querellas recibidas durante el 2007 (Tablas 6 y Figuras 6 y 7). Como se puede observar, las principales razones de querellas de olor tanto en 2006 como en 2007 fueron por pintura, humo y combustible. Otro dato que se desprende de este análisis es que para el año 2007 hubo un ligero aumento en el número total de querellas reportadas.

Las querellas que fueron reportadas durante el año 2007 también fueron segregadas en cuantas fueron reportadas por mes (Tabla 7) y luego se determinó la relación entre estas y la temperatura mensual promedio (Tabla 8). Durante el mes de enero se reportó 29 querellas, febrero 29 querellas, marzo 52 querellas, abril 22 querellas,

mayo 45 querellas, junio 29 querellas, julio 28 querellas, agosto 28 querellas, septiembre 45 querellas, octubre 43 querellas, noviembre 27 querellas y por último en el mes de diciembre se reportaron 22 querellas. Las temperaturas mensuales promedios fueron las siguientes: enero 77.1 °F, febrero 78.9 °F, marzo 79.9 °F, abril 80.1 °F, mayo 83.5 °F, junio 84.0 °F, julio 83.6 °F, agosto 83.2 °F, septiembre 82.9 °F, octubre 82.1°F, noviembre 79.8 °F y diciembre con 77.7 °F.

Al igual que para el 2006, para el 2007 se calculó la correlación entre el número de querellas y la temperatura mensual promedio. El resultado obtenido fue de $r = 0.3097$, lo que representa una correlación débil o baja.

Luego de acceder la base de datos de la JCA, encontramos que la agencia no lleva un registro oficial de los CDOO que realiza. Para poder cuantificar cuántos CDOO se habían realizado durante los años 2006 y 2007 fue necesario consultar el personal técnico del Área de Fuentes Menores, así como al personal del Área de Inspección y Cumplimiento y buscar directamente en memorandos que estos aún tienen archivados en sus computadoras. En el área de Fuentes Menores se indicó solo haber realizado dos CDOO en el 2006 (Y. Mosquete, Evaluador de Permisos Ambientales II, JCA, com.pers.) Se indicó que uno fue para investigar una querella a un taller de hojalatería y pintura, y el otro por un generador de electricidad. Mientras en el Área de Inspección y Cumplimiento, se indicó haber realizado un CDOO en 2007 a la compañía *Betteroads* (V. Villafañe, Inspector de Calidad Ambiental II, División de Inspección y Cumplimiento JCA, com.pers.) y otro a la compañía Super Asphalt en Canóvanas (A. Morales, Inspector de Calidad Ambiental II, División de Inspección y Cumplimiento JCA, com.pers.). Estos datos nos indican que durante los años 2006 y 2007, la JCA utilizó en 4 ocasiones el

CDOO para evaluar querellas por olores objetables. Del total de 4 CDOO realizados durante los años 2006 y 2007, solo en una ocasión el CDOO determinó presencia de olores objetables. El caso que dio positivo fue el de la compañía *Betteroads* en Cupey realizado en 2007. De las 4 querellas atendidas por CDOO, de los expedientes de la JCA no se desprende que estos hayan resuelto situación alguna. De hecho, la única querella investigada por un CDOO y que fue positiva aún no a cerrado en la JCA.

Del análisis realizado al procedimiento ACA-LSM- # 1, se desprende que el procedimiento y actividades utilizados por la JCA, para identificar y evaluar olores objetables en la atmósfera, no han sido sometidos al procedimiento administrativo dispuesto por la Ley número 170 del 12 de agosto de 1988, según enmendada, conocida como la Ley de Procedimiento Administrativo Uniforme. El procedimiento ACA-LSM # 1, desde su aprobación en 1986 no ha recibido ningún tipo de revisión que lo mantenga al día. Según la EPA, todo procedimiento de investigación o muestreo debe contar con un POE y el mismo ser revisado al menos cada dos años.

Del análisis realizado a la Regla 420 Olores Objetables del RCCA, la propia regla en su parte C, indica que el método ASTM D-1391-57, será el método a seguir para determinar la concentración de olores. Este método fue retirado de publicación por ASTM Internacional en 1986 sin reemplazo alguno. Se pudo constatar, que a pesar de que durante el año 1986 se aprobó por la JCA la utilización del procedimiento ACA-LSM- # 1, durante ese mismo año la ASTM Internacional retiró éste de ser publicado sin reposición alguna.

Efectividad de los procesos del comité de olores objetables.

Utilizamos la base de datos de la JCA para obtener y analizar el expediente de la compañía *Betteroad*. También accedimos a la base de datos de querellas para los años 2006 y 2007 de la JCA. Del análisis realizado se desprende lo siguiente. De un total de 576 querellas ambientales durante el año 2006, 370 eran por olores en la atmósfera y 29 indicaban olor a asfalto. De las 29 que indicaron olor a asfalto 24 mencionaron a *Betteroads* como causante. Esto representa que *Betteroads* fue la causante del 4% del total de querellas recibidas durante el año 2006 y del 6% del total de querellas recibidas por olor y del 83% del total de querellas recibidas por olor a asfalto durante el mismo año (Figura 8, 9 y 10).

Al analizar las querellas recibidas contra *Betteroads* por mes durante el año 2006 obtuvimos, 0 querellas en el mes de enero, 1 en febrero, 13 en marzo, 3 en abril, 3 en mayo y 4 en junio. El gran número de querellas reportado durante el mes de marzo pudo haberse debido a que tanto en febrero como marzo fueron los meses de mayor producción de la planta durante el 2006 y 2007 (Tabla 11). Durante los meses de julio a noviembre de 2006 la planta no tuvo producción por lo cual tampoco hubo querellas reportadas. Esto nos indica un total de 24 querellas que ya habíamos determinado recibió *Betteroads* en el 2006 (Tabla 9).

La compañía *Betteroads* está rodeada por cuatro urbanizaciones, Venus Gardens por el este, Venus Gardens Oeste por el norte, Purple Tree por el oeste y Chalets de Cupey y Litheda High por el sur. Durante el 2006, de un total de 24 querellas contra *Betteroads*, Venus Gardens reportó 7 querellas para un 29%, Venus Gardens Oeste reportó 8 querellas para un 33%, Purple Tree reportó 7 querellas para un 29% y Chalets de

Cupey reportó 2 querellas para un 8%. Esto nos indica que la urbanización que mayor número de querellas realizó fue la que queda ubicada al norte de la compañía *Betteroads* (Figura 11). Debido a que la rosa de viento para el área de San Juan, pueblo donde ubica la compañía, indica que predominan los vientos del este y del noreste (Apéndice 4); los datos de meteorología del día que se realizó el CDOO nos indican vientos predominantes del sur sureste. Tal vez esa situación se repite a menudo y es la causante de que la urbanización que queda al norte de la compañía sea la que más quejas radican. Del análisis de la rosa de los vientos se desprende que las urbanizaciones más afectadas deban ser las que ubican al oeste y sur oeste de la compañía, sin embargo tenemos querellas reportadas al este de la compañía, cosa que parecería prácticamente imposible pero que puede estar justificada por la micro-meteorología del área, cosa que no fue estudiada durante esta investigación.

Con respecto al año 2007, de un total de 705 querellas ambientales, 399 eran por olores en la atmósfera y 14 indicaban olor a asfalto. De las 14 que indicaron olor a asfalto 9 mencionaron a *Betteroads* como causante. Esto representa que *Betteroads* fue la causante del 1% del total de querellas recibidas durante el año y del 2% del total de querellas recibidas por olor y del 64% del total de querellas recibidas por olor a asfalto (Figura 12, 13 y 14).

Al analizar las querellas recibidas contra *Betteroads* por mes durante el año 2007 obtuvimos 3 para febrero, 1 para abril, 1 para mayo, 1 para agosto, 1 para septiembre, 1 para noviembre y 1 para diciembre. Esto nos indica un total de 9 querellas, que anteriormente habíamos determinado recibió *Betteroads* en el 2007 (Tabla 10). El mes

con mayor número de querellas fue febrero, sin embargo el mes de mayor producción de asfalto en la planta fue agosto seguido muy de cerca por enero (Tabla 13).

La compañía *Betteroads* esta rodeada por cuatro urbanizaciones, Venus Gardens por el este, Venus Gardens Oeste por el norte, Purple Tree por el oeste y Chalets de Cupey y Litheda High por el sur. Durante el 2007, de un total de 9 querellas contra *Betteroads*, Venus Gardens reportó 2 querellas para un 11%, Venus Gardens Oeste reportó 4 querellas para 22%, Purple Tree reportó 3 querellas para un 17% y Chalets de Cupey reportó 0 querellas para un 0% (Figura 15). Volvemos a ver querellas predominantemente de la Urbanización al norte de la compañía, lo que bien nos podría confirmar que el área de *Betteroads* tiene componentes que hacen que el patrón del viento no sea igual al de San Juan.

Del análisis físico espacial de zonificación en el mapa de la compañía, encontramos que lo único zonificado como Distrito 1-2 Industrial Pesado son los terrenos específicos de *Betteroads*. El área circundante a la compañía por el norte, sur, este y oeste esta zonificado como Distrito R-3 que es residencial general con solar mínimo de 300 metros. Cabe señalar que la compañía *Betteroads* se estableció en el área para el año 1954, mucho antes de que cualquiera de las urbanizaciones vecinas estuviese construida (Apéndice 2).

En una visita realizada el 24 de abril de 2011 al área de estudio, se observó que la planta no esta operando al momento. Además, en la misma visita se pudo observar que no existe una zona de amortiguamiento apropiada entre la compañía y las comunidades que la rodean. De hecho, solo al este de *Betteroads* entre ésta y la urbanización Venus Gardens hay una línea de varios árboles que podrían realizar una tímida función de

amortiguamiento. Al norte solo una línea sencilla de árboles separa la comunidad de la compañía.

En resumen, la JCA recibió 1,281 querellas entre el 1 de enero de 2006 y el 31 de diciembre de 2007. Del total de querellas registradas 769 fueron querellas reportando olores objetables, lo que representa que el 60% de las querellas reportadas a la JCA fueron por esta razón (Figura 16). Entre los resultados más relevantes de este estudio, esta el que las querellas por olores objetables componen la mayor parte de las querellas reportadas a la JCA tanto en el 2006 como en el 2007. También podemos resaltar el hecho de que las querellas por olor a pintura representan el mayor número dentro del grupo de querellas por olores. Otro de los datos significativos, lo es el que hecho de que la JCA no utiliza los CDOO como una herramienta regular en la investigación de olores objetables. Solo 4 CDOO fueron realizados para investigar 4 querellas de 1,281 reportadas durante los años 2006 y 2007, cabe señalar que solo 1 dio resultados positivos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este estudio fue motivado por la gran cantidad de querellas por olores objetables que son reportadas a diario en la JCA, así como por el indicativo de que no existe reglamentación específica, ni un plan de identificación y evaluación para situaciones donde se reporten olores objetables. Otra motivación para la realización de este estudio, lo fue la percepción de inacción por parte de la JCA en atender este tipo de querellas.

Conclusiones

Una vez evaluado el desempeño de los CDOO, llegamos a la conclusión de que estos al momento en la JCA no son una herramienta efectiva para evaluar ni identificar olores objetables en la atmósfera comunal. En primer lugar, no se han establecido en la JCA protocolos claros de cómo se activa, compone, diseña y opera un CDOO o una escuela de receptores evaluadores de olores. La JCA se deja llevar por una resolución de 1986 y un procedimiento que no han sido revisados. Tampoco la JCA tiene un personal específico que domine el tema de olores objetables o que se encargue de administrar la EPEO. Encontramos que el mayor número de querellas que se recibe en la JCA son por olores objetables, específicamente por olor a pintura. A pesar de que intentamos relacionar las querellas por olores objetables con la temperatura, ya que según la literatura las temperaturas altas propician la dispersión de contaminantes y de olores, no encontramos evidencia de que en el caso bajo estudio esto sea así. Hay diversos

factores que no se recogieron en este estudio y que pueden incidir en una persona al momento de realizar una querrela.

Luego de haber realizado un análisis al método ACA-LSM- # 1, procedimiento y actividades utilizados por la JCA para identificar y evaluar olores objetables en la atmósfera, concluimos que el mismo no ha sido sometido al procedimiento administrativo dispuesto por la Ley número 170 del 12 de agosto de 1988, según enmendada, conocida como la Ley de Procedimiento Administrativo Uniforme. El antes mencionado método, es uno que debe ser sometido al procedimiento para la reglamentación del propio Reglamento para el Control de la Contaminación Atmosférica según requiere la Ley Número 170. Tal procedimiento administrativo de incorporación de normas y prácticas del Programa de Calidad de Aire tiene que proveer con todas las garantías constitucionales para sostener su validez jurídica.

Esta situación provoca que el método, procedimiento y actividades utilizados por la JCA, no cumplan con las garantías democráticas requeridas en el Capítulo II de la Ley Núm. 170, las cuales son:

- a. notificación pública de la adopción reglamentaria
- b. participación ciudadana
- c. vistas públicas, de ser estimadas necesarias o convenientes
- d. radicación y publicación de la reglamentación aprobada en el Departamento de Estado del Estado Libre Asociado de Puerto Rico
- e. disponibilidad de la reglamentación para la inspección pública.

Lo antes expuesto, imposibilita a la JCA de procesar en términos administrativos y criminales una violación a la Regla 420 del RCCA. Por tanto, su validez jurídica es

cuestionable. Esta situación, provoca que tanto la Escuela de Preceptores Evaluadores de Olores Objetables, los certificados emitidos por ésta, así como el método ACA- LSM- # 1 que utiliza la JCA para Determinación e Identificación de Olores Objetables en la Atmósfera Comunal carezcan de validez jurídica. Lo antes expuesto, contesta nuestra primera pregunta de investigación la cual era, ¿Tiene validez jurídica el método ACA- LSM- # 1, utilizado por la JCA para identificar y evaluar olores objetables en la atmósfera comunal? Además, a lo antes expuesto, el método ACA-LSM- # 1 es un procedimiento utilizado por la JCA que no ha sido revisado en 25 años y para el cual en igual periodo de tiempo no se ha preparado o desarrollado un procedimiento operacional estándar que al menos unifique la implementación de éste. La EPA, en la Guía para Preparar Procedimientos Operacionales Estándares, indica que estos procedimientos deben ser revisados cuando menos cada dos años o antes de ser requerido.

La Regla 420 Olores Objetables del Reglamento para el Control de Contaminación Atmosférica, Parte C, indica que las concentraciones de olor se medirán de acuerdo con la Sociedad Americana de Estándares de Materiales y Pruebas (ASTM) Método D-1391-57. Luego de realizar un análisis sobre esta regla y hacer una revisión de literatura, se concluyó que el método señalado en la Regla 420 es uno obsoleto. El método D-1391-57, utilizado por la JCA fue retirado de publicación en el 1986. Casualmente, ese mismo año fue adoptado por la JCA. Cabe señalar que a pesar de que el RCCA fue revisado y enmendado en 1995, esta Regla no sufrió enmienda alguna. Una revisión adecuada del RCCA, hubiese tenido el efecto de someter como mínimo una enmienda a la Parte C de la Regla 420 (obs.pers.). Pudimos apreciar que en la JCA los

CDOO eran llevados a cabo sin seguir un protocolo específico, lo que hace que el proceso carezca de confiabilidad, objetividad y reproducibilidad.

Hoy día, hay varias normas y métodos utilizados para evaluar olores en la atmósfera que cuentan con reconocimiento y aceptación internacional. Normas publicadas por organizaciones de prestigio internacional y que cuentan con objetividad y aceptabilidad como lo es el método ASTM-679 de American Society for Testing and Materials y EN-13725 de European Committee for Standardization. En los Estados Unidos el método ASTM-679 Standard Practice for Determination of Odor and Taste Thresholds by a Forced-Choice Ascending Concentration Series Method of Limits es el más utilizado actualmente.

A pesar de que EN-13725, ha tenido mucha aceptación a escala internacional, es un método que podría llegar a ser demasiado riguroso en cuanto a la certificación de evaluadores de olor. Sin embargo, EN-13725 cumple con todos los requisitos de ASTM E-679 y los que no son iguales son más estrictos.

Una vez evaluado el estudio de caso Betteroads, encontramos que durante el proceso que llevo la JCA contra esta compañía, a pesar de todo el esfuerzo que realizó el personal técnico por velar por la protección del ambiente y el bienestar de los vecinos de la planta asfaltera, no hubo resultados positivos luego de realizado el CDOO. A través del estudio de caso encontramos que la JCA, no siguió los procedimientos del método ASTM D-1391 para llevar a cabo la EPEO. Tampoco la JCA tenía al momento procedimientos estandarizados a seguir tanto para poner en funcionamiento la EPEO como el CDOO. Lo antes expuesto nos indica que por mayor esfuerzo del personal técnico en resolver situaciones ambientales reales, sino se cumple con los requisitos

básicos de ley y reglamentación de procesos, la efectividad de los CDOO siempre será cuestionable.

Analizando los mapas de zonificación de la Junta de Planificación, podemos concluir que la falta de planificación en Puerto Rico, es una de las contribuyentes a los problemas que en ocasiones confrontan las comunidades. En el caso de estudio que trabajamos, la compañía Betteroads se estableció en Cupey Bajo para el año 1954, mucho antes que cualquiera de las urbanizaciones que le rodean. El desparrame urbano desmedido y la falta de planificación a provocado que lugares que originalmente fueron zonificados como industriales queden atrapados por zonas a las cuales se les cambió la zonificación a residencial para dar paso a proyectos de construcción.

Otra conclusión a la que se ha llegado con este trabajo, es a que en Puerto Rico el mayor número de querellas reportadas a la Junta de Calidad Ambiental es por olores objetables. Dentro de esa categoría se pudo concluir que los olores más percibidos son los olores a pinturas provenientes de talleres de hojalatería y pintura o de marquesinas y solares donde realizaban esta actividad.

Finalizado este trabajo podemos concluir que las prácticas y actividades que lleva a cabo la JCA para la evaluación de olores en la atmósfera comunal carecen de base legal y jurídica para poder aplicar la Regla 420 del RCCA.

Recomendaciones

Para atender las situaciones encontradas en este proyecto hacemos las siguientes recomendaciones:

1. La Junta de Calidad Ambiental debe solicitar a la Asamblea Legislativa se enmiende la Ley Núm. 416 del 22 de septiembre de 2004 Ley de Política Pública Ambiental, Título II, Artículo 9(B), para añadir el programa de certificación de evaluadores de olores objetables.
2. El Área de Calidad de Aire de la Junta de Calidad Ambiental debe revisar y enmendar la Regla 420 Olores Objetables, del Reglamento para el Control de la Contaminación Atmosférica.
3. El Área de Calidad de Aire debe revisar el método ACA-LSM # 1 con el propósito de atemperar este a la actualidad o crear un método sustitutivo que incorpore tecnología a la evaluación de olores objetables.
4. Que la Junta de Calidad Ambiental realice un estudio dirigido a determinar que sustancias químicas son las que más causan olores objetables, para crear un inventario de estas y poder desarrollar un estándar basado en el umbral de detección de cada una de ellas.

Limitaciones del estudio

Como parte de esta investigación, la limitación encontrada fue la falta de información por parte de la JCA. Esta agencia tiene como política el pasar a un archivo que se encuentra en Trujillo Alto los expedientes inactivos. El llamado archivo inactivo es un lugar que representa un problema para la salud de cualquier persona que desee buscar información en los expedientes antiguos de la JCA. Muchos casos de olores que nos hubiese gustado estudiar no son de posible localización en el lugar donde los depositaron.

CAPÍTULO VI

PLAN DE ACCIÓN

La meta de esta investigación tuvo como propósito el preparar un plan de acción para la implementación de un programa de evaluación de olores objetables. Este plan esta basado en la información y datos obtenidos a través de esta investigación.

A. Situación encontrada:

Dentro de las querellas reportadas por olores objetables el mayor número corresponde a olores a pintura u olores que provienen de talleres de hojalatería y pintura o de marquesinas y solares donde se practica esta actividad.

Objetivo:

Disminuir la cantidad de querellas reportadas a la Junta de Calidad Ambiental por olor a pintura.

Estrategias:

- a. Implantar un programa efectivo de inspección de talleres de hojalatería y pintura.
- b. Crear un registro de talleres de hojalatería y pintura a escala nacional.
- c. Crear un registro de vendedores y suplidores de materiales de hojalatería a talleres.
- d. Designar personal específico, tanto en las oficinas centrales de la JCA como en las regionales, que se especialice en la inspección de los talleres de hojalatería y pintura.

- e. Imponer sanciones severas a personas que realicen labores de hojalatería y pintura sin el permiso, equipo o facilidades adecuadas para llevar a cabo esos trabajos.

Actividades:

1. Ofrecer charlas comunitarias acerca de la regulación existente y aplicable a los talleres de hojalatería y pintura.
2. Fomentar la inscripción voluntaria en un registro nacional de talleres de hojalatería y pintura, así como en el de vendedores y suplidores de pintura, mediante una amnistía en el cobro de radicación de permisos o creando alianza con los municipios para que otorguen beneficios en el cobro de patentes municipales.
3. Establecer que solo se permitirá la venta de pintura a dueños de talleres de hojalatería registrados en la JCA.
4. Desarrollar una campana mediática, tanto en prensa escrita, radio y televisión sobre la importancia de inscribirse en el registro nacional.
5. Desarrollar un programa de inspección de talleres de hojalatería donde al menos una vez al año se visite cada uno de los talleres que formen parte del registro nacional de talleres de hojalatería y pintura, así como a los vendedores y suplidores de pintura.
6. Desarrollar una serie de cursos u orientaciones para los dueños y empleados de talleres de hojalatería y pintura que vaya dirigido a minimizar las querellas por olor a pintura.

Costo:

El costo de implementación de las estrategias y actividades va a depender de si existe en la JCA personal que se pueda re adiestrar a estos propósitos o si es necesario la contratación de nuevo personal. La campaña publicitaria y materiales informativos tendrían un costo a determinarse.

Periodo:

El tiempo estimado para poner en marcha este plan seria de 8 meses.

Resultado esperado:

Se espera que como resultado de la implementación de este plan se disminuyan las querellas por olor a pintura en un 40%.

B. Situación encontrada:

Falta de procedimientos operacionales estandarizados en la Junta de Calidad Ambiental para atender situaciones donde se presentan olores objetables.

Objetivo:

Desarrollar un procedimiento operacional estándar para la evaluación de querellas por olores objetables.

Estrategias:

1. Designar personal específico a trabajar en el desarrollo de procedimientos operacional estandarizado.
2. Cumplir con los parámetros de control de calidad.

Actividades:

- a. Redactar un escrito que contenga paso a paso los procedimientos a seguir cuando se radique una querrela por olores objetables y que siga las guías desarrolladas por EPA.
- b. Someter el procedimiento desarrollado a la Oficina de Control y Certeza de Calidad para su aprobación.

Costo:

Estas actividades y estrategias serian llevadas a cabo por personal de la Junta de calidad Ambiental, por lo que el costo debe estar dentro del salario devengado por estos.

Periodo:

3 meses

Resultado esperado:

Uniformidad y objetividad en la evaluación de querellas por olores objetables.

C. Situación encontrada:

Relativa ausencia y desmantelamiento de la escuela de perceptores evaluadores de olores objetables y del comité de detección de olores objetables.

Objetivo:

Implantar un programa efectivo de evaluación de olores objetables.

Estrategias:

- a. Enmendar la Ley 419, Ley de Política Pública Ambiental en el Título II, Artículo 9B.
- b. Enmendar el Reglamento para el Control de la Contaminación Atmosférica.

- c. Cumplir con la Ley Núm. 170, Ley de Procedimiento Administrativo Uniforme.
- d. Incorporar tecnología a la evaluación de olores objetables.

Actividades:

1. Establecer un comité de trabajo que recopile toda la información existente con relación al tema de olores objetables para que prepare y someta un informe a la Junta de Gobierno de la JCA y que ésta a su vez pueda someter un proyecto de ley para enmendar la Ley Núm. 419 Ley de Política Publica Ambiental, el mismo grupo estaría a cargo de proponer enmiendas al RCCA.
2. Designar un abogado (a) de la División Legal de la JCA, que vele por el fiel cumplimiento de cualquier enmienda al RCCA con la Ley Núm. 170, Ley de Procedimiento Administrativo Uniforme del Estado Libre Asociado.
3. Realizar un estudio donde se detecte el umbral de las sustancias químicas que causan olor para crear una lista de éstas y poder determinar cuales umbrales de detección serian permitidos en áreas específicas. Esto sería la base para la implementación por ley y reglamento de límites de detección hasta el umbral de sustancias que causan olor.
4. Realizar un estudio que comprenda las diferentes zonificaciones establecidas por la JP (industrial, comercial, residencial, etc.), con el fin de determinar un umbral de detección específico permitido por zonificación y que pueda ser implantado en toda la Isla. Este límite establecido se incluirá tanto en la enmienda al Reglamento al RCCA como a la Ley Núm. 419.
5. Adoptar mediante reglamento los métodos a utilizarse para evaluar olores.

6. Establecer los requisitos mínimos para poder ser certificado como evaluador de olor.
7. Establecer un registro de personal certificado como evaluadores de olor.
8. Establecer los requisitos técnicos para el reconocimiento de escuelas de evaluadores de olor.
9. Establecer en la JCA una escuela de evaluadores de olor y que la misma este encargada de los adiestramientos técnicos necesarios para poder optar por la certificación de evaluador de olor y cuya reglamentación será conforme a las disposiciones de la Ley Núm. 170.
10. Establecer un costo por certificarse como evaluador de olor, para personas privadas que no laboren en la JCA.
11. Adquisición de al menos dos equipo para determinar detección hasta el umbral por olfatometría de campo para la oficina central y uno para cada una de las oficinas regionales.

Costo aproximado:

Costo a ser determinado.

Periodo:

2 Años

Resultado esperado:

Con la implementación de un programa efectivo de evaluación de olores objetables se espera bajar la cantidad de querellas reportadas por esta situación, redundando esto en una mayor protección para el ambiente y permitiéndole a la ciudadanía el pleno disfrute de su propiedad. También se espera que como resultado de

las enmiendas a la Ley Núm. 419 y al RCCA, se obtenga una nueva herramienta de planificación que sea de gran utilidad al momento de otorgar permisos así como para la designación de zonificaciones por áreas.

LITERATURA CITADA

- Air & Waste Management Association EE-6 Odor Committee. (2002). *Guidelines for odor sampling and measurement by dynamic dilution olfactometry*. Air & Waste Management Association. Pittsburg, PA: USA.
- Ames, R.G. & Stratton, J.W. (1991). Acute health effect from community exposure to n-propyl mercaptan from an Ethoprop (Mocap)-treated potato field in Siskiyou County, California. *Arch. Environmental Health*, 46(4): 213-217.
- American Society for Testing and Materials. [ASTM]. (1978). D-1391-78: *Standard test method for measurement of odor in atmospheres (dilution method)*. Philadelphia, PA: USA.
- American Society for Testing and Materials. [ASTM]. (1979). E679-79: *Standard practice for determination of odor and taste thresholds by a forced-choice ascending concentration series Method of limits*. Philadelphia, PA: USA.
- American Society for Testing and Materials. [ASTM]. (1991). E679-91: *Standard practice for determination of odor and taste thresholds by a forced-choice ascending concentration series method of limits*. Philadelphia, PA: USA.
- American Society for Testing and Materials. [ASTM]. (1997). E679-97: *Standard practice for determination of odor and taste thresholds by a forced-choice ascending concentration series method of limits*. Philadelphia, PA: USA.
- American Society for Testing and Materials. [ASTM]. (1999). E544-99: *Standard practice for referencing suprathreshold odor intensity*. Philadelphia, PA: USA.
- American Society for Testing and Materials. [ASTM]. (2004). E679-04: *Standard practice for determination of odor and taste thresholds by a forced-choice ascending concentration series method of limits*. Philadelphia, PA: USA.
- American Society for Testing and Materials. [ASTM]. (2004). STP 758: *Guidelines for the selection and training of sensor american society for testing and materials, panel member*. Philadelphia, PA: USA.
- Ahrens, C.D. (2007). *Meteorology the earth and its atmosphere. Meteorology today*. 8TH Edition. Belmont, CA: Thompson Higher Education.
- Bartels, J.H.M., Brady, B.M., & Suffet, I.H. (1989). The flavor profile analysis method: taste and odor control of the future. *Journal of the waterworks association*. 78(3): 50

- Benforado, D.M., Rotella, W.J., & Horton, D.L. (1969). Development of and odor panel for evaluation of odor control equipment. *Journal of the air pollution control association*. 19(2): 101-105.
- Brown, D. (2007). The sense of smell: The olfactory sense. *Resource*. 11(2): 4-8.
- Bruvold, W.H., Rappaport, S.W. & Wu, T.C. (1983). Determining of nuisance odor in a community. *Journal of water pollution control federation*. 55(4): 229-233.
- Caquias, S. (1999a). Ponderan cerrar plantel escolar. *El Nuevo Día*. 23 de septiembre.
- Caquias, S. (1999b). Alteran el horario de sus escuelas. *El Nuevo Día*. 17 de septiembre.
- Committee for european normalization. [CEN]. (1999). prEN13725: Proposed draft *Standard: air quality – determination of odour concentration by dynamic olfactometry*. Brussels: Belgium.
- Committee for european normalization. [CEN]. (2003). EN13725: *Air quality–determination of odour concentration by dynamic olfactometry*. Brussels: Belgium.
- Dravnieks, A. (1985). Atlas of Odor Character Profiles. *Journal of air pollution control association*. 36(8): 900-905.
- Estudios Técnicos, Inc. (2001). *Puerto Rico en ruta hacia el desarrollo inteligente. Recomendaciones para detener el desparrame urbano en el área metropolitana de San Juan*. Carolina: P.R.
- Environmental Protection Agency. (2000). *Hot mix asphalt plants emission assessment report*. EPA-454/R-00-019. Cary, NC: Office of Air Quality.
- Environmental Protection Agency. (2007). *Guidance for preparing standard operational procedures (SOP's)*. EPA/600/B-07/001. Washington, DC: Office of environmental information.
- Fiddler Gonzalez & Rodriguez. (1996). Air pollution control. *Puerto Rico environmental law handbook*. Segunda edición. Maryland: Government institutes, Inc.
- Harper, R., Bate-Smith, E.C., Land, D.G., & Griffiths, N.M. (1968). Glossary of odor stimuli and their qualitties. *Preferential and essential oil recycling*. 59: 22-37.
- Huey, N.A., Broerin, L.C., Jutze, G.A., Gruber, C.W. (1960). Objective odor pollution control investigation. *Journal of air pollution control association*. 10(6): 441-444.

- Junta de Calidad Ambiental. (2005). *Informe de trabajo: Investigación de olores objetables en la Academia Cristo de los Milagros del municipio de Caguas*. San Juan: PR, Recuperado el 13 de noviembre, 2006 de: <http://www.gobierno.pr/JCA/informetrabajo/>
- Junta de Calidad Ambiental. (2005). *Historia de la Junta de Calidad Ambiental*. San Juan PR, Recuperado el 13 de noviembre, 2006 de: <http://www.gobierno.pr/JCA/QueEsLaJCA/historia/>
- Junta de Calidad Ambiental. (1986). *Creación escuela preceptores evaluadores de olores*. Resolución R-86-35-1. San Juan: P.R.
- Kalat, J.W. (2009). Olfaction. *Biological Psychology*. 10TH Edition. Canada: Wadsworth Cengage Learning.
- Kathleen York, R. (2005). *Studies on textiles stabilization on environmental malodors for sensory and electronic nose analyses*. University of Manitoba.
- Keller, P. (2000). *Environmental science: earth as a living planet*. 3 ed. New York: John Wiley & Son.
- Leffingwell, J. C., Ph.D. (2001). Olfaction. *Leffingwell Report*. 1 (5): 1-28.
- Mahin, T.D., Pope, R., & McGinley, M. (2002). When is a smell nuisance. *Water environmental technology*. 12(5): 49-53.
- McGinley, C.M., & McGinley, M.A. (1999). *The gray line between odor nuisance and health effects*. Proceeding of air and waste management association 92nd annual meeting and exhibition. St. Louis, Mo. 20-24 June.
- McGinley, C.M., Mahin, T.D., & Pope, R.J. (2000). *Element of successful odor/odour law*. Presented at the WEF Odor / VOC 2003 Special conference. Cincinnati, OH. 16-19 April
- McGinley, C.M., & McGinley, M.A. (2001). *Impact of the new european odor testing standard on water treatment facilities*. Presented at water environment federation 74TH annual conference. Atlanta, GA: 13-17 October.
- McGinley, C. (2002). *Standardized odor measurement practices for air quality testing*. Presented at air and waste management association symposium on air quality measurement methods and technology. S.F.,California. 13-15 November.
- McGinley, C.M., McGinley, M.A., & McGinley, D.L. (2005). *A review of the science and technology of odor measurement*. Prepared for the air quality bureau of the Iowa Department of Natural Resources. Iowa: US. 30 December.

- Millán Pavón, C. (1999a). Amenazan los gases un colegio católico. *El Nuevo Día*. 21 de septiembre.
- Millán Pavón, C. (1999b). FBI para los olores objetables. *El Nuevo Día*. 21 de septiembre.
- Mills, J.L., Walsh, R.T., Luedtke, K.D., & Smith, L.K. (1963). Quantitative odor measurement. *Journal of the air Pollution Control Association*. 13(10):15-23.
- National Research Council. [NRC]. (2000). *Committee on odors from stationary and mobile source*. National academy of science. Washington, DC: US.
- Netter, F.H.C. (1987). *Sistema nervioso anatomía y fisiología*. Tomo 1.1. 1^{ra} Edición. España. Masson, S.A.
- Newby, B.D., & McGinley, M.A. (2003). Proceedings of international water association 2nd international conference on odour and VOCs: *Measurement, Regulation and Control Techniques*. Singapore: 14-17 September.
- Perez, M. (1999). Examinarán el aire en Ciales. *El Nuevo Día*. 17 de septiembre.
- Piñero, B. (2003). *Don Luis Muñoz Marín: el poder de la excelencia*. Fundación Luis Muñoz Marín. San Juan, PR. Recuperado el 24 de noviembre, 2006 de: http://www.flmm.com/pags_nuevas_folder/biografia_folder/manos.html
- Prokop, W.H. (1992). Odors. *Air pollution engineering manual*. NY, US: Van Nostrand Reinhold.
- Reichert, A.K., Small, M., & Mohanty, S. (2009). The impact of landfills on residential property values. *Journal of real estate research*. 7(3): 297-314.
- Satter, M., & Devanathans, S. (2007). Which meteorological condition produce worst-case odor from area sources? *Journal of the air and waste management association*. US: Thompson Corporation Company.
- Schiffman, S., Walker, J., Dalton, P., Lorig, T., Raymer, J., Shusterman, D. (2000). Potential health effect of odor from animal operation, wastewater treatment and recycling of by products. *J. Agromed*. 7(1): 7-81
- Shusterman, D. (1992). Critical review: the health significance of environmental odor pollution. *Arch. Environmental Health*, 47(1), pp. 76-87.
- Shusterman, D. (2001). Odor associated health complaints: competing explanatory models. *Chemical senses*. 26: 339-343.

- Sweeten, J.M. (1995). Odor measurement technology and application: A state of the art review. Proceeding of the seventh international symposium on agricultural and food processing Wwaste (ISAFPW95), Chicago, IL. 214-229.
- Thu, K., Donham, K., Ziegenhorn, R., Reynolds, S., Thorne, P.S., Subramanian, P., Whitten, P., & Stookesberry, J. (1997). A control study of physical and mental health of residents living near a large-scale swine operation. *Journal of agricultural and health* 3(1):13
- Turk, A., Switala, E.D., & Thomas, S.H. (1980). Suprathreshold odor measurement by dynamic olfactometry: principles and practice. *Journal of the air and pollution control association*. 30(DEC.): 1289-1294.
- Velásquez Velásquez, M. (2001). *El problema de las emanaciones de gases en las escuelas públicas de Las Piedras, su efecto en la salud, aprendizaje, conducta y ambiente instruccional*. Disertación de tesis de maestría no publicada. Escuela de Asuntos Ambientales, Universidad Metropolitana, San Juan PR.
- William, T.O. & Miller, F.C. (1992). Odor control technology. *BioCycle*. 33(10): 72
- Wilson, A.D., Baietto, M. (2009). Applications and advances in electronic-nose technologies. *Sensors*. 9: 5099-5148; doi: 10.3390/s90705099

TABLAS

Tabla 1

Total de querellas reportadas durante el año 2006.

Querellas por olores objetables.	Querellas por otras razones.	Total
370	206	576

Tabla 2

Desglose en ocho categorías de las querellas reportadas por olores objetables durante el año 2006.

Causal de la querella.	Número de querellas
pintura	154
humo	54
combustible	48
olor objetable no especificado	37
asfalto	29
químicos	26
industrias	11
lavanderías	9
café	2
Total	370

Tabla 3

Querellas reportadas por olores objetables mensualmente durante el año 2006.

Mes	Número de querellas reportadas.
enero	19
febrero	32
marzo	45
abril	12
mayo	27
junio	41
julio	8
agosto	41
septiembre	45
octubre	22
noviembre	36
diciembre	42
Total	370

Tabla 4

Relación entre la temperatura promedio mensual y el número de querellas reportadas por mes en la JCA.

Mes	Temperatura	Querellas reportadas
enero	75.7	19
febrero	76.7	32
marzo	78.3	45
abril	78.5	12
mayo	82.2	27
junio	83	41
julio	82.2	8
agosto	82.5	41
septiembre	83.8	45
octubre	83.1	22
noviembre	81.1	36
diciembre	78.7	42

Tabla 5

Total de querellas reportadas en el año 2007.

Querellas por olores objetables.	Querellas por otras razones.	Total
399	306	705

Tabla 6

Desglose en ocho categorías de las querellas reportadas por olores objetables durante el año 2007.

Causal de la querella.	Número de querellas
pintura	174
humo	77
combustible	60
químicos	33
olor objetable no especificado	22
asfalto	14
industrias	14
lavanderías	4
café	1
Total	399

Tabla 7

Querellas reportadas mensualmente por olores objetables durante el año 2007.

Mes	Número de querellas reportadas.
enero	29
febrero	29
marzo	52
abril	22
mayo	45
junio	29
julio	28
agosto	28
septiembre	45
octubre	43
noviembre	27
diciembre	22
Total	399

Tabla 8

Relación entre la temperatura promedio mensual y el número de querellas reportadas por mes en la JCA durante el año 2007.

Mes	Temperatura	Querellas reportadas
enero	77.1	29
febrero	78.9	29
marzo	79.9	52
abril	80.1	22
mayo	83.5	45
junio	84	29
julio	83.6	28
agosto	83.2	28
septiembre	82.9	45
octubre	82.1	43
noviembre	79.8	27
diciembre	77.7	22

Tabla 9

Número de querellas reportadas por mes contra Betteroads durante el año 2006.

Mes	Cantidad de querellas mensuales
enero	0
febrero	1
marzo	13
abril	3
mayo	3
junio	4
julio	0
agosto	0
septiembre	0
octubre	0
noviembre	0
diciembre	0
Total	24

Tabla 10

Número de querellas reportadas por mes contra Betteroads durante el 2007.

Mes	Cantidad de querellas mensuales
enero	0
febrero	3
marzo	0
abril	1
mayo	1
junio	0
julio	0
agosto	1
septiembre	1
octubre	0
noviembre	1
diciembre	1
Total	9

Tabla 11

Toneladas de asfalto producidas mensualmente durante los años 2006 y 2007.

Mes	Toneladas de producción 2006	Toneladas de producción 2007
enero	12,581	16,997
febrero	22,668	7,014
marzo	22,575	8,243
abril	2,776	7,098
mayo	16,520	12,131
junio	0	5,935
julio	0	10,970
agosto	0	17,154
septiembre	0	10,355
octubre	0	12,468
noviembre	0	7,256
Diciembre	4,305	13,331
Total	81,425	128,952

FIGURAS

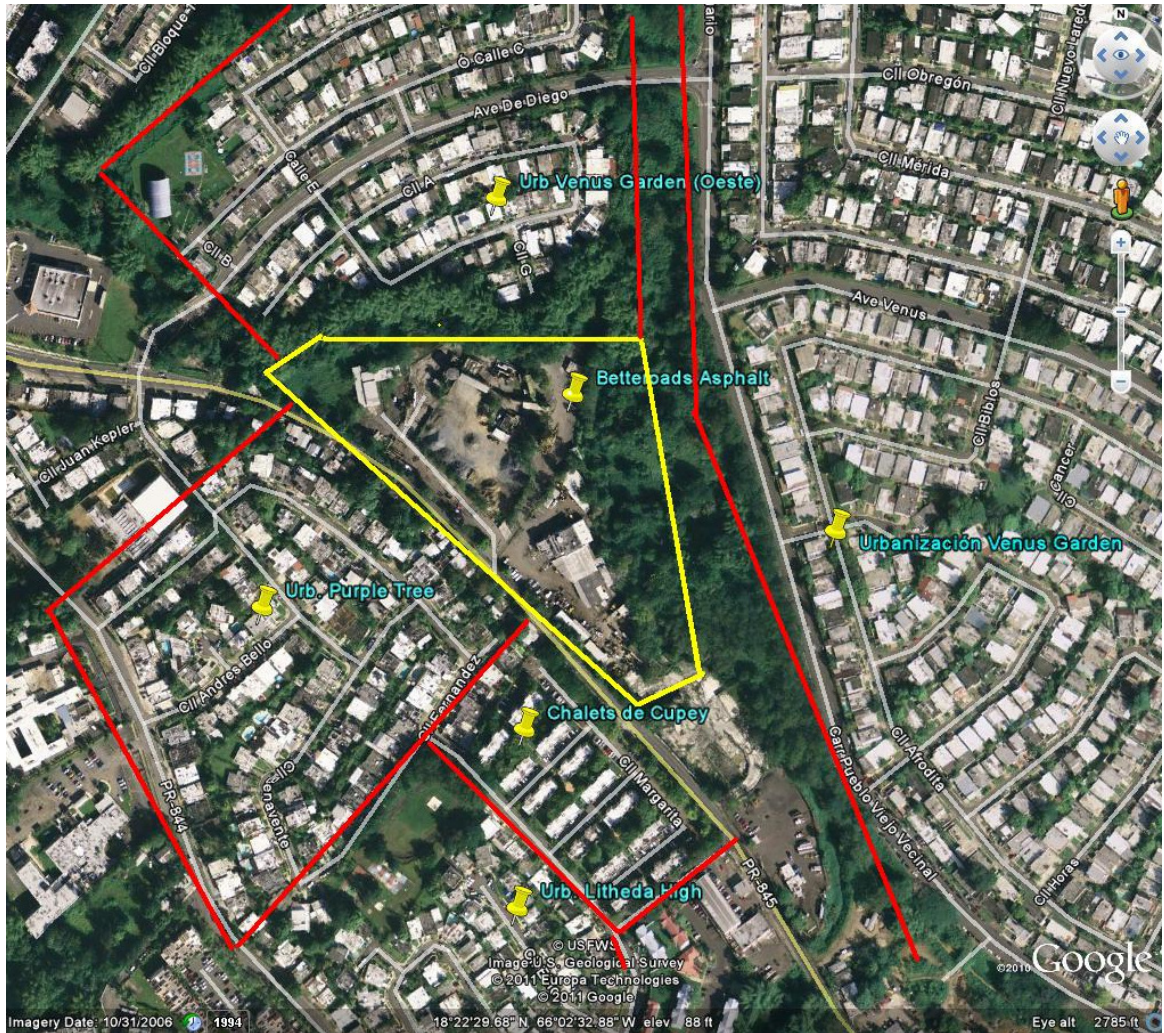


Figura 1: Área de estudio.

TOTAL DE QUERELLAS REPORTADAS EN EL AÑO 2006

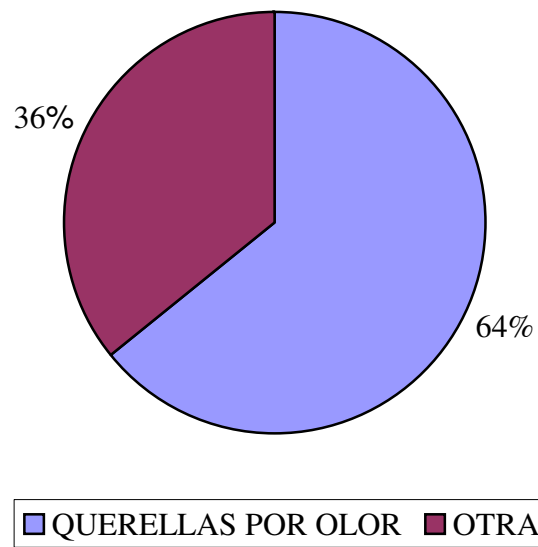


Figura 2. Total de querellas reportadas durante el año 2006 (n=576).

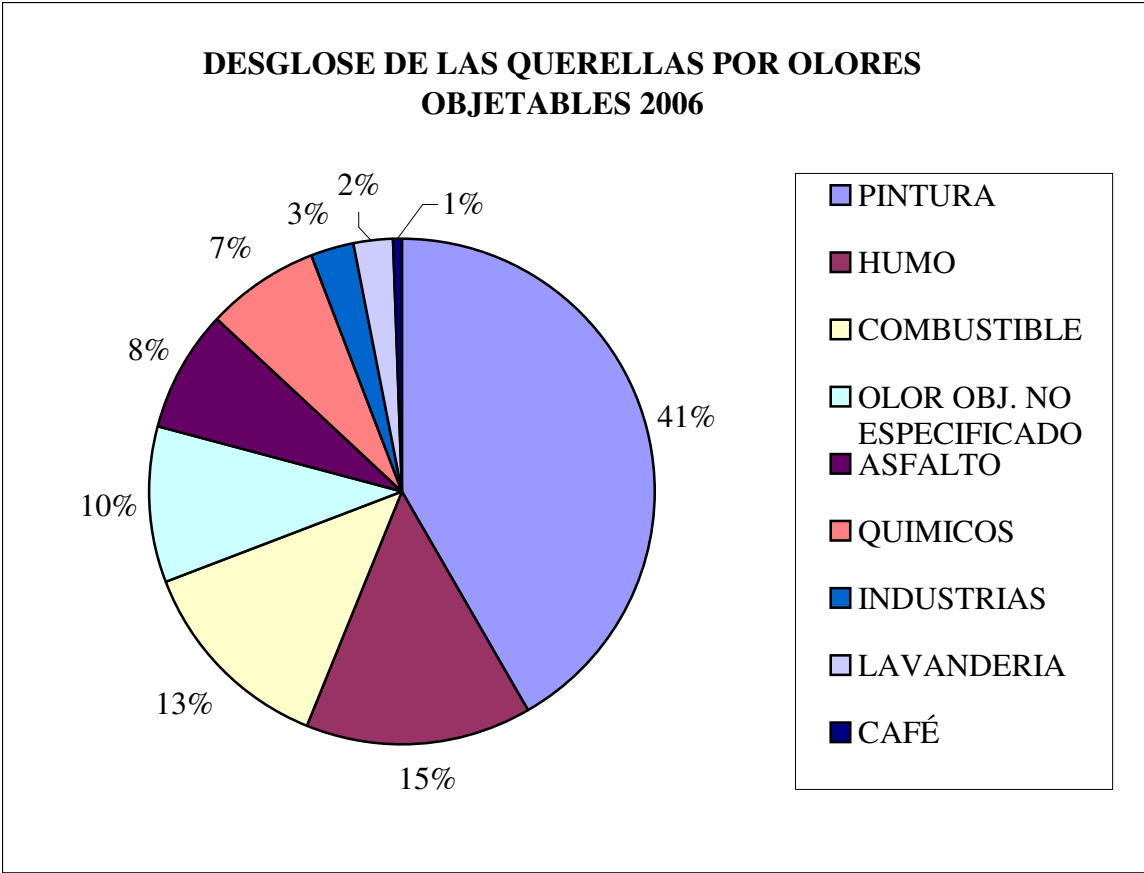


Figura 3. Desglose de las querellas por olores objetables 2006 (n=370).

**DISTRIBUCION DEL TOTAL DE QUERELLAS
RECIBIDAS EN 2006**

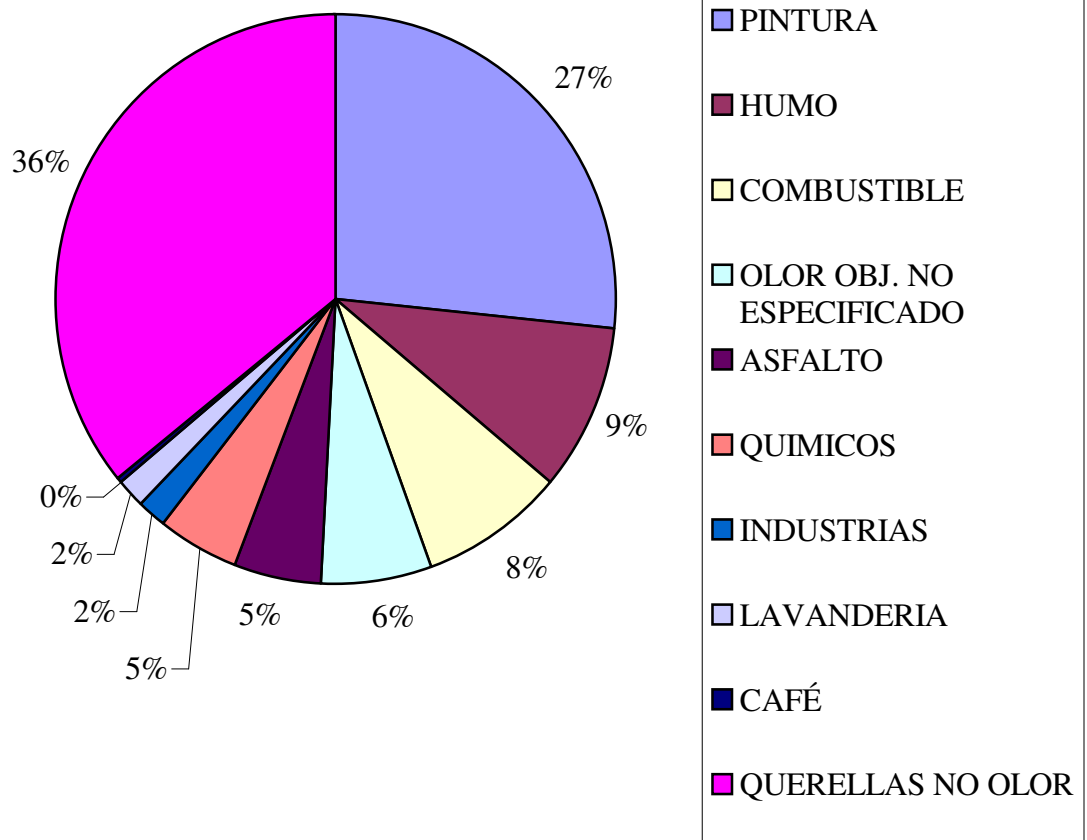


Figura 4. Distribución del total de querellas recibidas 2006 (n=576).

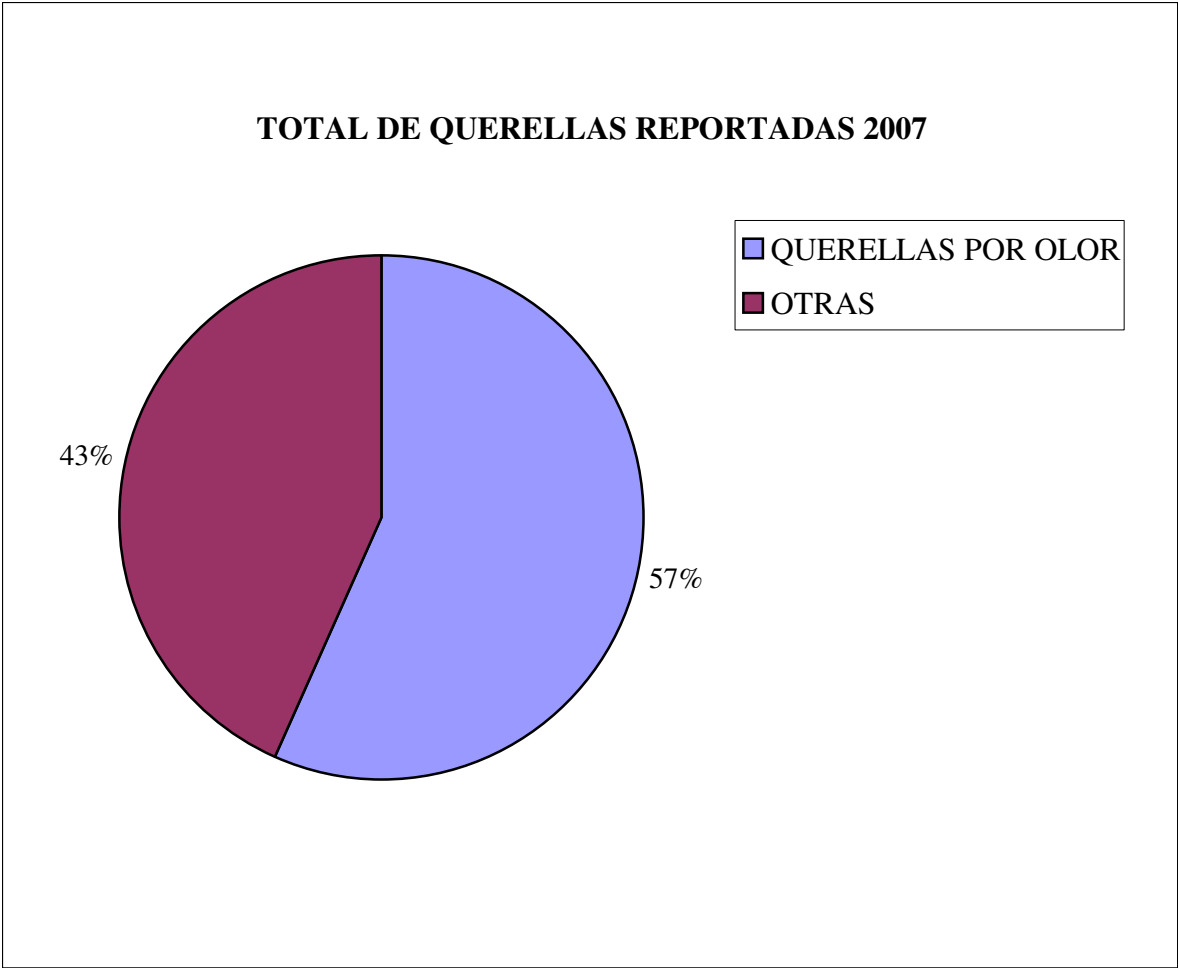


Figura 5. Total de querellas reportadas 2007 (n=705).

**DESGLOSE DE LAS QUERELLAS POR OLORES
OBJETABLES 2007**

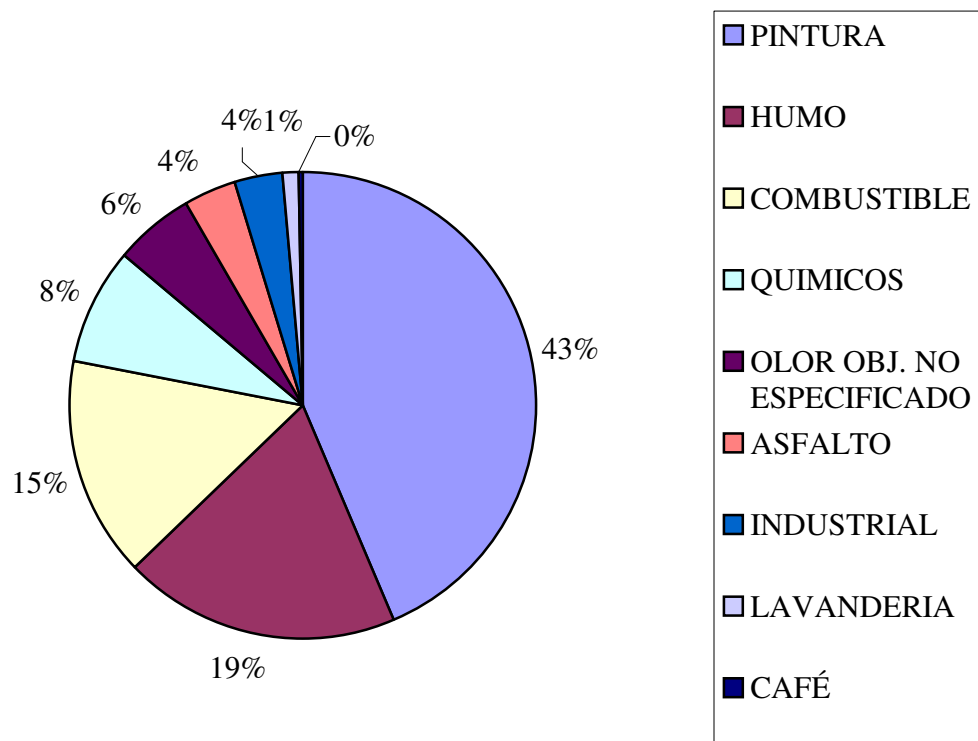


Figura 6. Desglose de las querellas por olores objetables 2007 (n=399).

**DESGLOSE DEL TOTAL DE QUERELLAS
REPORTADAS 2007**

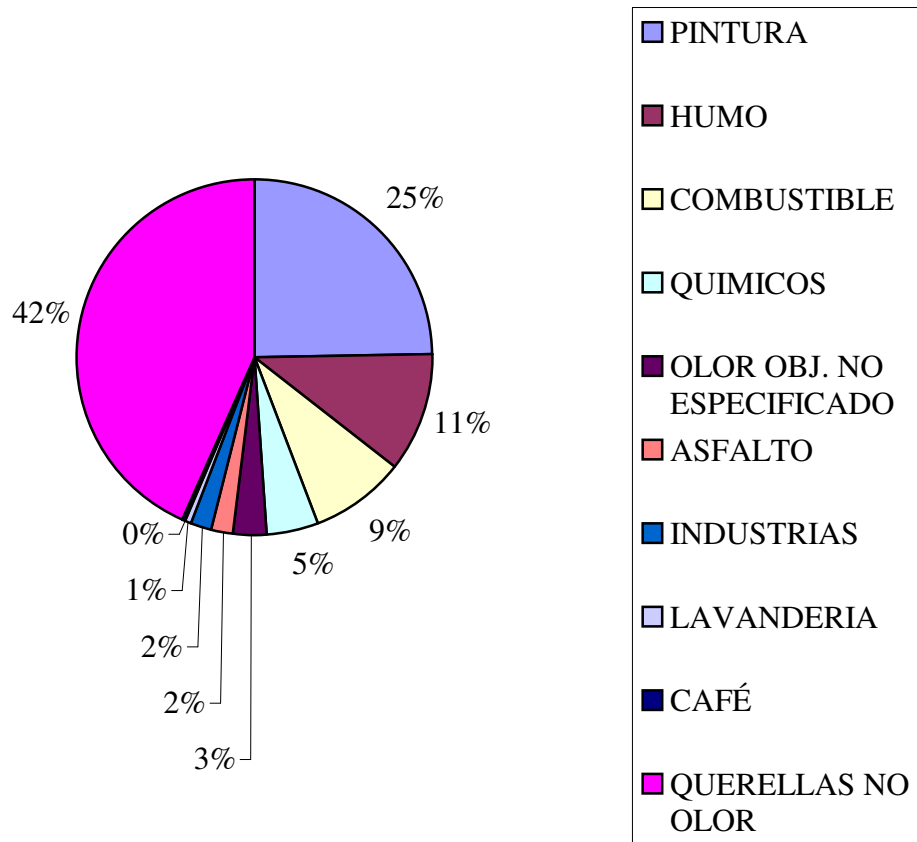


Figura 7. Desglose del total de querellas recibidas 2007 (n=705).

**QERELLAS REPORTADAS CONTRA BETTEROADS DEL
TOTAL DE QERELLAS RECIBIDAS EN EL 2006**

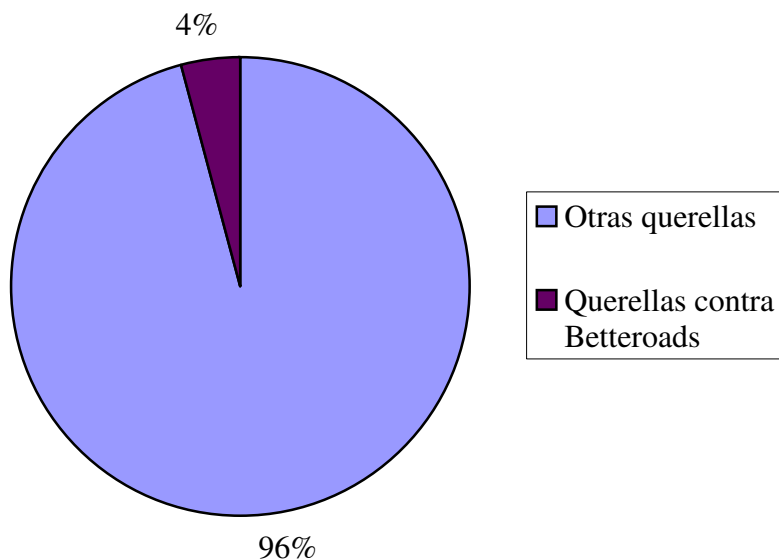


Figura 8. Querellas reportadas contra Betterroads del total de querellas recibidas en el 2006 (n=576).

**QUERELLAS REPORTADS CONTRA BETTERROADS DEL
TOTAL DE QUERELLAS REPORTADAS POR OLORES
EN EL 2006**

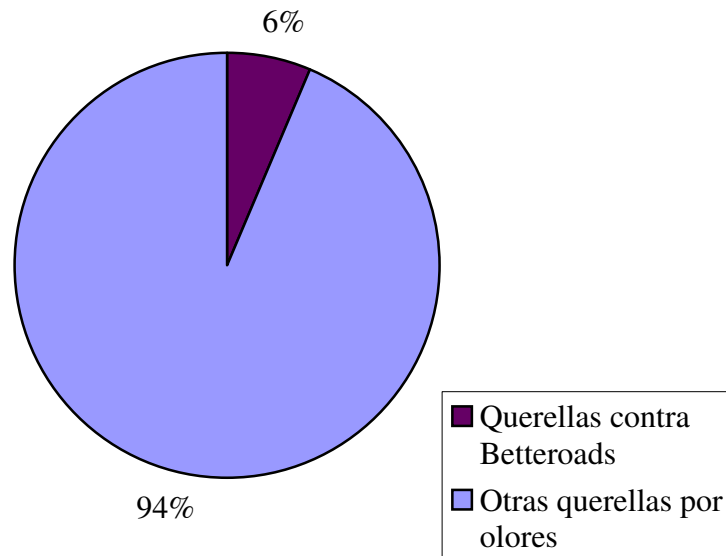


Figura 9. Querellas reportadas contra Betterroads del total de querellas reportadas por Olores en el 2006 (n=370).

**QUERELLAS CONTRA BETTERROADS DEL TOTAL DE
QUERELLAS RECIBIDAS POR OLOR A ASFALTO 2006**

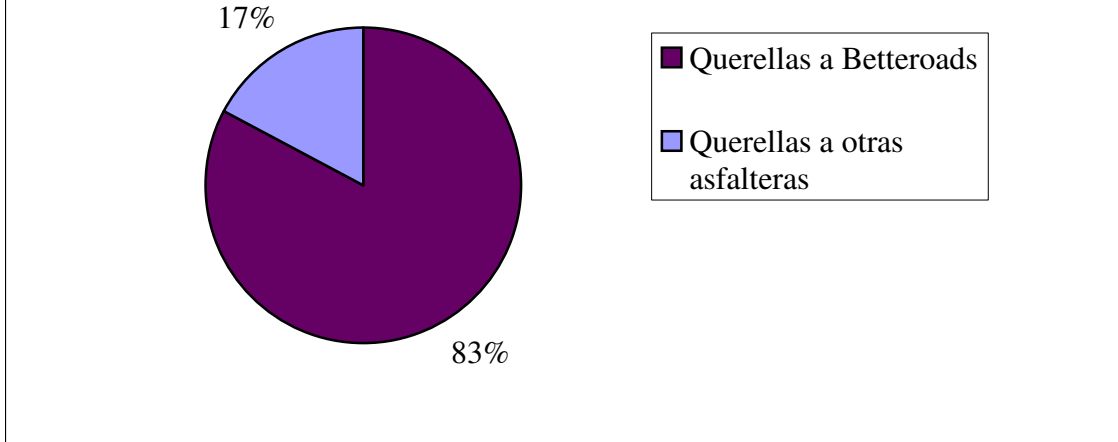


Figura 10. Querellas contra Betterroads del total de querellas recibidas por olor a asfalto en 2006 (n=29).

**QUERELLAS REPORTADAS POR
URBANIZACIONES ALEDAÑAS A BETTERROADS EN
EL AÑO 2006**

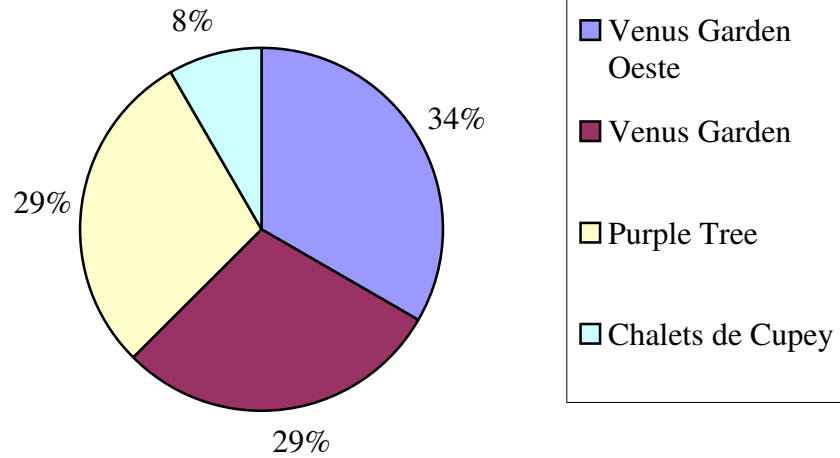


Figura 11. Querellas reportadas por Urbanizaciones aledañas a Betterroads durante el año 2006 (n=24).

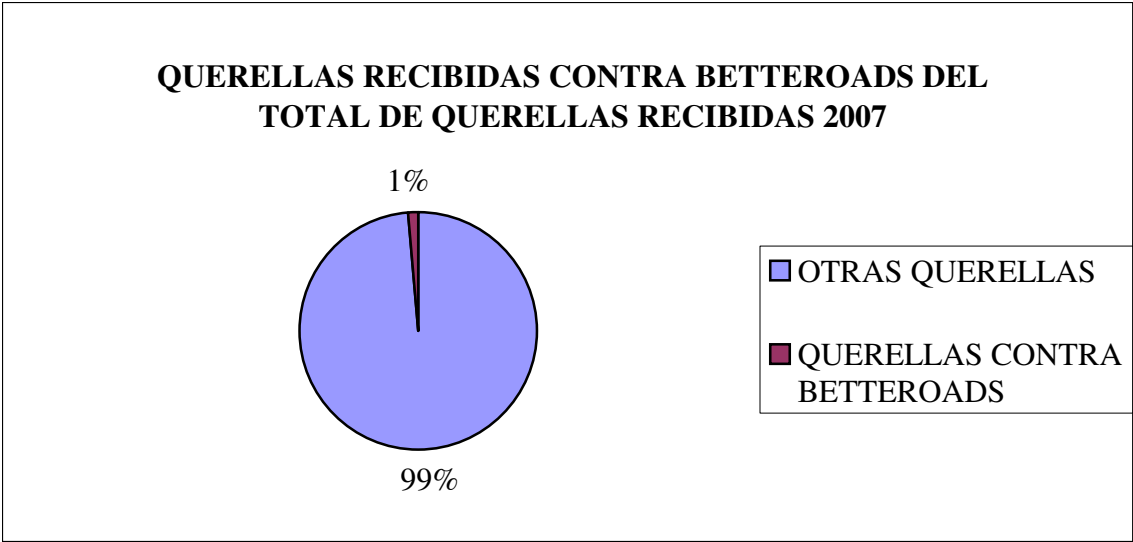


Figura 12. Querellas reportadas contra Betteroads del total de querellas recibidas en el 2007 (n=705).

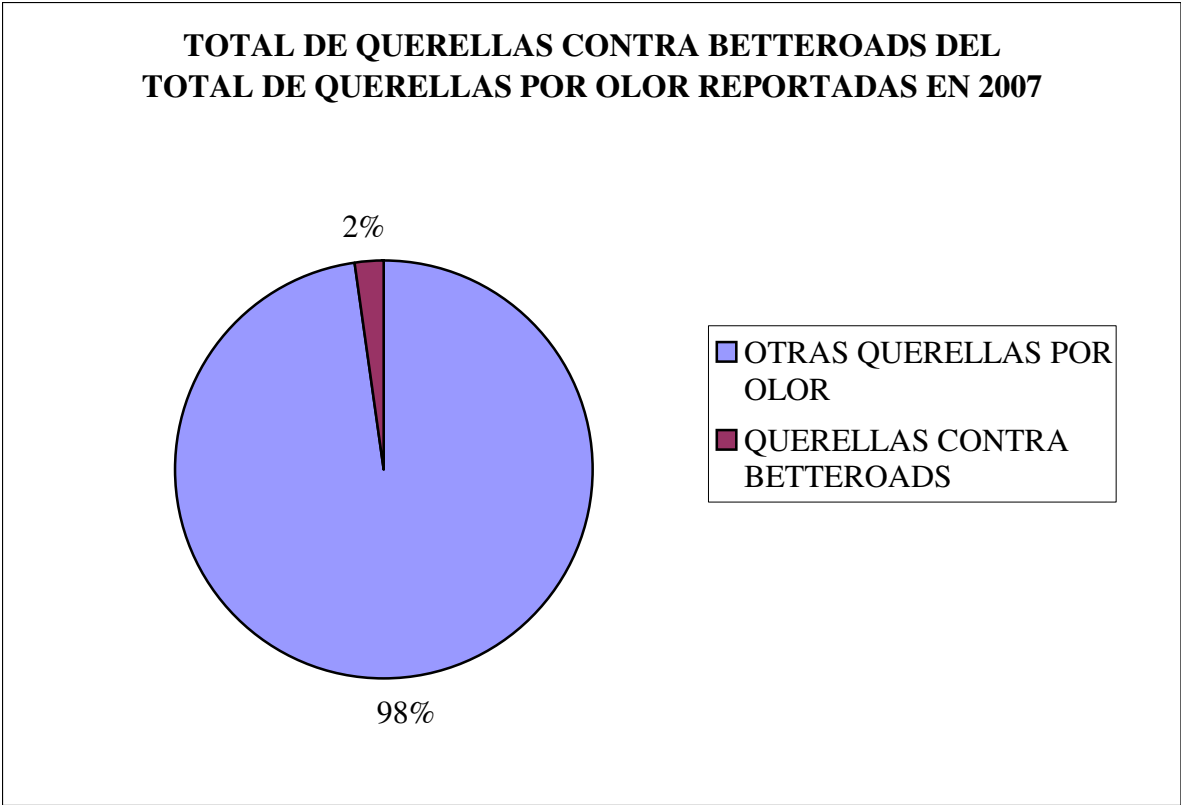


Figura 13. Querellas reportadas contra Betterroads del total de querellas reportadas por olores en el 2007 (n=399).

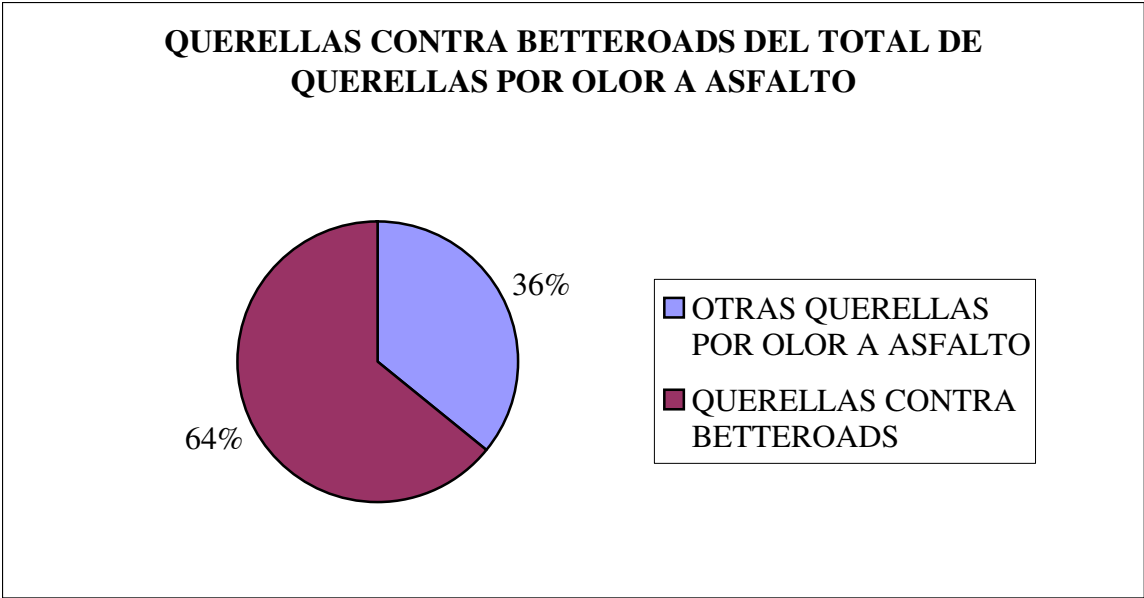


Figura 14. Querellas contra Betteroads del total de querellas recibidas por olor a asfalto en 2007 (n=14).

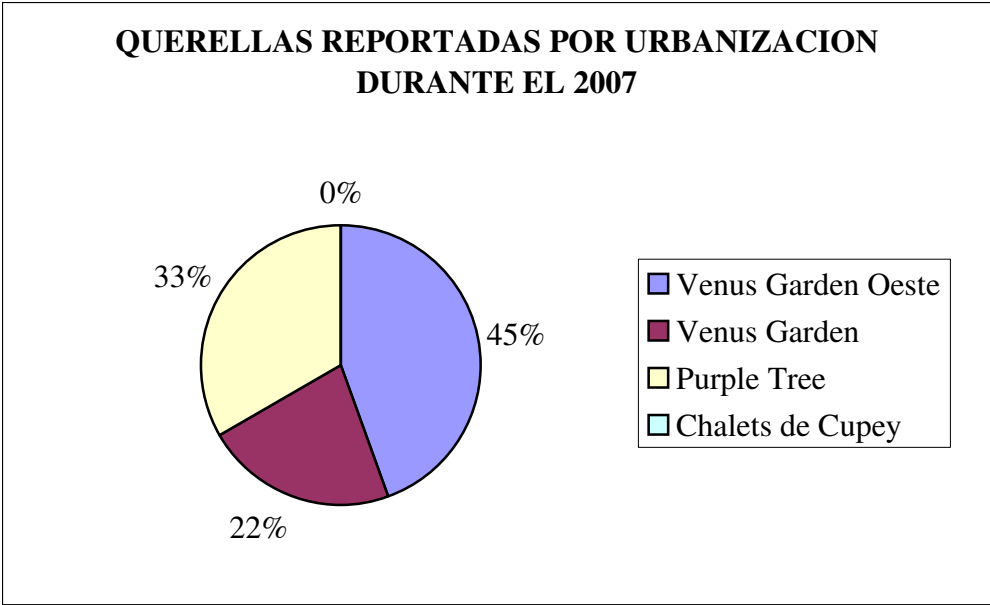


Figura 15. Querellas reportadas por Urbanizaciones aledañas a Betterroads durante el año 2006 (n=9).

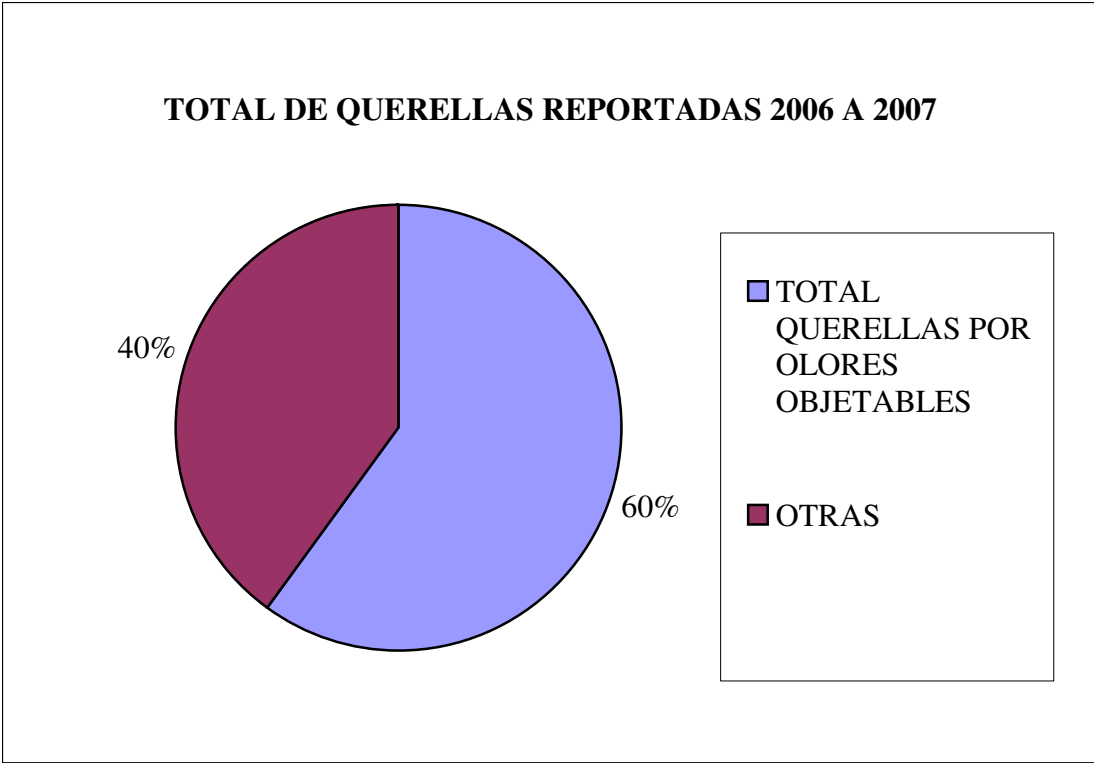
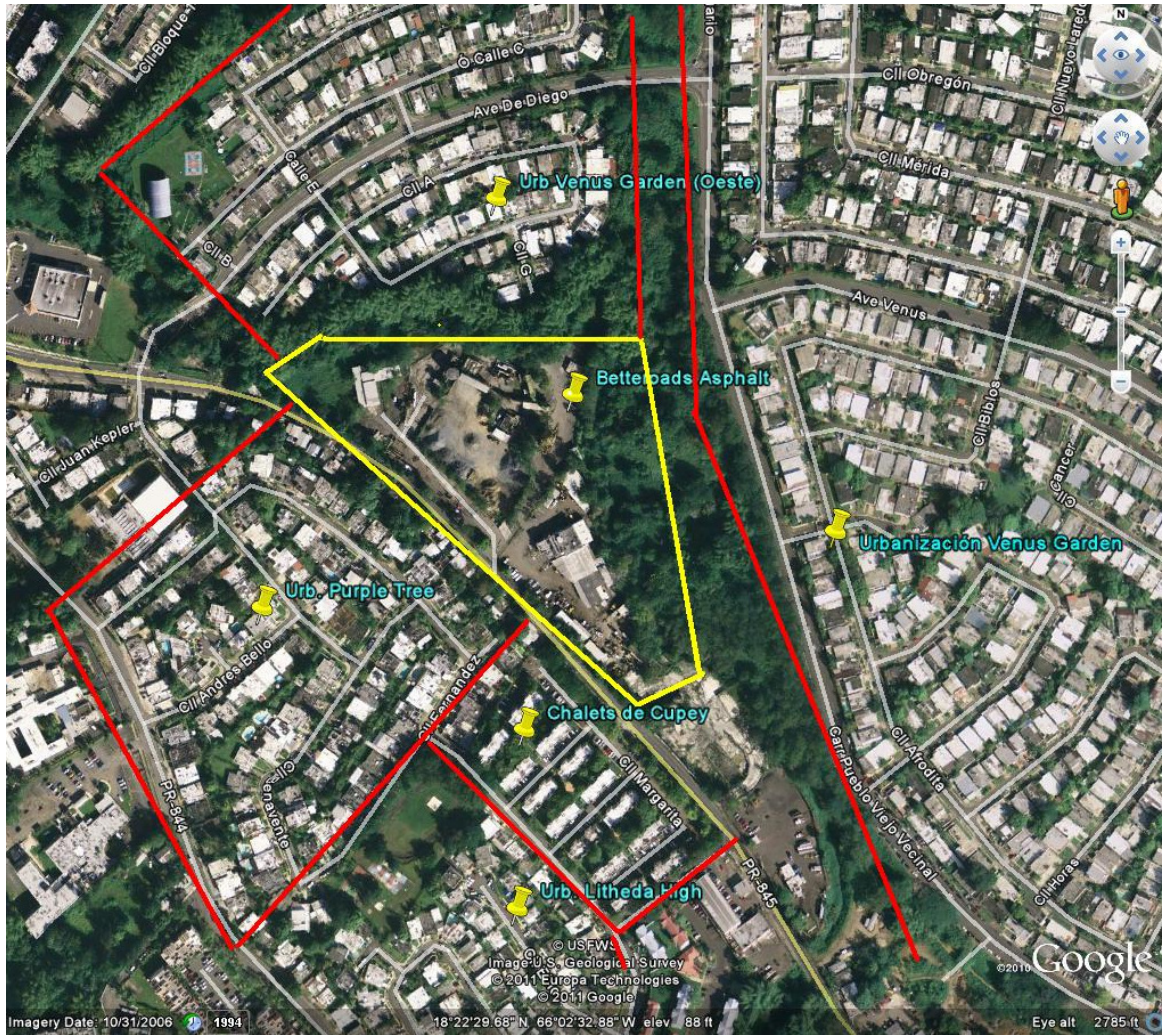


Figura 16. Total de querellas reportadas para los años 2006 y 2007 (n=1,281).

APÉNDICES

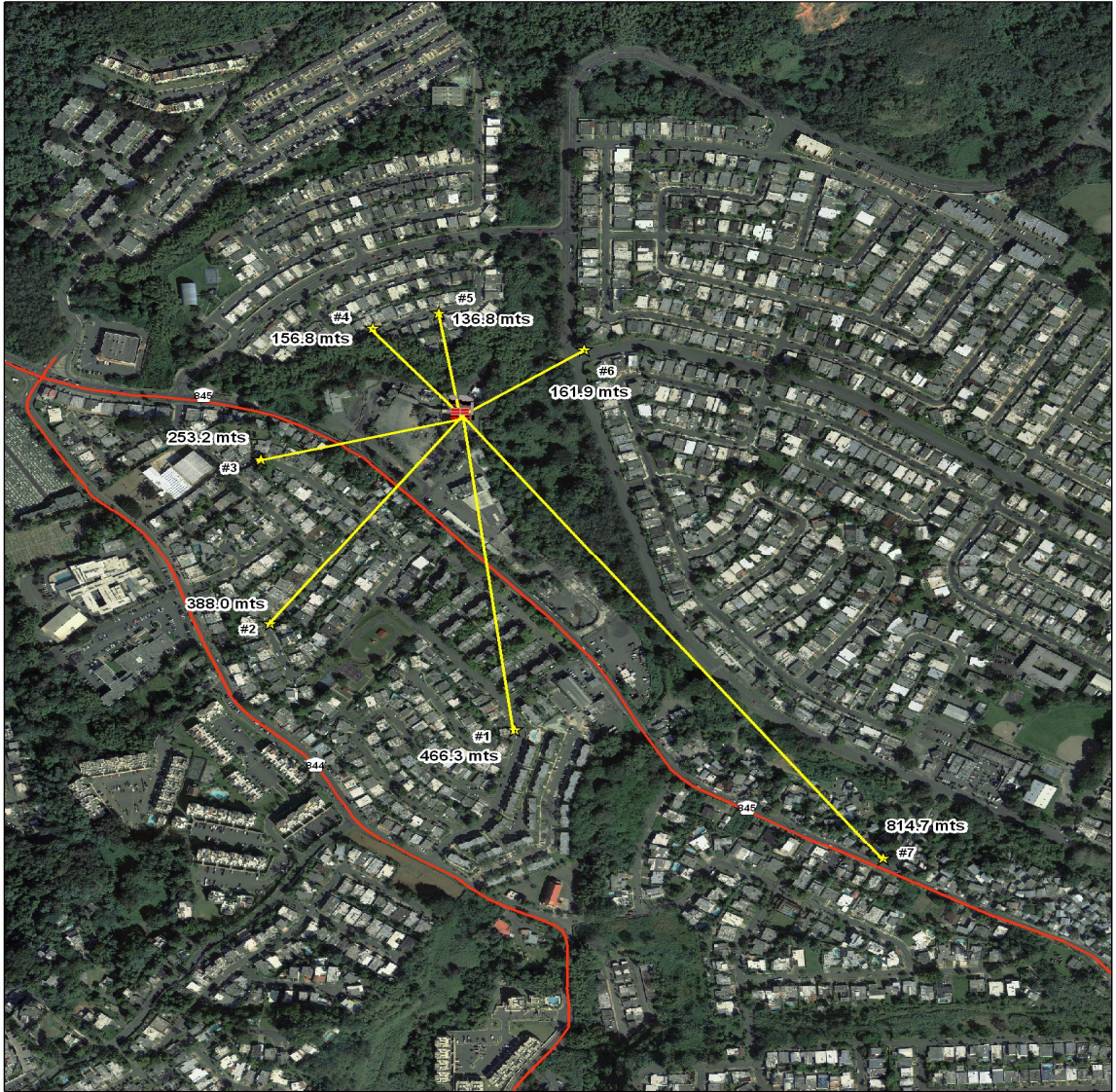
APÉNDICE 1
UBICACIÓN DE BETTERROADS Y LAS URBANIZACIONES QUE LE RODEAN



APÉNDICE 2
ZONIFICACION DE BETTEROADS Y AREAS LIMÍTROFES SEGÚN LA
JUNTA DE PLANIFICACIÓN



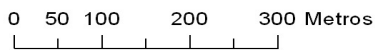
APÉNDICE 3
UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE PERCEPCIÓN DE OLOR DURANTE
LA REALIZACIÓN DEL CDOO



Legenda:

- ★ Estaciones Comite de Olores
- ▬ Emisión Betterroad Asphalt

**Estaciones Comité Olores
Betterroads Cupey**



- Suministrado por JCA

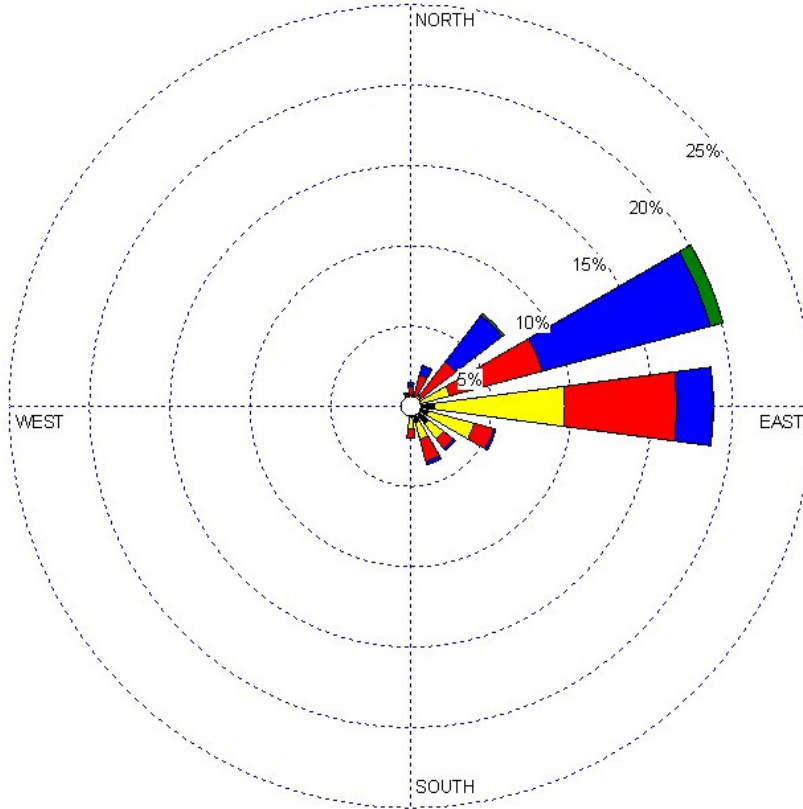
APÉNDICE 4
ROSA DE LOS VIENTOS DEL ÁREA DE SAN JUAN PARA LOS AÑOS 2006 Y
2007

WIND ROSE PLOT:

Station # 11641 SAN JUAN/ISLA VERDE INT'L ARP. P.R.

DISPLAY:

Wind Speed
Direction (blowing from)



WIND SPEED
(Knots)

- >= 22
- 17 - 21
- 11 - 17
- 7 - 11
- 4 - 7
- 1 - 4

Calm ≤ 31.49%

COMMENTS:

DATA PERIOD:

2006
Jan 1 - Dec 31
00:00 - 23:00

COMPANY NAME:

Environmental Quality Board

MODELER:

CALM WINDS:

31.49%

TOTAL COUNT:

8069 hrs.

AVG. WIND SPEED:

5.59 Knots

DATE:

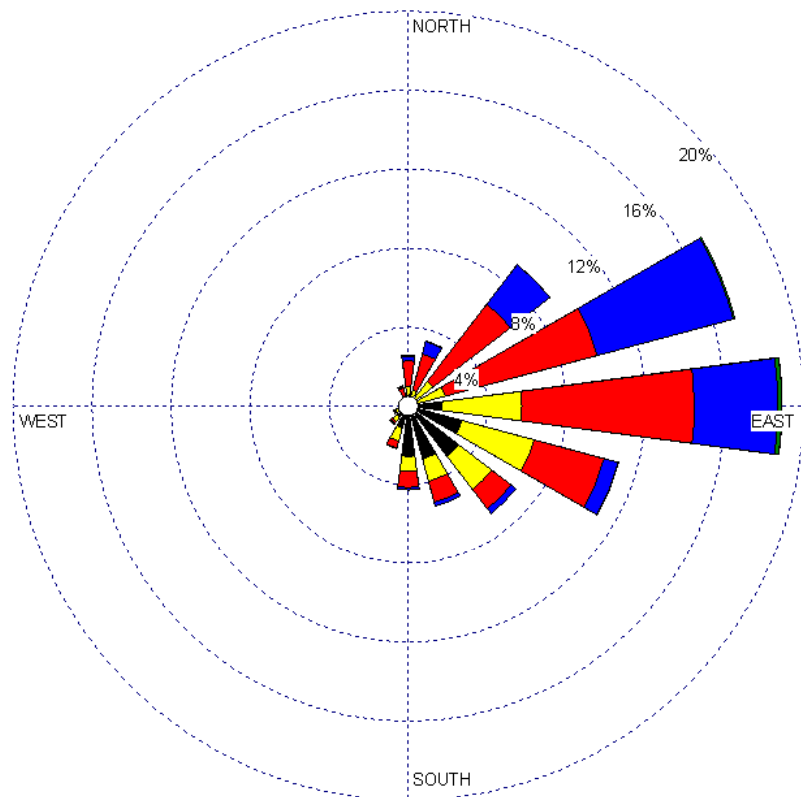
3/24/2011

PROJECT NO.:

1

WRPLOT View - Lakes Environmental Software

WIND ROSE PLOT: Station # 11641 SAN JUAN/ISLA VERDE INT'L ARP. P.R. DISPLAY: Wind Speed Direction (blowing from)



WIND SPEED (m/s)
 >= 11.1
 8.8 - 11.1
 5.7 - 8.8
 3.6 - 5.7
 2.1 - 3.6
 0.5 - 2.1
 Calm: 15.13%

COMMENTS:	DATA PERIOD: Jan 1 - Dec 31 00:00 - 23:00	COMPANY NAME: Environmental Quality Board	
	CALM WINDS: 15.13%	MODELER:	TOTAL COUNT: 8760 hrs.
	AVG. WIND SPEED: 3.48 m/s	DATE: 3/24/2011	PROJECT NO.: 1

WRPLOT View - Lakes Environmental Software