

# Gas metano y ambiente laboral en el compostaje de la empresa INVERGEP S.A.C., Chancay, Lima, Perú

## Methane gas and labor environment in the composting of the company INVERGEP S.A.C., Chancay, Lima, Peru

Recibido: mayo 11 de 2022 | Revisado: mayo 20 de 2022 | Aceptado: mayo 30 de 2022

RAFAEL CHUQUICONDOR VILLAFUERTE<sup>1</sup>

LEONARDO DANTE ACUÑA DELGADO<sup>2</sup>

DONATO POMAR HUAMALIANO<sup>3</sup>

JULIÁN CCASANI ALLENDE<sup>4</sup>

OSIAS POMAR HUAMALIANO<sup>5</sup>

VIOLETA LEONOR ROMERO CARRIÓN<sup>6</sup>

### RESUMEN

El objetivo del presente artículo es la determinación del nivel de relación entre el gas de metano y las enfermedades ocupacionales de tipo respiratorias (rinitis, nasofaringitis y bronquitis) en los trabajadores de la planta compostaje y vermicompost de la empresa INVERGEP S.A.C., ubicada en Chancay, provincia de Huaral del departamento de Lima. Esta investigación es aplicada, de nivel descriptivo y explicativo, diseño no experimental y tipo transversal. Se realizó el análisis documental, el equipo analizador de gases fue el Areoqual 300 (para el metano, en ppm). Adicionalmente, se aplicó una encuesta para determinar la influencia por la exposición de los colaboradores en las enfermedades respiratorias. Se concluye que los niveles de influencia del gas de metano en la salud del trabajador de acuerdo con los síntomas manifestados por los colaboradores son de nivel medio y muy bajo en la planta de compostaje/vermicompost por ser un proceso aeróbico. El índice de exposición fue 0.52, identificando el peligro como un factor moderadamente bajo, con un pronóstico en que a mayor tiempo de exposición del trabajador podría causar deterioro de su salud. Finalmente, existe un nivel de relación moderado entre el gas de metano y las enfermedades ocupacionales ya que se encontró Rho de Spearman = 0.590 (correlación positiva), indicador de que existe un grado de relación a mayores niveles de gases de metano, habrá niveles superiores de enfermedades ocupacionales de tipo respiratoria.

**Palabras clave:** metano, compost/vermicompost, rinitis, nasofaringitis, bronquitis, salud

### ABSTRACT

The objective of this article is to determine the level of relationship between methane gas and occupational respiratory diseases (rhinitis, nasopharyngitis and bronchitis) in the workers of the composting and vermicompost plant of the company INVERGEP S.A.C. located in Chancay, Huaral province of the department of Lima. This research is applied, descriptive and explanatory level, non-experimental design and cross-sectional type. The documentary analysis was carried out, the gas analyzer equipment was the Areoqual 300 (for methane, in ppm). Additionally, a survey was applied to determine the influence of the exposure of employees on

1 Universidad Nacional Federico Villarreal - Ingeniería Agroindustrial, Lima - Perú

2 Universidad Nacional Federico Villarreal - Ingeniería Agroindustrial, Lima - Perú

3 Universidad Nacional Federico Villarreal - Ingeniería Industrial, Lima - Perú

4 Universidad Nacional Federico Villarreal - Ingeniería Industrial, Lima - Perú

5 Escuela Tecnológica de Administración - Administración, Lima - Perú

6 Grupo de investigación EcoDes. Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima - Perú

Autor de correspondencia:  
rchuquicondor@unfv.edu.pe

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. Este artículo se distribuye en los términos de la Licencia Creative Commons Atribución No-comercial - Compartir-Igual 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial contactar a: [revistacampus@usmp.pe](mailto:revistacampus@usmp.pe).

<https://doi.org/10.24265/campus.2022.v27n33.05>

respiratory diseases. It is concluded that the levels of influence of methane gas on the health of the worker according to the symptoms manifested by the collaborators are of a medium and very low level in the composting/vermicompost plant because it is an aerobic process. The exposure index was 0.52, identifying the hazard as a moderately low factor, with a prognosis that a longer exposure time of the worker could cause deterioration of his health. Finally, there is a moderate level of relationship between methane gas and occupational diseases since Spearman's  $Rho = 0.590$  (positive correlation) was found, indicating that there is a degree of relationship at higher levels of methane gas, there will be higher levels occupational respiratory diseases.

**Keywords:** methane, compost/vermicompost, rhinitis, nasopharyngitis, bronchitis, health

## Introducción

Casi toda la población mundial (99%) respira un aire que supera los límites de calidad recomendados por la OMS (Organización Mundial de la Salud). Esto conlleva que las personas siguen respirando niveles insalubres de materia particulada fina y dióxido de nitrógeno, y quienes viven en los países de ingresos bajos y medianos son los que sufren las exposiciones más altas. La actualización del año 2022 de la base de datos de la OMS sobre la calidad del aire, introduce por primera vez mediciones en tierra de las concentraciones medias anuales de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). También incluye mediciones de partículas con diámetros iguales o inferiores a 10  $\mu\text{m}$  (MP10) o 2,5  $\mu\text{m}$  (MP2,5). Ambos grupos de contaminantes se originan, principalmente, en las actividades humanas (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2022).

Además, la mayoría de los botaderos de las metrópolis en gran escala no están autorizados para disponer los residuos sólidos, la carencia de políticas de estado orientados al sector no solo significa fuentes productoras de gas contaminante, también es lugar de producción de

agentes biológicos de transmisión, emisor de partículas finas ocasionados por incendios casuales o intencionados, con importantes cargas de contaminantes a la atmósfera en los espacios urbanos. En las zonas rurales, la quema de malezas y restos de cosechas se siguen permitiendo y es una actividad rutinaria en muchos países, lo que afecta a la calidad del aire en el ambiente. (OPS, 2016)

El Ministerio del Ambiente reporta que el Perú genera 19,000 toneladas al día de residuos sólidos comunes. El 54% corresponde a residuos orgánicos, 20% a residuos valorizables, 19% pertenece a residuos no valorizables mientras que el 7% es de naturaleza peligrosa. (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2019).

La generación de los residuos sólidos de origen agrícola, pecuario, comercial y agroindustrial en el Perú es considerada como una importante fuente de emisiones de gases de metano que causan problemas ambientales, enfermedades en la salud pública que afectan el ecosistema, la diversidad de plantas y animales silvestres naturales. Las técnicas de compostaje, vermicompost (*Eisenia Foetida*) y la digestión aeróbica como muestra fuente de materia orgánica se

tiene, principalmente, el estiércol de vacuno procedente de los corrales de crianza intensiva y restos vegetales secos (pajas, heno de alfalfa, podas de césped, mariales del compostaje mediante el sistema de pilas cuyo producto es el compost.

Vila (2017) presentó su tesis denominada Implementación de Manejo de Residuos Orgánicos en Áreas Verdes en la que consta la práctica de los procesos de tratamiento de la materia orgánica mediante las técnicas de Compostaje, Vermicompostaje y la Digestión Anaeróbica. Todo esto fue en el marco de un Programa de Manejo de Residuos Orgánicos implementado en el club recreativo La Granja Villa y su Mundo Mágico. Como resultado con la Implementación del Manejo de Residuos Orgánicos logró obtener una producción de 20 TM de compost, 110 Kg de vermicompost y 1000 Kg de biosol por año. Así mismo, se dejó de liberar al medio ambiente 1500 m<sup>3</sup> de gas metano.

Otro estudio realizado en estimar la emisión del gas de metano fue efectuado por Reátegui (2017), que originado por la gestión de la biomasa de estiércol de vacunos lecheros en dos sistemas de producción y alimentación. Este estudio se colectó de 24 establos de la Irrigación Majes diferenciados por sistema de producción. Dio como resultado la tasa de excreción, digestibilidad y energía bruta proveniente del estiércol por el sistema intensivo de  $5.78 \pm 0.78$ ,  $70.45 \pm 2.30$  y  $361.41 \pm 42.05$  MJ/día, respectivamente.

Los materiales de desechos denominados biomasa residual mediante el uso de microorganismos en una cámara hermética sistema anaeróbico tienen resultados de

acuerdo al control de parámetros 40°C, tiempo de fermentación 30 días de 6 PSI (libras por pulgada cuadrada). Se concluye que con el uso de los residuos se puede generar metano y biol rico en nitrógeno y fósforo (Gonzabay & Suarez, 2016). El material orgánico y aguas residuales son capaces de producir gas de metano en las condiciones anaeróbicas y de temperatura. Considerando a los diferentes materiales o desechos como el bagazo de caña y residuos orgánicos de origen vegetal en un sistema de codigestión (Feijoo & Villacreses, 2020)

El presente trabajo se justifica como un aporte a la reducción del gas de metano en el ambiente del trabajador en los sistemas de producción de los residuos sólidos utilizando técnicas como el balance de material rico en carbono y nitrógeno, compostaje/vermicompost, ejecutado en la empresa INVERGEP S.A.C. El propósito de la investigación es minimizar la dispersión de los residuos orgánicos en los rellenos sanitarios, botaderos, lugar de prácticas de quemas, enterramientos; accionando el control de los impactos ambientales.

En cuanto a la calidad, se trata de garantizar que el producto se caracterice con el etiquetado, su composición físico químico (humedad, materia orgánica, impurezas y nutrientes minerales) y con ello minimizar su impacto en el medio ambiente, salud humana, animal y vegetal (Ansorena, 2016).

Las limitaciones del presente estudio se deben a la escasez de recursos hídricos en las zonas rurales, transferencia de técnicas de compostaje. Por otro lado, los agricultores carecen de hábitos, conocimientos y conciencia ambiental.

## Método

El tipo de investigación es aplicada, con nivel descriptivo y explicativo. Pereira (2011), señala que los diseños mixtos se han ido posicionando, en la actualidad, como una estrategia de investigación que permite combinar la metodología cualitativa y cuantitativa, aun cuando estas en el pasado se han encontrado con posturas opuestas (p. 11). El diseño es no experimental – transversal. Hernández et al. (2010) citado por Arbaiza (2014) determina que lo característico de este tipo de diseño es que no se efectúa una manipulación intencional de las variables independientes, sino que los fenómenos se estudian tal y como suceden en su ambiente natural (p. 143).

La técnica aplicada consiste en el análisis de documentos, encuestas, y observación. Con ellos, se identificaron los siguientes instrumentos: la ficha bibliográfica, el cuestionario y el diario de campo. El equipo utilizado como analizador de gases es el Areoqual 300. Este equipo ayuda en la medición del

volumen de la emisión de metano en el aire, su unidad de medida es ppm (partícula por millón). Se empleó en la aplicación de encuesta para determinar la influencia por la exposición de los colaboradores en las enfermedades respiratorias.

Según Sepúlveda & Alvarado (2013), el método para hacer las mediciones del gas metano tuvo la siguiente información: el balance del material, volumen de la pila, contenido de humedad y % de porosidad. En la relación carbono nitrógeno al momento de mezclar el compost, la pila debe tener una razón de 30,28; que según la teoría nos indica que el rango debe ser entre C/N (carbono/nitrógeno) 25 y 30 siendo lo ideal 30. Estas condiciones serán favorables para que el compostaje pueda tener una adecuada población microbiana. Mientras progresa la actividad biológica, la concentración de O<sub>2</sub> baja y la concentración del CO<sub>2</sub> aumenta. Si la concentración media de O<sub>2</sub> en el material es menor al 5%, la descomposición del material se vuelve anaerobia (p. 3).

**Tabla 1**

*Componentes físicos de materiales*

Ingredientes	Humedad %	Peso seco%	Nitrógeno%	Carbono%	C/N
Hojarasca	40	60	1,4	50,0	35.71
Bobinaza	45	55	2,3	28,1	12.22

*Nota.* Paschoal (1994), en su guía técnica de “Produção orgânica de alimentos”.

En la Tabla 1 y siguiente se presentan los datos que permiten calcular mediante la fórmula lo siguiente:

$$R = \frac{\{Q1[C1 \times (100 - M1)] + Q2[C2 \times (100 - M2)] \dots \dots \dots\}}{\{Q1[N1 \times (100 - M1)] + Q2[N2 \times (100 - M2)] \dots \dots \dots\}}$$

$$R = \frac{[1[50(100 - 40)] + 0.2[28.1(100 - 45)]]}{[1[1.4](100 - 40) + 0.2[2.3(100 - 45)]]}$$

Entonces podemos verificar que los datos teóricos y la proporción del material o ingrediente que se requiere

para que la biomasa pueda funcionar de manera eficiente resultan:

$$R = \frac{[1[50(60)] + 0.2[28.1(55)]]}{[1[1.4](60) + 0.2[2.3(55)]]} = 30,28$$

La relación carbono nitrógeno en nuestra mezcla de la pila tiene una razón de 30,28 que según la teoría nos indica que el rango debe ser entre C/N 25 y

30, siendo lo ideal 30. Estas condiciones serán favorables para que el compostaje pueda tener una adecuada población microbiana.

**Tabla 2**

*Cálculo de la mezcla carbono nitrógeno*

Ingredientes	Cantidad (kg)	Agua (kg)	Materia seca	Nitrógeno %	Carbono %	C/N
Hojarasca	1,0	0,40	0.60	0,01	0,30	35,71
Bobinaza	0,2	0,09	0.11	0,00	0.03	12,22
<b>Total</b>	<b>1,2</b>	<b>0,49</b>	<b>0,71</b>	<b>0,01</b>	<b>0,33</b>	<b>30,28</b>
Humedad de la mezcla (%)			40,83		Relación C/N	30,28

*Nota.* Los datos de la tabla indican que al calcular las cantidades de los materiales como ingredientes son ricos en nitrógeno y carbono en la relación de 1:0,2. Datos obtenidos de PNUD – INFAT (2002).

De la Tabla 2 se determina que la humedad de la mezcla es 0,49 % debido a la cantidad de agua añadida (suponemos que la densidad del agua es 1, es decir,

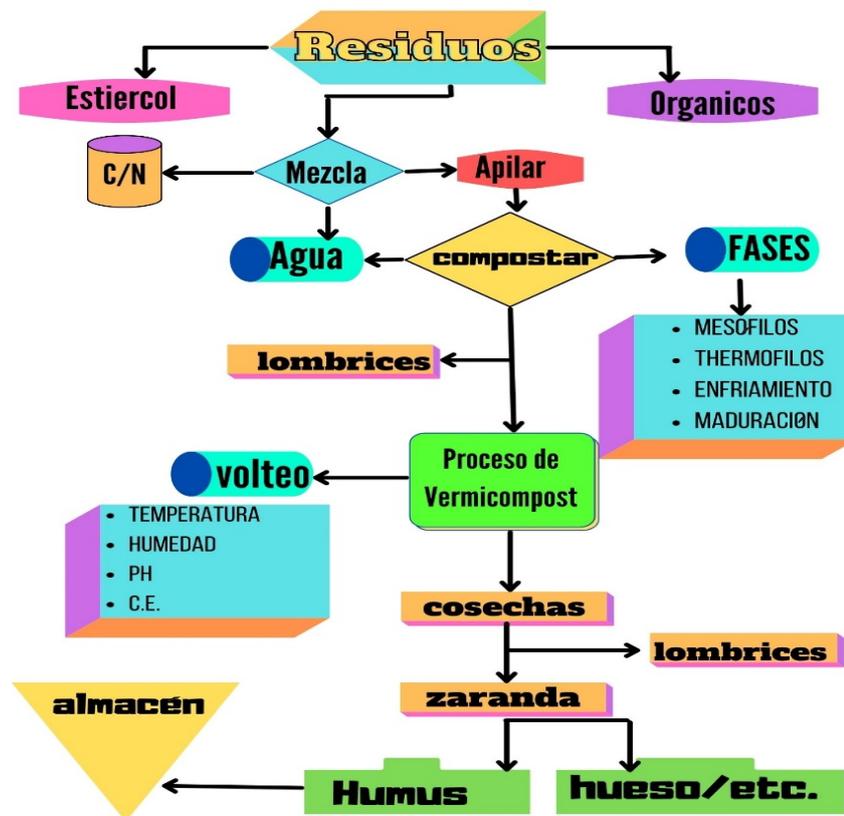
1 litro pesa 1 kg). Se calcula con estos valores hasta lograr que la relación C/N esté entre 25-35 y la humedad sea 35-40%.

$$R = \frac{(R \times \%Nn) - (\%Cn)}{\%Cc - (R \times \%Nn)}$$

$$R = \frac{(30 \times 2.3) - (28.1)}{50 - (30 \times 1.4)}$$

$$R = \frac{(69) - (28.1)}{50 - (28.6)} = 1.19$$

**Figura 1**  
*Esquema de Producción de Compost/Vermicompost*



*Nota.* La figura ilustra el proceso del compostaje/vermicompost en las fases de descomposición de la biomasa residual, etapas de mayor exposición para los colaboradores.

**Tabla 3**  
*Cálculo del índice de explosión en las operaciones de los procesos*

Gases de metano		653.98	VLA-ED (mg/m <sup>3</sup> )
<b>Jornada</b>			
		<b>Operaciones</b>	<b>Tiempo (min)</b>
			<b>Concentración (mg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>CH<sub>4</sub></b>		riegos	120
		Remoción de pilas	120
		control de parámetros	60
		Volteo y oxigenación	180
Tiempo de muestra (min)	480		
Índice	0.52		
Tiempo de exposición	480		

*Nota.* En la Tabla 3, los resultados obtenidos en el proceso de compost, fase thermofilo registran 338.11 mg/m<sup>3</sup> de metano en la operación de remoción de pilas donde los colaboradores tienen el mayor tiempo de exposición en las emisiones de vapor. Mediante la siguiente ecuación se obtiene el índice de exposición:

$$ED = \frac{C_1 \times T_1 + C_2 \times T_2 + C_3 \times T_3}{T_1 + T_2 + T_3}$$

Reemplazando los datos de la Tabla 3 tenemos :

$$ED = \frac{120 \times 88.04 + 120 \times 338.11 + 120 \times 90.9 + 180 \times 591.2}{120 + 120 + 60 + 180}$$

$$ED = 339.6$$

$$\text{Índice de exposición } I_1 = \frac{ED}{VLA-ED}$$

$$\text{Índice de exposición } I_1 = \frac{339.6}{653.98}$$

$$I = 0.5192819352 \quad I = 0.52$$

Siendo el índice de exposición 0.52, dato relativamente de nivel bajo, identificando el peligro como un factor moderadamente bajo con un pronóstico en que a mayor tiempo de exposición del trabajador podría causar lesiones a su salud. Por lo que es pertinente implementar medidas de prevención y protección basadas en los indicadores o

datos obtenidos que servirán para medir las horas de exposición del trabajador. Lo atinado es planificar una vigilancia periódica de la concentración ambiental, con la finalidad de comprobar de forma segura que la exposición se mantiene por debajo de los límites de forma continua a lo largo del tiempo.

**Tabla 4**

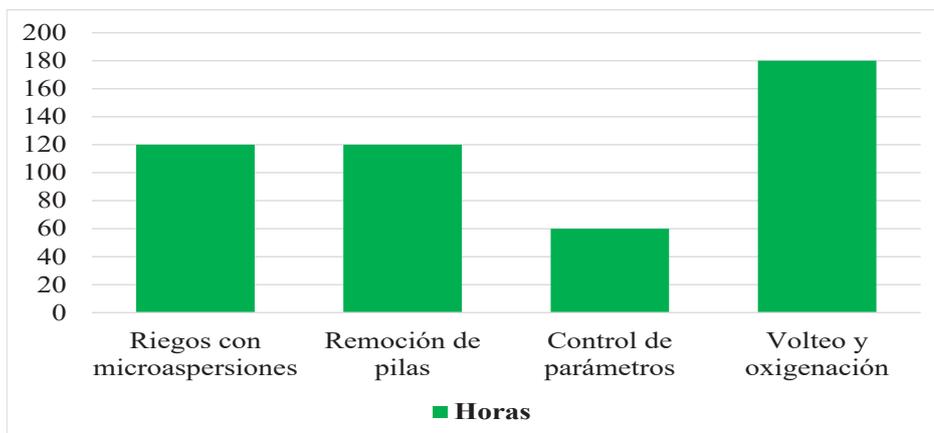
*Trabajador expuesto en una jornada laboral*

Operaciones	Tiempo de exposición en (minutos)	Observaciones
Riegos con microaspersiones	120	Manipulación de accesorios
Remoción de pilas	120	manual
Control de parámetros	60	T°, Ph, Hr.
Volteo y oxigenación	180	remover

*Nota.* El tiempo de exposición en la actividad de volteo y oxigenación se registró 180 minutos.

**Figura 2**

*Tiempo de exposición en minutos por operación*



*Nota.* Registro en la zona de operaciones del manejo de compost en la empresa INVERGEP S.A.C.

**Tabla 5**

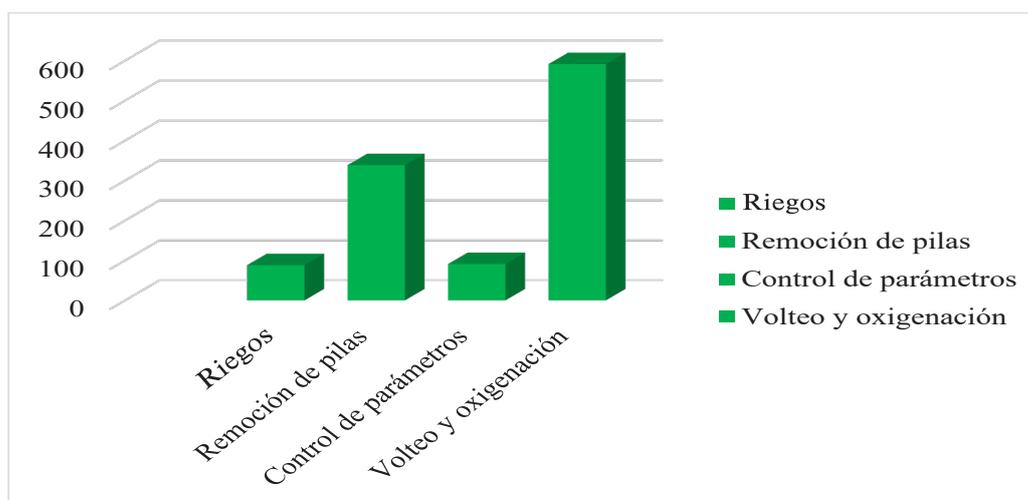
*Trabajadores expuestos en una jornada laboral*

Operaciones	Concentración mg/	Observaciones
Riegos con microaspersiones	88.04	Manipulación de accesorios
Remoción de pilas	338.4	manual
Control de parámetros	90.9	T°, ph, Hr.
Volteo y oxigenación	591.2	remover

*Nota.* Datos de operaciones de campo de la empresa INVERGEP S.A.C. En la tabla se muestra el trabajo de las operaciones durante una jornada, aquí el tiempo de exposición es de acuerdo con la capacidad productiva de la planta de composta/vermicompost.

**Figura 3**

*Operaciones principales, concentración del metano*



*Nota.* En la Tabla 5 y Figura 3 se cuantifica 591.2 mg/m<sup>3</sup> de gas de metano, reporte registrado, como valor más alto en la actividad. Así mismo, las operaciones de remoción de pilas data 338.4 mg/m<sup>3</sup>, confirma que el sustrato en estado de movimiento genera mayor cantidad de vapores y gases.

## Resultados

El metano es un compuesto que se genera en los residuos en el proceso de

descomposición de alto contenido de humedad ocasionado por microorganismos de tipo metanogénesis en condiciones anaeróbicas.

**Tabla 6**

*Correlación entre el gas de metano y enfermedad ocupacional de tipo respiratorio*

	Rho de Spearman	Gas de metano	Enfermedad respiratoria
Gas de metano	coeficiente de correlación	1,000	0.590
	sig. (bilateral)		0.001
	N	27	27
Enfermedad ocupacional del trabajador	coeficiente de correlación	0,590	1,000
	sig. (bilateral)	0,001	
	N	27	27

*Nota.* En la tabla, los resultados del trabajo de investigación del gas metano están relacionados en un nivel positivo con la enfermedad ocupacional de tipo respiratoria. Es decir, si se reduce los niveles de concentraciones de metano en el aire existirá menor influencia de enfermedad ocupacional. Además, según la correlación de Rho de Spearman de 0,590 representa correlación moderada.

Así mismo, asumiendo el valor de  $p = 0.001$ , se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Entonces, existe relación significativa entre los

gases de metano y las enfermedades ocupacionales de tipo respiratorio en los trabajadores de la empresa INVERGEP.

**Tabla 7**

*Problemas a causa de la rinitis*

Enfermedades rinitis	Muy baja 1	Baja 2	Medio 3	Alta 4	Muy alta 5
Secreción nasal	8	6	11	1	1
Ojos irritados y llorosos	7	3	12	4	1
Pérdida del sentido del olfato	5	7	9	6	0
Infecciones	7	1	13	6	0
<b>Resultados</b>	<b>23%</b>	<b>16%</b>	<b>40%</b>	<b>18%</b>	<b>6%</b>

De acuerdo a la Tabla 7, el 23 % de los encuestados manifestó haber presentado desde líquido claro o moco espeso en la nariz y fosas nasales en un nivel muy bajo, mientras que el 16% declara haber sufrido infecciones en las vías respiratorias y alergias. Así mismo, al 40% de los colaboradores en un nivel

medio presentó síntomas de rinitis, el 18% de los trabajadores en un nivel alto, mostró síntomas de afecciones respiratorias. Finalmente, el 6% de los participantes confirmó en un nivel muy alto haber sufrido alguna de los síntomas mencionados.

**Tabla 8**  
*Enfermedades rinitis*

Enfermedades de rinitis	Muy baja	Baja	Medio	Alta	Muy alta
	1	2	3	4	5
Pérdida de peso	10	8	6	3	0
Irritación en la piel	12	6	9	0	0
Inflamación de la mucosa de nasal	8	8	7	3	1
Asma alérgica	11	7	8	0	1
Estornudos	13	7	3	3	1
<b>Resultados</b>	<b>37%</b>	<b>25%</b>	<b>24%</b>	<b>9%</b>	<b>5%</b>

En la Tabla 8, se ilustra que el 37% de los colaboradores manifiesta que los síntomas son muy bajos, mientras el 25% de trabajadores afirma que las afecciones son bajas. Por otro lado, el 24% de los colaboradores que labora siente que el nivel es medio. El 9% de los encuestados

considera que la rinitis es alta, y por último el 5% responde que es muy alta. Ambas tablas (7 y 8), proporcionan diferentes problemas respiratorios, pérdida de peso e incluso enfermedades en la piel, padecidos por los colaboradores de INVERGEP a causa del gas metano.

**Tabla 9**  
*Enfermedades de nasofaringitis*

Enfermedad nasofaringitis	Muy baja	Baja	Medio	Alta	Muy alta
	1	2	3	4	5
Dolor de garganta	15	8	4	0	0
vómitos	13	6	6	2	0
Falta de energía	14	9	3	1	0
Dolor abdominal	9	7	7	4	0
<b>Resultados</b>	<b>43%</b>	<b>27%</b>	<b>19%</b>	<b>9%</b>	<b>4%</b>

Respecto a la enfermedad de nasofaringitis con síntoma vírica e infecciosa, el 43% manifiesta que es muy baja, el 27 % la considera como

afecciones bajas, el 19 % refiere que es media. Para el 9% constituye afecciones altas y el 4% dice que la enfermedad es muy alta.

**Tabla 10**  
*Bronquitis*

Enfermedad Bronquitis	Muy baja	Baja	Medio	Alta	Muy alta
	1	2	3	4	5
Dolor de cabeza	9	14	4	0	0
Malestar de todo el cuerpo	9	7	7	3	1
Tos con flema	15	8	4	0	0
Asfixia	17	5	3	1	1
Asma bronquial	13	10	2	1	1
<b>Resultados</b>	<b>43%</b>	<b>31%</b>	<b>15%</b>	<b>6%</b>	<b>5%</b>

En la Tabla 10, el 43% de encuestados respondió sobre los síntomas de bronquitis como muy baja, mientras que el 31% confirmó que fue baja. Por otro lado, el 15% de los colaboradores afirmó que la afección es media y el 6 % la ha considerado con un valor muy alto.

### Discusión

El presente trabajo de investigación se planteó como objetivo general determinar el nivel de relación que existe entre el gas de metano y las enfermedades ocupacionales de tipo respiratorio del trabajador en la planta de compostaje/vermicompost en la empresa INVERGEP S.A.C. en el año 2021.

Lopez et al., (2016), señalan en un estudio de riesgo biológico y químico realizado en una planta de compostaje del ingenio azucarero, valle de Cauca el riesgo químico denominado gas de metano, la cual se presenta en diferentes estados físicos dentro del ambiente de trabajo, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos y con probabilidades de lesionar la salud de las personas, es sin duda una posible causa de enfermedades de tipo respiratorio y de la piel, así como de enfermedades infecciosas, lo que concuerda con nuestros hallazgos a través de la encuesta.

La recogida de residuos orgánicos o la fabricación de compost expone al trabajador a mezclas complejas de toxinas, alérgenos o a agentes químicos, lo que supone un amplio rango de efectos adversos potenciales. Como consecuencia de estas exposiciones y en términos generales se pueden distinguir tres grandes grupos de enfermedades: las infecciosas, las respiratorias y el cáncer. En general, los síntomas respiratorios de origen laboral son consecuencia de la inflamación de las vías respiratorias causada por exposiciones específicas a toxinas, alérgenos o a otros agentes o que favorecen el proceso inflamatorio. A la vista de los mecanismos inflamatorios y de los subsiguientes síntomas se puede efectuar una distinción entre enfermedades respiratorias alérgicas y enfermedades respiratorias no alérgicas (Hernandez A. , 2008).

Reza et al. (2006) señala que la composta madura es un material que puede reunir todas las condiciones para el desarrollo y crecimiento de los organismos metano tróficos encargados de la oxidación del metano por lo que este material puede ser empleado como cubierta en sitios de disposición final (p. 13).



de tipo respiratoria - nasofaringitis del trabajador “en la planta de compostaje/vermicompost “, en la empresa INVERGEP S.A.C. - 2022 ( $p < 0.05$  y Rho de Spearman = 0.662 (correlación positiva)), y de acuerdo con el nivel de significancia se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Y según la correlación de Rho de Spearman, quiere decir que existe un grado a mayores niveles de gases de metano, existirán mayores niveles de enfermedades ocupacionales de tipo respiratoria – nasofaringitis.

Existe un nivel de relación entre los gases de metano y las enfermedades ocupacionales de tipo respiratoria – bronquitis - del trabajador “en la planta de compostaje/vermicompost “, de la empresa INVERGEP S.A.C. - 2022 ( $p < 0.05$  y Rho de Spearman = 0.574 (correlación positiva)), y de acuerdo con el nivel de significancia se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Y según la correlación de Rho de Spearman, quiere decir que existe un grado a mayores niveles de gases de metano, existirán mayores niveles de enfermedades ocupacionales de tipo respiratoria – bronquitis.

### Recomendaciones

Entre las recomendaciones más importantes en la planta de compost/

vermicompost se consideran los residuos orgánicos que tienen una composición biológica que al darle tratamiento se crea condiciones como humedad, temperatura, pH, oxígeno y porosidad del material.

Reducir el tiempo de exposición de los trabajadores en las diferentes etapas del proceso de compostaje en que la acción de fermentación anaeróbica a través de la metanogénesis genera los gases de CH<sub>4</sub>.

Protección respiratoria con filtros contra partículas, gafas de protección, guantes impermeables, por el contenido de bacterias, hongos y virus en las emisiones de gases de metano descontrolados pueden arrastrar sustancias tóxicas microbiológicas. Además, las altas concentraciones de metano en el aire reducen el % de oxígeno, por lo que es pertinente:

- Ventilación eficaz en el ambiente del trabajador
- Programa de vigilancia de la salud
- Limitar y/o reducir el número de trabajadores en sectores donde generan vapores y gases.
- Generar aseo e higiene de personal, mantenimiento y limpieza de las instalaciones.
- Cambio de indumentaria al finalizar la jornada laboral

### Referencias

Ansorena, J. (2016). *El Compost de bioresiduos normativa, calidad, y aplicaciones*. Ediciones Mundi-Prensa

Arbaiza, L. (2014). *Como elaborar una tesis de grado*. ESAN.

DelaCruz, K. (2018). *Emisiones de metano en la incidencia de enfermedades respiratorias en la población circundante al vertedero municipal de residuos sólidos de Pucallpa Ucayali*. [Tesis de grado, Univesidad Nacional de Ucayali]. Repositorio

- Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali. [http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4057/000003704T\\_AMBIENTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4057/000003704T_AMBIENTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Feijoo, V.D. & Villacreses, D.C. (2020). *Generación gas metano mediante la codigestion anaerobia de residuos sólidos urbanos y biomasa de la ciudad de Machala*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio Institucional de la Universidad Técnica de Machala. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15658>
- Gonzabay, A. & Suarez, P. (2016). *Diseño y construcción de un biodigestor anaerobica vertical semicontinuo para la obtención de gas de metano y biol a partir de las cáscara de naranja y mango*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiano Ecuador]. Repositorio Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13392>
- Hernandez, A. (2008). *Agentes biológicos no infecciosos: enfermedades respiratorias*. (Nota técnica). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. <https://www.insst.es/documents/94886/327401/802+web.pdf/bea1477c-16b6-4ff6-9ac3-65b47c7e4abb>
- Hernandez, R., Fernandez, C. & Baptista, P. (2003). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill.
- Lopez Villalobos, I.D., Muñoz, A.M. & Muñoz, M. (2016). Riesgos biológicos y químicos en planta de compostaje de ingenio azucarero, valle del Cauca, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 7(2), 51-72. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1557>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2019). *Sistema Nacional de Información Ambiental - SINIA*. <https://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/publicaciones-y-documentos-de-interes/>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (02 de mayo de 2018). *Calidad del aire y salud*. [https://www.who.int/es/newsroom/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/newsroom/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (2016). *Contaminación del Aire Ambiental*. [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12918:ambient-air-pollution&Itemid=72243&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918:ambient-air-pollution&Itemid=72243&lang=es)
- Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (04 de abril de 2022). *Pan American Health Organization (PAHO)*. <https://www.paho.org/es/noticias/4-4-2022-miles-millones-personas-siguen-respirando-aire-insalubre-nuevos-datos-oms>
- Paschoal., A. (1994). *Produção orgânica de alimentos: agricultura sustentável para os séculos XX e XXI: guia técnico e normativo para o produtor, o comerciante e o industrial de alimentos orgânicos e insumos naturais*. Ed. do Autor.

- Pereira, S. (2011). Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta. *Educare*, 15(1), 15-29. <https://www.redalyc.org/pdf/1941/194118804003.pdf>
- Reategui Ordoñez, J.E. (2017). Estimación de emisiones de metano producidas por gestión de estiércol proveniente de sistemas de producción de bovinos de leche en Majes – Arequipa. *Veritas*, 16(1), 19-23. <https://revistas.ucsm.edu.pe/ojs/index.php/veritas/article/view/90>
- Reza Bacelis, G., Sauri Riancho, M.R., Castillo Borgues, E.R. & Mendez Novelo, R.I. (2006). Aprovechamiento de la composta para la Oxidación de Metano. *AIDIS*, 1(1), 1-13.
- Sepulveda, L.A. & Alvarado, J. (2013). *Manual de Compostaje*. ACODAL.
- Trujillo, R. (2014). *Diseño de una planta piloto para el tratamiento de la fracción orgánica biodegradable de los residuos sólidos domésticos, y su aprovechamiento planta de tratamiento, compostaje. residuos sólidos orgánicos domésticos*. [Tesis de grado Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Trujillo. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3243>
- Vila, L. (2017). *Implementación de manejo de residuos orgánicos en áreas verdes*. [Trabajo monográfico para optar título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio Institucional UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3010>

