

## **Emisión de metano en la incidencia de enfermedades respiratorias en la población circundante al vertedero municipal de residuos sólidos de Pucallpa, Ucayali – 2017**

### **Methane emission in the incidence of respiratory diseases in the population surrounding the Pucallpa solid waste municipal landfill, Ucayali - 2017**

Karen Iveth de la Cruz Coelho<sup>1</sup> y Aparicio Limache Alonzo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales – UNU. Email: apaforestal12011@hotmail.com, Email: k\_coelho@outlook.com

#### **Resumen**

La investigación se desarrolló en el vertedero municipal de residuos sólidos de Pucallpa, ubicado en el km 22 de la carretera de Federico Basadre, Provincia de Coronel Portillo, Región de Ucayali, la cual se inició en febrero del 2017, culminando a fines de mayo del 2017; cuyo objetivo fue determinar la emisión de metano e incidencia en las enfermedades respiratorias de la población circundante al vertedero municipal de residuos sólidos de Pucallpa. Se realizó el monitoreo de la emisión de metano en 12 puntos por 114 días, usando el equipo medidor de gases AEROQUAL (equipo de medición a tiempo real). Asimismo, se desarrolló una encuesta in situ a 113 personas con la finalidad de conocer la incidencia en las enfermedades respiratorias. Se determinó que el volumen de metano registrado fue: 3634 ppm que sobrepasa el volumen promedio mínimo permisible. La encuesta indica que el 70% de la población padeció enfermedades respiratorias como asma, dificultad para respirar (disnea), gripe, tos e intoxicaciones. El 30% de los encuestados, afrontan otras enfermedades de los cuales destacan los cólicos y el dengue. Asimismo, se demostró el efecto de la emisión de metano en la población circundante al vertedero municipal de residuos sólidos de Pucallpa, afirmando que la emisión de metano producto de la descomposición de los residuos sólidos es un contaminante que afecta severamente la salud además de mencionar que presentan diversos síntomas a diario como dolor de estómago, dolor de cabeza, entre otros.

**Palabras clave:** Emisión de metano, enfermedades respiratorias, vertedero.

#### **Abstract**

The investigation was carried out at the Pucallpa municipal solid waste dump, located at km 22 of the Federico Basadre highway, Coronel Portillo Province, Ucayali Region, which began in February 2017, culminating in late May 2017; whose objective was to determine the emission of methane and incidence in respiratory diseases of the population surrounding the municipal solid waste dump of Pucallpa. Methane emission monitoring was carried out at 12 points for 114 days, using the AEROQUAL gas meter equipment (real-time measurement equipment). Likewise, an on-site survey was carried out with 113 people in order to know the incidence of respiratory diseases. The volume of methane recorded was determined to be: 3634 ppm which exceeds the minimum allowable average volume. The survey indicates that 70% of the population suffered from respiratory diseases such as asthma, shortness of breath (dyspnea), flu, cough and poisoning. 30% of those surveyed face other diseases, of which colic and dengue stand out. Likewise, the effect of methane emission on the population surrounding the municipal solid waste landfill of Pucallpa was demonstrated, stating that the emission of methane product of the decomposition of solid waste is a pollutant that severely



affects health in addition to mentioning that have various symptoms daily such as stomach pain, headache, among others.

**Keywords:** Methane emission, landfill, respiratory diseases.

## Introducción

A partir de la revolución industrial, la actividad humana ha exacerbado el calentamiento global a través de la acumulación acelerada por gases de efecto invernadero en la atmósfera, especialmente dióxido de carbono y metano. De acuerdo a González (2013) el metano es uno de los gases que provocan el efecto invernadero, su potencial de calentamiento global es mucho más alto que el del dióxido de carbono ya que cada kilogramo de metano calienta el planeta veintitrés veces más que la misma masa de dióxido de carbono; su tiempo de permanencia en la atmósfera es de 9 a 15 años.

Según la FAO (s.f) desde el siglo XIX, las concentraciones de metano en la atmósfera se ha duplicado; una fuente importante de metano son los rellenos sanitarios y los vertederos (botadero), donde las altas concentraciones de material orgánico en condiciones anaerobias provocan la liberación de este gas. Jaramillo y Zapata (2008) menciona que el gas metano se forma por la descomposición de la materia orgánica, actividad que tiene lugar durante toda la vida en los vertederos municipales.

Por otra parte, Ramírez y Torres (2017) señalan que la inhalación prolongada de gas metano puede provocar asfixia al reducir el contenido de oxígeno en el aire, dando lugar a la pérdida de conocimiento e incluso la muerte. Ospina (s.f) refiere que más de la mitad de las defunciones de niños menores de cinco años causadas por infección aguda de las vías respiratorias inferiores se deben a la inhalación de partículas del aire contaminado.

Actualmente uno de los mayores problemas en el ambiente es la contaminación atmosférica al provocar entre otros fenómenos, los gases de efecto invernadero y daños a la salud humana. Los vertederos de residuos sólidos emiten diversos gases contaminantes a la atmósfera, fundamentalmente metano y las mediciones de estas emisiones resultan costosas además varían mucho teniendo en cuenta las condiciones climáticas y relieve del sitio.

La evaluación de metano emitido en el vertedero resulta complicada de medir siendo necesario emplear instrumentos tecnológicos sofisticados y así estimarlas. Al mismo tiempo es importante determinar los efectos de este gas en la salud de los moradores que ocupan



espacios cercanos al vertedero. Dicho conocimiento servirá a futuro para sugerir acciones de enmienda y/o para iniciar el desarrollo de programas de reciclaje de los residuos sólidos.

### Metodología

La investigación fue de tipo no experimental, para el cual, se realizó la descripción, registro, análisis e interpretación del problema; originado por la emisión de metano en la incidencia de enfermedades respiratorias de la población circundante al vertedero (botadero) Municipal de Pucallpa.

#### *Población y muestra*

La población estuvo representada por 160 familias, que acude al radio de acción del vertedero (botadero) Municipal de Pucallpa, de los cuales 80 individuos pertenecen al Caserío Nueva Unión y 80 individuos son recolectores de residuos (recicladores) que han encontrado un medio de ocupación en el lugar.

Para determinar la incidencia de enfermedades respiratorias, se tomó como muestra a 113 personas quienes fueron encuestados sobre incidencia de enfermedades respiratorias entre niños, adolescentes, adultos y adultos mayores del total de pobladores circundantes al vertedero (botadero) municipal de Pucallpa,

muestra que ha sido determinada utilizando la formula estadística recomendada por (Aguilar, 2005).

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + k^2 * p * q}$$

Donde:

n: muestra (número de encuestas).

N: población circundante al vertedero de residuos sólidos de Pucallpa.

k: porcentaje de confianza 95% = 1,96

p: variabilidad positiva 0,5.

q: variabilidad negativa 0,5

e: porcentual de error de 5% = 0,05

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5 * 160}{(0,05^2 * (160 - 1)) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = 113,1629$$

$$n = 113$$

#### *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

Los datos se obtuvieron a través de tres actividades puntuales: la primera fue referida a la medición del volumen de metano que emite el vertedero; la segunda fue la aplicación de una encuesta para determinar la incidencia de este metano en la salud de la población específicamente aquella referida a las enfermedades respiratorias y el tercero, el procesamiento tanto de la emisión como de la encuesta que se hizo en gabinete.



*Estimación del volumen de gas metano*

Se trabajó de acuerdo al protocolo de monitoreo de la calidad del aire por DIGESA R.D 1405-2005.

Se consideró como metano al gas que se percibe a través del olfato que se caracteriza por un olor nauseabundo que es generado por la descomposición de residuos en el vertedero debido a las condiciones climáticas imperantes.

Para ubicar los puntos de muestreo se hizo el recorrido de la zona teniendo en consideración a la dirección de viento predominante en la zona (norte - sur), tanto a Barlovento y Sotavento.

Para determinar el radio de acción de las emisiones se realizó el monitoreo desde el ingreso al vertedero municipal de residuos sólidos hasta el lugar de acopio (distancia total 2,5 km). Cada punto fue georeferenciado a una distancia de 500 m (Ver detalles en la tabla 1).

**Tabla 1.**  
*Coordenadas de los puntos monitoreados en la entrada del botadero*

Puntos	Ubicación	Radio	Este	Norte
M1		2,5 km	531147	9068527
M2		2,0 km	531258	9068041
M3	Vertedero municipal de residuos sólidos de Pucallpa.	1,5 km	531378	9067562
M4		1,0 km	531499	9067071
M5		0,5 km	531616	9066588
M6		0,0 km	531735	9066105

Para el monitoreo de la emisión de metano, en cada punto descrito en la tabla 3, se utilizó el formato de la tabla 2.

Para el monitoreo de la emisión de metano, en el radio vulnerable se consideró doce (12) puntos de muestreo debidamente

georeferenciados con GPS. Para tal caso se tuvo en cuenta la existencia de los montículos de residuos sólidos más representativos del vertedero. Dichos montículos se localizaron en los puntos citados en la tabla 3.

**Tabla 2.**  
*Formato utilizado para monitoreo de la emisión de metano*

Puntos	Ubicación	Radio (km)	Metano (ppm)	Metan Min (ppm)	Metano Max (ppm)
M1		2,5		0	0



M2	Vertedero	2,0	0	0	0
M3	municipal de	1,5	0	0	0
M4	residuos sólidos	1,0	0	0	0
M5	de Pucallpa.	0,5	6	0	9
M6		0,0	11	4	18

**Tabla 3.**  
*Coordenadas de los puntos monitoreados en el botadero*

Puntos	Ubicación	Este	Norte
01		531675	9066274
02		531671	9066282
03		531670	9066289
04		531659	9066279
05		531657	9066293
06	Vertedero municipal de residuos sólidos de Pucallpa.	531656	9066282
07		531652	9066269
08		531669	9066233
09		531677	9066228
10		531668	9066225
11		531687	9066209
12		531692	9066212

El equipo empleado para la medición del volumen de la emisión de metano fue el AEROQUAL 300.



**Figura 1.** Equipo AEROQUAL con salida 0 a 5 Vdc.

Las partes principales de este equipo son: 1. Cabeza del sensor. 2. Energía y Stand By. 3. Pantalla. 4. Silenciamiento de la alarma. 5. Ingreso. 6 - 7. Desplazamiento y 8. Caja de la batería.

*Procedimiento para la recolección de datos*

El botadero municipal es un bien público, por tanto, el ingreso al área de estudio fue libre y sin restricciones, el cual se ubica en la ciudad de Pucallpa, Km 22 de la carretera Federico Basadre, interior 2,5 kilómetros.

Ya en el botadero se instaló la zona vulnerable de la emisión de metano; para ello se eligieron



12 montículos de basura los más representativos los cuales tuvieron una altura de 6 metros, con la finalidad de considerarlos como objeto de estudio, los que fueron georreferenciados de acuerdo al protocolo. En seguida con cargo al registro N° 1 del formato de medición se tomó la emisión del volumen de metano.

Para ubicar el área de influencia de la emisión de metano, se tomó como punto de partida al inicio del vertedero, haciendo un recorrido hacia la carretera Federico Basadre, cada 500 m, previa georeferenciación con GPS, se determinaron las respectivas coordenadas.

Para tomar la encuesta, se emplearon 113 fichas para igual número de personas en entrevistas sucesivas.

#### *Tratamiento de datos*

Los datos fueron ingresados al programa Excel para su procesamiento estadístico.

### **Resultados y discusión**

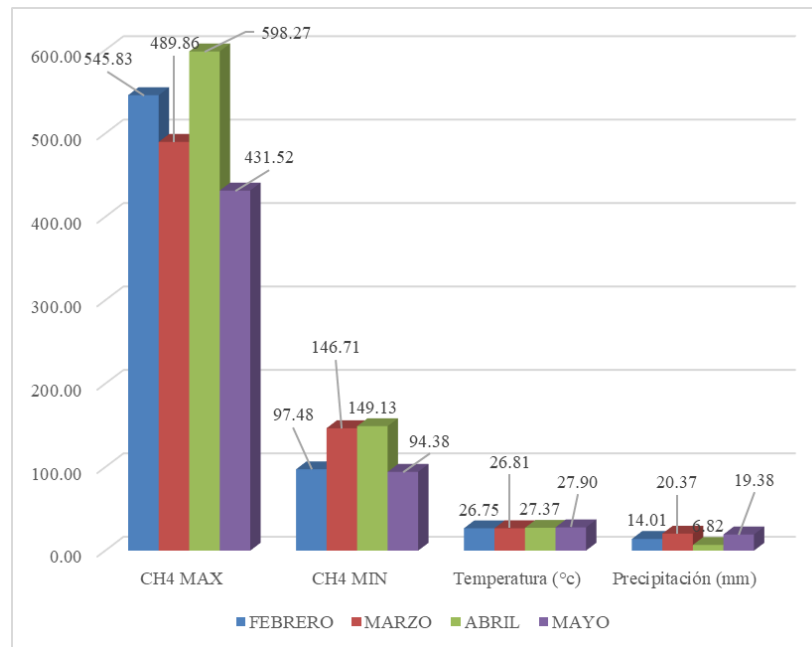
#### ***Emisión global de metano en la incidencia de las enfermedades respiratorias de la población circundante al vertedero***

#### ***municipal de residuos sólidos de Pucallpa – 2017***

En la Figura 1 se observa los promedios mensuales de los monitoreos realizados en un periodo de cuatro meses consecutivos (114 días). La fluctuación mensual de la emisión del metano en el vertedero varía de 100 a 500 ppm.

Se denota que la fluctuación está asociada a factores climáticos y culturales, teniendo en cuenta que para el aspecto climático, influye la temperatura y la precipitación, indicándose que, a mayor temperatura hay mayor emisión y cuando hay precipitación pluvial, baja ostensiblemente la emisión de metano.

En el aspecto cultural, el personal de limpieza que pertenece a la municipalidad realiza un proceso de remoción de los residuos sólidos. Esta labor es efectuada con maquinaria pesada que en la práctica “comprime y entierra” los montículos para formar una ruma uniforme y al mismo tiempo excava para preparar caminos, con ello facilita el acceso a las unidades que traen el residuo sólido a diario.



**Figura 1.** Emisión de metano en el vertedero municipal de residuos sólidos de Pucallpa, 2017.

La suma de la emisión de metano en el vertedero es alta (3004 ppm). Al respecto, Ortega (2017) menciona que el Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacionales (NIOSH) señala que en un período de 8 horas el límite de exposición al metano es de 1,000 ppm. El metano se considera asfixiante a concentraciones extremadamente altas y puede desplazar el oxígeno en la sangre. Si a ello se expone la vida humana principalmente de aquellos que trabajan en el reciclaje de residuos sólidos, el riesgo de contraer enfermedades afines es seguro. En este sentido, la municipalidad está

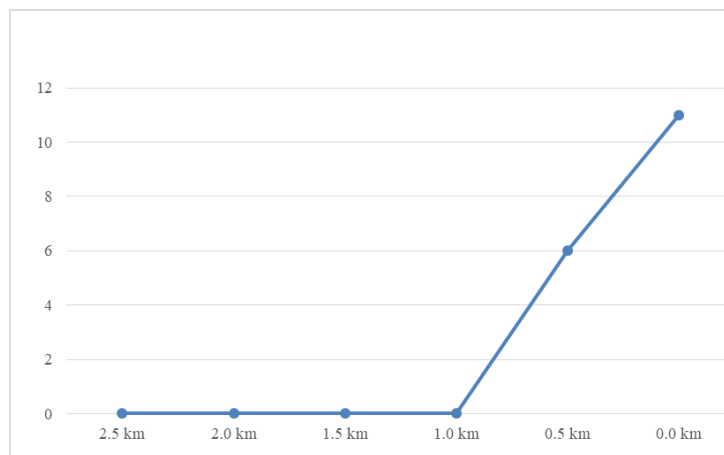
afectando la salud de los vecinos que por mala suerte hicieron su medio de vida en este sector.

Aliaga (2015) hace mención a un nivel máximo de emisión de 906 ppm y el mínimo de 204 ppm en el año 2015. Teniendo muchos factores que considerar durante un monitoreo como: las condiciones de la zona, temperatura, precipitaciones, equipos de medición y demás; durante la investigación realizada para el año 2017, se obtuvo niveles de emisión de hasta 3004 ppm y niveles mínimos de 02 ppm, el cual es justificable debido a las precipitaciones suscitada en el momento, por lo que no existe discordancia con el investigador.

En efecto, Román (2014) menciona que el control de las emisiones de metano forma parte de la estrategia europea de lucha contra los efectos del cambio climático, por ser uno de los componentes del calentamiento global, durante la formación profesional y la investigación se corroboró que dentro de las emisiones producto de la descomposición de

los residuos sólidos se encuentra el metano, el cual es un contaminante potencial, por lo cual se comparte lo mencionado por el autor en mención.

### *Radio de acción de la emisión de metano en el vertedero municipal de residuos sólidos de Pucallpa – 2017*



**Figura 2.** Área de influencia de la emisión de metano.

En la figura 2 se demuestra que la emisión de metano trasciende hasta un kilómetro de distancia. En efecto, a partir de los mil metros ingresando por la carretera la emisión aumenta exponencialmente para llegar a un punto máximo en el vertedero. En la práctica esta emisión se capta con el sentido del olfato percibiendo un olor nauseabundo que se intensifica a medida que se avanza hacia el vertedero.

Esta información implica que la población podrá acercarse sin problemas hasta una distancia de 1 km con respecto al basural. Se advierte que dentro de esta área las personas pueden transitar sin riesgo de contagiarse con enfermedades derivadas de la emisión de metano del vertedero. En otras palabras la emisión de GEI en esta zona está dentro de los mencionados por la convención marco de Las Naciones Unidas, sobre el cambio climático, donde según Martínez y Fernández (2004) en



el año 2100 oscilará entre -90 y +1970 parte por billón en volumen.

Inclusive la Municipalidad podrá autorizar la construcción de viviendas a partir de un radio de 1000 m a la redonda, tomando como parte central al vertedero. Por ninguna razón conviene autorizar el establecimiento de Asentamientos Humanos dentro del área de influencia del vertedero. Al respecto, se recomienda tomar medidas de acción inmediata porque a futuro se convertirá en un problema social.

Si las autoridades y la población hacen caso omiso a esta advertencia a futuro se presentará problemas, como el que sucede con el Caserío Nueva Unión, el cual se encuentra dentro de los 1000 m.

En este contexto, es importante entender que el vertedero es un mal necesario de cada ciudad. Pero, tiene un lugar específico que tanto las autoridades como la población deberán respetar. Así, es importante tomar énfasis en la planificación de programas de vivienda para establecer una ciudad ordenada. Quispe (2005) menciona que el basural no es malo, el problema es la actitud de la gente que no aprende a prevenir riesgos.

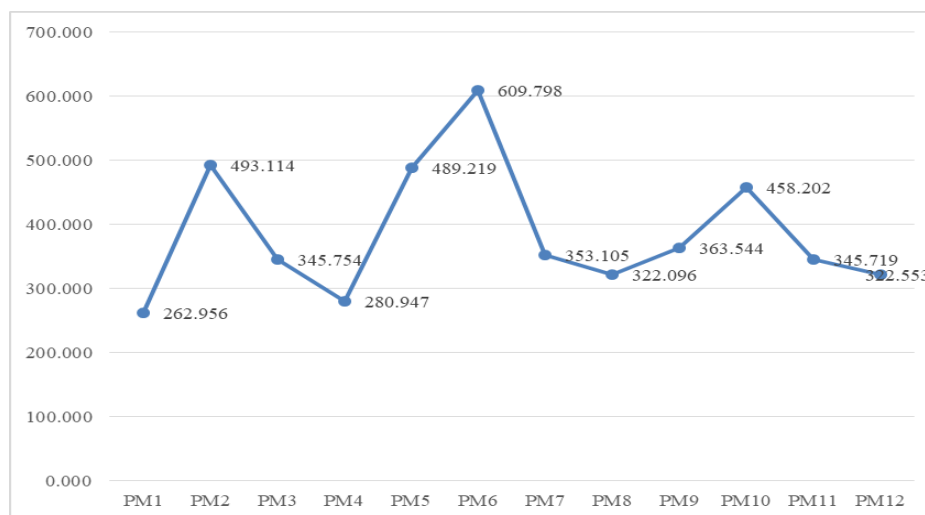
Como medida de mitigación y adaptación a los impactos de cambio climático derivado de la

exposición de los residuos sólidos es importante que las municipalidades desarrollen un plan de reforestación en el área de influencia del vertedero. La plantación al desarrollarse absorberá gran parte de los elementos tóxicos y creará un ambiente saludable para los vecinos, (Flores et al., 2012).

Gómez et al. (2008) realizó una descripción de la calidad del aire en el área de influencia del botadero de Navarro, en Cali, Colombia, quien indica al metano como fuente principal de emisión y son dispersados por acción del viento, observándose gradientes de concentraciones altas de metano en esta zona. Para esta investigación la influencia de la emisión del metano en el vertedero municipal de residuos sólidos de Pucallpa es a partir de un radio de 5 km, teniendo en cuenta lo mencionado por el autor en discusión es cierto que la emisión es dispersado por acción del viento, por lo que existe variaciones en los monitoreos realizados sin dejar de lado otros factores. Sin embargo se acota que en esta zona de la ciudad el metano presenta gradientes de concentraciones altas, convirtiéndose esto en un problema a nivel mundial.



***Emisión de metano en el radio vulnerable del  
vertedero municipal de residuos sólidos de  
Pucallpa – 2017***



**Figura 3.** Emisión de metano en zona vulnerable

La figura 3 muestra que la emisión del metano en la zona vulnerable también varía de un montículo a otro montículo. El olor diferenciado probablemente se debe al contenido de una mayor concentración de materia orgánica entre montículos. Estos al descomponerse por efecto de la temperatura huelen unos más que otros.

El nivel del metano en la zona vulnerable fue estimado entre 262,9 y 609,7 ppm. Este volumen es elevado y peligroso para los moradores que viven en su entorno incluido las plantas y animales sean domésticos o silvestres. El olor afecta a todo ser vivo que

respira oxígeno, contaminan el ambiente y crea un espacio irrespirable.

Según Chung (2003) si no se toma medidas de reducción de la contaminación que genera este recurso, el riesgo de las enfermedades será permanente. Martínez et al. (2007) indica que puede provocar o agravar afecciones respiratorias y cardíacas, además puede acelerar enfermedades pulmonares o cardíacas crónicas. Puede afectar a mujeres embarazadas, ancianos y niños, sobre todo a los trabajadores que permanecen expuestos a la basura.



El metano es considerado un gas no irritante cuyo efecto lo ejerce desplazando el oxígeno del aire inspirado lo cual absorbiéndose en la sangre provoca un efecto a nivel sistémico, lo que afecta principalmente el funcionamiento tisular. Provocando hipoxia tisular lo que permite definirlo como un gas asfixiante. Bejarano y Prieto (2014) menciona que el gas puede reemplazar más del 85% del aire inspirado y reducir la concentración de oxígeno inspirado a menos del 15% antes de que la mayoría de los individuos experimenten ningún efecto adverso.

El problema que más preocupa es la presencia de personas que supuestamente trabajan como recicladores voluntarios que han encontrado un medio de ocupación en este basural. Por razones obvias, ellos permanecen sin protección alguna respirando aire de un ambiente contaminado. Si ellos se enferman constituyen un problema social porque acuden a los centros de salud pública y generan gasto al Estado.

Es importante que la municipalidad los empadrene para proporcionarle elementos de protección como son mascarillas, herramientas u otros enseres para facilitar su trabajo y tener menos enfermos que abarrotan los hospitales. En cierto modo, la

municipalidad también es corresponsable del problema por crear un vertedero que atenta contra la salud de las personas. Era más viable crear una industria próspera dedicada al reciclaje de los residuos sólidos. Sin embargo, para deslindar responsabilidades la gente que trabaja en el basural deberá ser advertido con las consecuencias a la que se expone.

En efecto, si se quiere dar una solución integral a este problema es importante establecer un centro de reciclaje industrializando los componentes de los residuos sólidos más representativos. La materia orgánica se convierte en abono y otros (Quispe, 2015). Los plásticos se convierten en diversos objetos (ladrillos, placas prefabricadas, telas, etc.). Los metales son recuperados y reutilizados o eliminados. Los vidrios en piezas de arte, porta velas, floreros, etc.

#### ***La incidencia de enfermedades respiratorias por la emisión de metano en los radios vulnerables del vertedero municipal de residuos sólidos de Pucallpa – 2017***

En la figura 4, se observa que la mayor parte de las enfermedades que padece la población circundante al vertedero de la municipalidad constituyen las intoxicaciones seguido de la dificultad para respirar, alergia, asma, gripe entre otros que en forma genérica se refiere a

las enfermedades de tipo respiratorio. También existe enfermedades asociadas como el dengue, conjuntivitis, sarpullidos, infecciones, nausea y otros que según Barragán (2010) se derivan de los residuos sólidos descompuestos o de la emisión de metano.

Estos resultados indican que el metano emitido por el vertedero es un foco que incide directamente en la salud de los pobladores.

Los vectores que trasladan los factores contaminantes son las moscas. Estas al desplazarse a zonas alejadas contaminan ambientes sanos y personas con sistema inmune deficiente (Castro, 2014).

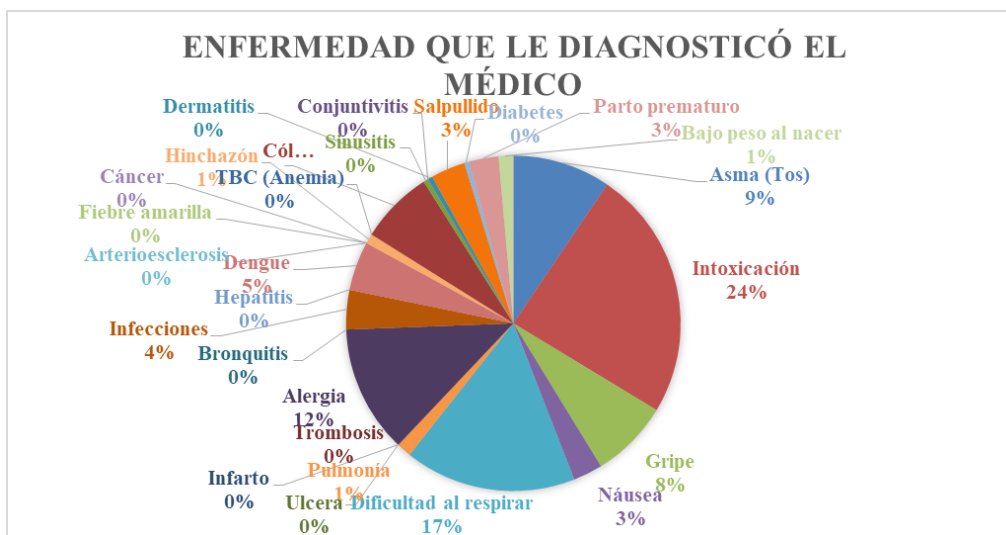


Figura 4. Enfermedades visualizadas en el ámbito del vertedero

**Conclusiones**

El radio de acción del metano emitido captado por el equipo de medición analógico AEROQUAL 300 indica que es desde los 0 km hasta 0,5 km de distancia del vertedero municipal de residuos sólidos, en el cual se detectó una emisión máxima de 9 ppm.

El radio vulnerable por emisión de metano está dentro de los 0 km del vertedero municipal de Pucallpa (mismo lugar de acopio), en el cual se detectó una emisión de metano máxima de 18 ppm.

A causa de la emisión de gases por la descomposición de los residuos, el 88% de la población circúndate al vertedero municipal



de Pucallpa, manifiesta problemas de intoxicación (24%), dificultades respiratorias (17%), alergias (12%) y otros problemas de salud (47%).

### Referencia bibliográfica

Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. Recuperado de <http://www.redalyc.org/service/redalyc/downloadPdf/487/48711206/F%F3rmulas+para+el+c%Elculo+de+la+muestra+en+investigaciones+de+salud/2>

Aliaga, C. (2015). Sistema ambiental de riesgo de la concentración y dispersión del metano (tesis de pregrado). Universidad Alas Peruanas, Perú.

Barragán, H. (2010). Desarrollo, salud humana y amenazas ambientales. Recuperado de <http://hdl.handle.net./10915/26595>

Bejarano, M., y Prieto, F. (2014). Estudio de la intoxicación por monóxido de carbono y otros gases en Colombia notificados al Sivigila en los años 2010 y 2011 (tesis de maestría). Universidad de ciencias aplicadas y ambientales, Bogotá

Castro, J. (2014). Anticuerpos estreptolisina o y su importancia clínica en fiebre reumática en los habitantes del barrio colinas del este de la ciudad de Jipijapa, periodo mayo-octubre de 2014. Recuperado de <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/558>

Chung, A. (2003). Análisis económico de la ampliación de la cobertura del manejo de residuos sólidos por medio de la segregación en la fuente en Lima Cercado, 2003. Recuperado de [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/ingenie/chung\\_pa/chug\\_pa.htm](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/ingenie/chung_pa/chug_pa.htm)

Dirección General de Salud Ambiental. (2011). Política Nacional de Salud Ambiental 2011 - 2020. Recuperado de <http://www.digesa.sld.pe/publicaciones/descargas/POLITICA-DIGESAMINSA.pdf>

Flores, N., Mendizábal, L., y Alba, J. (2012). Potencial de captura y almacenamiento de CO2 en el valle de Perote estudio de caso: Pinus cembroides subsp. Orizabensis D.K. Bailey. Foresta Veracruzana. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49724122003> ISSN 1405-7247

González, J. (2013). Alternativas para la reducción de emisiones de metano. CEGESTI, 246, 1-4. Recuperado de [http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion\\_246\\_25113\\_es.pdf](http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_246_25113_es.pdf)

Gómez, R., Filigrana, P. y Méndez, F. (2008). Descripción de la calidad del aire en el área de influencia del Botadero de Navarro, Cali, Colombia. Redalyc. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28339306>.



- Jaramillo, G. y Zapata, L. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia, [s.n.].
- Martínez, J y Fernández, A. (2004). Cambio climático: una visión desde México. Recuperado de: <http://www.academia.edu>
- Martínez, E., Mario, C., Daniels, F., y Montoya, A. (2007). Contaminación Atmosférica y Efectos sobre la salud de la población Medellín y su área metropolitana. Recuperado de <http://www.sabaneta.gov.co/institucional/DocumentosMunicipio>
- Ortega, D. (2017). Implementación de un prototipo para el monitoreo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) y metano (CH<sub>4</sub>) en lugares residenciales utilizando el sistema operativo android y arduino (tesis pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.
- Ospina, N. (s.f). La exposición a aire contaminado afecta los pulmones y el corazón. 1DOC3. Recuperado de <https://www.1doc3.com/articulos/175/1a-exposicion-contaminacion-ambiental-afecta-los-pulmones-y-el-corazon>.
- Quispe, A. (2015). El valor potencial de los residuos sólidos orgánicos, rurales y urbanos para la sostenibilidad de la agricultura. Revista mexicana de ciencias agrícolas. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342015000100008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000100008&lng=es&tlng=es).
- Román, R. (2014). El gas metano: riesgo para la salud humana y el medio ambiente. Recuperado de <http://www.everde.cl/2014/01/el-gas-metanoriesgo-para-la-salud.html>
- Ramírez, J., y Torres, V. (2017). El gas metano: riesgo para la salud humana y el medio ambiente. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/355746859/GNBC>.

