



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Higienización de lodos residuales con cal viva para la elaboración de compostaje en las lagunas de oxidación del Distrito de San José”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniera Ambiental**

**AUTORA:**

Br. Mirthya Gasdaly Machado Morales (ORCID: 0000-0001-6797-1790)

**ASESOR:**

Dr. John William Caján Alcántara (ORCID: 0000-0003-2509-9927)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y gestión de los residuos

**CHICLAYO – PERÚ**

2019

## Dedicatoria

A:

Dios, por permitirme llegar hasta aquí.

Mi madre Liliana, por apoyarme para darme una carrera profesional.

Mis abuelos, por ser mi motivo para luchar y seguir adelante.

Mis hermanos, mis tíos y mis amigas Johana y Karen, por compartir los buenos y malos momentos durante toda la carrera.

Mirthya

## **Agradecimiento**

A Dios, por darme la fuerza de cumplir con mi meta trazada y avanzar cada día para ser mejor persona y profesional.

A mi madre, mis abuelos y hermanos por sus consejos y apoyo moral en los momentos difíciles.

A mis docentes, por los conocimientos brindados a lo largo de la carrera.

A la empresa EPSEL S.A., por permitirme desarrollar la tesis en el lugar donde se ubican las lagunas de oxidación San José y apoyarme en el trabajo de campo.

Mirthya

## Página del Jurado



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 17.00 horas del día, de acuerdo a lo dispuesto por la Resolución de Carrera Profesional N° 0166-2019/UCV-EPIA, de fecha 25 de octubre de 2019, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación del Trabajo de Investigación titulado: "HIGIENIZACIÓN DE LODOS RESIDUALES CON CAL VIVA PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTAJE EN LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN DEL DISTRITO DE SAN JOSÉ" presentada por la Bach. MACHADO MORALES MIRTHYA GASDALY, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:


PRESIDENTE : Mgtr. José Modesto Vásquez Vásquez  
SECRETARIO (A) : Dr. José Elías Ponce Ayala  
VOCAL : Dr. John William Caján Alcántara

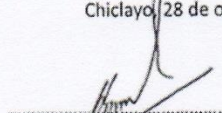
Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

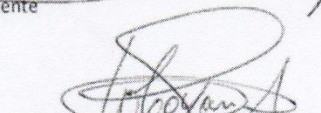
*Aprobado por Unanimidad.*

Siendo las 17:45 horas del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 28 de octubre de 2019

  
Mgtr. José Modesto Vásquez Vásquez  
Presidente

  
Dr. José Elías Ponce Ayala  
Secretario

  
Dr. John William Caján Alcántara  
Vocal



**CAMPUS CHICLAYO**  
Carretera Chiclayo Pimentel Km. 3.5  
Telf.: (074) 481616 / Anexo: 6514

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
[ucv.edu.pe](http://ucv.edu.pe)

## Declaratoria de Autenticidad

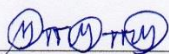
### Declaratoria de Autenticidad

Yo, **Mirthya Gasdaly Machado Morales** con DNI N° 48041278, a efecto de cumplir con los criterios de evaluación de la experiencia curricular de Desarrollo de Proyecto de Investigación, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente investigación son auténticos y veraces.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada; por lo cual, me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, octubre del 2019



Mirthya Gasdaly Machado Morales

DNI: 48041278

## Índice

|  |     |
|--|-----|
| Dedicatoria .....  | ii  |
| Agradecimiento .....   | iii |
| Página del Jurado .....  | iv  |
| Declaratoria de Autenticidad.....  | v   |
| Índice.....  | vi  |
| Índice de figuras .....  | ix  |
| Índice de tablas.....  | x   |
| RESUMEN.....   | xi  |
| ABSTRACT.....  | xii |
| I. INTRODUCCIÓN .....  | 1   |
| 1.1. Realidad Problemática.....  | 1   |
| 1.2. Trabajos previos .....  | 2   |
| 1.3. Teorías relacionadas al tema .....  | 5   |
| 1.3.1. Higienización de lodos con cal.....   | 5   |
| 1.3.1.1. Planta de tratamiento de aguas residuales. ....                             | 6   |
| 1.3.1.2. Tratamiento primario.....   | 6   |
| 1.3.1.3. Tratamiento secundario. ....  | 7   |
| 1.3.1.4. Coliformes totales. ....  | 7   |
| 1.3.1.5. Coliformes fecales.....   | 7   |
| 1.3.1.6. Efectos de coliformes en la salud humana. ....                              | 7   |
| 1.3.1.7. Efecto patógeno.....  | 8   |
| 1.3.1.8. Clasificación de lodos .....  | 11  |
| 1.3.1.9. Proceso de tratamiento de lodos con Cal.....                                | 12  |
| 1.3.2. Tratamiento de lodos para el aprovechamiento en agricultura: compostaje ..... | 16  |
| 1.3.2.1. Concepto de compostaje.....   | 17  |
| 1.3.2.2. El compost.....   | 17  |
| 1.3.2.3. Parámetros del compostaje.....  | 18  |
| 1.3.2.3.1. Temperatura ( $T^0$ ).....  | 19  |
| 1.3.2.3.2. Oxígeno ( $O_2$ ) .....   | 21  |
| 1.3.2.3.3. pH.....   | 22  |
| 1.3.2.3.4. Relación Carbono – Nitrógeno (C:N) .....                                  | 23  |
| 1.3.2.3.5. Humedad .....   | 24  |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 1.3.2.4. | Contenido de N,P,K en el Compost .....   | 26 |
| 1.3.2.5. | Beneficios del compost .....   | 26 |
| 1.4.     | Formulación del problema. ....   | 26 |
| 1.5.     | Justificación del estudio. ....  | 27 |
| 1.6.     | Hipótesis.....   | 28 |
| 1.7.     | Objetivos. ....  | 28 |
| 1.7.1.   | Objetivo general .....   | 28 |
| 1.7.2.   | Objetivos Específicos:.....  | 28 |
| II.      | MÉTODO .....   | 29 |
| 2.1.     | Diseño de investigación .....  | 29 |
| 2.2.     | VARIABLES, Operacionalización .....  | 29 |
| 2.2.1.   | Variables: .....   | 29 |
| 2.2.2.   | Operacionalización de variables.....   | 30 |
| 2.3.     | Población y muestra .....  | 32 |
| 2.4.     | Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad. ....   | 33 |
| 2.5.     | Métodos de análisis de datos .....   | 34 |
| 2.6.     | Aspectos éticos.....   | 34 |
| III.     | RESULTADOS.....  | 35 |
| 3.1.     | Resultados de los agentes patógenos identificados en los lodos residuales antes de aplicar el tratamiento con Cal viva. (Tabla 17).....                        | 35 |
| 3.2.     | Resultados de los análisis fisicoquímicos de la muestra de lodo residual después de aplicar el tratamiento con cal viva. (Tabla 18).....                       | 35 |
| 3.3.     | Resultados de los agentes patógenos después de aplicar el tratamiento con cal viva. (Tabla 19).....  | 36 |
| 3.4.     | Cantidades de materia orgánica.....  | 37 |
| 3.5.     | Resultados de los análisis fisicoquímicos de la muestra de lodo residual después de elaborar el compostaje con lodos residuales higienizados. (Tabla 20) ..... | 37 |
| 3.6.     | Porcentajes de remoción de agentes patógenos.....  | 38 |
| IV.      | DISCUSIÓN .....  | 42 |
| V.       | CONCLUSIONES .....   | 45 |
| VI.      | RECOMENDACIONES .....  | 46 |
|          | REFERENCIAS .....  | 47 |
|          | ANEXOS.....  | 51 |
|          | RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LABORATORIO DESPUÉS DE APLICAR EL TRATAMIENTO CON CAL. LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA .....              | 74 |



|  |    |
|--|----|
| RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LABORATORIO DESPUÉS DE APLICAR EL TRATAMIENTO CON CAL. LABORATORIO CYSAG..... | 75 |
| RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LABORATORIO DESPUÉS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE. LABORATORIO CYSAG.....         | 76 |
| MATRIZ DE CONSISTENCIA .....   | 77 |
| ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS .....  | 79 |
| REPORTE DE TURNITIN .....  | 80 |
| AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV .....                                       | 81 |
| AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....  | 82 |



## Índice de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: cantidad de materia orgánica (estiércol y vegetales) ..... | 37 |
| Figura 2: contenido de coliformes totales. ....                      | 38 |
| Figura 3: contenido de coliformes fecales.....                       | 39 |
| Figura 4: contenido de salmonella. ....                              | 39 |
| Figura 5: contenido de huevos de helminto. ....                      | 40 |
| Figura 6: análisis fisicoquímicos.....                               | 41 |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1: Organismos patógenos y sus enfermedades relacionadas.....   | 5  |
| Tabla 2: Límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos. ....                        | 8  |
| Tabla 3: Frecuencia de monitoreo para los biosólidos de clase A y clase B.....                                     | 9  |
| Tabla 4: Parámetros de higienización de biosólidos .....   | 9  |
| Tabla 5: Límites permisibles para metales pesados en lodo .....  | 11 |
| Tabla 6: clasificación de lodos residuales según su contenido de organismos patógenos .....                        | 12 |
| Tabla 7: Aditivos para acondicionamiento con Cal de lodos.....   | 13 |
| Tabla 8: Dosis de cal requerida para mantener el pH mayor de 11 por lo menos 14 días .....                         | 15 |
| Tabla 9: Dosis requerida de cal.....   | 15 |
| Tabla 10: Parámetros del compostaje.....   | 19 |
| Tabla 11: Parámetros de temperatura óptimos .....  | 20 |
| Tabla 12: Control de la aireación .....  | 21 |
| Tabla 13: Parámetros de pH óptimos .....   | 23 |
| Tabla 14: Parámetros de la relación carbono/nitrógeno.....   | 24 |
| Tabla 15: Parámetros de humedad óptimos .....  | 25 |
| Tabla 16: Rango del contenido de N,P,K.....  | 26 |
| Tabla 17: Análisis microbiológico. Parámetros de higienización antes del tratamiento de lodos con cal viva .....   | 35 |
| Tabla 18: Análisis fisicoquímicos después del tratamiento de lodos con cal viva.....                               | 36 |
| Tabla 19: Análisis microbiológico. Parámetros de higienización después del tratamiento de lodos con cal viva ..... | 36 |
| Tabla 20: Análisis fisicoquímicos de compostaje con lodos residuales higienizados.....                             | 38 |

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación lleva como título “Higienización de lodos residuales con cal viva para la elaboración de compostaje en las lagunas de oxidación del Distrito de San José” el cual se desarrolló en un espacio ubicado dentro de la zona de las lagunas de este distrito; básicamente se enfoca a la desinfección de estos lodos para ser usados como un abono natural y lograr minimizar la contaminación que éstos generan al ser arrojados a la intemperie sin antes haber recibido un tratamiento. El Objetivo principal es determinar la eficacia de la higienización de lodos residuales con cal viva para la elaboración de compostaje en las lagunas de oxidación del distrito de San José. El tipo de investigación es aplicada y su diseño es pre experimental ya que se harán dos pruebas de laboratorio antes y después de aplicar el tratamiento con cal viva y su posterior uso para compostaje, con una población conformada por las 10 lagunas de oxidación. Se utilizaron 50 kg de lodo residual para ser tratado con 10 kg de Cal viva u óxido de calcio (CaO), se demostró que el tratamiento con cal viva si era eficaz para la higienización de lodos y poder hacer un compost de buena calidad.

Se identificaron los siguientes agentes patógenos: coliformes totales, coliformes fecales, huevos de helminto y salmonella. De acuerdo a la concentración de patógenos se determinó la cantidad porcentual de contaminantes removidos.

Los resultados obtenidos fueron el 100% de eliminación de estos agentes patógenos; no obstante, al realizar el composteo se logró obtener buenos resultados en el pH al estabilizarlo con residuos sólidos cítricos y el resultado óptimo de Nitrógeno.

**Palabras claves:** higienización, lodo residual, compostaje.

## **ABSTRACT**

The present research work is entitled "Sanitization of residual sludge with quicklime for the production of composting in the oxidation lagoons of the District of San José" which was developed in a space located within the lagoon area of this district; basically it focuses on the disinfection of these sludges to be used as a natural fertilizer and to minimize the contamination they generate when thrown in the open without first having received a treatment. The main objective is to determine the efficiency of sanitizing residual sludge with quicklime for composting in the oxidation lagoons of the San José district. The type of research is applied and its design is pre-experimental since two laboratory tests will be done before and after applying the treatment with quicklime and its subsequent use for composting, with a population formed by the 10 oxidation lagoons. 50 kg of residual sludge were used to be treated with 10 kg of quicklime or calcium oxide (CaO), it was shown that treatment with quicklime was effective for sanitizing sludge and being able to make a good quality compost.

The following pathogens were identified: total coliforms, fecal coliforms, helminth eggs and salmonella. According to the concentration of pathogens, the percentage amount of contaminants removed was determined.

The results obtained were 100% elimination of these pathogens; However, when composting it was possible to obtain good pH results by stabilizing it with solid citrus residues and the optimal Nitrogen result.

**Keywords:** sanitation, residual sludge, composting.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad Problemática**

En el acontecer de los años podemos notar el aumento de la población y por ende la gran cantidad de contaminación por productos o materia prima que se requiere para satisfacer sus necesidades, pues entre aquellas necesidades está la del uso del agua ya sea para limpieza personal, preparación de alimentos, consumo agrícola, entre otros; generando a su vez gran cantidad de aguas residuales y agentes contaminantes presentes en éstas, tales como la aparición de agentes patógenos, parásitos, metales pesados y plaguicidas en lodos residuales de las plantas de tratamiento para agua residual.

Estos lodos a su vez causan olores nauseabundos y la existencia de compuestos que contaminan el ambiente y que comprometen la salud humana al poder originar enfermedades respiratorias o digestivas en las personas expuestas a éstos.

Mendez et al. (2008) realizó una investigación en la cual menciona que las aguas residuales contienen materia orgánica e inorgánica que de no un tener tratamiento adecuado presenta un elevado riesgo para la salud pública y el ambiente.

Entonces sería bueno lograr un buen manejo de lodos que permita integrarlo al proceso de tratamiento de aguas residuales, no solo para disminuir sus efectos de contaminación sino también para reutilizarlos y darle un valor agregado, por ejemplo, obteniendo compost para cultivos agrícolas; no obstante, se le tendría que hacer un proceso de higienización para eliminar agentes patógenos que pueden introducirse en la cadena trófica.

En distintos países se está implementando este proceso en las PTAR para el reaprovechamiento de lodos activados, es por ello que este proyecto busca lograr la higienización de lodos residuales con cal viva para la elaboración de compostaje y comprobar la efectividad de dicho proceso al comprobar la eliminación total o parcial de agentes patógenos que de acuerdo a ley sean apropiados para que sea utilizado en campos agrícolas sin que afecte los cultivos tanto en su productividad como en su calidad.

## **1.2. Trabajos previos**

### **1.2.1.1. A Nivel Internacional**

Diocaretz (2010) en su tesis “Aspectos técnicos y económicos de procesos de higienización de lodos provenientes del tratamiento de aguas servidas”. Concluye: “Los procesos de higienización utilizando cal como elemento higienizante presenta costos de inversión moderados, pero sus costos de operación son relativamente más altos que los procesos de tipo biológico e incluso que la irradiación con haces de electrones”.

García (2016) en su tesis “tratamiento de lodos residuales procedentes de plantas de tratamiento de aguas residuales mediante procesos electroquímicos para la disminución de la concentración de coliformes fecales y totales”.Llega a las siguientes conclusiones: “los procesos electroquímicos (desinfección) en lodos provenientes de PTAR, logran la remoción tanto de Coliformes Totales y Fecales (E. Coli), resultando ser más eficiente frente a otro tipo de tratamientos analizados”.

Blanco (2014) en su tesis “Aprovechamiento de lodos residuales para cerrar el ciclo urbano del agua, mejorar la eficiencia energética y reducir los GEI: caso de la PITAR Nuevo Laredo”. Llega a la conclusión que los lodos son reutilizables tanto para generar biogás como para obtener compostaje, e incluso ser comercializado. Además, que sería más factible en una planta más pequeña como lo es, en este caso, las lagunas de oxidación del Distrito de San José. Además, se debe tomar en cuenta las medidas de seguridad para minimizar riesgos.

(Amador, Veliz y Bataller, 2014) en su tesis “Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones”. El autor hace mención de la EPA (Agencia de Protección Ambiental – Estados Unidos), la cual es un organismo que establece estándares de calidad para que un abono de origen residual sea de uso agrícola sin comprometer el ambiente y la salud humana, mejorando la estructura del suelo y la calidad de los cultivos. En Cuba aún no se han propuesto normas o leyes que se apliquen para la reutilización de lodos residuales.

González (2015) en su tesis "Generación, caracterización y tratamiento de lodos de EDAR”. Llega a la conclusión: “La tecnología de pilas aireadas con cubiertas semipermeables permite controlar las emisiones odoríferas, que aparecen inevitablemente en el proceso de compostaje en pilas abiertas, y que han de ser eliminadas en un proceso en sistemas cerrados como son los túneles”. El autor concluye que las pilas con sistemas

aireados evitan olores desagradables que puedan causar alguna molestia al momento de realizar la compostación de lodos.

### **1.2.2.A Nivel Nacional**

Ramos (2014) en su tesis “Contaminación fecal en hortalizas que se expenden en mercados de la ciudad de Cajamarca, Perú”. El autor narra cómo influye el estatus social de la población al momento de la caracterización del agua residual y qué tratamiento se le puede aplicar. Además, se tienen en cuenta varios factores como el caudal del vertimiento de aguas grises, la calidad de agua residual que se va a tratar, usos siguientes como el reúso de aguas, costo y disponibilidad del terreno. Finalmente se hace un análisis del costo de inversión, operación y mantenimiento que este sujeto a una evaluación económica.

Chunga (2014) en la siguiente tesis “Propuesta de compostaje de los lodos removidos de las lagunas de estabilización de la universidad de Piura”. El autor proporciona las cantidades aproximadas que se pueden obtener de compostaje según el tratamiento que él aplicó a los lodos, además de dar la idea de comercializarlo para solventar gastos del mismo campus. Cabe destacar que al reutilizar los lodos no solo se obtiene el producto, compostaje, sino que ayuda a reducir las emisiones de GEI.

(Torres, Madera y Silva, 2009) en su tesis “Eliminación de patógenos en biosólidos por estabilización alcalina”. Los autores llegan a la conclusión: “En las pilas de 0.5 t, con 9% de cal viva e hidratada se aumentó el pH a valores superiores a 12 unidades el tiempo suficiente para reducción de patógenos y parásitos, alcanzando un biosólido clase A sin cumplir los requerimientos de temperatura recomendados”. El autor demuestra la efectividad de la cal viva para aumentar el pH en lodos, el cual no permite que agentes patógenos y parásitos puedan reproducirse, causando su eliminación completa para de esta manera conseguir que los lodos cumplan con los estándares adecuados para ser de clase A, sin considerar la temperatura sugerida.

More (2015) en su tesis “Determinación del potencial agrícola de lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales de Copare y Magollo, Tacna”. Afirma que, para poder clasificar un lodo, existen ciertas normas y estándares que cumplir para considerar un lodo residual apto para suelos agrícolas. Según el D.S. N<sup>o</sup> 015- 2017-



VIVIENDA, el lodo debe ser de Clase para que no presente ningún problema que afecte al ambiente y la salud pública.

(Francisco, Ramos y Aguirre, 2011) en su tesis “Aprovechamiento agrícola del lodo generado en la PTAR de Puente Piedra – Lima”. Los autores lograron darle un aprovechamiento agrícola al lodo producido en la PTAR (Planta de Tratamiento de Agua Residual) de Puente Piedra – Lima, pero con respecto a metales pesados. Sin embargo, existen más parámetros que se deben cumplir como los microbiológicos, ya que los lodos residuales presentan mayor carga bacteriana que el agua residual.

### **1.2.3. A nivel regional**

Burga (2014) en su tesis “Valoración de lodos sedimentados generados en las lagunas de estabilización de EPSEL para uso como abono orgánico”. El autor atribuye el compostaje como una valorización a los lodos residuales que se generan en EPSEL y que además pueden reemplazar a los fertilizantes químicos dándoles mejores nutrientes a suelo que a largo tiempo no va afectar su composición físico-química para seguir produciendo. También agrega que el compostaje tiene efectos positivos en la biología del suelo, siendo una buena opción de fertilizante.

Rodríguez (2017) en su tesis “Uso de lodos residuales con residuos orgánicos para la obtención de compost, San Juan de Lurigancho 2017”. El autor afirma que los lodos residuales sirven para la elaboración de compostaje, pero agregándole desechos biológicos. Además de ayudar a eliminar impurezas que impiden obtener un compost de calidad.

Mera (2017) en su tesis “Restos de compost activado para el tratamiento de residuos orgánicos domiciliarios de la urbanización “Miraflores” en el centro de compostaje Lambayeque”. Según Mera afirma que en el desarrollo de su tesis se ha logrado obtener un compost de buena calidad utilizando materia orgánica y haciendo una comparación en las diferentes pilas midiendo sus parámetros y observando qué pilas tienen mayor influencia de estos. Para ello se utilizó residuos orgánicos domiciliarios que permitieron obtener un compost de muy buena calidad; lo cual al ser incorporado al suelo mejorará su estructura.

Araujo (2017) en su tesis “Remoción de coliformes totales y fecales en lodos por procesos electroquímicos, planta de tratamiento de aguas residuales – Lima 2017”. Este

autor afirma que el proceso electroquímico tuvo un 99.99% de remoción de coliformes fecales y totales. Entonces sus resultados pueden servir para comparar el porcentaje de remoción de coliformes fecales y totales con el tratamiento de lodos residuales con cal viva.

### 1.3. Teorías relacionadas al tema

#### 1.3.1. Higienización de lodos con cal

Los lodos contienen los mismos microorganismos que las aguas residuales; sin embargo, sus concentraciones son superiores. También se recalca que gracias al proceso de equilibrio del lodo se minimizan notablemente los agentes patógenos. No obstante, hay microorganismos que son capaces de resistir a este proceso, aun cuando su remoción no es probable a través de sistemas convencionales de tratamiento como la cloración, y que crean una gran inseguridad cuando estos lodos son utilizados como un tipo de fertilizante o para enmendar suelos agrícolas.

Por otro lado, la mezcla con cloro podría formar una combinación cancerígena. Los agentes patógenos también afectan la salud de la población y el medio natural, originando enfermedades en personas, flora y fauna. La variedad de enfermedades que padecen los humanos son provocadas por bacterias, virus y parásitos.

En la tabla 1 se identifican algunos microorganismos patógenos que logran sobrevivir en suelos y/o cultivos, pero que significan un peligro. (Diocaretz, 2010)

Tabla 1: Organismos patógenos y sus enfermedades relacionadas.

| <b>Tipo</b>      | <b>Organismo patógeno</b> | <b>Enfermedades</b>               |
|------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| <b>Bacterias</b> | Salmonella                | Salmonelosis                      |
|                  | Shigella                  | Shigellosis                       |
|                  | Escherichia coli          | Diarrea                           |
|                  | Vibrio cholerae           | Cólera                            |
| <b>Parásitos</b> | Ascaris lumbricoides      | Ascariasis                        |
|                  | Giardia lamblia           | Giardiasis                        |
| <b>Virus</b>     | Hepatitis A               | Hepatitis                         |
|                  | Rotavirus                 | Gastroenteritis y poliomeilitis   |
|                  | Adenovirus                | Infecciones respiratoria y ocular |

Fuente: El-Montaium, 2006.

Es por ello que en el D.S. N° 015-2017-VIVIENDA se aprobó el Reglamento para el Reaprovechamiento de Lodos generados en las PTAR y propone los parámetros a los que se debe adecuar un lodo tratado para que sea apto para su uso como bioabono y que no comprometa la salud tanto humana como al ambiente, en este D.S. N° 015-2017-VIVIENDA también se aprueba que los lodos residuales de las PTAR sirvan para su reaprovechamiento y comercialización en actividades agrícolas, forestales, industria cerámica y otras, tomando en cuenta el riesgo a la salud y el ambiente.

García (2003) menciona los diferentes usos de la Cal en sectores productivos tales como: la metalurgia, producción de acero, fabricación de papel, fabricación de vidrio, industria papelera, industria hulera, industria lechera, manufactura de cartón e industria azucarera; además se le dan usos ecológicos como por ejemplo: tratamiento de aguas negras, desechos industriales, insecticidas y fungicidas, estabilización de suelos, estabilización de presas y canales de riego, neutralizador de tierra ácida, impermeabilizante, pintura, desinfectante de verduras, aplicación a lodos de agua residual. En este último se dice que ha sido parte del proceso de acondicionamiento para la deshidratación, pero que su uso como agente estabilizador es de aceptación reciente.

#### **1.3.1.1. Planta de tratamiento de aguas residuales.**

Estas instalaciones se diseñaron para tratar adecuadamente las aguas residuales industriales y domiciliarias con la finalidad de reutilizarlas o verterlas a los cuerpos receptores, de acuerdo a lo establecido en los estándares de calidad que se exigen en la normativa. Cabe resaltar que hay distintas tecnologías desde las más simples o comunes hasta las más avanzadas.

Es en estas infraestructuras de donde se obtienen los lodos residuales como producto efluente de cada tratamiento, cada uno con diferentes condiciones microbiológicas.

#### **1.3.1.2. Tratamiento primario.**

En este primer paso para tratar aguas residuales se reducen aceites, grasas, sólidos y arena, a través de maquinaria que se utilizan para realizar procesos físico – químicos incluyendo las etapas de sedimentación, flotación, coagulación – flotación y filtración. (Araujo, 2017).

### **1.3.1.3. Tratamiento secundario.**

En este segundo proceso se tratan las aguas residuales para degradar todo el material orgánico natural, a través de microorganismos existentes en el agua. No obstante, se obtienen los lodos activados. (PÉREZ y CAMACHO, 2011). Citado por Araujo (2017).

### **1.3.1.4. Coliformes totales.**

Los coliformes totales son un grupo de bacterias que indican contaminación. Este grupo integra: E. coli, Enterobacter, Citrobacter y Klebsiella, estas bacterias son los principales contaminantes que se encuentran en el sistema gástrico del hombre y los animales de sangre cálida, además se encuentran en grandes cantidades dentro del tracto gastrointestinal. Este grupo de bacterias coliformes permanecen un mayor periodo en el agua que las bacterias patógenas, sin embargo, actúan de la misma forma que los patógenos en los procedimientos de desinfección. (Araujo, 2017).

Entonces es necesario saber que estas bacterias son las principales causantes de las enfermedades gastrointestinales de animales y personas, impactando en la calidad de vida del desarrollo humano.

### **1.3.1.5. Coliformes fecales.**

Estas bacterias son un subgrupo de los coliformes totales que se hallan mayormente en las heces de animales, y el 95% de este grupo presentes en heces fecales están integrados por Escherichia Coli y algunas especies de Klebsiella. (Araujo, 2017).

Asimismo, estas bacterias son indicadores de aguas contaminada por excremento o desechos de desagües, los cuales son propicios para causar enfermedades gastrointestinales donde los más propensos son los niños y adultos mayores, provocándoles diarrea, vómitos y fiebre.

### **1.3.1.6. Efectos de coliformes en la salud humana.**

Rivera, et al. (2009) menciona en su investigación, que las bacterias fecales son una de las principales indicadoras de agentes patógenos que son portadores de diversas enfermedades como el cólera, fiebre tifoidea, shigelosis, amebiasis y hepatitis, además estos pueden sobrevivir por mucho tiempo en hortalizas frescas y también a etapas de desinfección y hasta pueden multiplicarse en el almacenamiento; es decir no bastaría con

la desinfección simple que se hace en el hogar antes de utilizar este tipo de alimentos cuando están contaminados con estas bacterias.

Esto se generaría en caso de los lodos no controlados o tratados debidamente, ya que éstos pueden ingresar a través de la cadena trófica y alojarse en los humanos generando las enfermedades antes mencionadas.

Tabla 2: Límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos.

| Clase    | Indicador bacteriológico de              | patógenos                             | parásitos                             |
|----------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|
|          | contaminación                            |                                       |                                       |
|          | Coliformes fecales<br>NMP/g en base seca | Salmonella spp.<br>NMP/g en base seca | Huevos de helmintos/g<br>en base seca |
| <b>A</b> | Menor de 1000                            | Menor de 3                            | Menor de 1(a)                         |
| <b>B</b> | Menor de 1000                            | Menor de 3                            | Menor de 10                           |
| <b>C</b> | Menor de 2 000 000                       | Menor de 300                          | Menor de 35                           |

Fuente: NOM-004-SEMARNAT-2002

### 1.3.1.7. Efecto patógeno

El contenido de patógenos en los lodos va a depender mucho del tipo de tratamiento que éste recibe para su desinfección; entre ellos los más perjudiciales son la Salmonella (bacteria), los enterovirus (virus), los protozoos, los trematodos, los cestodos y los nematodos. (Gonzales, 2015)

Debido a la gran capacidad infectiva, el control de estos patógenos es un caso especial para los médicos, de los cuales depende la salud humana. Se dice que estos efectos están controlados con técnicas simples, pero cuando se trata de complejidades biológicas como lo es un lodo residual se torna más dificultoso de pronosticar.

Por otro lado, hay agentes patógenos que no subsisten a temperaturas sobre los 70°C en periodos mínimos; aunque, las formas esporuladas de especies de Clostridium demandan de altas temperaturas. Sumado a esto están los microorganismos de los mamíferos que pueden desarrollarse entre los 35 y 40 grados centígrados, en las etapas de tratamiento de lodos y agua residual.

Por eso es de suma importancia el tratamiento higienizante de lodos residuales antes de ser utilizados en agricultura o cualquier tipo de actividad comercial, ya que estos tienen que cumplir con los parámetros que se establecen en los artículos 12, 13, 14 y 15 del Decreto Supremo N° 015- 2017- VIVIENDA según El Peruano (2017), de manera anticipada al comienzo de la comercialización para no comprometer la salud pública y sus recursos; así también bajo esta Norma Legal se propone hacer el monitoreo de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 3: Frecuencia de monitoreo para los biosólidos de clase A y clase B

| ton ST/año     | <500                   | 500 ≤ 1500 | 1500 ≤ 15000 | >15000    |
|----------------|------------------------|------------|--------------|-----------|
| <b>Clase A</b> | Anual                  | Semestral  | Trimestral   | Bimestral |
| <b>Clase B</b> | A solicitud de la DGAA |            |              |           |

Fuente: Normas Legales (El Peruano, 2017)

En el artículo 14 del D.S. N° 015-2017-VIVIENDA, se establecen los siguientes valores para clasificar los lodos en clase A:

Tabla 4: Parámetros de higienización de biosólidos

| <b>Indicador</b>                          | <b>Clase A</b>  |
|---|---|
| <b>Indicadores de contaminación fecal</b> | Escherichia coli < 1000 NMP/1g ST   |
|   | O<br>Salmonella sp. <1 NMP/10g ST   |
| <b>Indicador de Huevos de Helminthos</b>  | Huevos viables de Helminthos < 1/ 4g ST                                   |
|   | o<br>Prueba de utilización de tecnologías indicadas para la higienización |

Fuente: El Peruano (2017) – Normas Legales.

Con esta tabla se pudo determinar la frecuencia del monitoreo que deben cumplir los productores de biosólidos.

La supervivencia de patógenos en el tratamiento de los lodos influye ciertos factores como la  $T^{\circ}$  y el tiempo de exposición, el pH, la humedad, el tiempo de retención y las características de los agentes bacteriológicos que están presentes en lodos residuales. Estos factores de deben tener muy en cuenta al momento de realizar la desinfección de lodos residuales si se quiere obtener un producto saludable para el suelo a fertilizar. (Gonzales, 2015).

Según Gonzales (2015) resalta las siguientes características de los indicadores seleccionados:

- El *Clostridium Perfringens*: este tipo de patógenos se encuentran en las excretas de algunas aves y son capaces de encapsularse cuando pelagra su supervivencia, también se hallan en el suelo, pues se trata de un microbio anaerobio.

Una buena estrategia para eliminar esta bacteria es hacer cambios inesperados a través de la relación temperatura y tiempo; es decir primero se puede utilizar un proceso termófilo para lograr que éstas se encapsulen y seguidamente hacer un compostaje o secado térmico, esto causaría los cambios repentinos de temperatura. También es importante recordar que los *Clostridium Perfringens* habitan en temperaturas entre 10 y 60  $^{\circ}\text{C}$ , mayor a ella se eliminan y menor a ella dejan de reproducirse.

- La *Escherichia Coli* y *Salmonella spp.*, son proteobacterias que se encuentran en el organismo de mamíferos y aves, estos microorganismos pueden desarrollarse en un hábitat con o sin oxígeno por lo que se denominan aerobios o anaerobios facultativos. A diferencia de los *Clostridium Perfringens* éstas no pueden encapsularse y mueren con la temperatura. El tratamiento adecuado para eliminarlas sería anaerobio termófilo, ya que estas liberan dos toxinas: la termolábil que se puede eliminar a 60  $^{\circ}\text{C}$  y la termoestable a 100 $^{\circ}\text{C}$ .

De ahí se hace necesario hervir el agua en los hogares para eliminar las *E. Coli* para prevenir algunas enfermedades causadas por esta bacteria.

Según el Art. 14 de la normativa N<sup>o</sup> 015-2017-VIVIENDA establece que en sus parámetros de higienización de biosólidos las cantidades deben ser las siguientes: *Escherichia coli* < 1000 NMP/ 1g ST, *Salmonella sp.* < 1 NMP/ 10 g ST.



- Los Huevos de Ascaris: otro de los agentes patógenos que están presentes en aguas residuales frecuentemente son los huevos de Acaris lumbricoides, un tipo de Helminto nemátodo del cual la hembra es capaz de engendrar 200 000 huevecillos por día. Generalmente habitan en el intestino delgado y son arrojados en las heces, pero también pueden salir en las fosas nasales y la boca; asimismo al transportarse por la sangre llegan al hígado, pulmones y garganta. No obstante, se hallan en el metabolismo de algunos mamíferos.

De acuerdo a la normativa estos serán viables cuando cumplan con el Art. 14 y sean tratados para ubicarlos en clase A o B.

### 1.3.1.8. Clasificación de lodos

La clasificación de los lodos se realiza de acuerdo a dos criterios principales que son: la carga de metales pesados y microorganismos patógenos. Un lodo se denomina como peligroso cuando este supera la carga de contaminantes tóxicos presentes en sus características físicas o biológicas; esto lo establece la EPA.

Lo que significa que el lodo no podrá ser reutilizado para compostaje ya que compromete la salud pública y la contaminación del sustrato.

Tabla 5: Límites permisibles para metales pesados en lodo

| <b>Elementos</b> | <b>Valores límite<br/>Mg/Kg<br/>materia<br/>seca</b> | <b>Tasa de carga<br/>acumulativa<br/>Kg/ha</b> | <b>Concentración del<br/>componente para una<br/>calidad excepcional<br/>(mg/Kg)</b> | <b>Tasa de carga<br/>anual del<br/>elemento<br/>(Kg/ha/año)</b> |
|------------------|--|--|--|---|
| <b>Arsénico</b>  | 75   | 41   | 41   | 2.0   |
| <b>Cadmio</b>    | 85   | 39   | 39   | 1.9   |
| <b>Cromo</b>     | -  | -  | -  | -   |
| <b>Plomo</b>     | 4300   | 1500   | 1500   | 75  |
| <b>Mercurio</b>  | 57   | 17   | 17   | 0.85  |
| <b>Molibdeno</b> | 75   | -  | -  | -   |
| <b>Níquel</b>    | 420  | 420  | 420  | 21  |

Fuente: EPA

En la siguiente tabla se puede ver la clasificación de lodos en clase A y clase B de acuerdo a la carga microbiana que contienen:

Tabla 6: clasificación de lodos residuales según su contenido de organismos patógenos

| <b>Parámetro</b>                       | <b>Lodo clase A</b>  | <b>Lodo clase B</b>     |
|--|----------------------|-------------------------|
| <b>Coliformes fecales o Salmonella</b> | < 1000 NMP/g o UFC/g | < 2000000 NMP/g o UFC/g |
| <b>Huevos de helminto</b>              | 1 huevo viable /4g   | -                       |

Fuente: EPA

En el caso de los lodos de clase A, al momento de realizarse un análisis para determinar los agentes patógenos no se logra encontrar una cantidad considerable para su reconocimiento y se disminuye la atracción de vectores.

Para el caso del lodo de clase B es limitado al público y se les da un determinado proceso para reducirlos.

#### **1.3.1.9. Proceso de tratamiento de lodos con Cal**

La estabilidad de lodos residuales con cal (CaO), se realiza para: reducir agentes patógenos, eliminar malos olores y minimizar su potencial de descomposición. (García, 2003)

El tratamiento de lodos con cal es un procedimiento de equilibrio de lodos para eliminar considerablemente la carga microbiana, siendo más eficiente frente a otros procedimientos con lodos, como la digestión anaerobia. (US EPA, 1987).

Este procedimiento se puede obtener a través de la adecuación del lodo biológico con cal. La cal u óxido de calcio origina un ambiente alcalinizado que permite inhibir la degradación natural del orgánico que poseen los lodos, evitando así que se produzcan olores desagradables y con ello, el desarrollo de vectores. Sobre todo, en valores de pH 12 la sobrevivencia de microorganismo es mucho más difícil, ya que el pH es el factor preciso para reducir los agentes patógenos y la limitación para la degradación del material orgánico. Varias indagaciones han evidenciado que la cal ayuda a disminuir la carga bacteriana, virus y parásitos resistentes, tanto como los huevos de *Ascaris lumbricoides*. Así mismo se minimizan la solubilidad y movilidad de gran parte de elementos químicos

metálicos existentes en lodos residuales y así se beneficia su precipitación (MÉNDEZ, et al., 2002). Con la cal se puede hacer el pretratamiento o postratamiento para secar el lodo; pero el más recomendado es el postratamiento porque demanda de poco reactivo y da mejor resultado (TORRES, et al., 2005). Este procedimiento se puede hacer con diversos compuestos, tal como se muestra en la tabla 7, pero el óxido de cal es el más utilizado por poseer un alto calor de hidrólisis y por beneficiar notablemente la desaparición de patógenos (Diocaretz, 2010 pág. 39).

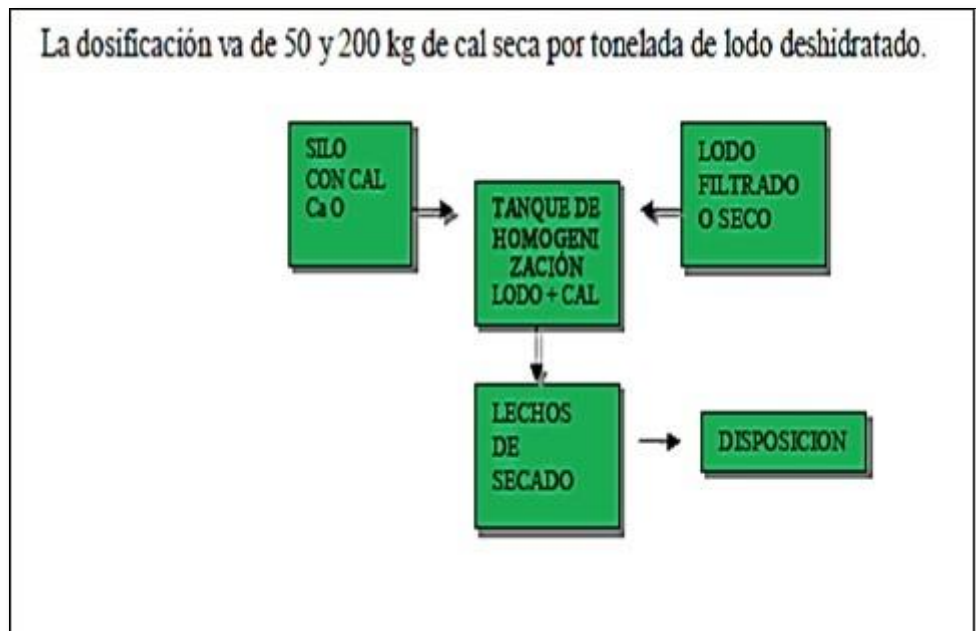
Tabla 7: Aditivos para acondicionamiento con Cal de lodos.

| <b>Compuesto</b>                                   | <b>Nombre</b> | <b>Descripción</b>  |
|--|---------------|---|
| <b>Óxido de calcio<br/>CaO</b>                     | Cal viva      | Compuesto alcalino que produce una reacción exotérmica al mezclarse con lodos, debido al alto contenido de agua en estos. Así, se eleva la temperatura sobre 50 <sup>0</sup> C y el pH. |
| <b>Hidróxido de calcio,<br/>Ca(OH)<sub>2</sub></b> | Cal apagada   | Compuesto alcalino que otorga pH sobre 12, causando la ruptura de membranas celulares de  |

Fuente: Metcalf & Eddy, 1996

El procedimiento para higienizar lodos residuales, provenientes de agua residual urbana, con la Cal en polvo se realiza en un tanque por medios manuales o mecánicos, dependiendo de los volúmenes del lodo a tratar. Para conseguir el condicionamiento de lodo se adiciona primero la cal y posteriormente el lodo, al homogenizar esta mezcla (lodo + cal) se produce un incremento de temperatura y el pH a un nivel de 12 unidades, esto provoca la eliminación de los microorganismos mineralizadores de la materia orgánica, principalmente de microorganismos anaerobios y patógenos, así mismo se reducen los olores, se facilita el manejo de la mezcla y la disposición de lodo así tratado. (García, 2003)

Dosificación de cal por tonelada de lodo residual, proceso de tratamiento de lodo + cal en estado seco.



Fuente: Diocaretz, 2010

La segunda forma de alimentación de cal para la mezcla lodo y cal, se realiza como lechada (agua + cal), la lechada se realiza en un tanque donde se mezcla la cal con agua, que puede ir de un 6 a un 18% de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  en peso según la preferencia del operador. La lechada facilita el transporte y aumenta la dispersión de la cal, casi como su efectividad de reacción, esta forma de mezcla es realizada con los lodos antes de que estos reciban algún tipo de tratamiento. La cal que se utiliza es la hidratada ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), la dosificación de esta según algunos estudios realizados depende del tipo de lodo, así pues, se tienen que los lodos primarios ocupan menos cantidad de cal que los activados.

Tabla 8: Dosis de cal requerida para mantener el pH mayor de 11 por lo menos 14 días

| <b>Tipo de lodo</b>   | <b>Dosis de cal</b> |
|---|---------------------|
| <b>Lb de Ca(OH)<sub>2</sub>/Lb de sólidos en suspensión</b> |                     |
| <b>Primario</b>   | 10 – 15             |
| <b>Activado</b>   | 30 – 50             |
| <b>F. séptica</b>   | 10 – 30             |
| <b>Alumbre</b>  | 40 – 60             |
| <b>Alumbre primario</b>                                     | 25 – 40             |
| <b>Hierro</b>   | 35 – 60             |

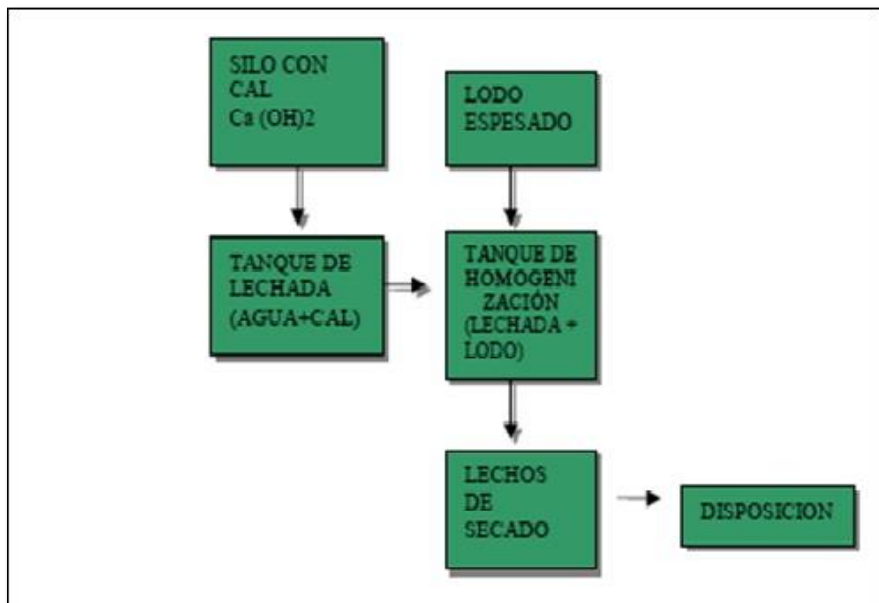
Fuente: Diocaretz, 2010

Tabla 9: Dosis requerida de cal

| <b>Tipo de lodos</b>       | <b>Sólidos</b>         |                 | <b>Dosis de Cal Lb Ca(OH)<sub>2</sub>/Lb de sólidos secos</b> |                 | <b>pH promedio</b> |              |
|----------------------------|------------------------|-----------------|---|-----------------|--------------------|--------------|
|                            | <b>Concentración %</b> |                 |   |                 |                    |              |
|                            | <b>Rango</b>           | <b>Promedio</b> | <b>Rango</b>  | <b>Promedio</b> | <b>Inicial</b>     | <b>Final</b> |
| <b>Lodo primario</b>       | 3.6                    | 4.3             | 0.6 – 0.17  | 0.12            | 6.7                | 12.7         |
| <b>Lodo activado</b>       | 1 – 1.5                | 1.3             | 0.21 – 0.43   | 0.30            | 7.1                | 12.6         |
| <b>Anaeróbico digerido</b> | 6 – 7                  | 5.5             | 0.14 – 0.25   | 0.19            | 7.2                | 12.4         |
| <b>Fosa séptica</b>        | 1 – 4.5                | 2.7             | 0.09 – 0.51   | 0.20            | 7.3                | 12.7         |

Fuente: Diocaretz, 2010

## Proceso del tratamiento con cal. Proceso de tratamiento de lodo + lechada de Cal



Fuente: Diocaretz, 2010

La decisión de utilizar cal viva o apagada está en función al tipo de tratamiento que se le quiera dar al lodo, y la cantidad de lodo a procesar, ya que a grandes volúmenes es recomendable utilizar cal viva en polvo, debido a su economía. (García, 2003)

### 1.3.2. Tratamiento de lodos para el aprovechamiento en agricultura: compostaje

Los lodos no pueden ser aplicados directamente al sustrato debido a la carga microbiana que contienen y ciertos elementos tóxicos que afectarían la salud pública al integrarse en la cadena trófica; por eso es necesario aplicar el tratamiento debido, en este caso el de higienización y posteriormente el compostaje.

Para realizar el tratamiento adecuado de los lodos, éste tiene que pasar por cuatro fases:

- Digestión anaerobia: tiene dos estados, para el primer estado se crean los ácidos volátiles y para el segundo estado se origina el gas metano que resultan de los ácidos.
- Digestión aerobia: aquí se utiliza el oxígeno molecular para que los microorganismos aerobios puedan crecer hasta superar el tiempo de síntesis de las células y lograr su auto-oxidación disminuyendo la carga celular.
- Tratamiento químico: es una especie de operación bactericida que conlleva a bloquear la fermentación ácida por un determinado tiempo. Para este proceso del

tratamiento se considera a la cal como un reactivo alcalino y de bajo costo, volviéndose una opción factible y de mayor uso.

- Incineración: es la quema del material orgánico que contienen los lodos residuales; como resultado se obtienen cenizas compuestas por elementos minerales.

Existen dos líneas importantes a tener en cuenta para este proceso:

a) Reducción de volumen: la reducción del volumen de los lodos implica la pérdida de humedad (deshidratación) presentes, alcanzando hasta el 20% de pérdida; algunos técnicos para la eliminación de agua implican la utilización de la energía térmica entre ellas tenemos drenaje natural, secado, incineración, etc.

b) Reducción del poder de fermentación o estabilización: disminuye las acciones biológicas y la carga microbiana que provocan malestares en la salud pública.

### **1.3.2.1. Concepto de compostaje**

Esta técnica son pasos para transformar residuos donde se reutiliza la materia orgánica para volverlo tierra fértil, reduciendo el volumen de los desechos mediante la actividad bacteriológica que actúa descomponiéndolos a partículas estables. Este proceso puede ser anaerobio o anaerobio, dando como resultado un abono rico en nutrientes para fertilizar un suelo.

El resultado final llamado compost también puede ser comercializado siempre y cuando haya sido controlado de no contener microorganismos patógenos que puedan causar algún daño al suelo y otros seres vivos.

### **1.3.2.2. El compost**

Es un bioabono que se obtiene de la descomposición de materia orgánica a través de la actividad bacteriana de los microorganismos convirtiéndolo en un gran estabilizador del sustrato que mejora su estructura y el rendimiento de los cultivos.

Este producto es de gran ayuda para el suelo ya que lo vuelve fértil sin contaminarlo, a diferencia del uso de químicos que alteran la composición del sustrato; además es un producto natural y rentable porque se utilizan los desechos domésticos que a diario se consumen y que son los de mayor generación porque es la principal demanda por ser la



primera en la pirámide de Maslow con respecto a las necesidades humanas, lo cual significa que la materia orgánica para elaborar el compost no implica ningún costo.

Este bioabono es un estabilizador de micronutrientes importantes para las acciones bioquímicas que realizan los seres vivos fotosintéticos.

### **1.3.2.3. Parámetros del compostaje**

Puesto que el compostaje es un proceso natural a través del cual interactúan los microorganismos para descomponer la materia orgánica, es necesario tener en cuenta los parámetros que influyen en su desarrollo. Dentro de estos parámetros tenemos el O<sub>2</sub>, la humedad del suelo, T<sup>0</sup>, pH y la relación C: N (relación carbono Nitrógeno).

Por otro lado, el compostaje está ligado a factores climatológicos, el procedimiento a usar, los residuos orgánicos, y otros componentes, por los cuales los parámetros pueden cambiar. Sin embargo, estos deben ser controlados constantemente para lograr buenos resultados que estén dentro de los estándares. (Román et. al., 2013)

En la siguiente tabla se muestran los estándares de cada parámetro:

Tabla 10: Parámetros del compostaje

| <b>Parámetro</b>                    | <b>Rango ideal al inicio (2 -5 días)</b> | <b>Rango ideal para compost en fase termófila II (2 -5 semanas)</b> | <b>Rango ideal de compost maduro (3 – 6 meses)</b> |
|-------------------------------------|--|---|--|
| <b>C:N</b>                          | 25:1 – 35:1                              | 15/20   | 10:1 – 15:1  |
| <b>Humedad</b>                      | 50% - 60%                                | 45% - 55%   | 30% - 40%  |
| <b>Concentración de oxígeno</b>     | ~10%                                     | ~10%  | ~10%   |
| <b>Tamaño de partícula</b>          | < 25 cm                                  | ~15 cm  | <1,6 cm  |
| <b>pH</b>                           | 6,5 – 8,0                                | 6,0 – 8,5   | 6,5 – 8,5  |
| <b>Temperatura</b>                  | 45 – 60 <sup>0</sup> C                   | 45 <sup>0</sup> C – Temperatura ambiente                            | Temperatura ambiente                               |
| <b>Densidad</b>                     | 250 – 400 kg/m <sup>3</sup>              | < 700 kg/ m <sup>3</sup>  | <700 kg/ m <sup>3</sup>                            |
| <b>Materia orgánica (base seca)</b> | 50% - 70%                                | > 20 %  | > 20 %   |
| <b>Nitrógeno total (base seca)</b>  | 2,5 – 3%                                 | 1 – 2%  | ~1 %   |

Fuente: Román et. al., 2013

### 1.3.2.3.1. Temperatura (T<sup>0</sup>)

Este parámetro puede variar hasta los 65<sup>0</sup>C sin la intervención del hombre y luego llegar de nuevo a una T<sup>0</sup> ambiente mientras ocurre su etapa de madurez. Es recomendable que la temperatura no baje muy rápido por lo que en el aumento de temperatura y tiempo más óptima será la desintegración y mejor higienización.

Tabla 11: Parámetros de temperatura óptimos

| <b>Temperatura<br/>(°C)</b>  |   | <b>Causas asociadas</b>   | <b>soluciones</b>  |
|--|---|---|--|
| <b>Bajas<br/>temperaturas<br/>(T<sup>0</sup><br/>Ambiente<br/>&lt; 30°C)</b> | Humedad<br>insuficiente                     | Las bajas temperaturas darse por varios factores, como la falta de humedad, por lo que los microorganismos disminuyen la actividad metabólica y por tanto, la temperatura baja.   | Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (restos de fruta y verduras, u otros)   |
|  | Material<br>insuficiente                    | Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada.  | Añadir más material a la pila de compostaje.   |
|  | Déficit<br>De<br>Nitrógeno<br>o baja C:N    | El material tiene una alta relación C:N y, por lo tanto, los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas y disminuyen o ralentizan su actividad. La pila demora en incrementar la temperatura más de una semana. | Añadir material con elevado contenido de nitrógeno como estiércol.   |
| <b>Altas<br/>temperaturas<br/>(T<sup>0</sup><br/>ambiente<br/>&gt;70°C)</b>  | Ventilación<br>y<br>humedad<br>insuficiente | La temperatura es bastante elevada y se inhibe el proceso de descomposición. Se mantiene actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos mesofilicos y facilitar la terminación del proceso.                      | Volteo y verificación de la humedad (55–60%). Adición de material con elevado contenido en carbono de lenta degradación (madera o pasto seco) para que ralentice el proceso. |

Fuente: Román et. al., 2013

#### **1.3.2.3.2. Oxígeno (O<sub>2</sub>)**

Este procedimiento es anaerobio, por lo tanto, debe tener una oxigenación apropiada que permita la respiración de los microorganismos presentes para la descomposición, los cuales van a liberar dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) al ambiente externo. De esta forma la oxigenación hace que la materia orgánica descompuesta no se haga dura o se enlode.

En el proceso de compostaje los niveles de oxígeno deben ser 5% (mínimo) y 10% (recomendable). Si se excede la oxigenación entonces baja la temperatura y se perdería la humedad afectando el proceso de desintegración a falta de agua.

Si las células microbianas pierden líquido provocará que las acciones enzimáticas no continúen con la desintegración de los compuestos. Caso contrario sucede cuando una baja oxigenación no deja que se evapore el agua haciendo que haya mayor humedad y el medio de anaerobiosis. Entonces se genera mal olor y acidez debido a la presencia de compuestos como el ácido acético, ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) o metano (CH<sub>4</sub>) en exceso (Román et al., 2013)

Tabla 12: Control de la aireación

| <b>% de aireación</b>        | <b>Problema</b>     | <b>soluciones</b>  |
|------------------------------|---------------------|--|
| <5 %                         | Baja aireación      | Insuficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis  |
| <b>5% - 15 % Rango ideal</b> |                     |  |
| > 15 %                       | Exceso de aireación | Descenso de temperatura y evaporación del agua, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua. Picado del material a fin de reducir el tamaño de poro y así reducir la aireación. Se debe regular la humedad, bien proporcionando el agua al material o añadiendo material seco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros) |

Fuente: Román et. al., 2013

### 1.3.2.3.3. pH

El pH del compost se ve influenciado por el tipo de materia orgánica y cambia en cada etapa del procedimiento, va de 4.5 hasta 8.5. Al comienzo el pH se vuelve ácido por la producción de compuestos orgánicos con propiedades ácidas. Luego en la etapa termófila, por la transformación del amonio en amoniaco, el pH aumenta y se alcaliniza el medio, y finalmente se logra equilibrar los valores próximos al neutro. La permanencia de los microorganismos va depender mucho del pH para que puedan incrementarse. Las acciones bacterianas serán optimas cuando el pH esté en 6.0 – 7.5, entretanto para las acciones fúngicas serán optimas cuando su pH esté en 5.5 – 8.0. Sin embargo, el nivel recomendado de pH es de 5.8 – 7.2. (Román et al., 2013)

Tabla 13: Parámetros de pH óptimos

| <b>pH</b>                    | <b>Causas asociadas</b>   | <b>Soluciones</b>  |
|------------------------------|---|--|
| <4,5                         | Exceso de Los materiales vegetales como restos de cocina, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio.  | Adición de material rico en nitrógeno hasta obtener un equilibrio en C:N.                            |
| <b>4,5 – 8,5 Rango ideal</b> |   |  |
| >8,5                         | Exceso de Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C:N, asociado a humedad y altas temperaturas, se produce amoniaco alcalinizando el medio. | Adición de material más seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín) |

Fuente: Román et. al., 2013

#### **1.3.2.3.4. Relación Carbono – Nitrógeno (C:N)**

Este valor cambia de acuerdo a la materia que se utiliza al inicio del proceso para conseguir la relación numérica cuando se divide la cantidad de Carbono (%C total) entre la cantidad de N (%N total) de la materia para el compost. La relación Carbono Nitrógeno va a cambiar durante el periodo de tiempo que tarda el proceso, habiendo la disminución perenne de 35:1 a 15:1. (Román et al., 2013)

Tabla 14: Parámetros de la relación carbono/nitrógeno

| <b>C:N</b>                     | <b>Causas asociadas</b> | <b>Soluciones</b>   |
|--------------------------------|-------------------------|---|
| <b>&lt;35:1</b>                | Exceso de carbono       | Existe en la mezcla una gran cantidad de materiales ricos en carbono. El proceso tiende a enfriarse y a ralentizarse.   |
|                                |                         | Adición de material rico en nitrógeno hasta obtener un equilibrio en C:N.   |
| <b>15:1 – 35:1 Rango ideal</b> |                         |   |
| <b>&lt;15:1</b>                | Exceso de nitrógeno     | En la mezcla hay una mayor cantidad de material rico en nitrógeno, el proceso tiende a calentarse en exceso y se generan malos olores por el amoníaco liberado. |
|                                |                         | Adición de material con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)   |

Fuente: Román et. al., 2013

### 1.3.2.3.5. Humedad

Este parámetro es una parte fundamental de los microorganismos porque éste les permite obtener nutrientes y elementos energéticos por medio de la membrana celular. La humedad apropiada para realizar el compostaje es aproximadamente a 55%, pero cambia de acuerdo al estado físico y el volumen de las partículas, asimismo interviene el sistema que se utiliza para los procedimientos del compostaje. En cambio, si la humedad decae bajo 45%, las acciones de los microorganismos serán menos eficientes interfiriendo en el periodo de las etapas de desintegración, ocasionando que el compost sea biológicamente inestable. Por el contrario, si se aumenta la humedad sobre 60% el agua llenará los orificios e impedirá la aireación de la materia. A diferencia de los desechos de cocina, verduras, frutas y pasto, en residuos provenientes de madera, paja y hojas secas, es mayor la demanda de agua durante el proceso de compostaje. En resumen, la humedad apropiada debe estar entre 45% y 60% de líquido en peso de material base.

Existe la “técnica del puño cerrado”, que básicamente radica en:



Sacar un puñado de material orgánico y al abrir la mano éste debería estar apelmazado, pero no escurrir nada de agua. En caso tuviera agua, se procede a voltear y/o agregar material seco, como aserrín o paja. Si el material orgánico quedase suelto en la mano, se procede a agregar agua y/o material fresco, como restos de hortalizas o hierba (Román et al., 2013).

Tabla 15: Parámetros de humedad óptimos

| <b>% de humedad</b>          | <b>Problema</b>      | <b>Soluciones</b>   |
|------------------------------|----------------------|---|
| <b>&lt;45%</b>               | Humedad insuficiente | Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos.  |
|                              |                      | Se debe regular la humedad, ya sea proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros). |
| <b>45% - 60% Rango ideal</b> |                      |   |
| <b>&gt;60%</b>               | Oxígeno insuficiente | Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis.  |
|                              |                      | Volteo de la mezcla y/o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono, como serrines, paja u hojas secas.   |

Fuente: Román et. al., 2013

#### 1.3.2.4. Contenido de N, P, K en el Compost

Tabla 16: Rango del contenido de N,P,K

| Nutriente | % en compost                              |
|-----------|---|
| Nitrógeno | 0,3% - 1,5 % (3g a 15g por kg de compost) |
| Fósforo   | 0,1% - 1,0 % (1g a 10g por kg de compost) |
| Potasio   | 0,3% - 1,0 % (3g a 10g por kg de compost) |

Fuente: Román et. al., 2013

#### 1.3.2.5. Beneficios del compost

Del compost se pueden obtener grandes beneficios para el suelo y las plantas, tales como mejorar la estructura del suelo, la ausencia de agentes patógenos y otros tipos de plantas que interfieran en el crecimiento del cultivo; sumado a ello fortalece y mejora su crecimiento haciéndolos inmune a las plagas que puedan afectarlas.

El compost contiene gran cantidad de material orgánico y nutrientes como Nitrógeno, Fósforo y Potasio, los cuales son absorbidos por las plantas y al estar mucho tiempo, el suelo, con uso agrícola, este suelo puede deteriorarse y volverse pobre o infértil para nuevos cultivos; entonces aquí actúa la ventaja de agregar el compost para enriquecer el suelo.

Es verdad que los químicos le dan más nutrientes al sustrato que el compost, pero la segunda opción le aporta mayor cantidad de materia orgánica, y lo que se debe tener en cuenta es que en un determinado periodo de tiempo el suelo dejará de producir con la misma eficiencia que en un comienzo utilizando productos químicos y lo hará propenso a las plagas u otros factores que perjudiquen el desarrollo normal de las plantas.

#### 1.4. Formulación del problema.

¿De qué manera la higienización de lodos residuales con cal viva contribuye a la elaboración del compostaje en las lagunas de oxidación del Distrito de San José?

### **1.5. Justificación del estudio.**

En esta investigación se busca dar una respuesta a la problemática ambiental con respecto al mal manejo de lodos residuales, para lo cual se justifica en los siguientes aspectos:

#### **Social**

El presente proyecto de investigación es producto de la realidad problemática social observada, que perjudica al ambiente y la salud de las personas que habitan alrededor de las lagunas de oxidación del Distrito San José, a causa de la carga de coliformes totales y fecales que contienen los lodos residuales como resultado del tratamiento de aguas residuales. Por otro lado, origina malos olores y presencia de insectos, filtraciones al subsuelo, lo cual ocasiona la contaminación de la napa freática. Por eso se plantea reutilizar los lodos a través de la higienización con cal viva para obtener compostaje y darle un valor agregado.

#### **Ambiental**

Dentro de este contexto se justifica el proyecto de investigación como tema ambiental por su aporte a la mejora del tratamiento de lodos residuales, el cual beneficiará tanto a la población y el medio donde se ubica el estudio; así también la materia obtenida enriquecerá más los suelos degradados por químicos.

#### **Teórico**

La investigación también se justifica en el aspecto teórico, debido a las investigaciones que se han hecho a nivel nacional con la finalidad de reducir la carga microbiana en los lodos residuales de una planta de tratamiento de agua residual, asimismo el desarrollo, aplicación, experimentación, resultados y conclusiones podrán servir como antecedentes para otras personas que quieran continuar con la investigación y comprobar la eficacia de la higienización de lodos residuales con cal viva.

#### **Metodológico**

Finalmente se justifica en el aspecto metodológico por el motivo de que se han seguido todas las pautas de la metodología de investigación para desarrollar el plan de estudio, que comprende la observación de la realidad problemática, trazar los objetivos de la investigación, revisión de bibliografía referente a las variables de estudio, diseñar el método de estudio, formular hipótesis, de igual manera la aplicación experimental del tratamiento para obtener los datos que posteriormente serán expresados estadísticamente, para luego aceptar o rechazar las hipótesis.

## **1.6. Hipótesis.**

H.a.: Si se higienizan los lodos residuales con cal viva entonces se podrá elaborar compostaje en las lagunas de oxidación del distrito de San José.

H.o.: Si no se higienizan los lodos residuales con cal viva entonces no se podrá elaborar compostaje en las lagunas de oxidación del distrito de San José.

## **1.7. Objetivos.**

### **1.7.1. Objetivo general**

Determinar la eficacia de la higienización de lodos residuales con cal viva para la elaboración de compostaje en las lagunas de oxidación del Distrito de San José.

### **1.7.2. Objetivos Específicos:**

- ✓ Identificar los agentes patógenos que contienen los lodos residuales de las lagunas de oxidación del distrito de San José.
  
- ✓ Aplicar el tratamiento de higienización de lodos residuales con cal viva para la elaboración de compostaje en las lagunas de oxidación del Distrito San José.
  
- ✓ Evaluar la efectividad del tratamiento de higienización de lodos residuales con cal viva para la elaboración de compostaje en las lagunas de oxidación del Distrito San José.

## II. MÉTODO

### 2.1. Diseño de investigación

El tipo de diseño es aplicado y tiene como diseño Pre experimental, el cual siguió los siguientes tres pasos:

Esquema:

pre                      post  
Q<sub>1</sub>   -   X   -   Q<sub>2</sub>

Dónde:

Q<sub>1</sub> = Análisis previo al tratamiento.

X = Tratamiento con cal viva

Q<sub>2</sub> = Análisis después del tratamiento.

### 2.2. Variables, Operacionalización

#### 2.2.1. Variables:

Las variables fueron las siguientes:

V.I.: Higienización de lodos residuales con Cal viva

V.D.: Compostaje de lodos residuales

### 2.2.2. Operacionalización de variables

**MATRIZ OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

| VARIABLES   |                                | DEFINICIÓN CONCEPTUAL   | OPERACIONAL   | DIMENSIÓN                    | INDICADORES | ESCALA DE MEDICIÓN |
|-------------|--------------------------------|---|---|------------------------------|-------------|--------------------|
| DEPENDIENTE | COMPOSTAJE DE LODOS RESIDUALES | Está entre los mejores bioabonos que se pueden obtener fácilmente de residuos orgánicos y que le proporciona al suelo mayor fertilidad con buenos resultados en los cultivos. | Este proceso utiliza materia orgánica (lodos de depuración, estiércol, residuos agropecuarios y otros), y estos son sometidos a una transformación biológica controlada de fermentación llamada compostaje. | Materia orgánica del compost | Porcentaje  | Intervalo          |
|             |                                |   |   | Nitrógeno                    | (g/kg)      | Razón              |
|             |                                |   |   | Fosforo                      | (g/kg)      | Razón              |
|             |                                |   |   | Potasio                      | (g/kg)      | Razón              |

|                      |   |   |  |                |                    |           |
|----------------------|---|---|--|----------------|--------------------|-----------|
| <b>INDEPENDIENTE</b> | <b>HIGIENIZACIÓN DE LODOS RESIDUALES CON CAL VIVA</b> | Es un proceso de desinfección que administra la cal viva al lodo crudo para eliminar organismos patógenos | El tratamiento de lodos de las aguas residuales con cal se realiza en pilas por medios manuales o mecánicos, dependiendo del volumen del lodo a tratar. Para conseguir el acondicionamiento de lodo se adiciona primero la cal y posteriormente el lodo. | FÍSICOS        | pH                 | Intervalo |
|                      |   |   |  | MICROBIOLÓGICO | Coliformes totales | Razón     |
|                      |   |   |  |                | Coliformes fecales | Razón     |
|                      |   |   |  |                | Salmonella         | Razón     |
|                      |   |   |  |                | Huevos de Helminto | Razón     |

Fuente: Elaboración propia, 2019

## **2.3. Población y muestra**

### **2.3.1. Población**

Fue conformada por lodos residuales originados en las lagunas de oxidación del Distrito de San José.

### **2.3.2. Muestra**

La muestra para el tratamiento fue de 50 kg. de lodo residual de las lagunas de oxidación del Distrito San José.

Se tomó una primera muestra de lodo residual (1kg.) de las lagunas de oxidación del distrito de San José y posteriormente fue llevado a laboratorio para determinar las concentraciones de agentes patógenos. Luego se sacó 50 kg de lodo para someterlo al tratamiento con cal viva, de acuerdo a la concentración de patógenos se determinó el porcentaje de remoción de dichos contaminantes.

### **2.3.3. Localización**

Lagunas de oxidación San José, ubicada en el kilómetro 5 de la carretera Chiclayo San José – Distrito San José – Lambayeque.

Norte: Lambayeque.

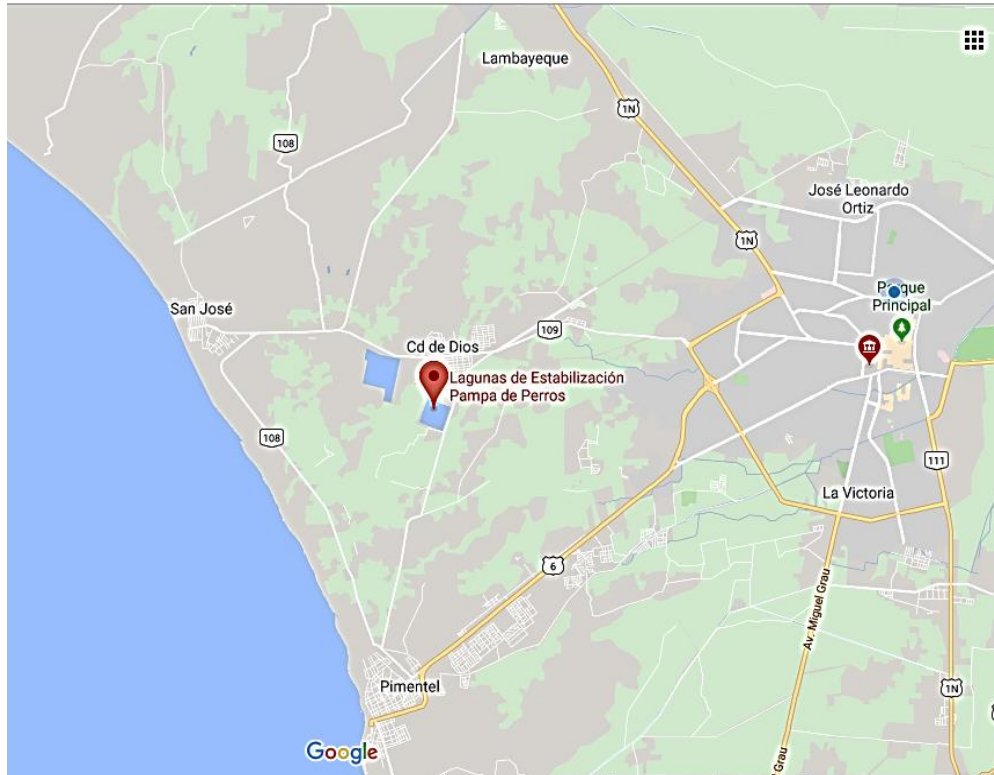
Este: Lambayeque y Chiclayo.

Sur: Pimentel.

Oeste: mar peruano.

Aproximadamente entre las coordenadas geográficas  $6^{\circ}47'54$  de latitud sur y  $79^{\circ}59'30$  de longitud oeste del meridiano de Greenwich.





*Fuente: Google Maps.*

#### **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.**

Los instrumentos y técnicas que se utilizaron para la recopilación de datos fueron las siguientes:

**Recolección de muestra:** se recolectó 50 kg de muestra de lodos, del cual se tomó 1kg para el análisis de laboratorio y determinar sus características físicas y microbiológicas.

**Análisis previos:** se hicieron los análisis de laboratorio previos al tratamiento para comprobar la efectividad del tratamiento comparando los resultados del inicio con los resultados finales del tratamiento.

**Almacenamiento:** la muestra se colocó en bolsas herméticas y fueron llevadas a laboratorio para el respectivo análisis.

**Excavación de fosa:** donde se almacenó el lodo y se hizo el proceso de higienización con cal viva.

**Aplicación de la cal viva:** se procedió a la aplicación de la cal viva. Se acondicionó 10 kg. de cal Viva antes de agregar el lodo residual de las lagunas de oxidación San José.

**Análisis posterior:** se hicieron los análisis finales para comprobar la efectividad del tratamiento.

**Gabinete:** la recopilación de datos e información incluyó búsqueda literaria, tanto física como virtual, que estuvieron relacionadas a las variables. La información se dividió en diferentes aspectos concernientes al tratamiento de higienización de lodos residuales para elaborar compostaje. También se elaboraron fichas textuales y de resumen con la información más resaltante de cada autor.

**Campo:** se realizaron las visitas a las lagunas de oxidación del Distrito San José para la toma de muestras y desarrollo experimental de la tesis.

**Laboratorio:** análisis físicos y microbiológicos de los lodos residuales antes y después de aplicar la higienización con cal viva.

**Confiabledad:** la concentración de agentes patógenos y parámetros físicos antes del tratamiento fueron obtenidos a través de los análisis físicos y microbiológicos hechos en el laboratorio de biotecnología de la Universidad Cesar Vallejo y en el laboratorio CYSAG.

## **2.5. Métodos de análisis de datos**

Los datos que se recolectaron fueron registrados, procesados y analizados en los programas de Excel y Word.

## **2.6. Aspectos éticos**

Todos los datos que se obtuvieron fueron producto de investigación propia tanto en información física como virtual, así como también las obtenidas en laboratorio sin alterar resultados y respetando los objetivos anteriores.

### III. RESULTADOS

3.1. Resultados de los agentes patógenos identificados en los lodos residuales antes de aplicar el tratamiento con Cal viva. (Tabla 17)

Tabla 17: Análisis microbiológico. Parámetros de higienización antes del tratamiento de lodos con cal viva

| <b>Parámetro</b>          | <b>Resultado</b> |
|---------------------------|------------------|
| <b>Coliformes totales</b> | 100 000 NMP/g    |
| <b>Coliformes fecales</b> | 2000 NMP/g       |
| <b>Salmonella</b>         | 10 NMP/g         |
| <b>Huevos de helminto</b> | 11 /g            |

La tabla N<sup>o</sup> 17 muestra la cantidad de patógenos que contiene la muestra de lodo residual antes de aplicar el tratamiento con cal viva. Los parámetros medidos con su respectivo resultado son: coliformes totales 100 000 NMP/g, Coliformes fecales 2000 NMP/g, Salmonella 10 NMP/g y Huevos de helminto 11 /g.

3.2. Resultados de los análisis fisicoquímicos de la muestra de lodo residual después de aplicar el tratamiento con cal viva. (Tabla 18)

Tabla 18: Análisis fisicoquímicos después del tratamiento de lodos con cal viva

| <b>Parámetro</b>        | <b>Resultado</b> |
|-------------------------|------------------|
| <b>pH</b>               | 12.64            |
| <b>Materia orgánica</b> | 4.80 %           |
| <b>Nitrógeno</b>        | 1.72 %           |
| <b>Fósforo</b>          | 0.09 %           |
| <b>Potasio</b>          | 0.13 %           |

En la tabla N<sup>o</sup> 18, muestra el resultado de los parámetros medidos para la calidad de compost que corresponden al lodo residual después de aplicar el tratamiento con cal viva. Se registró: pH 12.64, materia orgánica 4.80%, nitrógeno 1.72%, fósforo 0.09% y potasio 0.13%;

3.3. Resultados de los agentes patógenos después de aplicar el tratamiento con cal viva. (Tabla 19)

Tabla 19: Análisis microbiológico. Parámetros de higienización después del tratamiento de lodos con cal viva

| <b>Parámetro</b>          | <b>Resultado</b> |
|---------------------------|------------------|
| <b>Coliformes totales</b> | 0 NMP/g          |
| <b>Coliformes fecales</b> | 0 NMP/g          |
| <b>Salmonella</b>         | 0 NMP/g          |
| <b>Huevos de Helminto</b> | 0 /g             |

En la tabla N<sup>o</sup> 19, se observa los resultados obtenidos después de aplicar el tratamiento con cal viva en los lodos residuales. Con los resultados obtenidos se demostró que el

tratamiento es eficaz para higienizar lodos residuales tal como se muestra en la cantidad obtenida por cada parámetro: coliformes totales 0 NMP/g, Coliformes fecales 0 NMP/g, Salmonella 0 NMP/g y Huevos de helminto 0 /g.

#### 3.4. Cantidades de materia orgánica

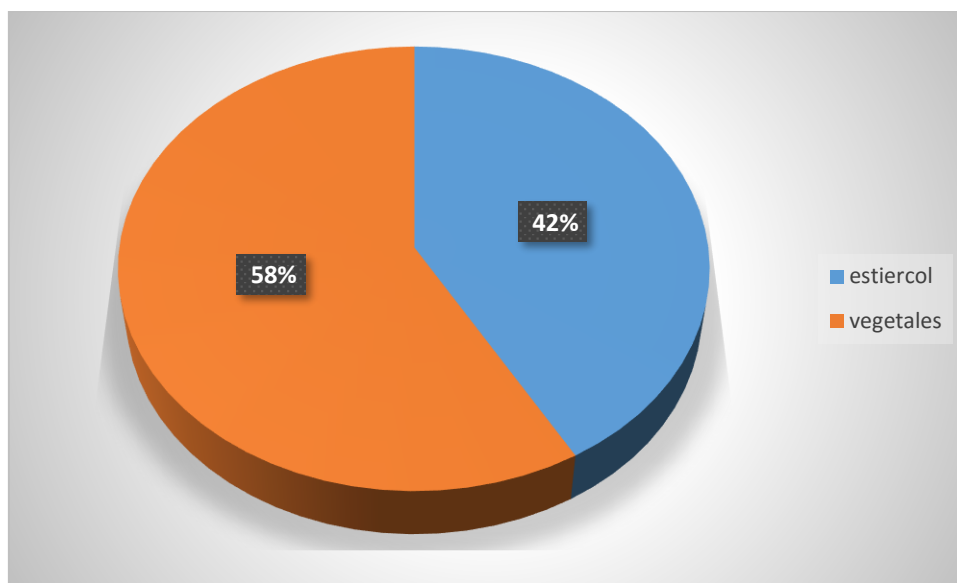


Figura 1: cantidad de materia orgánica (estiércol y vegetales)

La figura N° 1 muestra que el 58% es materia orgánica vegetal y el 42% es estiércol; los cuales fueron integrados a la composición del compostaje.

#### 3.5. Resultados de los análisis fisicoquímicos de la muestra de lodo residual después de elaborar el compostaje con lodos residuales higienizados. (Tabla 20)

Tabla 20: Análisis fisicoquímicos de compostaje con lodos residuales higienizados

| Parámetro        | Resultado |
|------------------|-----------|
| pH               | 7,21      |
| Materia orgánica | 32.20 %   |
| Nitrógeno        | 18 g      |
| Fósforo          | 1.20 g    |
| Potasio          | 3.80 g    |

En la tabla N<sup>o</sup> 20, se observa los resultados de los parámetros medidos al compost después de haber integrado la materia orgánica con el lodo residual higienizado y haber seguido con el proceso de compostación; los resultados son: pH 7.21, materia orgánica 432.20%, nitrógeno 18%, fósforo 1.20% y potasio 3.80%; de acuerdo a los parámetros óptimos si cumple con el rango adecuado para ser utilizado como abono y/o mejoramiento de suelos.

### 3.6. Porcentajes de remoción de agentes patógenos

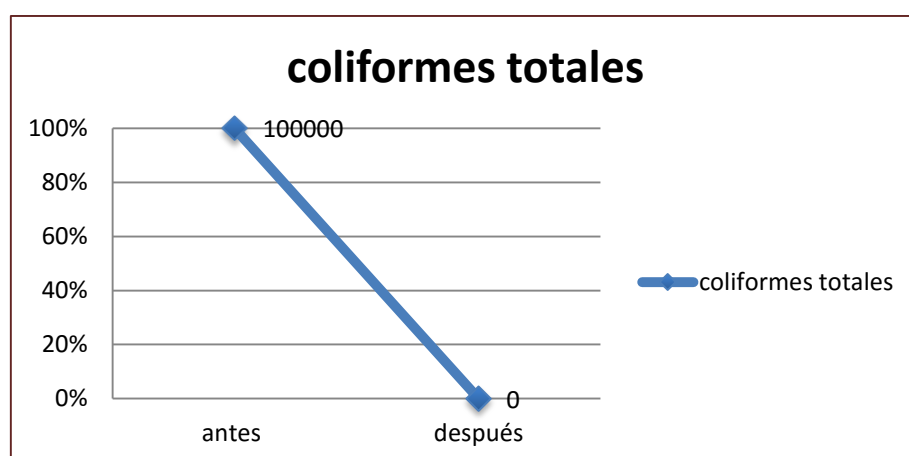


Figura 2: contenido de coliformes totales.

La figura N<sup>o</sup> 2 muestra que antes de aplicar el tratamiento con cal viva los lodos residuales tenían 100,000 NMP/g de coliformes totales que es el 100% y después del proceso de higienización con cal viva, el contenido de coliformes totales es de 0 NMP/g que es el 0%; entonces la higienización de lodos residuales con cal viva logró remover los coliformes totales hasta 0%.

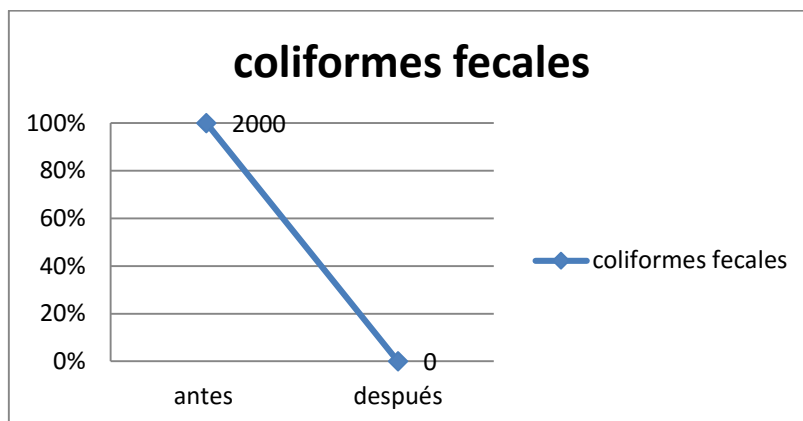


Figura 3: contenido de coliformes fecales.

La figura N<sup>o</sup> 3 muestra que antes de aplicar el tratamiento con cal viva los lodos residuales tenían 2000 NMP/g de coliformes fecales que es el 100% y después del proceso de higienización con cal viva, el contenido de coliformes fecales es de 0 NMP/g que es el 0%; entonces la higienización de lodos residuales con cal viva logró remover los coliformes fecales hasta 0%.

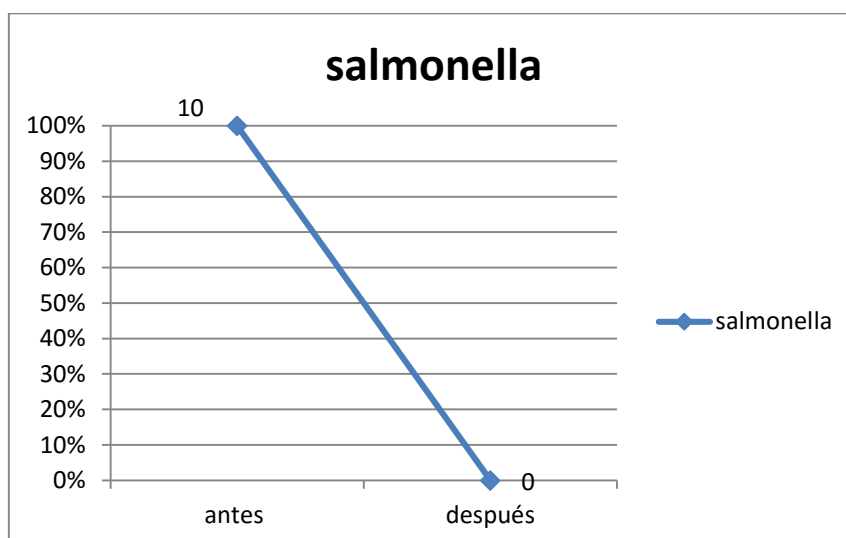


Figura 4: contenido de salmonella.

La figura N<sup>o</sup> 4 muestra que antes de aplicar el tratamiento con cal viva los lodos residuales tenían 10 NMP/g de salmonella que es el 100% y después del proceso de higienización con cal viva, el contenido de salmonella es de 0 NMP/g que es el 0%; entonces la higienización de lodos residuales con cal viva logró remover la salmonella en un 100%.



Figura 5: contenido de huevos de helminto.

La figura N<sup>o</sup> 5 muestra que antes de aplicar el tratamiento con cal viva los lodos residuales tenían 11 /4g de huevos de helminto que es el 100% y después del proceso de higienización con cal viva, el contenido de huevos de helminto es de 0 /4g que es el 0%; entonces la higienización de lodos residuales con cal viva logró remover los huevos de helminto hasta 0%.



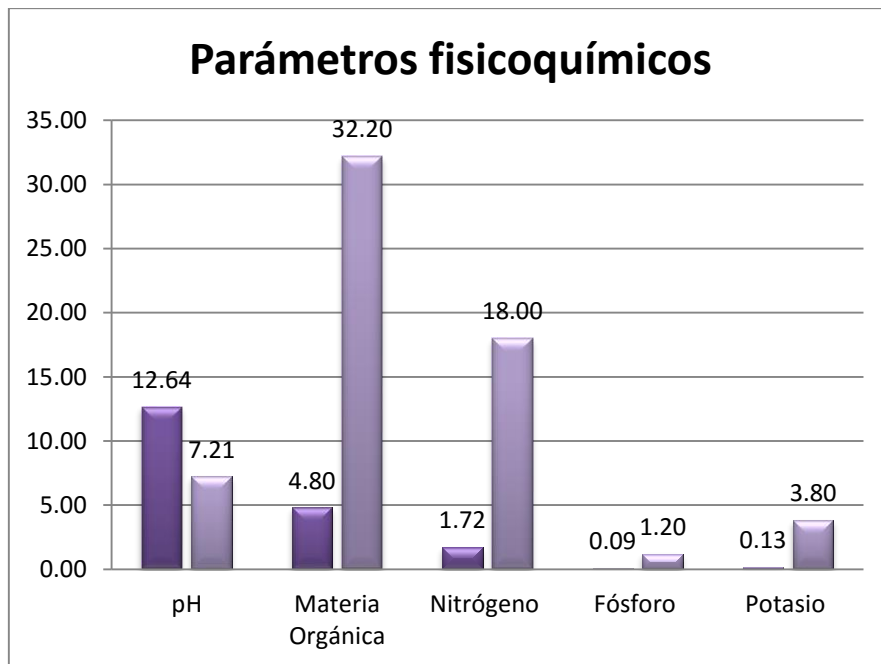


Figura 6: análisis fisicoquímicos.

La figura N<sup>o</sup> 6 muestra que en el pH se redujo a 7.21 logrando estabilizarlo dentro del rango de pH neutro para un compostaje de calidad; en materia orgánica aumentó a 32.20%; el nitrógeno aumentó a 18 g/kg; el fósforo aumentó a 1.20 g/kg y el potasio aumentó a 3.80 g/kg. Los resultados de compostaje están dentro del rango de los parámetros de calidad de acuerdo a las referencias de teoría del contenido de N, P, K para suelo.

#### IV. DISCUSIÓN

El autor Araujo (2017) afirma en su tesis que logró remover la concentración de coliformes fecales y totales en un 100% utilizando un proceso electroquímico; el cual resultaría ser más complejo que la aplicación de cal viva ya que utiliza equipos que deben ser usados por personas capacitadas para no dañarlos.

En esta investigación se logró remover al 100% los agentes patógenos (coliformes totales, coliformes fecales, huevos de helminto y salmonella) con el tratamiento de higienización de lodos residuales con cal viva y el trabajo se pudo realizar con ayuda de personal que no necesitaba una capacitación especial para algún uso de equipo que requiera de mucho cuidado.

Además, el lodo residual es tratado directamente con la cal viva sin utilizar otro tipo de energía que requiera un gasto adicional.

En el DECRETO SUPREMO N<sup>o</sup> 015-2017-VIVIENDA se establece que los lodos residuales deben presentar los siguientes resultados en sus parámetros de higienización: *Escherichia coli* < 1000 NMP/g, *Salmonella* < 1 NMP/g y Huevos de Helminto <1/4g; esto con la condición de que el producto obtenido de la higienización de lodos residuales con cualquier tratamiento se clasifiquen en clase A, clase B y clase C.

En el tratamiento de higienización con cal viva que se aplicó en esta investigación se logró reducir todos estos parámetros en un 100%, esto quiere decir que el lodo obtenido después del tratamiento se clasifica en tipo A, el cual puede ser utilizado o comercializado sin ningún tipo de restricción ya sea para uso en jardines o en uso agrícola para cultivo de tallo chico.

La autora María Cecilia Diocaretz Vergara (2010) menciona que los costos de inversión con respecto a la cal como insumo para el tratamiento son moderados pero que los costos de manejo en los procesos son elevados frente a los procesos biológicos.

En esta investigación no se hizo un análisis de costos pero a grosso modo en la localidad de Zaña se obtuvo a un costo módico y el proceso no implicaba gastos de equipos que sean costosos o que se tenga que invertir en la capacitación de personal, ya que este tratamiento solo fija la dosis y el control de tiempo para su efectividad, además el

tratamiento se puede aplicar en la misma zona de tratamiento de agua residual sin necesidad de transportar los lodos a otros lugares, sumado a ello el uso de la cal evita que los lodos residuales emitan malos olores o se proliferen enfermedades o la presencia de insectos.

Por otro lado, este tratamiento puede resultar ser más efectivo que los procesos biológicos, ya que en los procesos biológicos se pueden reactivar las cargas microbianas por lo que no se utiliza ningún insumo que pueda causar la eliminación completa de elementos patógenos, sino que todo es por procesos naturales.

El autor García (2016) afirma que los procesos electroquímicos para lodos residuales son los más eficientes frente a otro tratamiento estudiado en su tesis, ya que estos eliminan coliformes fecales y totales; sin embargo, en esta investigación se ha demostrado que el tratamiento aplicando cal viva en los lodos residuales también logran remover estas bacterias en un 100%, además de los huevos de helminto y salmonella.

Antes de aplicar el tratamiento, los resultados de los análisis microbiológicos arrojaron lo siguiente: coliformes totales 100 000 NMP/g, Coliformes fecales 2000 NMP/g, Salmonella 10 NMP/g y Huevos de helminto 11 /g. En tanto a los resultados después de aplicar el tratamiento se obtuvo lo siguiente: coliformes totales 0 NMP/g, Coliformes fecales 0 NMP/g, Salmonella 0 NMP/g y Huevos de helminto 0 /g; es decir la eficacia del tratamiento nos dio resultados óptimos para ser utilizado posteriormente en el proceso de compostaje.

El autor Enrique Chunga Zapata (2014) menciona que el compostaje obtenido de los lodos residuales se puede comercializar y que reduciría residuos generados en la ciudad porque les daría un uso agregado en los lodos para obtener un compostaje con más nutrientes (N, P, K).

En este sentido la presente investigación puede aportar con esa idea porque se haría uso de residuos generados en mercados o centro de abastos donde se obtiene materia prima, en especial los frutos cítricos, ya que éstos sirvieron para bajar el pH que la cal elevó a 12 unidades para eliminar patógenos, y los cítricos utilizados lograron equilibrar el pH dentro del rango neutro obteniendo un pH de 7.21 que se registra en la tabla 20 y se compara en la figura 6 donde se puede ver el pH que desciende de 12.64 a 7.21 logrando

el objetivo de estabilizar para que los microorganismos descomponedores puedan realizar su labor con la materia orgánica.

Francisco et al., (2011) brinda resultados sobre el rendimiento de los cultivos con el compostaje de lodos y da la recomendación de analizar los metales pesados que pueden contaminar el suelo con el uso de este bioabono.

Según la presente investigación también se debe tener en cuenta los agentes microbiológicos ya que éstos pueden desencadenar epidemias.

El autor Román et al., (2013) hace mención de la ventaja de los ácidos para estabilizar el pH dentro del rango óptimo para suelo.

El cual se ha comprobado que si es efectivo que cuando se realizó el compostaje en el presente estudio de investigación se hizo uso de frutos cítricos para bajar el pH, dando resultados satisfactorios tal como se muestra en la figura 6.

El autor Rodríguez (2017) refiere que para mayor efectividad de eliminar impurezas y obtener un compost de calidad se debe añadir estiércol al lodo residual; lo cual no se realizó en esta investigación y por ende se concluye que este fue un factor para que los parámetros de Materia Orgánica, Fósforo y potasio se vean influenciados y no logren estar en el rango óptimo, ya que solo se hizo uso de residuos vegetales y en especial de cítricos para obtener el pH deseado.

Además de agregar los residuos orgánicos, se deben triturar o cortar los residuos en tamaños muy pequeños y realizar volteos continuamente para acelerar el proceso de descomposición de la materia y obtener resultados en el menor tiempo posible, también influye el alto contenido de nitrógeno que se encuentra en residuos de color verde que son útiles para el crecimiento y reproducción de microorganismos.

## V. CONCLUSIONES

Los agentes patógenos identificados en las muestras de lodo residual de las lagunas de oxidación del Distrito de San José, previos al tratamiento de higienización con cal viva para la elaboración de compostaje fueron: coliformes totales con 100 000 NMP/g, Coliformes fecales con 2000 NMP/g, Salmonella con 10 NMP/g y Huevos de helminto con 11 /g.

Se aplicó el tratamiento de higienización de lodos residuales con Cal viva con las siguientes dosis: 50 kg de lodo residual en 10 kg de cal viva o CaO (Óxido de calcio).

La efectividad del tratamiento se evaluó con los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos donde todas las cantidades del contenido de agentes patógenos identificados arrojan: coliformes totales con 0 NMP/g, Coliformes fecales con 0 NMP/g, Salmonella con 0 NMP/g y Huevos de helminto con 0 /g; es decir se logró remover el 100% de agentes patógenos; además en los resultados finales de los análisis fisicoquímicos se logró llegar a los siguientes resultados: pH se redujo a 7.21 logrando estabilizarlo dentro del rango de pH neutro para un compostaje de calidad; en materia orgánica aumentó a 32.20%; el nitrógeno aumentó a 18 g/kg; el fósforo aumentó a 1.20 g/kg y el potasio aumentó a 3.80 g/kg; lo cual significa que están en el rango óptimo de un compostaje de calidad. De esta manera se acepta la hipótesis alterna porque se logró higienizar los lodos residuales con cal viva y obtener compost.

## **VI. RECOMENDACIONES**

A la empresa EPSEL S.A. tratar los lodos residuales de las lagunas de oxidación del Distrito de San José para darle un valor agregado y obtener múltiples beneficios tanto para la empresa como para comunidad. Además de realizar estudios más profundos sobre los contenidos de carga microbiana que se encuentran en los lodos residuales.

Estudiar otros métodos para darle uso a los lodos residuales para mejorar suelos agrícolas u obtener otro tipo de energía que impacte de manera positiva en el ambiente y la salud humana.

Que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental busquen nuevas opciones para reutilizar los lodos residuales de las lagunas de oxidación de San José a fin de darle una solución a la problemática ambiental que estos residuos generan.

Hacer un estudio de dosis de residuos orgánicos para lodos residuales higienizados y técnicas de aceleración de descomposición de materia orgánica.

Se recomienda el uso del compostaje obtenido para cultivos de hortalizas, ya que el compost beneficiaría a la comunidad en el mejoramiento de suelo y calidad de cultivos.

## REFERENCIAS

- AMADOR DÍAZ, A., VELIZ LORENZO, E., & BATALLER VENTA, M. (18 de Mayo de 2014). Recuperado el 14 de Junio de 2018, de <http://www.redalyc.org/pdf/1816/181642434003.pdf>
- Amador Díaz, A., Veliz Lorenzo, E., & Bataller Venta, M. (25 de Noviembre de 2014). *Revista CENIC ciencias químicas*. Obtenido de redalyc.org: <http://www.redalyc.org/pdf/1816/181642434003.pdf>
- ARAUJO SALAZAR, S. C. (21 de Junio de 2017). *repositorio.ucv.pe*. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/3485/Araujo\\_SSC.pdf?sequence=1](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/3485/Araujo_SSC.pdf?sequence=1)
- ARCE JÁUREGUI, L. F. (Abril de 2013). Recuperado el 12 de Junio de 2018, de [tesis.pucp.edu:](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4568/ARCE_LUIS_AG_UAS_RESIDUALES_RESIDENCIALES.pdf?sequence=1)  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4568/ARCE\\_LUIS\\_AG\\_UAS\\_RESIDUALES\\_RESIDENCIALES.pdf?sequence=1](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4568/ARCE_LUIS_AG_UAS_RESIDUALES_RESIDENCIALES.pdf?sequence=1)
- BLANCO JARA, P. A. (2014). *colef.mx*. Recuperado el 15 de Mayo de 2018, de <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2015/02/Tesis-Perla-Alejandra-Blanco-Jara.pdf>
- BURGA RAFAEL, A. F. (Setiembre de 2014). Recuperado el 26 de Junio de 2018, de [tesis.usat.edu:](http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/493) <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/493>
- CHUNGA ZAPATA, E. (Marzo de 2014). *pirhua.udep.edu.pe*. Recuperado el 13 de Mayo de 2018, de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1781/ING\\_536.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1781/ING_536.pdf?sequence=1)

- DIOCARETZ VERGARA, M. C. (2010). *eula.cl*. Recuperado el 15 de Mayo de 2018, de CENTRO DE CIENCIAS AMBIENTALES EULA - CHILE: <http://www.eula.cl/giba/wp-content/uploads/2017/09/tesis-maria-diocaretz-2010.pdf>
- El Peruano. (22 de Junio de 2017). *minam.gob*. Recuperado el 11 de Mayo de 2018, de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-015-2017-VIVIENDA.pdf>
- FRANCISCO ATENCIO, J., RAMOS MATIAS, P., & AGUIRRE YATO, G. (24 de Enero de 2011). Recuperado el 15 de Junio de 2018, de researchgate.net: [https://www.researchgate.net/publication/215531067\\_Aprovechamiento\\_agricola\\_del\\_lo\\_do\\_generado\\_en\\_la\\_PTAR\\_de\\_Puente\\_Piedra\\_-\\_Lima](https://www.researchgate.net/publication/215531067_Aprovechamiento_agricola_del_lo_do_generado_en_la_PTAR_de_Puente_Piedra_-_Lima)
- Francisco Atenio, J., Ramos Matías, P., & Aguirre Yato, G. (2011 de Enero de 24). Obtenido de ResearchGate: <https://www.researchgate.net/publication/215531067>
- GARCÍA CÁRDENAS, M. I. (Abril de 2016). *dspace.ups.edu.ec*. Recuperado el 10 de Mayo de 2018, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12044/1/UPS-CT005866.pdf>
- GARCÍA ZARZA, M. A. (s.f. de s.f. de 2003). *INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL*. Recuperado el 3 de Junio de 2018, de [https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4841/355\\_METODO%20ALTERNATIVO%20PARA%20TRATAR%20LODOS%20DE%20PLANTAS%20DE%20AGUA%20RESIDUAL%20EN%20MEXICO.pdf?sequence=1](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4841/355_METODO%20ALTERNATIVO%20PARA%20TRATAR%20LODOS%20DE%20PLANTAS%20DE%20AGUA%20RESIDUAL%20EN%20MEXICO.pdf?sequence=1)
- GARCÍA ZARZA, M. A. (2003). Método alternativo para tratar lodos de plantas de agua residual en Mexico. Mexico.
- GONZÁLEZ GRANADOS, I. (Diciembre de 2015). *helvia.uco.es*. Recuperado el 9 de Mayo de 2018, de <https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/13199/2016000001232.pdf?sequence=3>



- LOSTAUNAU ARDILES, P., & CASANOVA VILLANUEVA, M. (2013). Recuperado el 15 de Junio de 2018, de dspace.unitru.edu: [http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3459/LostaunauArdiles\\_P%20-%20CasanovaVillanueva\\_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3459/LostaunauArdiles_P%20-%20CasanovaVillanueva_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- MÉNDEZ VEGA, J. P., & MARCHÁN PEÑA, J. (2008). *GTZ/PROAGUA Cooperación Alemana al Desarrollo*. Recuperado el 13 de Mayo de 2018, de SUNASS: [http://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/libro\\_ptar\\_gtz\\_sunass.pdf](http://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/libro_ptar_gtz_sunass.pdf)
- Mera Livaque, K. J. (2017). Recuperado el 15 de Noviembre de 2018, de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/10888/mera\\_lk.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/10888/mera_lk.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- MINAM. (22 de Junio de 2017). *minam.gob.pe*. Recuperado el 12 de Junio de 2018, de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-015-2017-VIVIENDA.pdf>
- More Valdivia, J. G. (2015). *repositorio.unjbg*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2018
- More Valdivia, J. G. (2015). *Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2018, de [repositorio.unjbg.edu: http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/1010/TM168\\_More\\_Valdivia\\_JG%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/1010/TM168_More_Valdivia_JG%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- RAMOS VARGAS, C. A. (2014). Recuperado el 11 de Mayo de 2018
- RIVERA JACINTO, M., RODRÍGUEZ ULLOA, C., & LÓPEZ ORBEGOSO, J. (10 de Diciembre de 2008). Recuperado el 10 de Junio de 2018, de [sciELO.org.pe: http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v26n1/a09v26n1](http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v26n1/a09v26n1)

- Rodríguez Muñoz, A. (2017). *repositorio ucv*. Recuperado el Noviembre 20 de 2018
- ROMÁN, P., M. MARTÍNEZ, M., & PANTOJA, A. (2013). *ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA*. Recuperado el 25 de Mayo de 2018, de fao.org: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- tesis.uson.mx. (s.f.). Recuperado el 10 de Junio de 2018, de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/18851/Capitulo2.pdf>
- TORRES LOZADA, P., ARTURO MADERA, C., & SILVA LEAL, J. (3 de Setiembre de 2009). Recuperado el 12 de Junio de 2018, de [revistas.unal.edu: https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/11516/12175](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/11516/12175)
- TREJOS VÉLEZ, M., & AGUDELO CARDONA, N. (Junio de 2012). Recuperado el 13 de Junio de 2018, de [repositorio.utp.edu: http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2775/62839T787.pdf;jsessionid=B902763110968ECA967CDE53FB013356?sequence=1](http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2775/62839T787.pdf;jsessionid=B902763110968ECA967CDE53FB013356?sequence=1)

## ANEXOS

### PLAN DE ACCIÓN TESIS- INGENIERÍA AMBIENTAL

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Ubicación: Distrito de San José
- 1.2. Propietario: EPSEL S.A.
- 1.3. Duración: 12 semanas
- 1.4. Responsable: Mirthya Gasdaly Machado Morales

#### II. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

“Higienización de lodos residuales con cal viva para la elaboración de compostaje en las lagunas de oxidación del Distrito de San José”

#### III. JUSTIFICACIÓN

Este plan de acción se justifica para seguir el procedimiento para la higienización de lodos residuales que busca aplicar un tratamiento económico y eficiente para su aprovechamiento, utilizando cal viva.

Debido a la falta de tratamiento al momento de la disposición final de lodos cuando las lagunas son limpiadas.

Finalmente dar una propuesta de solución a esta problemática ambiental.

#### IV. OBJETIVOS:

##### **Objetivo General**

- Determinar la eficacia de la higienización de lodos residuales con cal viva para la elaboración de compostaje en las lagunas de oxidación del Distrito de San José.

## Objetivos Específicos

- Identificar los agentes patógenos que contienen los lodos residuales de las lagunas de oxidación del distrito de San José.
- Aplicar el tratamiento de higienización de lodos residuales con cal viva para la elaboración de compostaje en las lagunas de oxidación del Distrito San José.
- Evaluar la efectividad del tratamiento de higienización de lodos residuales con cal viva para la elaboración de compostaje en las lagunas de oxidación del Distrito San José.

## V. DESCRIPCIÓN DEL PLAN

### 5.1. Solicitud para desarrollo de tesis

En la oficina de EPSEL S.A. ubicada en Av. A. B. Leguía y Av. Sáenz Peña, se hizo la entrega del documento solicitando el desarrollo de tesis en las lagunas de Oxidación de San José.

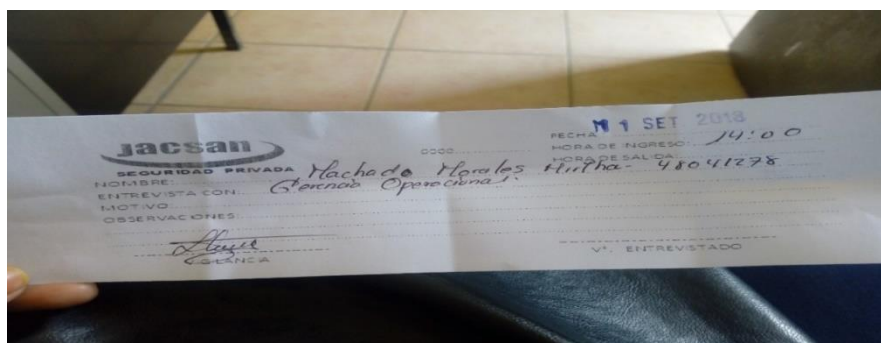


Foto 1: visita a gerencia operacional de la Empresa EPSEL S.A

### 5.2. Actividades de identificación y selección del campo experimental

Lagunas de oxidación San José, ubicada en el kilómetro 5 de la carretera Chiclayo San José – Distrito San José – Lambayeque.



Foto 2 ubicación de las lagunas de oxidación del distrito de San José.



Foto 3: señalización del espacio para aplicar el tratamiento de lodos residuales con cal viva para elaboración de compostaje.

### 5.3. Toma de muestras del lodo residual antes del tratamiento con cal viva para hacer la pre prueba del análisis de laboratorio.



Foto 4: primera toma de muestra de lodo de la laguna de tratamiento primario con ayuda del personal de la Empresa EPSEL S.A.



Foto 5: muestra de lodo en bolsa para pesar.



Foto 6: pesado de la muestra de lodo residual.



Foto 7: la muestra de lodo residual en bolsa hermética para llevar a laboratorio.



Foto 8: muestra de lodo residual en laboratorio.



#### 5.4. Compra de cal viva



Foto 9: lugar de venta de la cal viva.



Foto 10: cal viva.





Foto 11: pesado de la cal viva para adquirir.

### 5.5. Excavación de la fosa para el tratamiento con cal viva

Medidas: 1,20 m. de ancho por 2 m. de largo y 50 Cm. de profundidad. Se construyó la fosa de 1.50 m. de ancho, 2 m. de largo y 0.50 m. de profundidad; para colocar plástico como base para el tratamiento de lodos con cal viva.

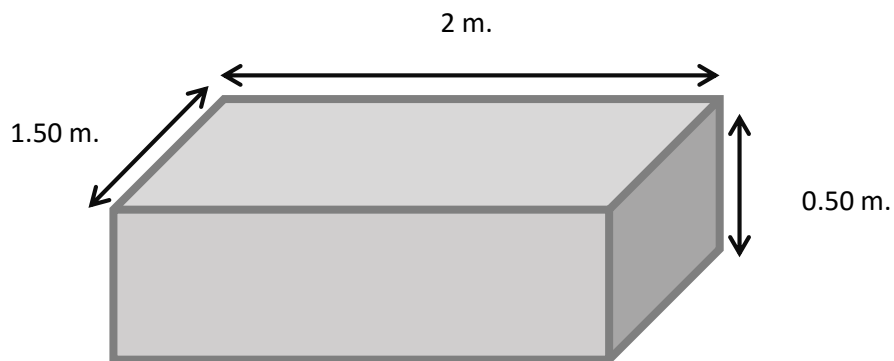




Foto 12: limpieza de terreno en las lagunas de oxidación del Distrito de San José para iniciar el desarrollo de tesis.



Foto 13: medición para construcción de la fosa para aplicar el tratamiento.





Foto 14: delimitando el perímetro para la excavación de la fosa



Foto 15: excavación de la fosa con ayuda del personal de EPSEL S.A.





Foto 16: fosa delimitada con yeso.



Foto 17: área de trabajo para el desarrollo de tesis en las Lagunas de Oxidación del Distrito de San José.

### 5.6. Poner plástico como base en la fosa



Foto 18: plástico para impermeabilidad del tratamiento de lodos residuales con cal viva.

### 5.7. Acondicionar primero la cal viva y luego el lodo residual

Se acondicionó la cal viva o CaO (10 kg) en el lodo residual (50 kg)

200 kg CaO ————— 1000 kg Lodo residual

X CaO ————— 50 kg Lodo residual

$$X = \frac{200 \times 50}{1000}$$

|                         |
|-------------------------|
| $X = 10 \text{ kg CaO}$ |
|-------------------------|

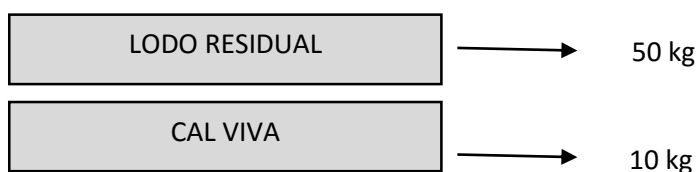






Foto 19: pesado de la cal viva. 10 kg.



Foto 20: acondicionamiento de la cal viva.



Foto 21: extracción del lodo residual de la laguna de tratamiento primario.



Foto 22: pesado del lodo residual con ayuda del personal de la Empresa EPSEL S.A.





Foto 23: pesado del lodo residual.



Foto 24: agregar lodo residual en la fosa.





Foto 25: acondicionamiento de la cal viva con el lodo residual.

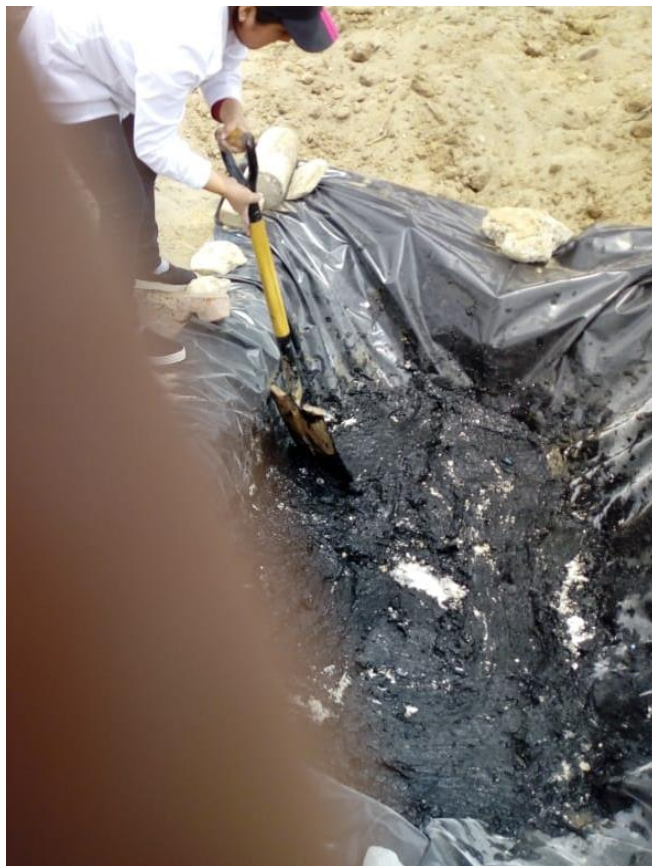


Foto 26: homogenización de la cal viva y el lodo residual



Foto 27: homogenización de la cal viva con el lodo residual.

### **5.8. Se agrega agua y se revuelve la mezcla de lodo con cal viva**



Foto 28: se revuelve la mezcla de cal viva con lodo agregándole agua.



**5.9. Tomar las muestras del lodo después del tratamiento con cal viva para los análisis prueba de laboratorio**



Foto 29: toma de la muestra de lodo residual con cal viva.

**5.10. Análisis microbiológico de laboratorio del lodo antes del tratamiento con cal viva**



Foto 30: resultados de patógenos

### 5.11. Análisis microbiológicos de laboratorio de la mezcla de lodo residual con cal viva

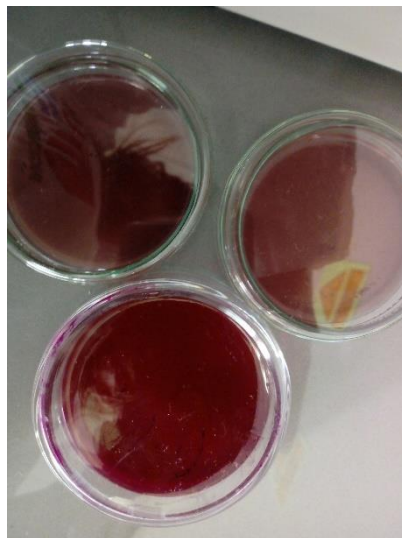


Foto 31: resultados de patógenos.

### 5.12. Recolección de residuos orgánicos para elaborar compostaje



Foto 32: estiércol.



Foto 33: recolectando estiércol.





Foto 34: residuos orgánicos



Foto 35: Para triturar o cortar la materia orgánica.



Foto 36: materia orgánica triturada.



Foto 37: mezcla me materia orgánica.





Foto 38: descomposición de materia orgánica.

## VI. Recursos:

- Palana.
- Romana 20 kg.
- Bolsas herméticas.
- Guardapolvo.
- Tapa boca.
- Guantes quirúrgicos.
- Libreta de campo.
- Plástico 5 m.
- Cámara.
- Wincha.
- Yeso 250 g.
- Cuerda 5 m.
- Tijera.
- Cal viva 10 kg.

- Cuchillo.
- Madera de picar.

## **VII. Evaluación**

El Plan de Acción es evaluado por el docente de la Universidad César Vallejo de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental.



# RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LABORATORIO ANTES DE APLICAR EL TRATAMIENTO CON CAL. LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA

TIPO DE ANÁLISIS : Análisis microbiológico  
USUARIO : Mirthya Gasdaly Machado Morales  
N° DE MUESTRA : 01  
TIPO DE MUESTRA : Muestra semi-sólido  
FECHA DE EMISIÓN : 14 setiembre del 2018

RESULTADOS:

| N° DE MUESTRA | PARÁMETRO          | RESULTADO | UNIDAD      | EQUIPO                    |
|---------------|--------------------|-----------|-------------|---------------------------|
| S01           | Coliformes totales | 100000    | NMP         | T° 35°C<br>Agar selectivo |
|               | Coliformes fecales | 2000      | NMP /g      | T° 45°C<br>Agar selectivo |
|               | Salmonella         | 10        | NMP/g       | T° 35°C<br>Agar selectivo |
|               | Huevos de helminto | 11        | HUEVOS / 4g | Análisis en fresco        |

Nota: la muestra fue tomada por el usuario, el laboratorio no se responsabiliza.

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA



CAMPUS CHICLAYO  
Carretera Pimentel Km. 3.5  
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
[ucv.edu.pe](http://ucv.edu.pe)

# RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LABORATORIO DESPUÉS DE APLICAR EL TRATAMIENTO CON CAL. LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA

TIPO DE ANÁLISIS : Análisis microbiológico  
 USUARIO : Mirthya Gasdaly Machado Morales  
 N° DE MUESTRA : 01  
 TIPO DE MUESTRA : Muestra semi-sólido  
 FECHA DE EMISIÓN : 26 octubre del 2018

RESULTADOS:

| N° DE MUESTRA | PARÁMETRO          | RESULTADO | UNIDAD         | EQUIPO                    |
|---------------|--------------------|-----------|----------------|---------------------------|
| S01           | Coliformes totales | 0         | NMP/g          | T° 35°C<br>Agar selectivo |
|               | Coliformes fecales | 0         | NMP /g         | T° 45°C<br>Agar selectivo |
|               | Salmonella         | 0         | NMP/g          | T° 35°C<br>Agar selectivo |
|               | Huevos de helminto | 0         | HUEVOS /<br>4g | Análisis en fresco        |

Nota: la muestra fue tomada por el usuario, el laboratorio no se responsabiliza.

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

*Karina Juan P.*



LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA

CAMPUS CHICLAYO  
 Carretera Pimentel Km. 3.5  
 Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



# RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LABORATORIO DESPUÉS DE APLICAR EL TRATAMIENTO CON CAL. LABORATORIO CYSAG

RUC : 2056187488  
 E-MAIL : cysagperu@hotmail.com  
 RPM : #841882746  
 DIRECCIÓN : Km 1.5, Carretera a Pimentel  
 Mz L, lote 7, P.J Miguel Grau  
 Entrada: Frente a la UCV.

## INFORME DE LABORATORIO CYSAG N° 312-2018



Solicitud de análisis N° : 312  
 Proyecto : Investigación  
 Solicitante : Miritha Machado Morales.  
 Tipo de análisis : Análisis de pH, MO, N, P y K.  
 Procedencia de la muestra : Lagunas de oxidación – San José.  
 Parcela, Coordenadas, Área :  
 Fecha de recepción de muestras : 17.10.2018.  
 Fecha de reporte de resultados : 22.10.2018.

### RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO.

| Codigo de Muestra | pH (1:1) | MO % | N g/kg | P g/kg | K g/kg |
|-------------------|----------|------|--------|--------|--------|
| 1                 | 12.64    | 4.80 | 1.72   | 0.09   | 0.13   |



# RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LABORATORIO DESPUÉS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE. LABORATORIO CYSAG



Solicitud de análisis N° : 341  
 Proyecto : Investigación  
 Solicitante : Mirithya Machado Morales  
 Tipo de análisis : Análisis de pH, MO, N, P y K  
 Procedencia de la muestra : Lagunas de oxidación - San José  
 Parcela, Coordenadas, Área :  
 Fecha de recepción de muestras : 29.11.2018  
 Fecha de reporte de resultados : 03.12.2018

## INFORME DE LABORATORIO CYSAG N° 341-2018

RUC : 20561187488  
 E-MAIL : cysagperu@hotmail.com  
 RPM : #841882746  
 DIRECCIÓN : Km 1.5, Carretera a Pimental  
 Mz L, lote 7, P.J. Miguel Grau  
 Entrada: Frente a la UCV.

### RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO.

| Código de Muestra                                 | pH (1:1) | MO %  | N g/kg | P g/kg | K g/kg |
|---|----------|-------|--------|--------|--------|
| Lodos residuales de laguna de oxidación-San José. | 7.21     | 32.20 | 18.00  | 1.20   | 3.80   |

**CYSAG**  
 Laboratorio Agrícola  
 ING° AGRON. ROSO PASACHE CHAILO  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO  
 REG. CIP. N° 132471

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

| <b>PROBLEMA</b>   | <b>OBJETIVOS</b>   | <b>HIPÓTESIS</b>   | <b>VARIABLES</b>  | <b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b>   | <b>POBLACIÓN</b>   | <b>TÉCNICAS</b>                                     | <b>MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS</b>   |
|---|--|--|---|--|--|---|---|
| ¿De qué manera la higienización de lodos residuales con cal viva contribuye a la elaboración del compostaje en las lagunas de oxidación del Distrito de San José? | <p><b>GENERAL</b></p> <p>Determinar la eficacia de la higienización de lodos residuales con cal viva para la elaboración de compostaje en las lagunas de oxidación del Distrito de San José.</p> <p><b>ESPECÍFICOS</b></p> <p>Identificar los agentes patógenos que contienen los lodos residuales de las lagunas de oxidación del distrito de San José.</p> <p>Aplicar el tratamiento</p> | <p>H.a.: si se logra higienizar los lodos residuales con cal viva entonces se podrá elaborar compostaje en las lagunas de oxidación del distrito de San José.</p> <p>H.o.: si no se logra higienizar los lodos</p> | <p><b>Variable independiente:</b></p> <p>Higienización de lodos residuales con Cal viva.</p> <p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Compostaje de lodos</p> | Pre experimental   | Conformada por lodos residuales originados en las lagunas de oxidación del Distrito de San José. | Siembra con agar selectivos.<br>Análisis en fresco. | <p>Análisis físicos</p> <p>Análisis microbiológicos</p> <p>Interpretación de gráficos</p> |
|   |  |  |   | <b>DISEÑO</b>  | <b>MUESTRA</b>   | <b>INSTRUMENTOS</b>                                 |   |
|   |  |  |   | pre                      post<br>Q <sub>1</sub> – X – Q <sub>2</sub> | La muestra para el tratamiento fue de 50 kg. de lodo residual.                                   | Resultados de laboratorio.                          |   |

|  |  |   |  |  |  |  |  |
|--|--|---|--|--|--|--|--|
|  | <p>de higienización de lodos residuales con cal viva para la elaboración de compostaje en las lagunas de oxidación del Distrito San José.</p> <p>Evaluar la efectividad del tratamiento de higienización de lodos residuales con cal viva para la elaboración de compostaje en las lagunas de oxidación del Distrito San José.</p> | <p>residuales con cal viva entonces no se podrá elaborar compostaje en las lagunas de oxidación del distrito de San José.</p> |  |  |  |  |  |
|--|--|---|--|--|--|--|--|

# ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS



## ACTA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, **CAJAN ALCANTARA, John William** (ORCID: 0000-0003-2509-9927) docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad “César Vallejo” – Filial Chiclayo, revisor de la tesis titulada: **“Higienización de lodos residuales con cal viva para la elaboración de compostaje en las lagunas de oxidación del Distrito de San José”**

De la estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental: **MACHADO MORALES, Mirthya Gasdaly**, constato que la investigación tiene un índice de similitud del **24%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 01 de Diciembre del 2019

Dr. John William Caján Alcántara  
C.I.P. N°192264

## REPORTE DE TURNITIN

Higienización de lodos residuales con cal viva para la elaboración de compostaje en las lagunas de oxidación del Distrito de San José

### INFORME DE ORIGINALIDAD


|                     |                     |               |                         |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| <b>24%</b>          | <b>21%</b>          | <b>2%</b>     | <b>17%</b>              |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

### FUENTES PRIMARIAS

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b><br>Trabajo del estudiante                    | <b>4%</b> |
| <b>2</b> | <b>repositorio.ucv.edu.pe</b><br>Fuente de Internet  | <b>2%</b> |
| <b>3</b> | <b>www.eula.cl</b><br>Fuente de Internet   | <b>2%</b> |
| <b>4</b> | <b>repository.lasalle.edu.co</b><br>Fuente de Internet                                     | <b>2%</b> |
| <b>5</b> | <b>dspace.ups.edu.ec</b><br>Fuente de Internet   | <b>2%</b> |
| <b>6</b> | <b>www.slideshare.net</b><br>Fuente de Internet  | <b>1%</b> |
| <b>7</b> | <b>extwprlegs1.fao.org</b><br>Fuente de Internet   | <b>1%</b> |
| <b>8</b> | <b>Jorge Adrianzén G., Amanda Chávez V., Eva Casas A., Olga Li E.. "SEROPREVALENCIA DE</b> | <b>1%</b> |



## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV</b> | Código : F08-PP-PR-02.02<br>Versión : 07<br>Fecha : 31-03-2017<br>Página : 1 de 1 |
|---|--|---|

Yo MIRTHYA GASDALY MACHADO MORALES, identificada con DNI N° 48041278 egresada de la Escuela de INGENIERÍA AMBIENTAL, de la Universidad César Vallejo, autorizo (X), No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

HIGIENIZACIÓN DE LODOS RESIDUALES CON CAL VIVA PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTAJE EN LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN DEL DISTRITO DE SAN JOSÉ; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA

DNI: 48041278

FECHA: 31 de Octubre del 2019

|         |                            |        |   |        |           |
|---------|----------------------------|--------|---|--------|-----------|
| Elaboró | Dirección de Investigación | Revisó | Representante de la Dirección /<br>Vicerrectorado de Investigación y<br>Calidad | Aprobó | Rectorado |
|---------|----------------------------|--------|---|--------|-----------|

**AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

*E.P. de Ingeniería Ambiental*

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

*Mirthya Gasdaly Machado Morales*

INFORME TITULADO:

*Higienización de todos residuales con cal viva para la elaboración de compostaje en las lagunas de oxidación del Distrito de San José.*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

*Ingeniero Ambiental*

---

SUSTENTADO EN FECHA: *28 de octubre del 2019*

NOTA O MENCIÓN: APROBADA POR UNANIMIDAD

**FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN**