

Percepción comunitaria de los olores generados por la planta de tratamiento de aguas residuales de El Roble-Puntarenas, Costa Rica

Community perception of odors generated by the Wastewater Treatment Plant El Roble-Puntarenas, Costa Rica

Luz Elena Sáenz¹, Diana A. Zambrano², Jorge A. Calvo³

Fecha de recepción: 24 de marzo del 2015

Fecha de aprobación: 3 de agosto del 2015

Sáenz, L; Zambrano, D; Calvo, J. Percepción comunitaria de los olores generados por la planta de tratamiento de aguas residuales de El Roble-Puntarenas, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 29, N° 2, Abril-Junio 2016. Pág 137-149.

1 Ingeniera Ambiental, Escuela de Química, Licenciatura en Ingeniería Ambiental. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: lucesaenz001@gmail.com.

2 Profesor/Investigador. Escuela de Química, Licenciatura en Ingeniería Ambiental. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: dzambrano@itcr.ac.cr.

3 Profesor/Investigador. Escuela de Química, Licenciatura en Ingeniería Ambiental. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: jcalvo@itcr.ac.cr.

Palabras clave

Olores; percepción; PTAR.

Resumen

En Costa Rica existen numerosas plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y estaciones de bombeo que impulsan el agua hacia ellas. Las aguas residuales, por las características de los componentes disueltos en ellas y los procesos a los que se da lugar, en general producen malos olores, que afectan el bienestar y la calidad de vida de las personas. No obstante, en el diseño y construcción no se han incluido medidas de mitigación apropiadas. Para evaluar las características de estos gases en el ambiente existen equipos de olfatometría, pero esta técnica resulta costosa. Considerando la capacidad sensorial, se desarrolló un método mediante encuestas para identificar el radio de influencia y otras características de los olores generados en la PTAR de El Roble de Puntarenas, la cual es un punto crítico por la influencia turística de la zona. En un radio de 800 m a la redonda se realizaron 256 encuestas, de éstas el 76% indica que si siente los olores emitidos por la PTAR cuyo radio de influencia es a los 600 m, el 57% indican que los olores son fuertes, el 83% los percibe como fecal. Las franjas horarias a las cuales se sienten más los olores son: 6:00 a 9:00, 15:00 a las 21:00, así como invierno es la época del año en la cual se perciben más los olores.

Keywords

Odors; perception; wastewater treatment plant.

Abstract

In Costa Rica, many Wastewater Pumping Stations (WPS) and Wastewater Treatment Plants (WTP) have been implemented. The wastewater, due to its dissolved compounds together with the decomposition process in which it is involved, produces strong odors (or bad odor) affecting the comfort and life quality of the citizens closer to plant sites. Despite this, during the design and construction process, appropriate mitigation actions have not been included. In order to evaluate the properties of these gases in the environments, there is olfactometry equipment available, however, it is an expensive technique. Considering the sensory capacity, a method was developed by the application of surveys in order to identify the influence radius and other characteristics of the odors generated in El Roble-Puntarenas WTP. This WTP is considered a critical point owing to its influences in tourism services. In total, 256 surveys were made within a radius of 800 m. 76% of the surveys indicated that the odors emitted by the WTP were perceived within a radius of 600m, where 57% of the surveyees indicated that they perceived strong odors and 83% perceived fecal like odors. The time-slots in which the odors were perceived more intensely were from 6:00 to 9:00, 15:00 to 21:00. Likewise, more odors were perceived during the rainy season.

Introducción

Desde hace muchas décadas, se sabe que producto de las actividades humanas ya sea de forma directa o indirectamente se generan olores que ocasionan molestia y daños a la salud de las poblaciones vecinas (Capelli, Sironi, Del Rosso, & Guillot, 2013), actualmente el país carece de legislación que controle las emisiones de olores y la investigación en el tema son escasas.

La PTAR de El Roble de Puntarenas es un sistema que se ha caracterizado por la emisión de olores y ha provocado molestias en la población aledaña, lo que se ha evidenciado mediante denuncias presentadas ante el Ministerio de Salud. Identificar el radio de influencia es un primer paso en las acciones requeridas para una adecuada gestión del problema. Dado el alto costo de las técnicas de olfatometría, en este artículo se presenta una metodología mediante encuestas, cuyos resultados permiten determinar la percepción comunitaria del impacto de los olores generados por la planta de tratamiento de aguas residuales de El Roble de Puntarenas, Costa Rica, sus características y radios de influencia.

Emisiones atmosféricas de las PTAR

El odorante es el compuesto responsable de producir un olor, mientras el olor es el efecto percibido cuando el odorante ha sido detectado e interpretado por el ser humano a través de su sistema olfativo sensorial (Carrera-Chapela, Donoso-Bravo, Souto & Ruiz-Filippi, 2014). La percepción y la tolerancia de un olor dependen de las experiencias personales y asociaciones emocionales de cada individuo y pueden variar de una persona a otra en función de la edad, el sexo y el estado de salud (Lehtinen & Veijanen, 2010).

Cuando una población está expuesta a un mismo olor durante un largo período de tiempo, pueden ocurrir los fenómenos de sensibilización y desensibilización. El primero significa que el olor es percibido y se evidencia en un aumento de las quejas de la población, mientras que la desensibilización ocurre cuando los habitantes de una comunidad dejan de percibir el olor (Lehtinen & Veijanen, 2010).

Los compuestos olorosos se encuentran en los influentes de las aguas residuales o son generados durante el transporte o los procesos de tratamiento (Lehtinen & Veijanen, 2010). Cualquier planta de tratamiento de aguas residuales mal diseñada y/o mal operada, sea de tipo fisicoquímico o biológico (aerobia o anaerobia), es susceptible de emitir olores (Morgan Sagastume, Revah Moiseev & Noyola Robles, 2000); lo que también ocurre en presencia de condiciones anóxicas y/o cuando la aireación no es correcta. El pH, la temperatura y el tiempo de retención también tienen un gran efecto sobre las características del olor en las diferentes etapas del proceso de tratamiento (Lehtinen & Veijanen, 2010). Además, cuando las condiciones meteorológicas no son favorables, por ejemplo, alta humedad y temperatura, clases atmosféricas moderadas o estables (Stellacci, Liberti, Notarnicola & Haas, 2010).

Los factores que afectan la liberación de gases odoríferos a la atmósfera son: la solubilidad del gas disuelto, la concentración del compuesto en las fases gaseosa y líquida, el conjunto de coeficientes de transferencia de masa volumétricos (afectados por la turbulencia), la temperatura, ya que a mayor temperatura hay un descenso de la solubilidad del gas y mayor tasa de transferencia; así como el pH, debido a que un pH ácido favorece la liberación de H_2S y un pH alcalino favorece la liberación de amoníaco (Arriagada Monreal, 2008). Los mayores porcentajes de emisión de olores en PTAR de lodos activados se encuentran en el tratamiento de lodos y en las etapas de pretratamiento.

Odorantes presentes en PTAR

Entre los compuestos emitidos se encuentran los gases orgánicos, inorgánicos y vapores, que proceden de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica con contenido de azufre y nitrógeno, entre ellos el sulfuro de hidrógeno y el amoníaco, considerados los principales causantes de los olores (Cheng, Peterkin, & Burlingame, 2005).

Según Burgueses y Stuetz (2002), en las aguas residuales ordinarias hay presencia de sustancias odorantes tales como los alifáticos, aromáticos e hidrocarburos clorados; mientras que Lebrero,

Bouchy, Stuetz y Muñoz (2011) indican que también hay presencia de aldehídos, escatol, inodol y ácidos grasos. En concentraciones más bajas se pueden encontrar los compuestos orgánicos volátiles, mercaptanos como: metil tiol, dimetil sulfuro y el dimetil disulfuro (Dincer & Muezzinoglu, 2007). En el Cuadro 1 se muestra la composición de los olores en PTAR y algunas de sus propiedades físico-químicas.

Cuadro 1. Composición de los olores en las PTAR

Clasificación	Compuesto	Fórmula química	Olor al que se asemeja	Peso molecular g/mol	Composición en el aire ¹ en ppm	Composición en el agua ² ppm	Solubilidad en agua g/ml	Volatilidad a 25 °C Ppm(v/v)
Sulfuros	Metilmercaptano	CH ₃ SH	Repollo podrido	48	10-50	11-322	0.023 ⁴	Gas
	Dimetilsulfuro	(CH ₃) ₂ SH	Ajo	186		3-27		830000
	Sulfuro de hidrogeno	H ₂ S	Huevo podrido	34	200-10.000	15-38	0.005 ⁴	
Nitrogenados	Trimetil amina	(CH ₃) ₃ N	Pescado Amoniacal	59	10-50	78 ³		Gas
	Dimetil amina	(CH ₃) ₂ NH	Amoniacal	45		210 ³	3.54 ⁴	
	Indol	C ₈ H ₆ NH	Fecal	117		570 ³	0.0019 ⁴	360
	Escatol	C ₉ H ₆ NH	Fecal	131		700 ³	Insoluble	200
	Amoniaco	NH ₃	Irritante	17		35-60	0.899 ⁵	Gas
	Compuestos orgánicos volátiles	VOC'S		46-176				

1 Composición corresponde a aire seco y condiciones anaerobias de una PTAR

2 Influyente de una PTAR

3 Promedio

4 a 20 °C

5 A 0 °C

Fuente: Stuetz & Frechen (2001)

Implicaciones para la salud de la exposición a odorantes

Los compuestos odorantes causan impactos en la salud debido a su naturaleza tóxica, ocasionan corrosión en las tuberías y equipos principalmente el sulfuro de hidrógeno (Muñoz et al., 2010) resulting in complaints to wastewater operators. Due to the variability in hedonic tone and chemical character of odorous emissions, no analytical technique can be applied universally for the assessment of odour abatement performance. Recent developments in analytical methodologies, specifically gas chromatography, odour assessment approaches (odour wheels, the odour profile method and dynamic olfactometry. Estos odorantes también ocasionan molestias en las poblaciones cercanas a las PTAR (Madriz Medeiros, 2011) y se consideran la principal causa de rechazo al establecimiento de PTAR (Metcalf & Eddy, 1996).

Entre los efectos que tienen para la salud humana están: disminución del apetito, náuseas, dolor de cabeza (Stellacci et al., 2010), reducción del consumo de agua, desequilibrios respiratorios, vómitos y perturbaciones mentales. En condiciones extremas, pueden contribuir al deterioro de la dignidad personal y comunitaria, interferir en las relaciones interpersonales y reducir el desarrollo de la comunidad (Metcalf & Eddy, 1996). El Cuadro 2 detalla la toxicidad de los principales odorantes en una PTAR.

Cuadro 2. Toxicidad de dos odorantes

Concentración	Sulfuro de hidrógeno	Amoniaco
≤ 150 ppm	-Irritación ¹	-Irritación leve ²
500 ppm	-Dolor de cabeza ¹ -Mareos ¹	-Irritación marcada ² -Tos ² -Incremento de la presión de la sangre ²
≤1000ppm	-Pérdida de conciencia ¹ -te< 30 min Muerte ¹	-Lesión en el ojo. ² Muerte en minutos a una 10000 ppm ²

Fuente: 1 Walsk (2014) 2 Pública (2007)

Dispersión de olores

La dispersión de los olores se ve afectada por factores meteorológicos (estación, hora del día, condiciones atmosféricas como turbulencia, velocidad y dirección del viento, capa de mezcla, humedad y temperatura), así como por la presencia de obstáculos físicos: edificios altos, árboles grandes, entre otros (Stellacci et al., 2010). La dirección del viento es importante porque determina hacia dónde se dirige el olor y permite saber si las fuentes emisoras se encuentran en el sotavento de los receptores, mientras que la velocidad del viento y la estabilidad de la atmósfera influyen en la turbulencia, ya que a mayor turbulencia, mejor es la mezcla y por lo tanto la dispersión; cuando hay presencia de velocidades de viento altas, las concentraciones de olor son menores (Stuetz & Frechen, 2001). Si hay condiciones calmas, (velocidades menores a 1 m/s), significa que las direcciones del viento son variables en un período corto de tiempo (Marysville, Castro & Porter, 2014).

La altura de emisión de las sustancias olorosas no es un factor importante en la dispersión de fuentes emitidas a nivel de suelo, ya que provocan que la dispersión sea a pocos metros de éste y lentamente; mientras que la temperatura ambiente es un factor que determina la distancia a la que son transportados los compuestos olorosos pues a mayor temperatura, mayor distancia (Barclay, Diaz & Cartelle, 2014). El movimiento vertical del aire en la atmósfera depende de la estabilidad atmosférica y esta a su vez depende de la temperatura entre una porción del aire y el aire que lo rodea. El grado de estabilidad atmosférica se determina mediante el uso de las clases de estabilidad de Pasquill-Gifford (cuadros 3 y 4), las cuales se dividen en seis categorías que describen la capacidad de dispersión de la atmósfera y van de la A a la F (Stuetz & Frechen, 2001).

Cuadro 3. Clases de estabilidad de Pasquill-Gifford

Velocidad del viento (m/s) a 10 m de altura	Día			Noche	
	Radiación solar incidente (1)			4/8 ≤Nubosidad≤7/8	Nubosidad ≤3/8
	Fuerte > 50 cal/cm2h	Moderada 25 < x < 50 cal/cm2h	Débil ≤ 25 cal/cm2h		
<2	A	A-B	B	F	F
2 a 3	A-B	B	C	E	F
3 a 5	B	B-C	C	D	E
5 a 6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Cuadro 4. Características de las condiciones de estabilidad atmosférica

Clase de estabilidad	Condición	Cuando se producen	Como es el movimiento vertical de una porción de aire	Generalidades
A	Extremadamente inestable	Día	Asciende y desciende	Asciende (en la mañana cuando se da la ruptura de la capa estable debido al calentamiento solar) y desciende (en la tarde cuando disminuye el flujo de calor solar). Los olores se transportan a distancias cortas (Barclay et al., 2014)
B	Moderadamente inestable			
C	Ligeramente inestable			
D	Neutra	Día /Noche	No se propicia ni se inhibe	Presencia de viento y cuando hay nubes que impiden el calentamiento o enfriamiento de la superficie
E	Estable	Noche	Se encuentra inhibido	Viento escaso o nulo Los olores se transportan a distancias largas (Barclay et al., 2014)
F	Muy estable	Noche		

Fuente: Adaptado de Herrera Murillo (2014)

Las condiciones que más favorecen la dispersión de los olores generados en las PTAR se dan durante la noche, debido al aumento de la estabilidad atmosférica asociada con vientos calmos, baja turbulencia y la presencia de inversiones térmicas, lo que restringe la dispersión vertical de los olores liberados cerca del nivel del suelo. Si se ocasiona una inversión térmica –fenómeno producido cuando la temperatura aumenta con la altitud y restringe el transporte vertical de los contaminantes (Herrera Murillo, 2014)–, se inhibe el mezclado y es por eso que los olores se perciben más en la noche (Barclay et al., 2014).

Metodología

Caracterización del área de estudio: Costa Rica, provincia de Puntarenas, distrito de El Roble cerca del océano Pacífico (Fig. 1). Esta zona presenta dos estaciones: invierno (diciembre-abril) y verano (mayo-noviembre), la humedad relativa oscila entre 30% y 90%, la precipitación media anual es de 118 mm y la temperatura de 23 °C a 30 °C. La dirección del viento predominante es hacia el sur, con una velocidad mínima 1 m/s y una máxima de 10 m/s (Instituto Meteorológico Nacional, 2014).¹

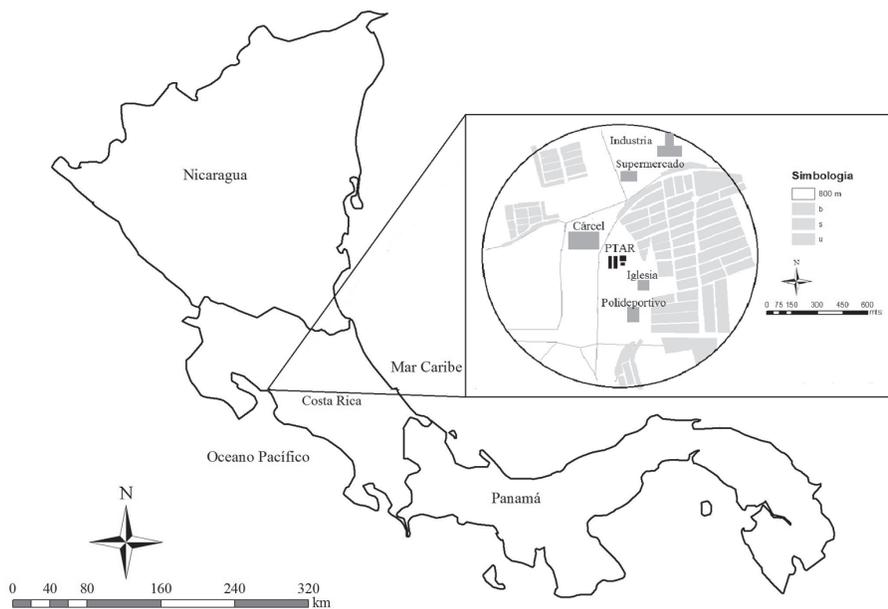


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio (Coordenadas CRTM05)

Esta comunidad cuenta con una PTAR con capacidad para 85 l/s, con un área de 945 m² y recibe las aguas ordinarias de los distritos de El Roble, Barranca, Chacarita y Puntarenas y atiende a 30.074 habitantes, así como las aguas residuales sin tratar provenientes del Hospital Monseñor Sanabria, el Hotel Double Tree Hilton, el Centro Penitenciario y el servicio de impulsión de las aguas de Inolasa, Sardimar y Maxipalí, las cuales han sido tratadas previamente (Lazo, 2012). El agua residual es impulsada hasta la PTAR mediante nueve estaciones de bombeo. La PTAR es operada por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). Se compone de cámara de entrada, tamiz, dos sedimentadores primario, dos tanques de aireación y dos sedimentadores secundarios, con vertimiento al estero de Chacarita. Se realizan tres purgas de lodo diarias, con tratamiento en una laguna anaerobia de 2106 m², y el lodo se dispone en lecho de secado.

Identificación de área impactada y percepción comunal de las emisiones de la PTAR: se realizaron inspecciones a diferentes radios de distancia de la PTAR para identificar el alcance de la pluma contaminante. El radio máximo identificado fue de 800 m, que se trazó en un plano de Google Earth, contando 59 sectores influenciados. Para determinar la percepción de la población, se realizó una encuesta el día 9 de junio de 2014 con un tamaño de muestra de 256 viviendas, considerando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5% basado

en una encuesta preliminar. Las encuestas en cada manzana se hicieron mediante muestreo sistemático. El número de casas/manzana se ponderó asociado con el número de casas totales de cada manzana. Para el análisis se asignó una codificación con letras a cada manzana. La encuesta diseñada se validó previamente para verificar la coherencia y oportunidad de las preguntas formuladas. La encuesta se realizó a personas de ambos sexos mayores de edad. El Cuadro 5 presenta las preguntas y opciones de respuestas incluidas. Si las personas respondían negativamente a la primera pregunta, no se procedía con las siguientes.

Cuadro 5. Preguntas y opciones de respuesta de encuesta para la identificación de la percepción de los olores generados por la PTAR de El Roble, Puntarenas

Pregunta		Opciones de respuesta
1	¿Siente usted los olores provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales?	Sí/No/No sé
2	Los olores provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales son	Muy fuertes/fuertes/débiles
3	A qué olor se le asemejan: (respuesta múltiple)	Huevo podrido/Vegetales podridos/ Pescado podrido/Fecal/Picante/Irritante/ Ajo/Ninguno de los anteriores
4	¿A qué hora ha percibido más los olores?	0:00-3:00 am/3:00-6:00 am/6:00-9:00 am/9:00-12:00 pm/12:00-3:00 pm/3:00-6:00 pm/6:00-9:00 pm/9:00-11:00 pm
5	¿Cuándo son más fuertes los olores?	Invierno/Verano

La tabulación de los datos se adelantó en el programa SPSS Statistics, el análisis de los resultados en el programa Minitab y los mapas de los resultados en el programa ArcGis, en los cuales, para las diferentes variables de respuesta, se identificó la moda de las respuestas y esta fue asignada a cada una de las manzanas. Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con el fin de determinar las correlaciones entre las variables encuestadas, así como un análisis de estabilidad atmosférica utilizando las clases de estabilidad de Pasquill-Gifford con los datos de velocidad del viento, radiación solar y nubosidad brindados por el Instituto Meteorológico Nacional.

Resultados y discusión

De las 256 encuestas, el 67% corresponde a mujeres y 31% a hombres. Con respecto a la edad, un 23% se encuentra en los rangos de 18 a 28 años y 29 a 39 años, el 21% entre 40 a 49 años, el 13% entre 50 a 59 y 60 a 69 años y el 8% entre 70 a 79 años. En relación con la percepción del olor, el 76% efectivamente lo percibe, por lo cual las preguntas restantes se hacen solo a 195 viviendas. La Figura 2 presenta espacialmente la percepción del olor y evidencia el radio de influencia a los 600 m, donde se ha esquematizado la PTAR con rectángulos que representan las unidades de tratamiento de la planta.

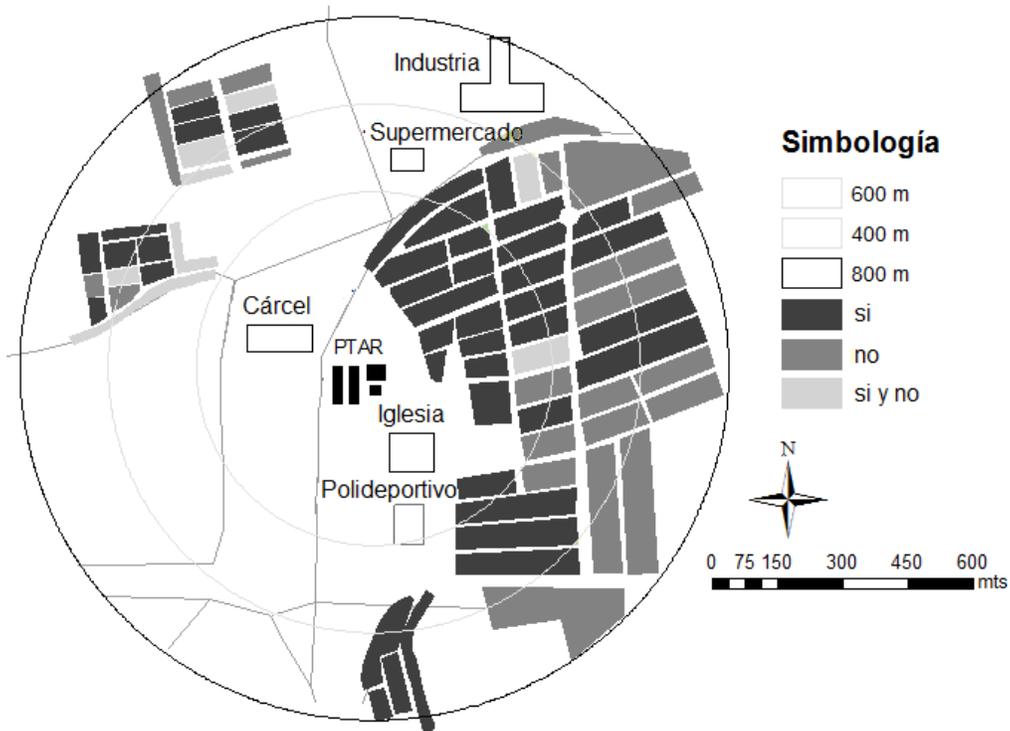


Figura 2. Percepción del olor en los diversos sectores

El nivel de intensidad con el que se percibe el olor es fuerte para un 57%, el 26% percibe olores muy fuertes y para el 17% estos son débiles, como se muestra en la Figura 3a, b.

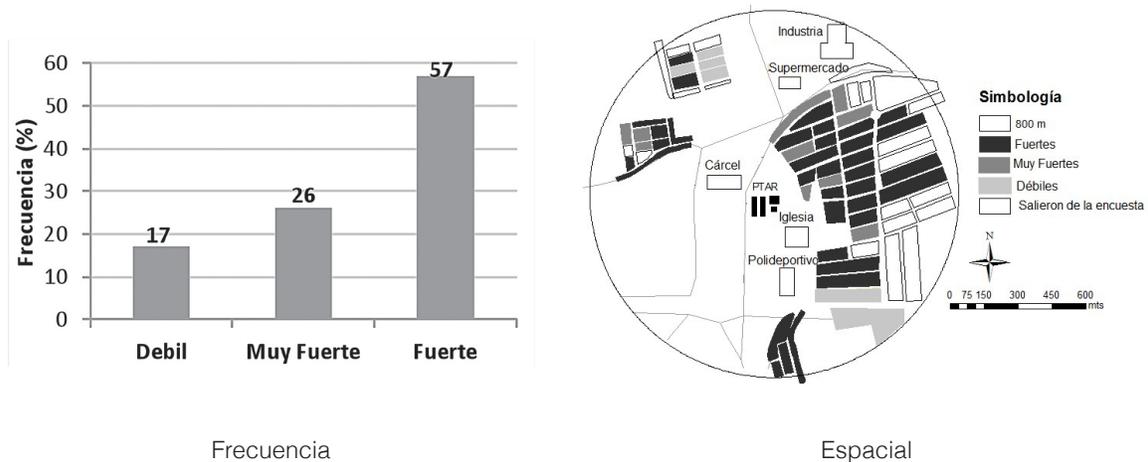


Figura 3. Percepción del nivel de intensidad del olor

Con respecto a la percepción del tipo de olor, el olor fecal es el predominante, con un 83% (Fig. 4a, b). Esto induce a una presencia de compuestos nitrogenados como Indol y Escatol.

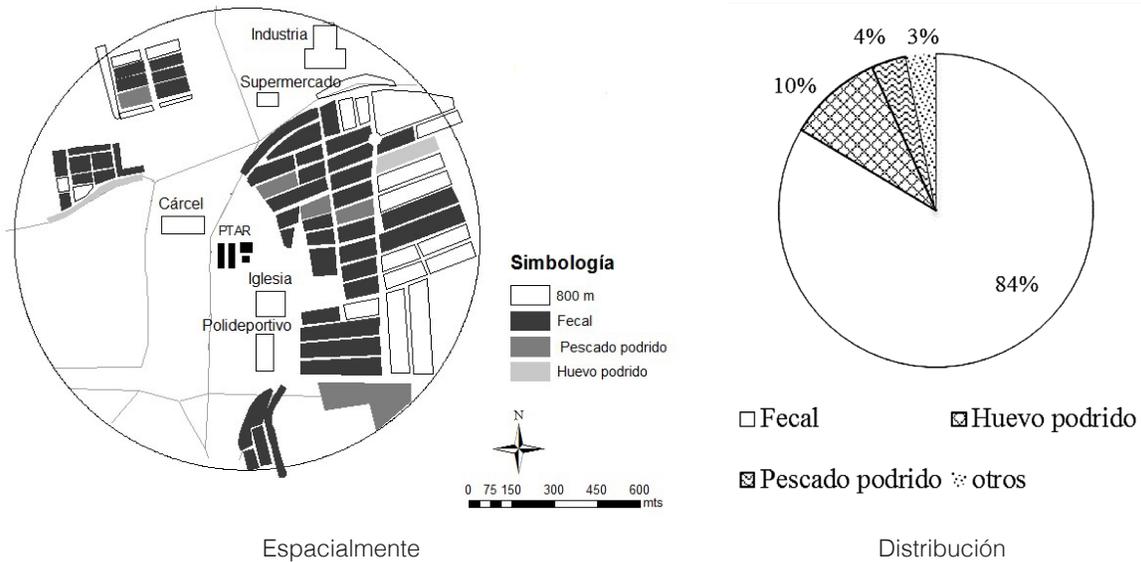


Figura 4. Percepción del tipo de olor

Las horas en las que más se perciben los olores son las franjas horarias de 06:00 a 09:00 am y de 15:00 a 18:00 pm, como se muestra en la Figura 5. Esto está influido por el comportamiento de la atmósfera, ya que a dichas horas éste es ligera y moderadamente inestable (Fig. 5). Esto indica que en horas de la mañana el contaminante empieza a ascender, ya que se da la ruptura de la capa estable por el calentamiento solar; y en las horas de la tarde la capa estable descende por el disminución del flujo de calor y, por lo tanto, el contaminante tiende a estar más cerca de la superficie; es por eso que en ambos lapsos de tiempo los olores se tienden a sentir más (Herrera Murillo, 2014). De las 18:00 a las 21:00 se cuenta con una estable (E), que se caracteriza por no presentar movimientos verticales sino horizontales y esto hace que los olores se trasladen a mayores distancias y sean percibidos por la población (Barclay et al., 2014).

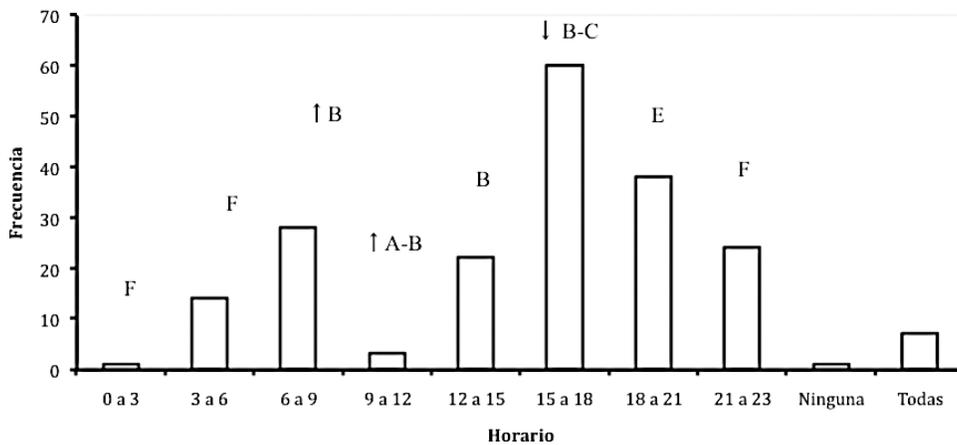


Figura 5. Franjas horarias en las que el olor se percibe con mayor intensidad.

Cuadro 6. Estabilidades atmosféricas en la zona de estudio para el 9 de junio de 2014

Estabilidad de día				Estabilidad de noche			
Hora	Velocidad del viento m/s	Radiación solar incidente ca/cm2h	Clase	Hora	Velocidad del viento m/s	Radiación solar incidente ca/cm2h	Clase
6-9	2	29	B	0-3	2	<30	F
9-12	3	67	A-B	3-6	2		F
12-3	4	69	B	18-21	4		E
3-6	4	31	B-C	21-23	3		F

La época del año en la cual la población percibe más los olores es en el invierno (62%), mientras que en verano el 30% mientras que un 8% lo perciben en ambas estaciones del año.

Mediante el análisis de la correlación (Cuadro 7 y Fig. 6), se determina que hay correlaciones entre las variables sexo–siente los olores. Según un estudio realizado por Valencia, Espinosa, Parra & Peña (2011), las mujeres tienden a percibir más la contaminación atmosférica ya que se caracterizan por mostrar una mayor preocupación por la salud y la seguridad humanas en comparación con los hombres. Con respecto a la edad y el tiempo de vivir, los adultos mayores tienden a identificar más los problemas de contaminación en comparación con los jóvenes, ya que los primeros se preocupan más por el bienestar de la familia (Valencia et al., 2011), pero este primer grupo tiende a ser más sensible a la percepción de los olores (Larsson, Finkel & Pedersen, 2000). El lapso de tiempo que han vivido en el lugar influye, ya que puede ocurrir el fenómeno de adaptación al ambiente y, por ende, la sensibilización o desensibilización (Valencia et al., 2011). También existen correlaciones entre el grado de olor y el horario, la composición–siente los olores y época–composición. Este análisis de correlaciones permite determinar las variables que brindan información y los mecanismos de intervención.

Cuadro 7. Análisis de correlación

	Sexo	Edad	Tiempo	Siente	Grado	Composición	Horario	Época
Sexo	1	0,03	-0,07676	0,27917	0,10309	0,04743	-0,12274	0,14395
Edad	0,03	1	0,39627	-0,15209	0,06108	-0,14174	0,08429	0,11938
Tiempo	-0,076	0,39627	1	-0,0915	-0,32662	0,14923	0,33129	-0,03657
Siente	0,27917	-0,15209	-0,0915	1	0,12729	0,19625	-0,02601	0,07868
Grado	0,10309	0,06108	-0,32662	0,12729	1	-0,03915	0,33296	0,08298
Composición	0,04743	-0,14174	-0,14923	0,19625	-0,03915	1	-0,10785	-0,14704
Horario	-0,12274	0,08429	0,33129	-0,02601	-0,33296	-0,10785	1	-0,12702
Época	0,14395	0,11938	-0,03657	0,07868	0,08298	-0,14704	-0,12702	1

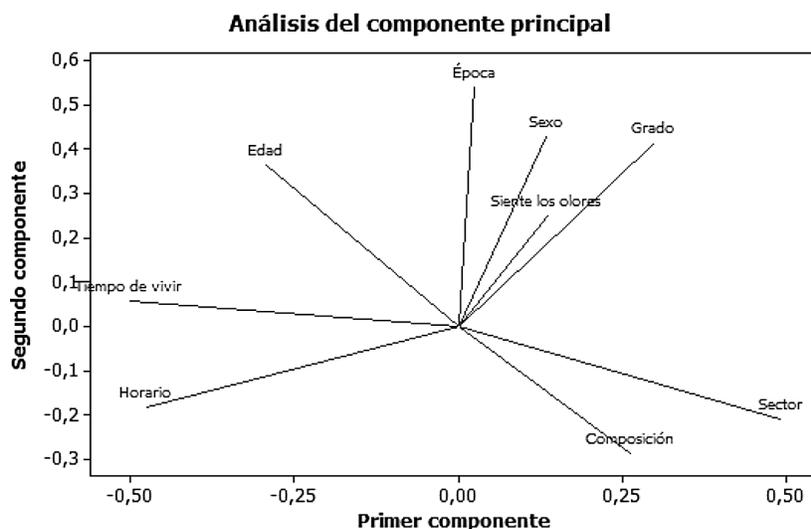


Figura 6. Correlación de variables

Conclusiones

La metodología de encuestas es una técnica económica que permite identificar el radio de influencia de una pluma contaminante asociada con compuestos odorantes.

En un radio de influencia de 800 m de la PTAR de El Roble Puntarenas, el 76% de los encuestados indica que sí sienten los olores emitidos por la planta, cuyo radio de influencia más intenso es de 600 m. El 57% indica que los olores son fuertes. El 83% revela que el olor al que se les asemeja es fecal, lo que indica presencia de compuestos nitrogenados como Indol y Escatol.

Se identifican tres franjas horarias en las que se sienten más los olores a saber: 6:00 a 9:00, 15:00 a 18:00 y 18:00 a 21:00, en el cual el comportamiento de la atmósfera asociado a factores climáticos se encuentra entre ligera y modernamente inestable.

El invierno es la época del año en la que más se perciben los olores.

Existen correlaciones entre el sexo-siente los olores, ya que las mujeres tienden a percibirlos más en comparación con los hombres. Por otra parte, está el factor de la edad -tiempo de vivir en el sector-, ya que los adultos mayores identifican más los problemas de contaminación pero son más sensibles a la percepción en comparación con los jóvenes.

Agradecimientos

A los estudiantes de licenciatura en Ingeniería Ambiental del Instituto Tecnológico de Costa Rica que apoyaron en la logística y el levantamiento de la Información. Al Ing. Andrés Lazo Páez, del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA).

Bibliografía

- Arriagada Monreal, A. (2008). *Tecnologías para el tratamiento de olores en aguas servidas*. Universidad de Chile.
- Barclay, J., Diaz, C. & Cartelle, D. (2014). *Revision of Regulatory Dispersion Models, an Important Key in Environmental Odour Management*. En C. Diaz (Ed.), (Vol. 3). Santiago de Chile. Obtenido de http://www.olores.org/index.php?option=com_content&view=article&id=359&lang=es

- Capelli, L., Sironi, S., Del Rosso, R. & Guillot, J.-M. (2013). Measuring odours in the environment vs. dispersion modeling: A review. *Atmospheric Environment*, 79, 731-743. doi:10.1016/j.atmosenv.2013.07.029
- Carrera-Chapela, F., Donoso-Bravo, A., Souto, J. a. & Ruiz-Filippi, G. (2014). Modeling the Odor Generation in WWTP: An Integrated Approach Review. *Water, Air, & Soil Pollution*, 225(6), 1932. doi:10.1007/s11270-014-1932-y
- Dincer, F. & Muezzinoglu, A. (2007). Odor Determination at Wastewater Collection Systems: Olfactometry versus H₂S Analyses. *CLEAN – Soil, Air, Water*, 35(6), 565-570. doi:10.1002/clen.200700057
- Dirección General de Salud Pública (2007). *Hoja de seguridad del amoniaco*. Murcia, España.
- Herrera Murillo, J. (2014). *Fundamentos de meteorología aplicados a la contaminación del aire*. Heredia, C.R.: Universidad Nacional. Obtenido de http://www.edeca.una.ac.cr/files/presentacion_meteorologia_y_calidad_del_aire.pdf
- Instituto Meteorológico Nacional (abril, 2014). *Solicitud de datos meteorológicos. Estación 78027*. San José. doi:10.1007/s10973-006-3070-2
- Larsson, M., Finkel, D. & Pedersen, N.L. (2000). Odor identification: influences of age, gender, cognition, and personality. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 55(5), P304-P310. doi:10.1093/geronb/55.5.P304
- Lazo, A. (2012). *Evaluación Operativa y Oportunidades de Mejora Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Roble de Puntarenas*. San José.
- Lebrero, R., Bouchy, L., Stuetz, R. & Muñoz, R. (2011). Odor Assessment and Management in Wastewater Treatment Plants: A Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 41(10), 915-950. doi:10.1080/10643380903300000
- Lehtinen, J. & Veijanen, A. (2010). Odour Monitoring by Combined TD-GC-MS-Sniff Technique and Dynamic Olfactometry at the Wastewater Treatment Plant of Low H₂S Concentration. *Water, Air, & Soil Pollution*, 218(1-4), 185-196. doi:10.1007/s11270-010-0634-3
- Madriz Medeiros, D. (2011). *Investigación sobre la eliminación de olores en depuradoras*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Marysville, E., Castro, J.M. De & Porter, R. (2014). *Everett/Marysville Regional Odor Monitoring Project*. Obtenido de http://www.olores.org/index.php?option=com_content&view=article&id=368:everett-marysville-regional-odor-monitoring-project&catid=80&Itemid=422&lang=en
- Metcalf & Eddy, I. (1996). *Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, vertido y reutilización*. (Tercera edición, pp. 67-69). México: McGraw-Hill.
- Morgan Sagastume, J.M., Revah Moiseev, S. & Noyola Robles, A. (2000). *Malos olores en plantas de tratamiento de aguas residuales: su control a través de procesos biotecnológicos*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/mexicona/R-0032.pdf>
- Muñoz, R., Sivret, E.C., Parcsi, G., Lebrero, R., Wang, X., Suffet, I.H.M. & Stuetz, R.M. (2010). Monitoring techniques for odour abatement assessment. *Water Research*, 44(18), 5129-49. doi:10.1016/j.watres.2010.06.013
- Stellacci, P., Liberti, L., Notarnicola, M. & Haas, C.N. (2010). Hygienic sustainability of site location of wastewater treatment plants. *Desalination*, 253(1-3), 51-56. doi:10.1016/j.desal.2009.11.034
- Stuetz, R. & Frechen, F.-B. (2001). *Odours in Wastewater Treatment* (p. 120). London: IWA.
- Valencia, J., Espinosa, A., Parra, A. & Peña, M. (2011). Percepción del riesgo por emisiones atmosféricas provenientes de la disposición final de residuos sólidos. *Rev. Salud*, 13(6), 930-941. Obtenido de <http://www.scielosp.org/pdf/rsap/v13n6/v13n6a06.pdf>
- Walsk, T. (2014). *Predicción de la formación de sulfuro de hidrógeno en sistemas de alcantarillado sanitario*. Obtenido de http://pages.info.bentley.com/webinar-checkin/?CEID=CO_ESEM_OCT23_LATAM&email=lucesaenz001@gmail.com