

“UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN”



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

TESIS

**“DISPOSICIÓN FINAL DE LOS LODOS DE UNA PLANTA
DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES COMO FERTILIZANTE
ORGANICO”**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:

GIANCARLO JOSE CABALLERO NOREÑA

ASESOR:

Ing. ISRAEL NARVASTA TORRES

CIP 146766

HUACHO – PERÚ

2022

JURADO CALIFICADOR

USRY MAC JOSÉ F. SANCHEZ CARRION
 FACULTAD INGENIERIA QUIMICA Y PETROLUMICA


 Dr. Berardo B. Ruiz Sánchez
 RFE-CIP-26627

RUIZ SÀNCHEZ BERARDO BEDER
 Registro CIP N° 26627
 PRESIDENTE


 VICTOR RAÚL COCA RAMIREZ
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 48044

COCA RAMÌREZ VICTOR RAÚL
 Registro CIP N° 48044
 SECRETARIO


 EDELMIRA
 TORRES CORCINO
 INGENIERA QUIMICA
 Reg. CIP N° 117063

TORRES CORCINO EDELMIRA
 Registro CIP N° 117063
 VOCAL


 ISRAEL NARVASTA TORRES
 INGENIERO QUIMICO
 CIP 146766

ISRAEL NARVASTA TORRES
 Registro CIP N° 146766
 ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres, por su apoyo incondicional y motivación,
para seguir adelante y culminar mis estudios; así mismo,
por sus consejos y enseñanzas que fueron de gran ayuda
para culminar este paso importante.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme en cada paso que doy,
y por la hermosa familia que me ha brindado, quienes
siempre me apoyaron y confiaron en mí en cada etapa
y paso que doy.

ÍNDICE

JURADO EVALUADOR.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
INDICE DE TABLAS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRAC.....	xi
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I : PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción de la realidad problemática	2
1.2. Formulación del problema.....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Formulación del problema.....	3
1.3.1. Problema general.....	3
1.3.2. Problemas específicos	4
1.4. Justificación de la investigación	4
1.5. Delimitación del estudio.....	4
1.6. Viabilidad del estudio.....	4
CAPITULO II : MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de investigación.....	5
2.1.1. Antecedentes Internacionales	5
2.1.2. Antecedentes Nacionales	11

2.2. Bases teóricas	13
2.2.1. Tipos de lodos	15
2.2.2. Clasificación de los lodos.....	16
2.2.3. Mecanismos para tratamiento de lodos	18
2.2.4. Mecanismo de procedimiento de lodos.....	21
2.2.5. Lodos como fertilizantes orgánicos	21
2.2.6. Compost	21
2.2.7. factores fisicoquímicos que influyen en el mecanismo de Compostaje	22
2.3. Definiciones conceptuales	22
2.4. Formulación de hipótesis.....	24
2.4.1. Hipótesis general.....	24
2.4.2. Hipótesis específicas	24
CAPITULO III : METODOLOGÍA	25
3.1. Diseño metodológico.....	25
3.1.1. Tipo	25
3.1.2. Nivel.....	25
3.1.3. Diseño	25
3.1.4. Enfoque	25
3.2. Población y muestra	25
3.2.1. Poblacion.....	25
3.2.2. Muestra.....	25
3.3. Operacionalización de las variables	25
3.4. Técnicas e instrumentos para la obtención de datos.....	27
3.5. Técnicas para el análisis de la información	27
3.6. Caracterización de compost.....	27
3.6.1. Carbono orgánico total.....	28

3.6.2. Procedimiento	28
3.6.2. Nitrógeno total (método Kjeldahl).....	29
3.6.3. Proporción de humedad	30
3.6.4. pH.....	31
CAPITULO IV : RESULTADOS	32
4.1. Carbono orgánico	32
4.2. Nitrógeno total.....	34
4.4. Relación C/N	36
4.5. Proporción de humedad	39
4.5. PH	43
CAPITULO V : DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN.....	44
5.1. Discusión	44
5.2. Conclusión.....	46
5.3. Recomendación	47
CAPITULO VI : FUENTES DE INFORMACIÓN	50
6.1. Fuentes bibliográficas	50
ANEXOS	52
ANEXO 1. Norma epa 40cfr- 503 pc –eq quality	52
ANEXO 2: Normativa mexicana del compost	53
ANEXO 3: Materiales para la determinación de carbono orgánico	53
ANEXO 4: Equipos y materiales para determinación de nitrógeno total.....	54
ANEXO 5: Reactivos para la determinación de ph	54
ANEXO 6: Ecuación para determinar la relación c/n.....	55
ANEXO 7: Parámetros de compostaje.....	55

Índice de Tablas

Tabla 1. Densidad de los metales y tasa de carga respecto al ordenamiento	17
Tabla 2. Limite en función a la óptima calidad biológica de lodos	18
Tabla 3. Operacionalización de Variables	26
Tabla 4. Parámetros evaluados del compost	27
Tabla 5. Carbono total (%C) del lodo antes de la mezcla	33
Tabla 6. Carbono total (%C) del aserrín antes de la mezcla	33
Tabla 7. Carbono total (%C) al término del proceso de compostaje	33
Tabla 8. Nitrógeno total (%N) del lodo antes de la mezcla	34
Tabla 9. Nitrógeno total (%N) del aserrín antes de la mezcla	35
Tabla 10. Nitrógeno total (%N) al término del proceso de compostaje	35
Tabla 11. Relación C/N del lodo antes de la mezcla	37
Tabla 12. Relación C/N del aserrín antes de la mezcla	37
Tabla 13. Relación C/N del compost al mezclarse	38
Tabla 14. Relación C/N al término del proceso de compostaje	38
Tabla 15. Contenido de humedad al iniciar el proceso de compostaje	39
Tabla 16. Contenido de humedad al término del proceso de compostaje	43
Tabla 17. Control de compost a base de temperatura y pH	43

Índice de Figuras

Ilustración 1. Características de los lodos.	21
Ilustración 2. Variación de pH.....	44
Ilustración 3. Secado de lodo.....	55
Ilustración 4. Compost obtenido.....	56
Ilustración 5. Determinación de pH.....	56
Ilustración 6. Determinación de humedad.....	57
Ilustración 7. Determinación de nitrógeno total.....	57

RESUMEN

Esta investigación está orientado a la elaboración de fertilizante orgánico a partir del lodo residual en combinación con aserrín de madera. El compost es considerado como un mecanismo fiable cuya función es equilibrar los lodos de una depuradora y, por ende, brindar una óptima mejoría respecto a las características que presenta como abono orgánico. En este estudio, se prepararon cinco tratamientos (T1, T2, T3, T4 y T5), mezclando lodos de depuradora con aserrín de madera respectivamente. A través de todo el mecanismo de compost, la humedad y temperatura de las soluciones fueron parámetros analizables y examinados, así mismo se halló el % de carbono, nitrógeno, humedad y relación C_T/N_T . En todos los tratamientos la temperatura superó los 50°C en un periodo de 13 días, lo que indico la óptima disminución de patógenos. Los compost obtenidos dieron un nivel óptimo de madurez, como se analizó los datos finales y en la disminución de la proporción de carbono respecto al nitrógeno (C_T/ N_T 10-15). Por ende, el compost es considerable y adecuado como un mecanismo eficiente para el reciclaje de los residuos usados, obteniendo la más alta y óptima calidad agronómica del compost fabricado con el porcentaje de 66 – 72% de lodos y de 28 – 33 de aserrín.

Palabras claves: lodos residuales, fertilizante orgánico, compostaje y aserrín.

ABSTRACT

This research is oriented to use electrochemical processes on sludge samples from wastewater treatment plants to reduce the microbiological load.

In this study, nine samples were prepared to be treated with three different electrodes: iron, aluminum and graphite, and to work with reaction times of 30, 60 and 90 minutes, all at a constant voltage of 10V. After the treatments were carried out, a microbiological load analysis was performed to compare the results with the initial ones.

The results obtained show that the iron electrode achieved a 100% reduction of total coliforms and *Escherichia coli* in less than one hour at a constant voltage. On the other hand, using the aluminum and graphite electrode does not achieve 100% removal of microbial load, but significant values are obtained, and it is important to take into account the time applied to the treatment.

The electrochemical processes do achieve a decrease in the microbiological load and are the most effective with respect to other treatments.

Key words: microbiological load, electrochemical processes, sludge, electrodes.

INTRODUCCIÓN

Actualmente dentro de las plantas de tratamiento de agua, existen diversos mecanismos empleados para la purificación y tratar del agua, uno de los más relevantes es la del tratamiento biológico, en donde se utilizan lodos, los cuales después de su utilidad son retirados o eliminados de manera inapropiada.

El fin de esta investigación se basa en reaprovechar esos lodos que son eliminados de manera no adecuada, cuya finalidad es obtener fertilizante orgánico a partir de los lodos residuales y aserrín, para brindar una nueva alternativa de uso de estos lodos residuales y así reducir los impactos negativos que el lodo residual genera. Estas materias primas se mezclarán en diferentes proporciones viables para la realización del proceso de compostaje, y finalmente se evaluarán los parámetros del compost final.

Esta investigación es de vital importancia porque le da un valor agregado al residuo, lo cual se obtiene de manera óptima a través de diversos mecanismos biotecnológicos amigables con el medio ambiente con la finalidad de obtener un compost óptimo y adecuado respecto a las reglas normativas sanitarias de este.

Por lo que con la indagación referida se brinda un conocimiento óptimo sobre las diversas y nuevas alternativas respecto a la utilización de lodos residuales para la obtención de abono orgánico, así mismo con los datos obtenidos y adquiridos será de aporte para próximas investigaciones y estudios.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

La contaminación provocada por los núcleos industriales ha generado un mal en función al entorno ambiental. Este deterioro está en aumento durante los años, una cantidad alarmante motivada por el incremento de la población, así como también por las mismas demandas que originan, característico de la sociedad consumista en la que habitamos.

El crecimiento industrial y junto con el de la población se ha incrementado desmesuradamente en las últimas décadas, principalmente la poblacional, situándose ésta alrededor de las ciudades y conformando los asentamientos humanos (AAHH) que son agrupaciones de familias y que carecen de algunos de los servicios básicos (agua, desagüe, electrificación, pistas, etc.).

Actualmente en las diversas industrias enfocadas a tratar el agua generan sedimentaciones denominadas lodos o barros, sustancias compuestas que contaminan y perjudican la salud de los pobladores. El lodo es una solución semisólida de agua y sedimentos orgánicos, partículas de polvo y arcilla, que al separarlo de las aguas deben ser expuestos a mecanismos de espesamiento, antes de emplearlos. Dados los compuestos químicos y biológicos que se encuentran presente en los mismos, y la naturaleza de su origen, es necesario que se les dé un tratamiento adecuado a estos lodos antes de su disposición final y darle una utilización provechosa.

Los destinos de estos lodos suelen ser tres: cuerpos de agua, vertederos concebidos para ese fin y suelos agrícolas o forestales. Estos lodos residuales tradicionalmente han sido vertidos directamente al ambiente sin ningún tipo de tratamiento, generalmente a los cauces de aguas más cercanos, y contienen todos los constituyentes eliminados de la fase acuosa del agua cruda, así como con los componentes

químicos consecuencia del uso de coagulantes durante el proceso. Estos lodos causan impacto en el ambiente por lo que se genera la necesidad de una correcta disposición, siendo importante la búsqueda de un método de reutilización del lodo de manera que redunde en beneficio tanto del ambiente como de la planta que lo produce.

La reutilización de los lodos como fertilizante orgánico plantea una interesante línea de investigación no desarrollada aún en nuestro medio, de concretarse, representaría una solución para la disposición de estos y una disminución en el impacto ambiental en los cauces de aguas debido a la reducción de las cantidades vertidas al ambiente.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Será posible poder utilizar los lodos provenientes de una planta depuradora de aguas residuales como fertilizante Orgánico?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuál es el tratamiento más adecuado que se le debe dar a los lodos provenientes de una planta depuradora de aguas residuales para utilizarlo como fertilizante orgánico?

¿Cuáles son las variables de análisis utilizadas para obtener fertilizante orgánico a partir de los lodos provenientes de una planta depuradora de aguas residuales?

¿Cuál es la mejor fórmula para obtener fertilizante orgánico utilizando los lodos provenientes de una planta depuradora de aguas residuales?

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

Utilizar los lodos provenientes de una planta depuradora de aguas residuales como fertilizante Orgánico.

1.3.2. Problemas específicos

Establecer el tratamiento más adecuado que se le debe dar a los lodos provenientes de una planta depuradora de aguas residuales y utilizarlo como fertilizante orgánico.

Identificar a las variables de análisis para obtener fertilizante orgánico a partir de los lodos provenientes de una planta depuradora de aguas residuales.

Evaluar la mejor fórmula para preparar fertilizante orgánico utilizando los lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales.

1.4. Justificación de la investigación

Dicha investigación es justificable porque brinda un aporte fundamental y principal respecto al problema encontrado dentro del mecanismo de tratado de lodos residuales que ocasionan las plantas encargadas a tratar el agua residual urbano, dando la oportunidad de emplear estos residuos como fertilizante orgánico. Lo cual brindara una adecuada competencia optima con diversas opciones.

1.5. Delimitación del estudio

La delimitación es enfocada dentro del entorno universitario, para ser más precisos dentro de la UNJFSC, en el año 2019.

1.6. Viabilidad del estudio

La investigación es viable porque presentar los recursos óptimos y adecuados en función a la solvatación de gastos. Así mismo también el tesista se encuentra asesorado por profesionales expertos en el tema.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación 2.1.1.

Antecedentes Internacionales

De acuerdo con Según Rodríguez (2017), en su trabajo “Propuesta para la producción de un abono orgánico partiendo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales del colegio Rochester”, llegaron a las siguientes conclusiones:

La aplicación empírica respecto a la continuidad de las variables de temperatura y humedad, llevadas en el proceso en donde se emplearon 3 reactores horizontales a nivel de laboratorio. El tercer reactor es el que posee las mejores propiedades en función al comportamiento, esto se debe a que posee un elevado grado de biodegradación del 91%. (Rodríguez, 2017)

Los parámetros fisicoquímicos de los abonos orgánicos sólidos obtenido en los tres reactores, cumple con la NTC5167, pero presentan elevados porcentajes de humedad, siendo estos del 70%, así mismo también presento microorganismos infecciosos denominados *E. Coli* y *Coliformes* , por lo que es de vital importancia realizarle un pretratamiento.

Así mismo también hubo evidencia en donde la baja incidencia respecto a la posterioridad de gases del efecto invernadero respecto a los desprendidos

dentro de un relleno sanitario, cuya finalidad es disminuir de manera óptima en función al efecto invernadero. (Rodríguez, 2017)

De acuerdo con Grajales, Monsalve, & Castaño (2006), en su investigación denominada “Plan de manejo integral de los lodos ocasionados en la planta de tratamiento de aguas residuales de la universidad tecnológica Pereira- Colombia” llegaron a las conclusiones:

Respecto al tratar de lodo realizado óptimamente, se ocasiono una sustancia denominada Biosólido tipo A, esto es gracias a la verificación de la eliminación de diversos patógenos, visibles e identificados por la cadena de Coliformes en función al compost producido. (Grajales, Monsalve , & Castaño, 2006)

Los datos analizados respecto a los compuestos adquiridos con el mecanismo de secado y compost, brindaron de manera adecuada la información en función a la calidad del producto obtenido, lo cual dio pase a la obtención del mejorar de suelos de una excelente calidad de acuerdo a las propiedades físicas y químicas, entre ellas son la elevada estabilidad, la disminuida toxicidad, la no existencia de patógenos e elaboración de biomasa. (Grajales, Monsalve , & Castaño, 2006)

De acuerdo con Henríquez (2011), en su investigación denominada “Análisis y propiedades mínimas para la aplicación de lodos tratados provcados de plantas de tratamiento de aguas servidas en agro sistemas de la provincia de Melipilla”, llego a las conclusiones:

En función general, se finalidad deduciendo que la hipótesis presentada en dicho trabajo es óptima ya que se realiza, en pocas palabras los lodos ocasionados dentro de las PTAS. son empleadas en diversos sistemas de

agronomía, sin afectar algún efecto contraproducente, continuamente se prevé los requerimientos en función a la norma vigente y parámetros opcionales. (Henríquez, 2011)

El empleo de lodos posee beneficios óptimos respecto a los suelos, los cuales son la disminución de densidad aparente, acrecienta la estabilidad de compuesto, aumenta de manera adecuada la detención de agua, brinda diversos nutrientes y compuestos orgánicos, así mismo también brinda una mejoría en función al rendimiento de varios cultivos. (Henríquez, 2011)

Las proporciones de los compuestos traza metálicos actuales en los lodos se ubican debajo de la normativa, sin importar lo remitido, diversas investigaciones indican el acopio de algunos ETM en diversas clases de vegetales y suelos. (Henríquez, 2011)

La normativa en función al tratado de lodos provocados en las diferentes plantas de aguas respecto al Decreto. N°4/2009, la cual se ajustó en abril del año 2010, lo cual brinda los adecuados principios respecto a la protección de los agro sistemas en función a los suelos de Chile. No obstante, es de vital importancia reincorporar dictámenes técnicos y ambientales. (Henríquez, 2011)

En función al decreto N°4/2009, exige de manera óptima la proporción respecto a los límites de concentración de los compuestos metálicos emitidos por los lodos, siendo estos aún más rigurosos que las normas extranjeras (EPA). El decreto N°4/2009 no tiene la finalidad de disponer elementos de trazas metálicos, así mismo también evita la apariencia en los cultivos. (Henríquez, 2011)

Es relevante la mención de diversas investigaciones, las cuales indicaron el aumento de ETM en los diversos cultivos de raíz en función al empleo de lodos. (Henríquez, 2011)

Respecto a la norma chilena brinda una óptima y alta tasa en función a la aplicación de lodos, siendo esta de $90 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ respectivamente seca en comparación a otros países. (Henríquez, 2011)

De acuerdo con las experiencias en función al terreno indican que los nutrientes que poseen los lodos permiten remplazar a los diversos fertilizantes minerales, entre ellos tenemos por ejemplo la urea y el superfosfato triplo, siendo este un 50%, tomando como base la 2da temporada de aplicación, y el 100% en base a la 3ra temporada, respecto a los cultivos de maíz. (Henríquez, 2011)

El decreto N°4/2009 no brinda un óptimo seguimiento respecto a las aguas superficiales y/o subterráneas, del mismo modo no permite el paso de indicadores respecto a la identificación de olores. (Henríquez, 2011)

Inexistencia de investigación en fauna alimentados con cultivos provenientes de lodos. No obstante, el decreto N°4/2009 indica una prohibición respecto al acceso de animales y humanos con el fin de esquivar riesgos sanitarios. (Henríquez, 2011)

La importancia que tiene la aplicación de lodos respecto a los suelos es esquivar la propagación de metano, que por lógica será producida a ser depositado dentro del relleno sanitario, disminuyendo de manera óptima los GEI (Henríquez, 2011)

El precio adecuado de la incorporación del lodo en una tierra es algo alto en comparación con el uso de fertilizantes minerales. No obstante, el precio está afuera de la producción agrícola, por lo que es una fracción de la gestión respecto al tratar de agua. (Henríquez, 2011)

La adaptación del lodo en los suelos es elevadamente ventajosa respecto a la generación de lodos, esto se debe a que su precio es 4 veces más bajo que la preparación de un relleno sanitario.

De acuerdo con las perspectivas y exigencias respecto a la norma actual a través del SIG resolvió que se puede emplear lodos en un espacio de 140.000 ha de Melipilla , lo cual es proporcional a una 3ra parte de la superficie que esta posee. Así mismo también la superficie puede ser variada, esto más que todo va a depender de las proporciones respecto a los compuestos de trazas metálicas ubicadas en los suelos.

Es aconsejable realizar diversos análisis respecto a la aplicación de lodos, empleado diversos cultivos y teniendo en cuenta los parámetros óptimos de masa y fauna, con la finalidad de analizar los impactos.

Los análisis realizados tienen como deducción que en todos los lodos es posible emplearlo en los cultivos de praderas, así mismo también, indica que no tienen alguna información respecto a la absorción de ETM por lo que es de vital importancia indagar sobre ese aspecto.

De acuerdo con Según Acosta, Gutiérrez, & Ramírez (2003), en su trabajo denominado “Influencia fertilizante de los lodos residuales extraídos del tratamiento de aguas servidas” llegaron a las posteriores conclusiones:

Respecto a los datos extraídos de la muestra de incubación dieron a entender que los lodos residuales empleados brindaron al suelo proporciones de vital importancia como nutrientes óptimos primarios los cuales son el sodio, potasio y fosforo, así mismo también aportaron nutrientes secundarios como el calcio y magnesio , por último también brindo micro nutrientes los cuales estuvieron compuestos por hierro , manganeso , zinc y cobre, cuya finalidad fue demostrar que es posible emplearlos como fertilizantes , mostrando de manera óptima el ahorro importante respecto a la producción agrícola. (Acosta, Gutiérrez, & Ramírez, 2003)

De acuerdo con la visión agronómica en función al pH y materia orgánica fueron afectados por la introducción de lodos, transformándolos en un optima y adecuado sustrato, cuya finalidad fue obtener un adecuado rendimiento. (Acosta, Gutiérrez, & Ramírez, 2003)

De acuerdo con la visión física en función a las propiedades, indica que la introducción de los lodos aumento de manera óptima la retención de agua del suelo, así mismo también la incorporación de partículas, mostrando de manera óptima el nivel de acondicionador que poseen, sin la necesidad de alterar la permeabilidad y la acides del suelo. (Acosta, Gutiérrez, & Ramírez, 2003)

Respecto a lo mencionado se deduce manera óptima que el empleo de lodos residuales a los suelos no tan fértiles y con disminuido compuesto orgánico, empleados en estas muestras, pueden ser utilizados como un mecanismo alterno optimo, esto se debe a que posee un costo menor en comparación al mecanismo de fertilizantes no orgánicos. (Acosta, Gutiérrez, & Ramírez, 2003)

Así mismo también indica que el lodo obtenido es capaz de provocar y brindar beneficios respecto al costo, ya que se comercializa de una manera óptima, cuya finalidad es solucionar el impacto ambiental presentado por este. (Acosta, Gutiérrez, & Ramírez, 2003)

Según Pomalaza & Ramos (2016), en su investigación denominada “Vermi- compostaje de los lodos activados para la producción de compost y su efecto en el índice de calidad de plántulas de pinos radiata d. don. – san pedro de saño”, llegaron a las posteriores conclusiones:

Los mecanismos respecto a la vermiestabilización de lodos poseen un óptimo resultado en función a la extracción de compost y así mismo también brindan un elevado grado de calidad en plántulas de *P. radiata*. (Pomalaza & Ramos, 2016)

Los mecanismos en función a la vermi-compost de lodos dentro de la PTAR indicaron una adecuada proporción entre C/N, regulando de manera óptima el pH y brindando una mejoría respecto a la concentración del compuesto orgánicos en el T2 Y T3. (Pomalaza & Ramos, 2016)

En el tercer tratamiento con las variables de 25% de lodo y el restante de compuestos orgánicos, brindo una mejoría en función a la proporción de C/N, así como también del pH y la mejoría de la proporción de compuesto orgánico, dando como resultado un compost de calidad B respecto a la norma establecida en la INN-2439-1999 con un periodo de extracción de 113 días. (Pomalaza & Ramos, 2016)

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Según Lázaro (2008), de la Universidad Nacional de Trujillo en su investigación denominada “Progreso de suelos arenosos del sector santo domingo del valle santa

catalina a través del uso de lodo residual municipal inmovilizados” llegó a las posteriores conclusiones:

Indicando que el compuesto de lodos residual inmovilizado, empleado como fertilizante obtenido de la PTARS de Trujillo, mejora de gran manera y visiblemente las características físicas y químicas. (Lázaro, 2008)

La proporción de sustancia orgánica extraída del suelo arenoso aumenta en un porcentaje de 8% respecto 1.83% t/ha; así mismo también el porcentaje de nitrógeno cambia de 0.012% a 0.152% y la proporción de potación sube de 160 mg/kg a 185 mg/kg en función al mecanismo empleado de 50 t/ha. (Lázaro, 2008)

El rendimiento óptimo y más considerable obtenido fue gracias a la dosificación proporcional de lodo residual y arena siendo este de 50 t/ha. (Lázaro, 2008)

Según Burga (2014), de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo de Chiclayo en su trabajo denominado “Valoración de lodos sedimentados provocados en las lagunas de estabilización de epsel para uso como fertilizante orgánico”, llegó a las posteriores conclusiones:

La obtención del fertilizante orgánico de acuerdo con la región es factible ya que existe una óptima demanda por el uso de este, respecto a las proyecciones examinadas y estudiadas indican que en el año 2014 se obtendrían un promedio de 927000 toneladas, así mismo también para el año 2020 se aumentara de manera óptima un 16 %, lo cual se deduce que tenemos un mercado óptimo y asegurado. (Burga, 2014)

La clasificación química y física respecto a los lodos obtenidos indican que son fiables respecto a la producción de fertilizantes, mostrando propiedades

de pH igual a 8, lo cual muestra que se encuentra dentro de los requeridos, así mismo también son empleados para no cambiar las características físicas de estos. (Burga, 2014)

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Lodos de aguas residuales

De acuerdo con Hammeken & Romero (2005), señalan:

Los lodos son compuestos provenientes de alguna superficie encargada a tratar agua, así mismo también son llamados fango, es definido como cualquier lodo que no es proveniente de una EDAR, logrando ser estas aguas de uso doméstico o industriales. El lodo obtenido y elaborado dentro de los mecanismos de tratamiento de agua suele ser siempre de consistencia líquido semisólido, cuya proporción de sólidos oscila entre el 0.25 y 13% en peso. La evacuación de lodo, ocasionada dentro del tratar de agua, está formada por compuestos orgánicos.

Reyes (2008) afirma:

Dando como base principal respecto al tratar de agua, se obtiene lodo restante, a través de diversos mecanismos físico y biológicos. Normalmente las fases en las cuales se tratan el agua son las de acondicionamiento preliminar, primer tratamiento, segundo y tercero. Las propiedades del agua y del sitio es de vital importancia para la clasificación óptima respecto al tratamiento a usar. No obstante, todos los tratamientos empleados siempre dejan un residuo llamado lodo.

Colomer et al (2010) afirma:

Es un residuo del mecanismo del tratamiento de aguas, que es posible adquirir en primer tratamiento que es el denominado físico o químico, en el segundo denominado biológico y tercero, se muestra como subproducto acuoso, de manera diluida, con una diversa cantidad de coloides y diferentes partículas; así mismo también existen muchos contaminantes nocivos, como sales y metales pesado. La proporción de lodo obtenida siempre está en función a la eficiencia y carga contaminante.

Según Valderrama (2013), indica de manera precisa que las aguas residuales son provocadas por las diversas acciones domésticas, que poseen una alta cantidad de agentes contaminantes, en donde seguidamente son tratadas en las PTAR, cuya finalidad es la reutilización con una óptima calidad. Así mismo en el tratamiento de agua, es posible diferenciar las fases que conforman los mecanismos fisicoquímicos y biológicos:

El acondicionamiento preliminar tiene la finalidad de eliminar aquellos residuos que se pueden separar.

De acuerdo con Martínez (2015) menciona que se debe realizarse por un proceso físico y/o mecánico el cual brinde la prohibición y eliminación de diversos compuestos no fiables dentro de las aguas, que puedan generar problemas en el mecanismo de tratamiento, en los cuales pueden ser rejillas y trampas de grasa.

Primer Tratamiento

La finalidad que tiene este proceso es el de separar compuestos en suspensión a través del mecanismo de sedimentación simple, los cuales están formados por la sedimentación y filtrado. Así mismo también es posible añadirle sustancias químicas con el fin de precipitar el K, los compuestos en suspensión de menor proporción o los que se encuentran en estado de coloide. (Martínez, 2015).

Segundo tratamiento

La finalidad que presenta este mecanismo es reducir de manera óptima la gran cantidad de DBQ, a través de mecanismos anaerobios. El mecanismo tiene la función de separar los compuestos en disoluciones, a partir de organismos que en su mayor parte son bacterias, posteriormente continua la sedimentación.

Tercer tratamiento

Este mecanismo está enfocado a la disminución final de DBO, metales pesados y patógenos dentro de las aguas.

Tiene la finalidad de separar los contaminantes como los fosfatos del agua servida. Para la eliminación de los nutrientes del agua se realiza mediante la precipitación, la sedimentación y la filtración. Mucho depende la composición de las aguas servidas para la incorporación de las etapas de tratamiento que se le asignara.

2.2.2. Tipos de lodos

Las clasificaciones de lodos respecto al grado de mecanismo a tratar son:

Lodos de decantación inicial:

Las características de estos lodos son las siguientes:

Color: marrón a gris

Consistencia: limosa

Olor: desagradable

Lodos de aceleración química:

Tiene características como:

Color: negro oscuro

Olor: desagradable

Se descompone lentamente

Lodos de segundo tratamiento:

Tiene características como:

Color: café en caso si se encuentra aireado y color negro si no están aireados.

la emisión de olor es lenta con respecto a los lodos primarios si están aireados y un olor muy fuerte si no están aireados.

Lodos emitidos de lechos infusorio:

tienen características como:

Color: café

no presenta algún olor desagradable si los lodos son recientes

se descompone más lento que los lodos del tratamiento secundario, pero existe presencia de gusanos aumenta la velocidad.

Lodos digeridos:

tienen características como:

Color: marrón oscuro a negro

La presencia de gas es muy alta

Olor: no desagradable si se encuentra adecuadamente dirigido.

2.2.3. Clasificación de los lodos

De acuerdo con la proporción de los metales cargantes y a la calidad microbiológica se clasifica en lodos peligrosos y no peligrosos.

La proporción de metales cargantes determina la calidad de los lodos no peligrosos la otra forma es de acuerdo con la norma EPA, así como se muestra:

Tabla 1. *Densidad de los metales y tasa de carga respecto al ordenamiento 503(EPA)*

ELEMENTOS	Valores Límite (mg/Kg materia. No húmeda)	Tasa de carga acumulativa del compuesto, (Kg/Ha)	Proporción del componente para una calidad óptima, (mg/Kg)	Tasa de carga por año del compuesto (Kg/Ha/año)
As	75	41	41	2.0
Cd	85	39	39	1.9
Cr	-	-	-	-
Cu	4300	1500	1500	75
Pb	840	300	300	15
Hg	57	17	17	0.85
Mo	75	-	-	-
Ni	420	420	420	21
Se	100	100	100	5.0
Zn	7500	2800	2800	140

Nota: EPA

Según los límites de la calidad microbiológica de un lodo de óptima calidad, se ordena de la siguiente manera: Lodo tipa A o tipo B, según la tabla 2, ordenado y estipulado en la EPA.

Lodo Clase A:

La cantidad de patógenos son bajas, cumple con lo establecido en la norma.

Lodo Clase

Tiene presencia de agentes patógenos; no tiene acceso al público. La composición de este lodo hace que sea aplicable a los campos de cultivo.

Tabla 2. *Limite en función a la óptima calidad biológica de lodos*

CRITERIO	TIPO A	TIPO B
Salmonella	<999 UFC/g <2.99 NMP/4g	<1999999 UFC/g
Huevos de helminto	1 huevo fiable/4 g	-

Fuente: EPA

La EPA de EE. UU, brindo información sobre el reglamento, uso y disposición de los sólidos biológicos en función al CFR, lo cual se detalla de manera precisa en la parte 503 de 1992. Para el uso en suelos el reglamento propone que valor límite de 10 metales, mediante una guía de aplicación, debe tener un seguimiento y los datos obtenidos se tienen que publicar.

Características:

Restricción de metales.

Experiencia de manejo.

Soluciones optimas con la finalidad de disminuir microorganismo patógenos.

Disminución de vectores.

Limitación en función a la ordenación en suelos.

2.2.4. Mecanismos para tratamiento de lodos

Según Orellana (2015), menciona que, mediante el método analítico y el procedimiento de muestreo, en el mecanismo de lodos se obtiene información.

Los mecanismos en función al tratar del lodo se clasifican según la disminución respecto a los patógenos, en:

Mecanismo de disminución destacada de Patógenos (PFRP)

Mecanismo importante de disminución de Patógenos (PSRP)

Los mecanismos conocidos en función a la EPS respecto a la PRSP son:

Absorción de humedad, el lodo de agua es secado a temperatura ambiente a lo largo de 3 meses.

Estabilización térmica, según Valderrama (2013), el lodo obtenido en este proceso es de tipo “A”, de acuerdo a la norma EPA 40, así mismo la cantidad de microorganismo biológico es reducido según lo establecido en la norma. Este tipo lodo es viable para uso en campos de cultivo. Debe tener un seguimiento de huevos de helminto, coliformes fecales, salmonellas, para evitar el aumento.

Compostaje, es un proceso en donde se obtiene un producto estable a partir de la degradación microbiológica respecto a la sustancia orgánica, así mismo también se extrae residuos.

El producto obtenido mediante este proceso tiene la finalidad de aumentar la elaboración y aumentar la calidad del suelo, la aportación de C; N; S; F y diversos micronutrientes, así como el Z; FE; CU, cuya finalidad es aumentar el crecimiento de cultivo, No obstante, su uso es amenazada en función a los metales dentro de los lodos.

Digestión aerobia, en este proceso el aire agita el lodo de agua residual, el tiempo promedio en función a la retención es de 39 días con una temperatura de 21°C y de 59 días a 16°C. Las plantas de capacidad pequeña utilizan la digestión aeróbica.

Las ventajas de este proceso son:

Bajas concentración de DBO

Un producto biológicamente inalterable

No tiene olor

Las desventajas son:

No posee optimas características cuya función sea la aplicación de deshidratación automática.

La manipulación respecto a la digestión sin ausencia de oxígeno es bien delicada.

Digestión anaerobia, en este proceso la materia orgánica se descompone en función a la no existencia de oxígeno con un tiempo promedio de detención de 16 días, entre 36°C a 56°C, así mismo también dentro de 59 días con una temperatura de 21°C, provocando CH₄ y CO₂. (Tchobanoglous, Burton, & Stensel, 2003).

El mecanismo se origina en un reactor adiabático. Al obtener el lodo del mecanismo este posee una menor proporción de sustancia orgánica y organismo de patógenos. (Tchobanoglous, Burton, & Stensel, 2003)

Mecanismo químico, en este mecanismo lo que se intenta lograr es subir el PH para ello se le añade cal, ya que es económico y alcalino, esta última propiedad permite eliminar los patógenos y estabilizar los lodos, esto se desarrolla con un pH mayor de 12 durante 3 días a más, este medio alcalino impide el aumento de microorganismos resistentes como por ejemplo las crías de helmintos. (Valderrama, 2013)

Los lodos extraídos respecto a cada mecanismo se ordenan en función a la norma EPA 40. La estabilización de los lodos por estos procesos depende de los siguientes factores: el porcentaje y óptima calidad de lodo empleado en el mecanismo a tratar, la naturaleza particular del sitio y característica económica. (Oropeza, 2006)

2.2.5. Mecanismo de procedimiento de lodos

Los lodos ocasionados, deben ser acondicionados por anticipado a su preparación final. En breve se muestra la ilustración 3, en donde se puede mirar de manera óptima las características en función a los lodos a tratar.

Propiedades	Unidad	Rango
Sólidos Totales	%	0,83-1,16
Sólidos Volátiles	%	59-88
Aceites y grasas	%	0,5-12
Proteínas	%	32-41
Nitrógeno	%	2,4-5
Fósforo	%	1,2-4,8
Potasio	%	0,4-0,5
pH		6,5-8
Alcalinidad	Mg/1 (Ca CO ₃)	580-1 100
Ácidos orgánicos	Mg/1 (HAc)	1 100-1 700
Contenido de energía	kcal/kg	18 500-23 000

Ilustración 1. Características de los lodos.

Fuente: Henríquez (2011), citado por Burga (2014)

2.2.5. Lodos como fertilizantes orgánicos

Se define como abonos orgánicos a los subproductos extraídos de las especies animal y vegetal en donde se tiene una gran proporción de nutrientes; el suelo respecto a los abonos es de vital importancia porque presentar grandes proporciones de carbono, cuya funcionalidad es aumentar de manera óptima las propiedades químicas y físicas de este. (Evangelista, 2019)

2.2.6. Compost

Burga (2014), lo define:

Como sustancia orgánica ocasionada a través de la basura de los domicilios, no obstante, la composición de la preparación puede ser empleado para el aumento de las características físicas y biológicas, de ahí misma brota el concepto de abono orgánico.

Se define como la degradación biológica del compuesto orgánico grueso en niveles controlados. La gran proporción de microorganismos presentes dentro del compostaje, los cuales son las bacterias y hongos son muchas. Estos tres tipos de organismos poseen las clases de mesófitas y termófilas. (Pacas, 2002)

“El compost es el residuo posterior a la degradación de la sustancia orgánica tanto vegetal como animal en ausencia de oxígeno y por un mecanismo controlado” (Pacas, 2002).

2.2.7. Factores fisicoquímicos que influyen en el mecanismo de Compostaje

En el mecanismo de compost, el inicio de vital importancia es la acción en donde indica que se trata de un mecanismo biológico trasladado mediante microorganismos, por lo que es afectado por los diversos factores los cuales disminuyen el desarrollo de este. Algunos de estos factores son: el sustrato, el porcentaje de humedad, el grado de temperatura y sobre todo la proporción existente entre C/N, las condiciones hallaran el éxito del mecanismo y optimo punto de calidad final.

2.3. Definiciones Conceptuales

Abono orgánico

Según Rodríguez (2017), “sustancia semisólida extraída a partir de la estabilización por compuestos orgánicos, esta sustancia debe poseer características en función a la norma local actual”

Agua Residual

Según el Ministerio de Desarrollo Económico (2000), “Fluido que posee sustancias disueltas y que se encuentran en suspensión posteriormente de ser empleada por una empresa”

Aprovechamiento

Según Mogollón y Carrillo (2016), “Mecanismo en donde a partir de la maniobra optima de residuos sólidos y fluidos líquidos obtenidos son recuperados a través de diversos mecanismos de separación y transformado en donde se incorporan al

ciclo productivo y económico de manera óptima”

Biomasa

De acuerdo con Rivera (s.f.), “Proporción total de absolutamente todos los microorganismo actuales y vivientes de un ambiente o contorno en particular”

biosolido

Según Mogollón y Carrillo (2016), “Residuo obtenido posteriormente de la estabilización de sustancias orgánicas denominadas lodos procesadas del tratar de aguas industriales”

Carga orgánica

Según Mogollón y Carrillo (2016), “Sustancia de la proporción de DBO o la DQO del flujo másico; normalmente se representa por Kg sobre días”

Degradación de la Materia Orgánica

De acuerdo a Mogollón y Carrillo (2016), “Propiedad respecto a la degradación biológica de las sustancias orgánicas”.

Digestión Aerobia

Según Ortega (2015), “Degradación biológica de la sustancia orgánica de un lodo mediante la disposición del oxígeno”

Digestión Anaerobia

De acuerdo a Márquez y Parra (2009), “Es el empleo de microorganismo, cuya deficiencia es el oxígeno, esto se debe a que permite equilibrar la sustancia orgánica en función a la transformación a metano y diversos compuestos no orgánicos incorporando al CO₂”

Efluente

Según Márquez y Parra (2009), “Fluido sobrante que es emitido posteriormente luego de un mecanismo tratado”

Estabilización

De acuerdo a Ministerio de vivienda, ciudad y territorio (2014), “Mecanismo que

abarca los mecanismos enfocados a la disminución de la cabida de fermentación, absorción de patogenicidad de los lodos provocados en las diversas industrias de tratamiento de fluidos industriales”

Materia Orgánica

Según Márquez y Parra (2009), “Es la unión de C, H y N”

pH

De acuerdo a Márquez y Parra (2009), “Calculo de la proporción de H^+ dentro del agua indicado como el logaritmo negativo de la proporción molar del H^+ ”.

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Ptar)

Superintendencia de servicios públicos (2015), “Grupo de mecanismos con el fin de limpiar y purificar el agua”

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Se hace posible que los lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales se pueden utilizar como fertilizante orgánico

2.4.2. Hipótesis específicas

Un tratamiento adecuado de los lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales permite utilizarlo como fertilizante orgánico

Es posible definir a las variables de análisis para obtener concreto a partir de lodos activados como a fertilizante orgánico

Es factible obtener una fórmula para elaborar concreto utilizando lodos activados como fertilizante orgánico

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. Diseño Metodológico

Respecto a la geográfica en función al área de investigación se ubica dentro de la provincia de Huaura, para ser más específicos en la provincia de Huacho. Del mismo modo también el mecanismo empírico se llevará en el lugar de la escuela de Ing. Química encontrada en la UNJFSC.

3.1.1. Tipo

La indagación es de clase cuantitativa, esto se debe a la determinación de la conexión existente entre las variables dependiente e independiente.

3.1.2. Nivel

De acuerdo con el análisis realizado es descriptiva – explicativa.

3.1.3. Diseño

El diseño es experimental.

3.1.4. Enfoque

Respecto a la naturaleza de la indagación es de enfoque cuantitativo y deductivo.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Se empleará como población a los lodos emitidos por la misma planta de procedimiento de aguas domesticas ubicadas en la Administradora de Saneamiento, localizada en la provincia de Huaral.

3.2.2. Muestra

La muestra será al azar en función a los lodos extraídos.

3.3. Operacionalización de las variables

V. Dependiente: Fertilizantes Orgánicos

V. Independiente: Lodos

Tabla 3. *Operacionalizacide Variables*

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
Abonos Orgánicos	Los abonos orgánicos son absolutamente todos los subproductos de linaje animal y vegetal, en donde las plantas son capaces de extraer grandes proporciones de nutrientes , el terreno, con la aplicación de los fertilizantes se ven ricos en carbono orgánico.	Fisicoquímicos	Relación C/N pH Densidad (g/cm ³) Textura Olor Color
Lodos	Son subproductos solidos ocasionados por mecanismos de tratamiento de aguas que poseen con una elevada proporción de sustancia orgánica, propiedad fundamental y principal de los lodos extraídos durante el primer y segundo tratamiento, como por ejemplo las excretas de colocaciones sanitarias in situ.	Fisicoquímicos Microbiológico	pH Humedad (%) Color DQO (mg/L) Solidos totales Turbidez Materia orgánica Materia inorgánica Microorganismos Organismos patógenos

Fuente: Elaboración propia

3.4. Técnicas e instrumentos para la obtención de datos

Las técnicas empleadas en función a la obtención y recolección de datos se realizarán de manera directa aplicando la información documental.

Los instrumentos respecto a la extracción de datos se enfocan de acuerdo con las normas técnicas y reglas actuales enfocadas en el manejo óptimo y adecuado de los lodos producidos por las plantas encargadas a tratar el agua.

3.5. Técnicas para el análisis de la información.

Respecto a las técnicas empleadas para el análisis de la información, se emplearon diversos tipos de software de cálculo rápido, así como diversos programas de análisis de datos rápido.

3.6. Caracterización de compost

Para el cálculo de las propiedades del compost se realizaron diversas evaluaciones con la finalidad de obtener resultados óptimos y adecuados los cuales se plasman en la siguiente tabla en función a la FAO:

Tabla 4. *Parámetros evaluados del compost*

Parámetro	Análisis en base humedad	Referencia
	Nitrógeno total	Método Kjeldahl
Fisicoquímico	Carbono total	Método combustión directa de corriente de oxígeno
	Contenido de humedad	ASTM C566
	pH	ASTM E70

Fuente: elaboración propia.

3.6.1. Carbono orgánico total

Para la determinación del carbono orgánico Total se han propuesto numerosos métodos basados casi todos en la combustión del carbono; el método seleccionado para analizar el carbono Orgánico Total en las muestras de lodos y materiales de soporte, es por Combustión Directa de Corriente de Oxígeno que es el método más exacto.

Se busca combustionar toda la muestra a una alta temperatura en disposición de oxígeno; el anhídrido carbónico liberado en la oxidación del carbono es absorbido por una cantidad conocida de solución titulada de Hidróxido de Bario.

3.6.2. Procedimiento

Combustión Directa de Corriente de Oxígeno

Primero se prepara el agua de barita, en un litro de agua destilada se adiciona 5 gr. de hidróxido de bario esta se abandona por 24 horas de modo que se deposite el carbonato de bario formado, luego esta solución de agua de barita es valorada con ácido clorhídrico.

Colocar a secar las muestras de lodo poniendo a la estufa por 3 días a 80 °C, para determinación de Carbono Orgánico Total.

Luego se toma 0.03 gramos de la muestra a analizar y se coloca en una navecilla. Esta navecilla es colocada en el centro de la mufla.

Se procede a calentar el horno, cuando este se encuentre caliente se mueve la mufla de tal manera que la navecilla quede en el centro del horno para que se realice la combustión liberando el oxígeno.

El anhídrido carbónico es atrapado por los absorbedores que contienen volúmenes de 250, 150 y 250 mL de agua de barita cada uno.

Se extrae 10 mL de agua de barita en cada absorbedor y se valora con ácido clorhídrico y por diferencia se obtiene el gasto de ácido clorhídrico.

3.6.2. Nitrógeno total (método Kjeldahl)

Procedimiento

a) Digestión con H₂SO₄ concentrado

Colocar a secar las muestras de lodo en la estufa durante 3 días a 80 °C

Pesar 1.0 g de lodo y depositarlo en fondo del matraz Kjeldahl, añadir 0.5 g de muestra catalizadora Sulfato de Potasio y Sulfato de cobre.

Adicionar 10 mL de H₂SO₄ concentrado, usando un succionador, en la boca del matraz se coloca un embudo de vástago sobre la cocina eléctrica con una inclinación de 45 – 60 La digestión se lleva a cabo bajo una campana extractora de gas durante 58 - 85 minutos.

Luego de este tiempo la mezcla reaccionara debe adquirir un color gris lechoso. Luego se deja enfriar.

Agregar agua destilada hasta Llegar a 50 mL y se procede a filtrar a través de papel de filtro Watts.

b) Destilación del NH₃ sobre HCl Valorado.

La mezcla fría de la digestión se neutraliza con 40 mL de NaOH al 40% en peso.

Este mecanismo es peligrosamente exotérmico, por ende, el matraz Kjeldahl debe sumergirse en agua fría mientras se esté realizando la neutralización.

Con una varilla de vidrio se extraen una muestra para comprobar su alcalinidad usando el papel rojo de tornasol

Tras vasar la mezcla alcalina al balón Engler de 500 mL del equipo de destilación por arrastre con vapor (usar un embudo de vástago largo)

En un Erlenmeyer de 250 mL se coloca 20 mL de HCl valorado (0.1 N) y 9 gotas del indicador mixto verde de bromocresol y rojo de metilo, luego, en este matraz se colecta el destilado.

Durante la destilación este contenido debe permanecer color anaranjado.

El extremo de la descarga del condensador debe estar sumergido en el contenido del matraz colector del destilado.

Además, debe verificarse que todas las otras conexiones del equipo de destilación por arrastre con vapor estén correctamente instaladas.

Se hace circular agua en contracorriente a través del condensador y se inicia la destilación encendiendo la cocina eléctrica.

La destilación se da por terminada cuando una gota del destilado no azulea el papel rojo de tornasol.

c) **Titulación del Exceso de HCl**

Se llena una bureta graduada de 50 mL con una solución de NaOH (0.1 N) con el que se valora el exceso de HCl.

El matraz colector del destilado tiene a lograr un viraje de color verde claro.

Anotar el volumen de gasto de NaOH para realizar los cálculos de cantidad de nitrógeno en el suelo.

3.6.3. Proporción de humedad.

Para hallar la proporción de humedad del lodo se realizó el siguiente procedimiento:

- a) Se llevaron las cápsulas utilizadas en esta prueba a peso constante a través de secado al horno a una temperatura de 105 °C durante doce (12) horas.
- b) Se extrajeron las cápsulas del horno y se dejaron enfriar a temperatura ambiente dentro de un desecador durante media hora.
- c) Se pesaron las cápsulas con el uso de una balanza analítica.
- d) Se colocaron las muestras de lodo en las cápsulas y se secaron al horno a una temperatura de 105 °C durante veinticuatro (24) horas.

Una vez retiradas las muestras del horno y enfriadas a temperatura ambiente, se procedió a pesarlas con el uso de una balanza analítica.

A partir de la diferencia de peso entre la muestra húmeda y de la muestra seca se calculó el contenido de humedad utilizando la Fórmula 3.

$$\omega(\%) = \frac{P_H - P_S}{P_H} \times 100$$

En donde:

ω : representa el contenido de humedad del lodo, expresado en porcentaje.

P_H : representa el peso de la muestra de lodo húmeda, expresado en g.

P_S : representa el peso de la muestra de lodo seca, expresado en g.

Para llevar a cabo esta prueba se analizaron seis (5) muestras.

3.6.4. pH

El nivel de pH es distinto respecto al microorganismo, para ser o tener un pH óptimo el cual se encuentra en el rango de 6.6 y 7.9 se empleó lo siguiente:

Procedimiento

El pH-metro es calibrado con soluciones buffer estándares de pH 3 y 7. El electrodo del pH-metro es lavado con agua destilada y secado cuidadosamente con un papel filtro o con otro papel absorbente.

Pesar 25 g muestra de lodo adicionarlo a un vaso de dispersión de 500 mL y Agregar 50,0 mL de agua destilada.

El electrodo es sumergido en la solución de lodo hasta que se cubra su bulbo, se deja que se establezca el equilibrio y luego se anota el valor de pH.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. Carbono orgánico

El secado de la sustancia orgánica produce en los mecanismos de compost, una disminución respecto al carbono, esto se debe a que el mecanismo final respecto a la degradación de la sustancia orgánica es la conversión de compuesto orgánico en no orgánico, dando una pérdida de carbono en manera de CO₂.

Lo cual se deduce que el compostaje es una manera en donde se pierde carbono de modo orgánico a CO₂. Durante el tiempo, la proporción de carbono sufre un mecanismo de disminución.

De acuerdo con la parte empírica, se observó que las proporciones de carbono total del lodo y aserrín se encuentran en promedio de 2,44% y 43,23% al inicio del compostaje. En la fase de madurez el contenido de carbono orgánico en los tratamientos resulto en un promedio de 28,32%.

Tabla 5. *Carbono total (%C) del lodo antes de la mezcla*

Muestra de lodo	Carbono total (%C)	Promedio de % C
1	2,36	
2	2,41	
3	2,58	2,44
4	2,51	
5	2,34	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. *Carbono total (%C) del aserrín antes de la mezcla*

Muestra de aserrín	Carbono total (%C)	Promedio de % C
1	43,87	
2	42,25	
3	42,18	43.23
4	43,51	
5	44,34	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. *Carbono total (%C) al término del proceso de compostaje*

Muestra de aserrín	Carbono total (%C)	Promedio de % C
1	28,34	
2	29,25	
3	28,18	28,32
4	26,51	

4.1. Nitrógeno total

La siguiente tabla resume de manera óptima el cambio del nitrógeno respecto a los mecanismos de compostaje indagados. El cambio visual de la característica aumento de manera adecuada al mecanismo de compostaje. El nitrógeno va en aumento lo cual es beneficioso ya que brinda un óptimo efecto de concentración en función a la mineralización de las sustancias orgánicas adquiridas a través de la bio descomposición, de tal forma que, al descomponerse el carbono, da la apariencia que el N suba, aunque lo que sucede es que se disminuye la masa y se concentra la proporción de N total.

Tabla 8. *Nitrógeno total (%N) del lodo antes de la mezcla*

Muestra de lodo	Nitrógeno total (%N)	Promedio de % N
1	0,7	
2	0,77	
3	0,65	0,75
4	0,82	
5	0,79	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. *Nitrógeno total (%N) del aserrín antes de la mezcla*

Muestra de aserrín	Nitrógeno total (%N)	Promedio de % N
1	0,068	
2	0,067	
3	0,065	0.07
4	0,072	
5	0,069	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. *Nitrógeno total (%N) al término del proceso de compostaje*

Muestra de aserrín	Nitrógeno total (%N)	Promedio de % N
1	2,24	
2	2,57	
3	1,96	2,22
4	2,12	
5	2,19	

Fuente : Elaboración propia

4.4. Relación C/N

La relación entre carbono respecto al nitrógeno absoluto del compuesto sólido es una de las características más empleadas con el fin de analizar e investigar el cambio de la sustancia orgánica a través del compost, debido que esto representa la disminución C, como resultado de la mineralización de sustancia orgánica, así mismo también calcula la proporción de nitrógeno obtenido a partir de la disminución de peso. Como respuesta se extrae la baja de esta característica, dando datos constantes al final del mecanismo, esto se debe al equilibrio de sustancia orgánica.

En la siguiente figura se observa el cambio de la relación C_T/N_T de las mezclas analizadas a través del mecanismo de compostaje. Los tratamientos estudiados los valores iniciales de la relación C_T/N_T fueron óptimos encontrándose en un rango de 25,36 y 32,38, teniendo en cuenta el menor valor de C_T/N_T en el tratamiento 5, debido a la gran cantidad de lodo.

En todas las mezclas, la relación C_T/N_T se observó de manera óptima la baja significativa al principio del mecanismo de compostaje. La baja está en relación con la descomposición de la materia orgánica y el incremento de N total. Luego del cambio principal, la relación C_{TA}/N_T prosiguió reduciéndose de forma inadecuada al final del mecanismo de compostaje.

En función al dato obtenido final del mecanismo de compostaje es de vital importancia indicar, que un compost es considerado maduro y optimo cuando los datos se encuentran de 10 – 16 respecto a la relación del C_T/N_T de acuerdo con Varnero y Arellano, (1991). La parte empírica, mostro que la mayoría del compost lograron alcanza un nivel de madurez adecuado en función a ese parámetro, esto se debe a que los datos obtenidos respecto a la relación de C_T/N_T se localizan dentro del margen indicado. (relación C_T/N_T = 12,65; 11,38; 14,38; 12,50 y 13,40 para los mecanismos T1, T2, T3, T4 y T5, respectivamente), un promedio total de relación C_T/N_T de 12,78.

Tabla 11. *Relación C/N del lodo antes de la mezcla*

Muestra de lodo	Nitrógeno total (%N)	Carbono total (%C)	Relación C/N	Promedio de % C	Promedio de % N	Promedio de C/N
1	0,7	2,36	3,37			
2	0,77	2,41	3,13			
3	0,65	2,58	3,97	2,44	0,75	3,27
4	0,82	2,51	3,06			
5	0,79	2,34	2,96			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. *Relación C/N del aserrín antes de la mezcla*

Muestra de aserrín seco	Nitrógeno total (%N)	Carbono total (%C)	Relación C/N	Promedio de % C	Promedio de % N	Promedio de C/N
1	0.068	43.87	645.15			
2	0.067	42.25	630.60	43,23	0,07	633,87
3	0.065	42.18	648.92			
4	0.072	43.51	604.31			
5	0.069	44.34	642.61			

Fuente : Elaboración propi

Tabla 13. *Relación C/N del compost al mezclarse*

N.º de tratamientos	Lodo		Aserrín		Relación C/N
	g	%	g	%	
T1	300	65.22	160	34.78	32.38
T2	350	67.31	170	32.69	29.89
T3	400	68.97	180	31.03	28.01
T4	450	70.31	190	29.69	26.54
T5	500	71.43	200	28.57	25.36

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. *Relación C/N al término del proceso de compostaje*

Muestra de compost	Nitrógeno total (%N)	Carbono total (%C)	Relación C/N	Promedio de % C	Promedio de % N	Promedio de C/N
1	2,24	28,34	12,65	28,32	2,22	12,78
2	2,57	29,25	11,38			
3	1,96	28,18	14,38			
4	2,12	26,51	12,50			
5	2,19	29,34	13,40			

Fuente: Elaboración propia

4.4. Proporción de humedad.

La proporción de humedad del lodo en base húmeda fue calculado a fin de conocer la cantidad de agua contenida en el material y, por ende, la cantidad de agua que es capaz de aportar a la mezcla, resultado 52.02 % de humedad.

El contenido de humedad del lodo en base húmeda obtenido en este ensayo indica que éste posee una elevada cantidad de agua, la cual puede ser aportada a la mezcla del compost. Este es un factor para tomar en consideración ya que las características que presenta una mezcla de compost serán condiciones para que los microorganismos logren sus funciones.

Tabla 15. *Contenido de humedad al iniciar el proceso de compostaje*

Tratamiento	Peso de capsula (g)	Peso compost húmedo + capsula (g)	Peso compost seco + capsula (g)	Peso del agua (g)	Peso compost seco (g)	Humedad (%)	Contenido de Humedad promedio (%)
T1	1.18	10.36	7.24	3.12	6.06	51.47	52.02
T2	1.21	10.38	7.25	3.13	6.04	51.80	
T3	1.19	10.36	7.20	3.16	6.01	52.56	
T4	1.20	10.34	7.23	3.11	6.03	51.63	
T5	1.22	10.37	7.22	3.16	5.99	52.64	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. *Contenido de humedad al término del proceso de compostaje*

Tratamiento	Peso de capsula (g)	Peso compost húmedo + capsula (g)	Peso compost seco + capsula (g)	Peso del agua (g)	Peso compost seco (g)	Humedad (%)	Contenido de Humedad promedio (%)
T1	1,17	9,76	7,52	2,24	6,35	35,26	
T2	1,18	9,68	7,39	2,29	6,21	36,86	
T3	1,16	9,86	7,43	2,43	6,27	38,74	34,75
T4	1,15	9,74	7,72	2,02	6,57	30,81	
T5	1,17	9,67	7,61	2,07	6,43	32,10	

Fuente: Elaboración propia

4.5. pH

Los valores de pH obtenidos en la siguiente imagen de los tratamientos de compostaje desarrollados son ligeramente básicos.

Tabla 17. *Control de compost a base de temperatura y pH*

Tiempo (Días)	Parámetros	Tratamientos				
		T1	T2	T3	T4	T5
0	Temperatura (C)	24	24	23	24	23
	pH	7.34	7.27	7.35	7.47	7.33
40	Temperatura (C)	48	46	47	46	45
	pH	7.50	7.53	7.64	7.43	7.55
80	Temperatura (C)	58	56	57	57	58
	pH	7.45	7.65	7.78	7.34	7.36
120	Temperatura (C)	25	24	23	24	23
	pH	7.49	7.25	7.64	7.38	7.42

Fuente: Elaboración propia

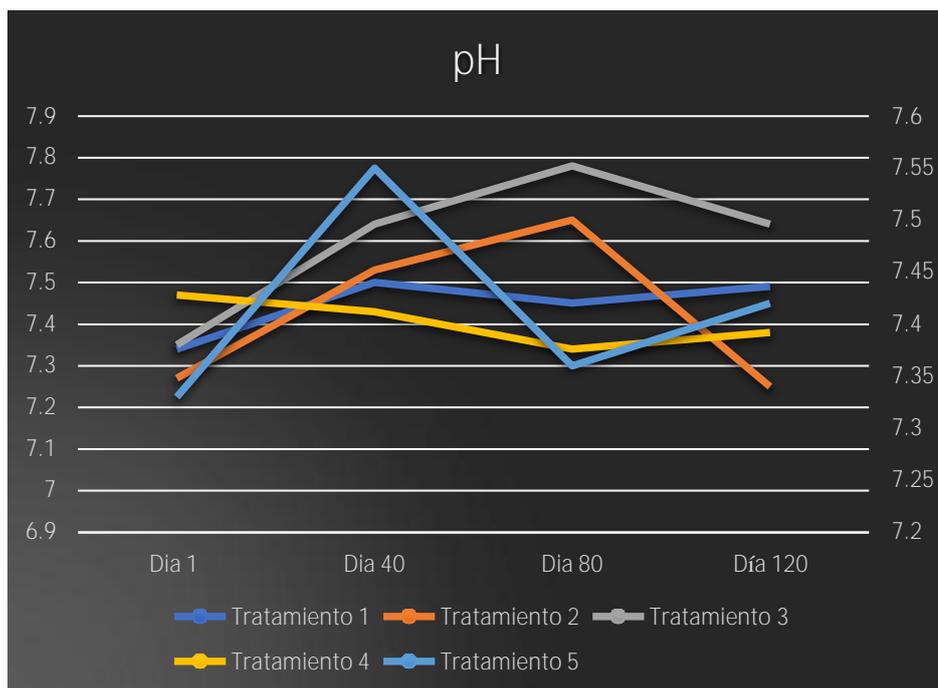


Ilustración 2. Variación de pH

CAPITULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

5.1. Discusión

En los anexos N° 1 y 4 se observa los datos obtenidos en el análisis del carbono en donde presenta 2,44% para el lodo y 43.23 % para el aserrín, estos valores se encuentran por debajo de las encontradas por Varnero y Arellano, (1991), en donde obtuvo 2,5% para el lodo y 44% para el aserrín.

En los anexos N° 2 y 5 se muestran los datos obtenidos en el análisis del nitrógeno en donde se obtuvo 0,75 % para el lodo y 0.07% para el aserrín, el valor del lodo se encuentra por debajo de lo obtenido por Varnero y Arellano, (1991), en donde obtuvieron 0,85% y el valor obtenido para el aserrín, se encuentra por encima ya que estos autores obtuvieron 0,06%.

En el anexo N° 3 se muestra los valores obtenidos de la relación C/N en donde se obtuvo un valor promedio de 3,27:1 para el lodo, este valor se encuentra por encima del valor obtenido por Varnero y Arellano, (1991), en donde obtuvieron un valor de 3:1. En el anexo N° 6 se muestran los valores obtenidos de la relación C/N para el aserrín en donde se obtuvo un valor promedio de 633,87:1, este valor se encuentra por debajo del valor obtenido por Varnero y Arellano, (1991),

Con los valores obtenidos de la relación C/N de cada materia prima se formuló la mezcla para los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 con una relación de C/N de 32,38; 29.89; 28.01; 26.54 y 25.36 la cual se encuentra dentro del rango optimo según lo propuesto por Román, Martínez y Pantoja, (2013), ya que el rango ideal se encuentra (25-35) para poder empezar el compostaje. A los 4 meses se obtuvieron valores de relación C/N en los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 de 12,65; 11,38; 14,38; 12,50 y 13,40 estos datos obtenidos se encuentran dentro del rango ideal propuestos por Román, Martínez y Pantoja, (2013), la establecen que el rango ideal es de (10-15).

En los anexos 11 y 12 se aprecia los datos obtenidos del análisis del contenido de humedad al inicio del compostaje y al terminar. Se inició con 51.47; 51.80; 52.56; 51.63 y 52.64% de humedad en los T1, T2, T3, T4 y T5, estos valores se encuentran dentro del rango ideal de acuerdo por Román, Martínez y Pantoja, (2013), la cual establecen un rango de (50-60%). A los 4 meses se obtuvo valores de humedad de 35,26; 36,86; 38,74; 30,81 y 32,10 en los T1, T2, T3, T4 y T5, las cuales se encuentran dentro del rango ideal que es de (30-40%) establecida por Román, Martínez y Pantoja, (2013).

5.2. Conclusión

En el acondicionamiento del lodo para utilizarlo como fertilizante orgánico, se le tiene que hacer un tratamiento de disminución del contenido de humedad, sobre para crear condiciones adecuadas para los microorganismos, para que se pueda desarrollar el proceso de compostaje de manera óptima, ya que el contenido de humedad del lodo fresco es alto, en esta presente investigación, se le acondiciono el contenido de humedad de las mezclas formuladas aproximadamente a 52,02% para dar inicio al procesos de compostaje.

Las variables de análisis que se tomaron en esta investigación se encuentran el contenido de carbono total, nitrógeno total, relación C/N, contenido de humedad y pH. En donde la evaluación del compost final en los tratamientos desarrollados se obtuvieron valores promedios de 28,32% de contenido de carbono total, 2,22% de contenido de nitrógeno total, 12,78 de relación C/N, 34,75% de contenido de humedad y un pH ligeramente básico.

Los Lodos residuales se pueden aprovechar adicionándole residuos orgánicos y estiércol. En esta investigación el lodo se mezcló con el aserrín y la mejor fórmula, que se generó mediante la evaluación es del (65-71%) de lodo y (28-34%) de aserrín, las fórmulas desarrolladas en esta investigación presente una relación C/N ideal para empezar el proceso de compostaje y con una humedad de entre el 50-60%, en esta investigación se inició el proceso de compostaje con una humedad de 52,02%.

5.3. Recomendación

Se debe saber de manera general que tipo de agua residual trata la planta de tratamiento de aguas residuales, es decir, si el agua residual a tratar es solo de origen doméstico o también proviene de algún tipo de fábrica. Esto con la finalidad de tener una idea de qué tipo de componentes peligrosos pueden estar presentes en los lodos a tratar (como metales pesados y otros).

Es importante determinar la concentración de Carbono Orgánico Total y Nitrógeno de todos los materiales que se emplearán en la mezcla.

Se recomienda mezclar varios tipos de materiales para poder así obtener un tratamiento más rico en carbono orgánico total y nitrógeno de tal forma de optimizar el proceso.

Es de suma importancia hacer un diseño preliminar de la mezcla, para poder saber la cantidad de cada material que se debe utilizar y obtener así una buena relación de transformación en la mezcla.

En caso de que la relación C: N inicial sea muy alta, existe la posibilidad de agregar más lodo residual (fuentes de nitrógeno) que permitan ajustar la relación sin alterar el contenido de humedad.

En caso de que la relación C: N inicial sea muy baja, habrá que agregar mayor cantidad de aserrín u otro material que incorpore celulosa a la mezcla.

Al momento de hacer los tratamientos con los materiales seleccionados, esta se debe hacer por capas, es decir, combinar los materiales colocándolos por capas de no mayor de 10 cm. de espesor, para asegura así una mezcla uniforme.

Es de vital importancia la forma y dimensión de los tratamientos, pues dependerá mucho de estos dos parámetros la temperatura interna que se alcance con el proceso.

Se recomienda que tenga forma trapezoidal, de una altura no mayor a 1.50 m ni menor a 0.50 m, con una base mayor que no exceda los 2.00 m y de forma alargada. Así se podrá obtener las temperaturas internas deseadas si correr riesgo que esta llegue a valores muy altos y también, no será un problema el tema de la aireación.

Se deben tomar datos de temperatura interna por lo menos 3 veces por semana, siendo mejor diariamente, para poder así controlar el proceso y tomar las medidas correctivas en caso de necesitarlas.

Partiendo de un buen diseño de mezcla, una buena forma y tamaño de los tratamientos, la frecuencia de volteo debe estar dada por la temperatura interna registrada, es decir que:

Si la temperatura interna no sube habiendo pasado un tiempo considerable de iniciado el proceso, se recomienda hacer volteos en los tratamientos, puesto que puede ser por escasez de oxígeno al interior del tratamiento provocando así condiciones anaerobias o que falta uniformizar la mezcla.

Si se observa que la temperatura interna del tratamiento empieza a subir en forma constante, NO realizar ningún volteo, pues no es necesario pues la temperatura interna está subiendo porque las condiciones aeróbicas son favorables. Por el contrario, si se hace volteos en estas circunstancias, se ventilará el tratamiento ocasionando su disminución de temperatura.

Si la temperatura interna del tratamiento ha estado subiendo y de pronto se ha visto estancada o peor aún, empieza a descender sin haber llegado por lo menos a 60 °C, se debe realizar un volteo de estas, para suministrar oxígeno y evacuar el CO₂ que se forma, el mismo que puede inhabilitar algunos microorganismos de vital importancia en el proceso.

Si la temperatura empieza a descender después de haber llegado a sus valores máximos, se debe hacer un volteo puesto que es posible que al suministrar O vuelva a aumentar la temperatura interna. Si esto no sucede en repetidas ocasiones, significará que la fase Termófila del proceso ha concluido y se está en el tiempo de maduración. 2

Es importante tener en cuenta que la temperatura interna de los tratamientos debe alcanzar valores no menores a 60 °C por lo menos durante 4 horas continuas, para poder así tener cierta seguridad que el proceso de compostaje está tratando los lodos residuales.

En caso se logre que la temperatura interna del tratamiento alcance valores de 60 °C a más, eso se dará en el centro de esta, mas no en su superficie, motivo por el cual se debe hacer un volteo para que el material que estaba en la superficie también este expuesto a temperaturas altas, logrando así exponer todo el material a condiciones letales para los microorganismos que se quieras eliminar.

La temperatura interna de la pila no debe exceder los 70 °C, pues a esta temperatura se inhibe la actividad de los microorganismos encargados del proceso.

Con respecto al tiempo de maduración del Compost, la forma más práctica de ver si el sustrato ya está lo suficientemente maduro probar si germina alguna semilla de crecimiento rápido (como semilla de fríjol). Si esta germina a los 2 días y empieza a crecer sin problema significa que el Compost ya no es fitotóxico y puede utilizarse.

Se debe tener en cuenta que mientras más tiempo de maduración se le dé al Compost, un sustrato de mejor calidad de obtendrá al finalizar el proceso ya que en el periodo de maduración se eliminan todas las toxinas que se generan durante la etapa del activo compostaje.

CAPITULO VI: FUENTES DE INFORMACIÓN

6.1. Fuentes bibliográficas

- Acosta, Y., Gutiérrez, E., & Ramírez, E. (2003). *Poder fertilizante de los lodos residuales provenientes del tratamiento de agua servidas*. Universidad del Zulia, Venezuela.
- Burga, A. (2014). *VALORACIÓN DE LODOS SEDIMENTADOS GENERADOS EN LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN DE EPSEL PARA USO COMO ABONO ORGÁNICO*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo.
- Burga, A. (2014). *Valoración de lodos sedimentados generados en las lagunas de estabilización de EPSEL para uso como abono orgánico*. Tesis, Chiclayo- Perú.
Recuperado el 7 de Noviembre de 2018
- Colomer. (2010). *Opción de calorización de lodos de distintas estaciones depuradoras de aguas residuales*. Universidad Autonoma de Yucatan, Yucatan.
- Evangelista, D. (2019). Efecto del abono Orgánico en el comportamiento del Cultivo de *Saccharum officinarum* L. “Caña de azúcar” bajo condiciones del sector Sta. Inés, Sayán. . *Ingeniero Agrónomo* . Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Sayan.
- Henríquez, O. (2011). “*Análisis y criterios mínimos para la aplicación de lodos tratados provenientes de plantas de tratamiento de aguas servidas en agrosistemas de la provincia de Melipilla, Región Metropolitana*”. Universidad de Chile, Melipilla.
- Holguín, E., Morales, M., Vicencio, M., & Morales, M. (2014). *Lodos residuales: Métodos de tratamiento, estabilización y aprovechamiento*. Instituto Politécnico Nacional, Durango - Mexico.
- Karenn, M., & Parra, C. (2009). Estudio de dos alternativas para el aprovechamiento de lodos secundarios de sistemas aerobios provenientes de PTAR’s jurisdicción de la car. . *Ingenieros Ambientales y Sanitarios*. Universidad de la Salle , Bogotá D.C.

- Márquez, K., & Parra, C. (2009). Estudio de dos alternativas para el aprovechamiento de lodos secundarios de sistemas aerobios provenientes de PTAR's jurisdicción de la car. *Ingenieros Ambientales y Sanitarios*. Universidad de la Salle, Bogotá D.C.
- Martinez, M. (2015). *Mecanizado básico*. ELEARNING S.L. España.
- Ministerio de Desarrollo Economico. (2000). *Reglamento tecnico del sector de agua potable y saneamiento basico*. Bogota D.C - Colombia .
- Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (2014). *criterios para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales*. Colombia
- Oropeza, N. (2006). *Lodos residuales: estabilización y manejo*. Universidad de Quintana Roo, Quintana Roo.
- Ortega, E. (2015). *Tratamiento de aguas residuales*. Universidad de Manizales, Manizales. Obtenido de <https://es.slideshare.net/erosinning/momento-individual-eberto-ortega-sinning-tratamiento-de-a>
- Pacas, C. (2002). Efecto de la Composta en el Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L.) en Invernadero. *INGENIERO AGRONOMO EN PRODUCCIÓN*. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” división de agronomía, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Pomalaza, J., & Ramos, J. (2016). Disposicion Final de los Lodos de una planta depuradora de aguas residuales como fertilizante organico. *Titulo Profesional de Ingeniero Quimico*. Universidad Nacional del Centro del Peru, Huancayo.
- Reyes, W. (2008). *Mejoramiento de suelos arenosos del sector Santo del Valle Santa Catalina mediante el uso de lodo residual municipal estabilizado*. Tesis, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo. Recuperado el 2018 de noviembre de 5.
- Rivera, J. (s.f.). *Calomeo glorioso* . Obtenido de Calomeo glorioso : <https://es.calameo.com/books/005284810273e346d8b7c>
- Superintendencia de servicios públicos. (2015). *Informe tecnico sobre sistema de tratamiento de aguas residuales en Colombia*. Bogota. Obtenido de

https://issuu.com/luisespinoza7/docs/informe_tcnico_sobre_sistemas_de

Valderrama, M. (2013). *Factibilidad de aprovechamiento de los lodos residuales de la PTAR. Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente*. Universidad de Manizales, Manizales.

ANEXOS

ANEXO 1. NORMA EPA 40CFR- 503 PC –EQ QUALITY: USO Y DISPOSICIÓN DE LOS BIOSÓLIDOS

Parámetros Físicoquímicos para los Biosólidos Categoría A.

Parámetro	Valor de Referencia
Contenido de Humedad (%)	< 35,0
Contenido de Cenizas (%)	≤ 60,0
Contenido de Carbono Orgánico Oxidable Total (%)	> 15,0
Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100g)	> 30,0
Capacidad de Retención de Humedad (%)	> 100,0
pH (Unidades)	5,0 < pH < 9,0
Densidad Real (g/cm ³ Base Seca)	< 0,6
N total, P ₂ O ₅ y K ₂ O (%)	Declararlos si cada uno es > 1,0

Parámetros Físicoquímicos para los Biosólidos Categoría B.

Parámetro	Valor de Referencia
Contenido de humedad (%)	≤ 70,0
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g)	> 20,0
Capacidad de retención de humedad (%)	> 100,0
pH (Unidades)	4,0 < pH < 9,0
Densidad real (g/cm ³ Base Seca)	< 0,6

ANEXO 2: NORMATIVA MEXICANA DEL COMPOST

Norma mexicana NADF-020-AMBT-2011.

Parámetro	TIPO DE COMPOSTA		
	A	B	C
Uso recomendable	Sustrato en viveros y sustituido de tierra para maceta	Agricultura ecológica y reforestación	Paisaje , áreas verdes
Humedad	25-35% en peso		25-45% en peso
Ph	6,7-7,5	6,5 -8	
Conductividad eléctrica	< 4ds/m	< 8ds/m	< 12ds/m
Materia orgánica	> 20% MS		> 25% MS
Carbono total			
Nitrógeno total % MS	Debe indicarse en la etiqueta el resultado del último análisis realizado		
Relación C/N	< 15	< 20	< 25

ANEXO 3: MATERIALES Y REACTIVOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL

- Muestra 0.03 gr.
- Balanza Analítica 01 und
- Espátula 01 und
- Matraz 150 ml 02und
- Piceta 01 und
- Pipeta 02 und
- Oxígeno 01 Balon
- Mangueras 01 metro
- Mufla 01 und
- Horno 01 und
- Absorbedores 03 und
- Ácido Clorhídrico (N) 100 ml
- Agua Destilada 1 litros
- Hidróxido de bario 5 gr.
- Fenoltaleina 01frasco

ANEXO 4: EQUIPOS Y MATERIALES PARA DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL

- Balanza Analítica 0,0001 gr.
- Matraz Kjeldahl de 100 ml.
- Pipeta graduada de 10 ml
- Probeta graduada de 50 ml
- Espátula
- Embudos de vidrio (un vástago corto y otro vástago largo)
- Cocina eléctrica
- Campana extractora de gases
- Equipo de destilación por arrastre con vapor

$$N(\%) = \frac{(a - b) \times M}{m \times ST} \times 280$$

donde:

- | | | |
|----|---|--|
| a | = | volumen, en mL, de solución estándar de H ₂ SO ₄ gastada en la muestra |
| b | = | volumen promedio, en mL, de solución estándar de H ₂ SO ₄ gastada en los blancos |
| M | = | concentración, en mol/L, de la solución estándar de H ₂ SO ₄ |
| m | = | masa, en g, de muestra (4.2) |
| ST | = | contenido de sólidos totales, en % en base húmeda, si se usó muestra húmeda (4.1.1) |

ANEXO 5: REACTIVOS PARA LA DETERMINACIÓN DE pH

- Balanza Analítica 0,0001 g
- pH-metro digital HANNA
- Vaso de dispersión de 300 ml
- Frasco lavador o piceta
- Probeta graduada de 100 ml
- Espátula
- Muestra de Lodo
- Agua destilada o des ionizada

ANEXO 6: ECUACIÓN PARA DETERMINAR LA RELACIÓN C/N

Siendo Q la cantidad de material a adicionar, C y N Carbono y Nitrógeno en peso, y M la humedad en peso del material.

Para una cantidad Q1 (ejemplo: paja), se debe calcular qué cantidad de Q2 necesito (ejemplo: estiércol). Esto puede estimarse de la siguiente manera:

$$R = \frac{Q_1 \times (C_1 \times (100 - M_1) + Q_2 (C_2 \times (100 - M_2) + Q_3 (C_3 \times (100 - m_3) + \dots}{Q_1 \times (N_1 \times (100 - M_1) + Q_2 (N_2 \times (100 - M_2) + Q_3 (N_3 \times (100 - m_3)) + \dots}$$

ANEXO 7: PARÁMETROS DE COMPOSTAJE

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



Ilustración 3. Secado de lodo



Ilustración 4. Compost obtenido

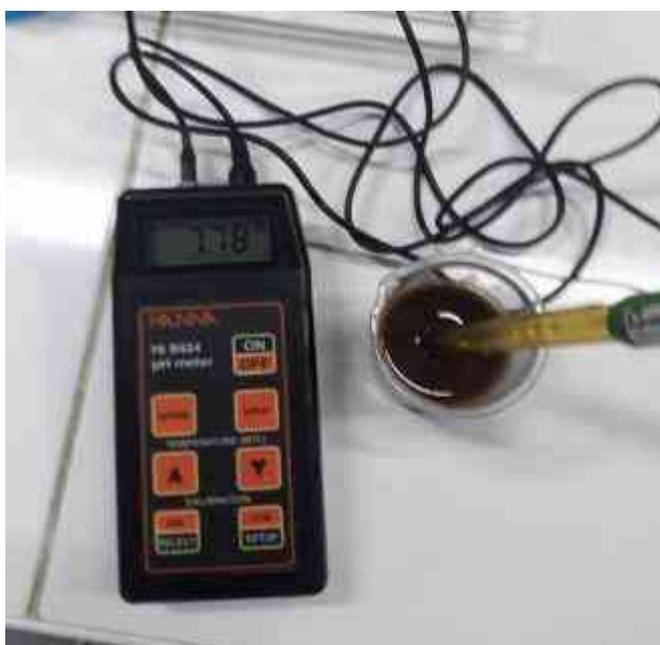


Ilustración 5. Determinación de pH



Ilustración 6. Determinación de Nitrógeno



Ilustración 7. Determinación de humedad