



**UNIVERSIDAD DE LAMBAYEQUE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA**  
**AMBIENTAL**

**TESIS**

**Valoración fisiológica como abono orgánico de lodos  
activados en las lagunas de estabilización de la localidad de  
Jaén**

**PRESENTADA PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

**Autores:**

**Huamán Tineo, Anibar**

**Palco Cusquisiban, Alejandro**

**Asesor:**

**M.Sc. Luis Terán Bazán**

**Línea de Investigación:**

**Contaminación ambiental y biotecnología**

**Chiclayo – Perú**

**2018**

**FIRMA DEL ASESOR Y JURADOS DE TESIS**

---

**M.Sc. Luis Terán Bazán  
ASESOR**

---

**Dr. Juan Luis Rodríguez Vega  
PRESIDENTE**

---

**Lic. Nelson Espinoza Orrego  
SECRETARIO**

---

**M.Sc. Luis Terán Bazán  
VOCAL**

## DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir a delante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A nuestros familiares por estar siempre a nuestro lado, por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Nos han dado todo lo que somos como persona, valores, principios, carácter, empeño, y perseverancia para conseguir mis objetivos.

A nuestros hermanos por estar siempre presentes, acompañándonos para realizarnos profesionalmente.

Aníbar y Alejandro

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por mantenernos firmes y no decaer durante este trabajo que comprendió la investigación.

A nuestras familias por ser pilares fundamentales en mi vida y educación, apoyándonos en todo lo que necesitamos y permaneciendo en los buenos y no tan buenos momentos, para culminar esta exitosa carrera, los queremos.

A nuestros hermanos porque contamos con ellos en todo momento, y hacer el día a día uno distinto al otro, los queremos.

Aníbar y Alejandro

## CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. MARCO DE TEÓRICO .....	12
2.1. Antecedentes bibliográficos.....	12
2.2. Bases teórico-científicas.....	14
2.2.1. ELEMENTOS TEORICOS SOBRE LAS AGUAS RESIDUALES.....	14
2.3. Definición de términos básicos.....	37
2.4. Hipótesis.....	39
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	40
3.1. Variables y operacionalización de variables.....	40
3.2. Tipo de estudio .....	40
3.2.1. Diseño.....	41
3.3. Población y muestra en estudio .....	41
3.3.1. Población .....	41
Plántulas ornamentales.....	41
3.3.2. Muestra de estudio .....	41
3.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	41
3.5. Procesamiento de datos y análisis estadístico .....	42
IV. RESULTADOS .....	43
4.1. Resultados para el objetivo: Evaluar si los lodos activados presentan una adecuada efectividad fisiológica como abono orgánico a nivel de laboratorio in vitro.....	43
V. DISCUSIÓN.....	46
VI. CONCLUSIONES .....	49
VII. RECOMENDACIONES.....	50
VIII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51
IX. ANEXO .....	54

## INDICE DE TABLA

Tabla 1. Procesos unitarios según la etapa de tratamiento.....	22
Tabla 2. Categoría 1: Población y recreacional.....	25
Tabla 3. Categoría 2: Actividades marino costeras .....	25
Tabla 4. Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales .....	26
Tabla 5. Categoría 4: Conservación del ambiente acuático .....	26
Tabla 6. Parámetros de control para tratamiento de aguas residuales .....	27
Tabla 7. Propiedades químicas típicas de lodos tratados .....	28
Tabla 8. Parámetros para lodo tratado.....	33
Tabla 9. Condiciones deseables durante el proceso de compostaje.....	34
Tabla 10. Cuadro de operacionalización .....	40
Tabla 11. Promedio biométrico en centímetros de crecimiento total, radicular y la relación talla – raíz de 50 plantas ornamentales pertenecientes al grupo control evaluada según los días 20, 30, 40 y 75.....	43
Tabla 12. Promedio biométrico en centímetros de crecimiento total, radicular y la relación talla – raíz de 50 plantas ornamentales pertenecientes al grupo experimento tratado con lodos activados evaluado según los días 20, 30, 40 y 75.....	44
Tabla 13. Promedio biométrico comparativo en centímetros de crecimiento total, 50 plantas ornamentales pertenecientes a los grupos experimento y control evaluada según los días 20, 30, 40 y 75.....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Digestor anaerobio de carga baja .....	31
Figura 2: Digestor anaerobio de carga alta .....	32
Figura 3: Compostaje en pila estática aireada .....	35
Figura 4: Compostaje en pilas de vole .....	36
Figura 5: Compostaje en sistema cerrado.....	36
Figura 6. Promedio biométrico comparativo en centímetros de crecimiento total, 50 plantas ornamentales pertenecientes a los grupos experimento y control evaluada según los días 20, 30, 40 y 75.....	45

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado en las lagunas de estabilización de la provincia de Jaén, cuyo objetivo principal fue determinar si los lodos activados obtenidos de las lagunas de estabilización de la provincia de Jaén presentan una adecuada efectividad fisiológica como abono orgánico. La presente investigación es importante porque valoriza el lodo extraído y producido en las operaciones y procesos de tratamiento de las aguas residuales generalmente es un líquido semisólido, y es el constituyente de mayor volumen eliminado en los tratamientos de agua residual. El trabajo fue dividido en dos partes: esclarecer la teoría referente a la laguna de estabilización y la formación de los lodos activados y sus propiedades. En la segunda se presentan los resultados obtenidos donde se aprecia la efectividad fisiológica del abono por lodos orgánicos en algunas plantas indicadoras basándose en el crecimiento de las mismas.

**Palabras claves:** Lodos activados, efectividad fisiológica.

## **ABSTRACT**

The present research work was carried out in the stabilization lagoons of the province of Jaén, whose main objective was to determine if the activated sludge obtained from the stabilization lagoons of the province of Jaén have an adequate physiological effectiveness as organic fertilizer. The present investigation is important because it values the sludge extracted and produced in the operations and processes of wastewater treatment, it is generally a semi-solid liquid, and it is the constituent of the highest volume eliminated in the wastewater treatments. The work was divided into two parts: to clarify the theory regarding the stabilization pond and the formation of the activated sludge and its properties. In the second, the results obtained are presented where the physiological effectiveness of fertilizer by organic sludge in some indicator plants based on the growth of them is appreciated.

**Keywords:** Activated sludge, physiological effectiveness.

## I. INTRODUCCIÓN

En el Perú también existen tratamientos de lodos generados en las estaciones de aguas residuales, ejemplo de ello es el que se realizó en el sistema de tratamiento de aguas residuales para albergues en zonas rurales, en el que, según las características dadas de tratamiento primario de las aguas residuales, se empleó el método de sedimentación simple para el secado de los lodos, estabilizado y para ser usado como abono en la agricultura. [PERU EDUCA, 2008]. Las importaciones de fertilizantes en el Perú han venido ascendiendo cada año, es así que en el año 2012 se alcanzó 882 425 toneladas, siendo la partida más resaltante la de úrea, que sumó US\$ 120 millones, lo que significó un incremento de 63%, respecto del mismo periodo del año 2010 que fue de US\$ 73,6 millones, según las últimas cifras de Aduanas. [Continental Trading, 2011]

En el proceso de tratamiento de agua residual se utilizan lagunas, en las que se realiza la estabilización de materia orgánica, mediante la descomposición se forma un proceso de fermentación y sedimentación, generando gases como el metano y al fondo de la laguna se acumulan los lodos sedimentados. El lodo es un sub producto generado en la planta de tratamiento de aguas residuales, que contiene microorganismos patógenos, teniendo como problema la disposición final de los lodos. [EPSEL S.A., 2010]. Cada día aumenta la preocupación por la gran contaminación que existe en todo el mundo, debido a la mala disposición de residuos líquidos, gaseosos y sólidos, generados por distintas actividades industriales. Uno de los factores que provocan contaminación son los lodos que se generan al tratar aguas residuales tanto urbanas como industriales, ya que poseen metales pesados o compuestos orgánicos peligrosos para la salud humana.

A nivel ambiental el proyecto es importante porque valoriza el lodo extraído y producido en las operaciones y procesos de tratamiento de las aguas residuales generalmente es un líquido semisólido, y es el constituyente de

mayor volumen eliminado en los tratamientos de agua residual. En muchos países la disposición final de los lodos se hace en alrededores de las plantas de tratamiento de residuales o en vertederos y sobre cuerpos hídricos, provocando una contaminación significativa. [Hammeken y Romero 2005]. La planta de tratamiento de aguas residuales PTAR actualmente en operación, se encuentra ubicada al noreste de la ciudad de Cuenca, sector de Utcubamba, en el Km 8,5 de la autopista Cuenca – Azogues. Cuenta con una área de 45 Ha. La capacidad de la PTAR de Utcubamba es del orden de 1.800 l/seg, el caudal máximo horario de tratamiento en época de sequía es de 2.270 l/seg y el caudal máximo horario de tratamiento en época de lluvias es 2.500 l/seg. Es importante a nivel científico ante antecedentes como en Europa la disposición de lodos es un tema de primer orden en cuanto a la contaminación, en el continente americano también se tiene preocupación en lo que a contaminación de lodos se refiere y se ha tomado como ejemplo el uso que les dan a estos compuestos las naciones europeas para poder aplicarlo en una realidad determinada como es el caso del estudio que se realizó en el estado de Jalisco, México, este consistió en evaluar lodos residuales como abono orgánico en suelos volcánicos de uso agrícola y forestal, dando como resultado que, la aplicación del compost de lodos a plantaciones forestales incrementan el porcentaje de grano y forraje del maíz. [Salcedo et. al. 2007].

A nivel productivo es importante rescatar que las lagunas de estabilización son fuentes de aprovechamiento para la provincia de Jaén, es por ello que nuestro proyecto está enfocado en dar un valor agregado como la producción de abono orgánico. Así mismo en esta realidad se puede tomar como ejemplo el tratamiento mediante compostaje para aprovechar los lodos, y así obtener el abono orgánico como producto, el cual repone la materia orgánica del suelo, hecho que no realiza el abono inorgánico y que además genera a mediano plazo mayores utilidades, y reducción de costos para la empresa. Al mismo tiempo con la obtención de abono orgánico se propone hacer frente a la gran importación de fertilizantes, ya que posee

mejores propiedades que los fertilizantes químicos; asegurando de esta manera un mercado para nuestro nuevo producto. Además, la valoración de los lodos favorecerá a reducir la contaminación y siendo esta empresa la única productora de abono orgánico en base a lodos residuales urbanos en la región, teniendo como resultado directo, una mejora del bienestar para la población y por ende para la empresa.

## II. MARCO DE TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes bibliográficos

(Salcedo, et al. 2007), realizaron una investigación referida a la evaluación de lodos residuales como abono orgánico en suelos volcánicos de uso agrícola y forestal en Jalisco, México teniendo como fin la producción de maíz y desarrollo inicial de Pino, para ello se efectuó experimentos en campo con lodos, provenientes de un proceso de digestión aerobia y que fueron sometidos a un proceso de filtrado en prensa. Para su deshidratación, se extendieron en una plancha de concreto a temperatura ambiente, para luego ser aplicado a los suelos. Como resultados se obtuvo que, la aplicación de lodos de aguas residuales sanitarias como abono orgánico mejoró la producción de maíz y el crecimiento inicial de Pino en suelos volcánicos.

(Utria, et al. 2008), desarrollaron una investigación basada en la utilización agraria de los biosólidos y su influencia en el crecimiento de plántulas de tomate, asumiendo como objetivo, evaluar la respuesta del crecimiento de plántulas de tomate a la aplicación de biosólidos. El experimento se desarrolló en macetas de 6 litros de capacidad con una altura y diámetro superior de 0,21 m y un diámetro de 0,18 m. Para la siembra se utilizaron semillas de tomate, en cada maceta se depositaron 5 kg de sustrato y se desarrollaron tres plántulas, las variables a evaluar fueron área foliar, altura de la planta, diámetro del tallo, longitud radical y peso seco por órganos (raíz, tallo y hojas), se evaluaron a los 15 días después de la germinación de las semillas. Los resultados mostraron que los indicadores relacionados con el crecimiento de las plántulas respondieron positivamente a la aplicación de biosólidos, donde se observó un evidente incremento en las magnitudes de todas las variables evaluadas, con resultados similares y superiores a las del tratamiento con fertilizante mineral, lo que indica que estos residuos tienen potencialidades para ser utilizados en sistemas de producción de plántulas en cultivos.

(Valdez, et al. 2008), iniciaron un estudio de biosólidos estabilizados y vermicompost de biosólidos (proceso de biooxidación y estabilización de la materia orgánica) como fuente de nitrógeno en cultivos de frijol, cuya finalidad de estudio es realizar una comparación con respecto a la fuente de nitrógeno de los biosólidos, vermicompost de biosólidos y fertilizante aplicados al suelo con plantas de fríjol cultivadas en columnas y en condiciones de invernadero. En la metodología el suelo de uso agrícola se muestreó de 0-15 cm de la capa superficial obteniéndose tres sitios en Acolman (Estado de México). El biosólido se obtuvo por Sistema Ecológico de Regeneración de Aguas Residuales la vermicomposta fue obtenida por *Eisenia fétida* y fertilizante Triple 17 (17% N, 17% P y 17% K). Se obtuvieron tres tratamientos: suelo más biosólido, suelo más vermicomposta y suelo más fertilizante y un control (suelo agrícola). Como resultado el mayor aporte de nitrógeno amoniacal fue en el tratamiento con biosólido y en nitratos en el tratamiento con vermicomposta. El desarrollo de las plantas en todos los tratamientos fue similar excepto el tratamiento con biosólido debido a la alcalinidad. El peso seco en el tratamiento con vermicomposta fue mayor debido a la disponibilidad de nutrientes que presentaba comparado con los tres tratamientos.

(Campos, et al. 2009), desarrollaron un análisis básico del reuso de lodos residuales de una planta de tratamiento de aguas residuales en suelos de pradera del Parque Nacional Nevado de Toluca, con la finalidad de determinar la fertilidad de los suelos después del reuso de lodos residuales. Se tomaron muestras de suelos así como de lodos activados, además de realizar la caracterización fisicoquímica primero del suelo para determinar las características de pH, materia orgánica, carbono orgánico, textura, nitrógeno total, Metales tales como sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca), cobre (Cu), plomo (Pb), manganeso (Mn), hierro (Fe), cadmio (Cd), capacidad de retención de agua, capacidad de intercambio catiónico. Luego, se realizó la caracterización fisicoquímica de lodos basándose en la norma oficial mexicana NOM -004-SEMARNAT - 2002. Se determinó que la reutilización de los lodos residuales incorporados como

mejoradores de la fertilidad de suelos es viable, esto se basa en los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a los mismos y al estudio teórico realizado de la transferencia de nutrientes de dichos lodos a los suelos ya mencionados.

## **2.2. Bases teórico-científicas**

### **2.2.1. ELEMENTOS TEORICOS SOBRE LAS AGUAS RESIDUALES.**

#### **2.2.1.1. Las aguas residuales**

Llamamos aguas residuales a las aguas que resultan después de haber sido utilizadas en nuestros domicilios, en las fábricas, en actividades ganaderas, etc. Las aguas residuales aparecen sucias y contaminadas: llevan grasas, detergentes, materia orgánica, residuos de la industria y de los ganados, herbicidas y plaguicidas y en ocasiones algunas sustancias muy tóxicas. Estas aguas residuales, antes de volver a la naturaleza, deben ser depuradas. Para ello se conducen a las plantas o estaciones depuradoras, donde se realiza el tratamiento más adecuado para devolver el agua a la naturaleza en las mejores condiciones posibles. Todavía existen muchos pueblos y ciudades de nuestro país que vierten sus aguas residuales directamente a los ríos, sin depurarlas. Esta conducta ha provocado que la mayoría de los seres vivos que vivían en esos ríos hayan desaparecido.

#### **Clasificación del tratamiento de aguas residuales.**

Para la reducción de la contaminación de aguas residuales existen procesos físicos, químicos y biológicos, estos de acuerdo a las necesidades del efluente, se pueden utilizar de forma individual o combinados, a continuación, haremos una explicación de cada uno de ellos. (Metcalf y Eddy, 1996).

#### **2.2.1.2. Sistemas de tratamiento de aguas residuales.**

Se conocen como operaciones unitarias a los métodos en los que predominan los fenómenos físicos, y como

procesos unitarios a los métodos que la eliminación de los contaminantes se realiza en base a procesos químicos o biológicos. En la actualidad estas operaciones y procesos unitarios se agrupan entre sí para construir los así llamados tratamiento primario, secundario y terciario. El tratamiento primario contempla el uso de operaciones físicas tales como la sedimentación y el desbaste para la eliminación de los sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual. En el tratamiento secundario se realizan procesos biológicos y químicos, los cuales se emplean para eliminar la mayor parte de la materia orgánica. Y por último, el tratamiento terciario se emplea combinaciones adicionales de los procesos y operaciones unitarias para remover esencialmente nutrientes, cuya reducción con tratamiento secundario no es significativa.

### **Características físicas del agua residual**

La característica física más importante del agua residual es el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características físicas son el olor, la temperatura, el color y la turbiedad.

#### **❖ Sólidos totales:**

Se define como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación, los sólidos sedimentables se definen como aquellos que se

sedimentan en el fondo de un recipiente (cono de Imhoff) en un periodo determinado.

Los sólidos sedimentables se expresan en ml/l y constituyen una medida aproximada de la cantidad de fango que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual.

❖ **Olores:**

Normalmente son debido a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El olor más característico del agua residual séptica se debe a la presencia del sulfuro de hidrogeno que se produce al reducirse los sulfatos por acción de microorganismos anaerobios.

❖ **Temperatura:**

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua de suministro, debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y los diferentes usos industriales.

❖ **Color:**

El agua residual suele tener un color grisáceo, sin embargo al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado el color cambia de gris a gris oscuro, para luego adquirir color negro. El color gris o negro del agua residual es debido a la formación de sulfuros metálicos por

reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias con los metales presentes en el agua residual.

❖ **Turbidez:**

Como medida de las propiedades de transmisión de la luz de un agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión.

**Características químicas del agua residual**

Las características químicas de las aguas residuales son principalmente el contenido de materia orgánica e inorgánica, y los gases presentes en el agua residual. La medición del contenido de la materia orgánica se realiza por separado por su importancia en la gestión de la calidad del agua y en el diseño de las instalaciones de tratamiento de aguas.

❖ ***Materia orgánica:***

Cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40% de los sólidos filtrables de una agua residual de concentración media son de naturaleza orgánica, son sólidos de origen animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. Los compuestos orgánicos están formados por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia en algunos casos de nitrógeno, también pueden estar

presentes otros elementos como azufre, fosforo o hierro. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas (40-60%), hidratos de carbono (25-50%), grasas y aceite (10%). Con todos estos grupos de sustancias orgánicas, el agua residual también contiene pequeñas cantidades de gran número de moléculas orgánicas sintéticas cuya estructura puede ser desde muy simple a extremadamente compleja, por ejemplo los agentes tensoactivos, los contaminantes orgánicos prioritarios, los compuestos orgánicos volátiles y los pesticidas de uso agrícola.

❖ ***Medida del contenido orgánico:***

Los diferentes métodos para medir el contenido orgánico pueden clasificarse en dos grupos, los empleados para determinar altas concentraciones de contenido orgánico, mayores a 1 mg/l, y los empleados para determinar las concentraciones de 0,001 mg/l. El primer grupo incluye los siguientes ensayos de laboratorio: Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), Demanda química de oxígeno (DQO) y Carbono orgánico total (COT).

En este caso se explicara el DBO, debido a que en los análisis que se realizan en la empresa Epsel S.A. utilizan este método.

❖ ***Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):*** }

El parámetro de contaminación más empleado que es aplicable tanto a aguas residuales como a aguas superficiales es la DBO a 5 días, la determinación de está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica.

Los resultados de los ensayos de DBO se emplean para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente, también para dimensionar las instalaciones de tratamiento de aguas residuales y para medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento y controlar el cumplimiento de las limitaciones a que estas sujetos los vertidos.

El periodo de incubación es normalmente 5 días a temperatura promedio de 20°C, al oxidación bioquímica es un proceso lento, cuya duración en teoría es infinitiva. En un periodo de 20 días se completa la oxidación del 95 al 99% de la materia carbonosa, y en los 5 días que dura el ensayo de la DBO se llega a oxidar entre el 60-70%.

❖ ***Materia inorgánica:***

Las concentraciones de la sustancias inorgánicas en el agua aumentan tanto por el contacto del agua con las diferentes formaciones geológicas, como por las aguas

residuales tratadas o sin tratar que a ella se descargan, las concentraciones de los diferentes constituyentes inorgánicos pueden afectar mucho a los usos del agua, como por ejemplo los cloruros, la alcalinidad, el nitrógeno, el azufre y algunos metales pesados como el níquel, el manganeso, el plomo, el cromo, el cadmio, el cinc, el cobre, el hierro y el mercurio.

Dentro de la materia inorgánica es de suma importancia también hablar de la concentración de ion de hidrogeno (pH), ya que es un parámetro de calidad de gran significancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales.

#### ❖ **El pH**

Uno de los sistemas acuosos puede medirse convenientemente con un potenciómetro. Para el mismo procedimiento de medición también se emplean soluciones indicadoras y papeles de pH que cambian de color a determinados valores del pH, el color de la solución o del papel se compara con el color de series normalizadas.

#### ❖ **Gases:**

Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en aguas residuales son el nitrógeno ( $N_2$ ), el oxígeno ( $O_2$ ), el dióxido de carbono ( $CO_2$ ), el sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), el amoníaco ( $NH_3$ ), y el metano ( $CH_4$ ). Los tres últimos

proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales.

### **Características biológicas**

El tratamiento biológico se debe de tomar en cuenta las siguientes características del agua residual como principales grupos de microorganismos presentes tanto en aguas superficiales como en residuales, organismos patógenos presentes en las aguas residuales, métodos empleados para determinar los organismos indicadores y la toxicidad de las aguas tratadas.

#### ❖ ***Microorganismos:***

Los principales grupos de organismos presentes tanto en aguas residuales como superficiales se clasifican en organismos eucariotas, bacterias y arqueobacterias; las bacterias desempeñan un papel amplio y de gran importancia en los procesos de descomposición y estabilización de la materia orgánica, tanto en el marco natural como en las plantas de tratamiento.

#### ❖ ***Organismos Patógenos:***

Los organismos patógenos que se encuentran en las aguas residuales pueden proceder de desechos humanos que estén infectados o que sean portadores de una determinada enfermedad. Las principales clases de organismos patógenos presentes en las aguas residuales

son: bacterias, virus y protozoarios. [Hammeken y Romero 2005].

Tabla 1. Procesos unitarios según la etapa de tratamiento

Tipo de tratamiento	Operaciones y/o procesos unitarios
Preliminares	Dilaceración, desbaste, filtración, flotación, remoción por gravedad, tanque Imhoff, filtración por membrana, remoción de grasas y aceites, tamizado grueso y fino y micro tamizado.
Primarios	Tamizado, sedimentación primaria.
Secundarios	Lodos activados, reactores de lecho fijo, sistemas de lagunaje, sedimentación secundaria, deshidratación.
Terciarios	Coagulación química, floculación, sedimentación seguida de filtración y carbón activado. Intercambio iónico, osmosis inversa, electrocoagulación.

**Fuente:** (Metcalf & Eddy, 1996)

### ✓ **Coliformes Fecales**

Los coliformes son una familia de bacterias se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo a los humanos. Las bacterias coliformes en su mayoría, se encuentran en abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo, por lo que los lodos residuales presentan una gran cantidad de estas bacterias. (Ortiz et al., 1995)

### **Normativa peruana.**

#### ✓ **Normas de calidad del agua**

Las Normas de Calidad de Agua en el país son fijados por el Ministerio del Ambiente MINAM teniendo en cuenta que los límites que se establecen en cada caso, sean factibles de ser alcanzados con los recursos locales disponibles para tal fin.

✓ **Ley de recursos hídricos N° 29338**

Promulgado el 30 de marzo de 2009, en El Título III USO DE LOS recursos hídricos, se tiene los siguientes artículos relacionados con el uso de agua:

▪ **Artículo 35:** Clases de usos de agua y orden de prioridad, reconoce las siguientes clases de uso de agua:

1. Uso primario
2. Uso poblacional
3. Uso productivo

▪ **Artículo 36. Uso primario del agua.**

Consiste en la utilización directa y efectiva de la misma, en las fuentes naturales y cauces públicos del agua, con el fin de satisfacer necesidades primarias humanas.

▪ **Artículo 39. Uso poblacional del agua.**

Consiste en la captación del agua de una fuente o red pública, debidamente tratada, con el fin de satisfacer las necesidades humanas básicas.

▪ **Artículo 42. Uso productivo del agua.**

Consiste en la utilización de la misma en procesos de producción o previos a los mismos.

✓ **El Reglamento de la Ley N° 29338**, Ley de Recursos Hídricos (Decreto Supremo N° 001-2010-AG) Aprobado el 24 de marzo 2010 en el artículo 106. 2. sobre la Clasificación de los Cuerpos de Aguas, señala que la Autoridad Nacional del Agua clasifica los cuerpos de agua, tomando como base la implementación progresiva de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua (ECA- Agua), de acuerdo con los usos actuales y potenciales a que se destina el agua.

✓ **Estándares nacionales de calidad ambiental para aguas**

Según Decreto Supremo N° 002-2008 – MINAM (30 de julio del 2008), se aprobó los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.

**Según el (ECA 2015)** – Al agua la clasifica en categorías:

**Categoría 1:** Poblacional y Recreacional

**Categoría 2:** Actividades marino costeras

**Categoría 3:** Riego de vegetales y bebida de animales

**Categoría 4:** Conservación del ambiente acuático

A continuación, se detalla los niveles de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua de cada categoría.

### ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA.

Tabla 2. Categoría 1: Población y recreacional

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto primario	Contacto secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
MICROBIOLOGICO						
Coliformes Termotolerantes (44,5 °C)	NMP/100mL	0	2000	20 000	200	1000
Coliformes Totales (35 - 37 °C)	NMP/100mL	50	3000	50 000	1000	4000

NMP/100 mL Número más probable en 100 mL

Tabla 3. Categoría 2: Actividades marino costeras

PARAMETO	UNIDAD	AGUA DE MAR		
		Sub categoría 1	Sub categoría 2	Sub categoría 3
		Extracción y cultivo de moluscos bivalvos (C1)	Extracción y cultivo de otras especies hidrológicas (C2)	Otras actividades (C3)
MICROBIOLOGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	* ≤14 (Área aprobada)	≤30	1000
Coliformes Totales	NMP/100mL	* ≤ 88 (Área aprobada)		

NMP/100 mL Número más probable en 100 mL

Tabla 4. Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES				
Parámetros	unidad	Vegetales Tallo Bajo	Vegetales Tallo Alto	Bebidas de animales
		Valor	Valor	Valor
MICROBIOLOGICO				
Coliformes Termotoleranes	NMP/100mL	1 000	2 000(3)	1 000
Coliformes Totales	NMP/100mL	5 000	5 000(3)	5 000

**MP/100 mL** Número más probable en 100 mL

Tabla 5. Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO						
Parámetros	unidades	Lagunas y lagos	Ríos		Ecosistemas marino costero	
			Costa y Sierra	Selva	Estuarios	Marinos
MICROBIOLOGICO						
Coliformes Termotoleranes	NMP/100mL	1 000	2 000		1 000	≤30
Coliformes Totales	NMP/100mL	2 000	3 000		2 000	

**NMP/100 mL** Número más probable en 100 mL

### **Parámetros de control para el tratamiento de aguas residuales**

A continuación, en la tabla N° 2.1 se muestra los diferentes parámetros de control que realiza la empresa Epsel respecto al tratamiento de agua residual en sus lagunas de estabilización.

Tabla 6. Parámetros de control para tratamiento de aguas residuales

Parámetros	Análisis	Medición
Físicos	Temperatura	Diaria
	pH	Diaria
	Sólidos totales y volátiles	Tres veces por semana
Químicos	DQO	Tres veces por semana
	Alcalinidad	Dos veces por semana
	Relación de alcalinidad	Dos veces por semana
	Composición de metano	Dos veces por semana
	Composición de CO <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> S	Una vez por semana
	Ácidos grasos volátiles	Una vez por semana

Fuente: EPSEL, 2012

### 2.2.1.3. Las lagunas de estabilización: teoría e importancia:

Según Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental 2012, las lagunas de estabilización son estanques diseñados para el tratamiento de aguas residuales mediante procesos biológicos naturales de interacción de la biomasa (algas, bacterias, protozoarios, etc.) y la materia orgánica contenida en el agua residual.

El tratamiento por lagunas de estabilización se aplica cuando la biomasa de las algas y los nutrientes que se descargan con el efluente pueden ser asimilados por el cuerpo receptor. El uso de este tipo de tratamiento se recomienda especialmente cuando se requiere un alto grado de remoción de organismos patógenos.

Para el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales se considerarán únicamente los sistemas de lagunas que tengan unidades anaerobias, aerobias o

facultativas y de maduración, en las combinaciones y número de unidades que se detallan en la presente norma. No se considerarán como alternativa de tratamiento las lagunas de alta producción de biomasa (conocidas como lagunas aerobias o fotosintéticas), debido a que su finalidad es maximizar la producción de algas y no el tratamiento del desecho líquido.

### **SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE LODOS**

Los lodos generados deben ser tratados antes de la disposición final. A continuación, se describen procesos para el tratamiento de lodos, que se utilizan para reducir el contenido de agua y materia orgánica del lodo y poder ser reutilizado. En la tabla N° 2.3 se puede observar las propiedades químicas que deben presentar los lodos tratados.

Tabla 7. Propiedades químicas típicas de lodos tratados

<b>Propiedades</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rango</b>
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/l (Ca CO <sub>3</sub> )	580-1 100
Ácidos orgánicos	Mg/l (HAc)	1 100-1 700
Contenido de energía	kcal/kg	18 500-23 000

Fuente: Henríquez, 2011

## **Estabilización del lodo**

La estabilización del lodo se lleva a cabo principalmente para reducir la presencia de patógenos, eliminar los olores desagradables, reducir o eliminar su potencial de putrefacción y la destrucción de los microorganismos patógenos presentes en el lodo hasta valores que no provoquen problemas sanitarios.

Los medios de estabilización más eficaces para eliminar el desarrollo de estas condiciones son, la reducción biológica del contenido de materia volátil, la oxidación química de la materia volátil, la adición de agentes químicos para hacer el lodo inadecuado para la supervivencia de microorganismos y la aplicación de calor con el objetivo de desinfectar el lodo.

Las técnicas de estabilización de lodos más recurridas son, la digestión anaerobia, aerobia, y el compostaje. A continuación se analizarán cada una de ellas. [Hammeken y Romero 2005].

a. ***Digestión aeróbica:*** Es un método alternativo de tratar los lodos orgánicos producidos en las diversas operaciones de tratamiento. En la actualidad suelen emplearse dos variantes del proceso de digestión aerobia: el sistema convencional y el sistema con oxígeno puro, aunque también se ha empleado la digestión aerobia termófila.

Las ventajas principales de este proceso, comparado con la digestión anaerobia son: se consiguen menores concentraciones de DBO en el líquido sobrenadante, se puede requerir menores costos iniciales y la producción de un producto final biológicamente estable, sin olores. No obstante, sus desventajas pueden resultar significativas; un mayor costo energético asociado al suministro de oxígeno necesario, que se produce un lodo digerido de pobres características para la deshidratación mecánica, y la digestión anaerobia también es muy delicada en cuanto a operación se refiere.

Este proceso es similar al proceso de lodos activados. Conforme se agota el suministro de substrato disponible, es decir su alimento, los microorganismos empiezan a consumir su propio protoplasma, lo que se denomina respiración endógena para obtener la energía necesaria para las reacciones de mantenimiento celular.

El tejido celular se oxida a dióxido de carbono, amoníaco y agua. En la práctica sólo se puede oxidar entre el 75 y 80 % del tejido celular, puesto que el resto está formado por componentes inertes y compuestos orgánicos no biodegradables.

b. ***Digestión Anaeróbica:*** Es uno de los tratamientos más antiguos empleados en la estabilización de lodos. En este proceso se produce la descomposición de la materia

orgánica e inorgánica en ausencia de oxígeno molecular y se lleva a cabo en un reactor completamente cerrado. Los lodos se introducen en el reactor de forma continua o intermitente, y permanecen en su interior durante períodos de tiempo variables. Dentro del reactor, la materia orgánica contenida en la mezcla de lodos primarios y biológicos se convierte biológicamente, bajo condiciones anaerobias, en Metano ( $\text{CH}_4$ ) y Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ). El lodo estabilizado, que se extrae del proceso continua o intermitentemente, tiene un bajo contenido en materia orgánica y patógena, y no es putrescible.

❖ ***Tipos de digestores anaerobios:*** Los dos tipos de digestores más empleados son los de alta y baja carga. En el proceso de digestión de baja carga, no se suelen calentar ni mezclar el contenido del digestor, y los tiempos de retención varían entre 30 y 60 días, como se puede apreciar en la figura N° 1.

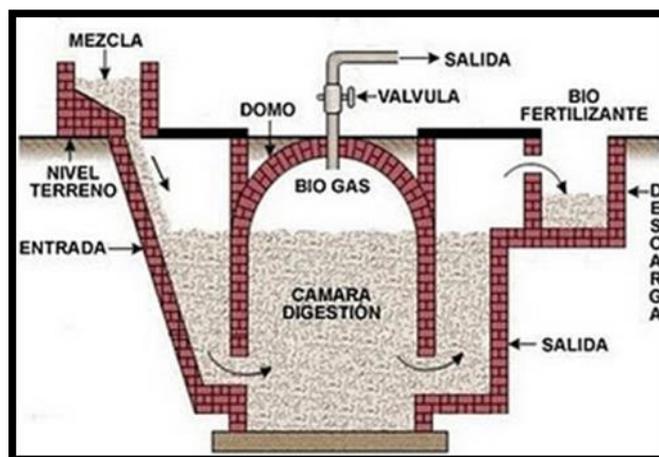


Figura 1: Digestor anaerobio de carga baja  
Fuente: Normas Ambientales, 2010

En los procesos de digestión de alta carga, el contenido del digestor se calienta y mezcla completamente. El lodo se mezcla mediante recirculación de gas, mezcladores mecánicos, bombeo o mezcladores con tubos de aspiración, y se calienta para optimizar la velocidad de digestión. El tiempo de retención generalmente es menor a 15 días. Este tipo de digestor se puede ver en la figura N° 2.

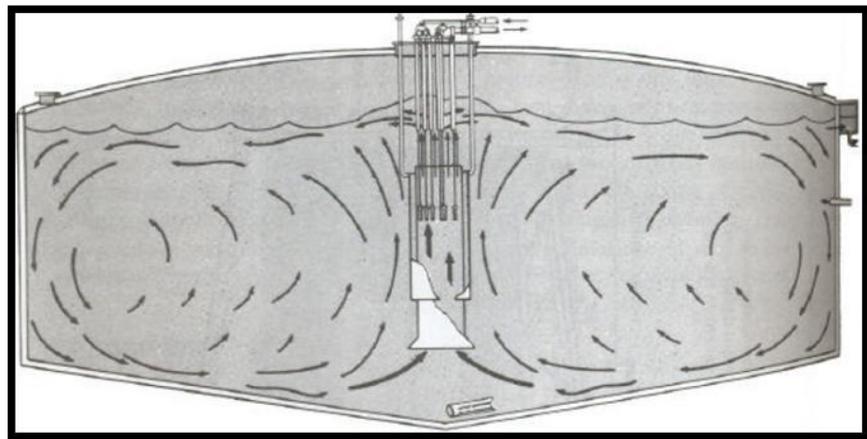


Figura 2: Digestor anaerobio de carga alta  
FUENTE: Hammeken y Romero, 2005

La conversión biológica de la materia orgánica de los lodos se produce en tres etapas, como, el primer paso del proceso comprende el rompimiento de las moléculas grandes de materia orgánica en sus monómeros (hidrólisis). El Segundo paso, llamado acidogénesis se refiere a la conversión bacteriana de los monómeros generados (carbohidratos, ácidos grasos y aminoácidos) en compuestos intermedios identificables de menor peso molecular. El tercer paso, llamado metanogénesis, implica

la conversión bacteriana de los compuestos intermedios en productos finales más simples, principalmente metano y dióxido de carbono.

Para no afectar negativamente el suelo y el crecimiento de las plantas se debe estar dentro de unos parámetros, como el pH del lodo residual que debe estar próximo a la neutralidad y la conductividad eléctrica (C.E.) no debe ser demasiado elevada; como se puede apreciar en la tabla N° 2.4. [Blanco, Edith et al 2005].

Tabla 8. Parámetros para lodo tratado

<b>Parámetro</b>	<b>Lodo Estabilizado</b>
pH	6,70 ± 0,01
C.E. (mmhos/cm)	2,32 ± 0,01
Materia Orgánica (% m/m)	45,96 ± 2,46
Nitrógeno Total (% m/m)	1,90 ± 0,30
Fósforo Total (% m/m)	5,46 ± 1,21
Potasio (% m/m)	0,044 ± 0,001

Fuente: Blanco, Edith et al 2005.

Tabla 9. Condiciones deseables durante el proceso de compostaje.

CARACTERÍSTICAS	RANGO	RANGO
	RAZONABLE	ÓPTIMO
Relación Carbono/Nitrógeno	20:1-40:1	25:1-30:1
Contenido de humedad	40-65%	50-60%
Concentración de oxígeno	Mayor al 5%	Mucho mayor a 5%
pH	5,5-9,0	6,5-8,0
Temperatura	45-66	55-60

Fuente: Avendaño, 2003

**Tipos de compostaje:** A continuación se describen los tipos de compostaje más usuales.

❖ **Proceso de pila estática aireada:** consiste en mezclar el lodo deshidratado, es decir sin digestión o digerido de forma aerobia o anaerobia, con un agente espesante como serrín, hojas, mazorcas de maíz, corteza de árbol o cáscaras de arroz; dentro de ello el serrín es el agente espesante más utilizado con el compostaje. Los materiales espesantes ofrecen soporte estructural y favorecen aireación durante el proceso. La aireación se suministra mediante soplantes y difusores de aire los 21 días que dura el período de compostaje, posteriormente el compost se deja curar o madurar como mínimo 30 días, se

seca y se criba para obtener un material homogéneo. En la figura N° 3 se muestra el compostaje en pila.

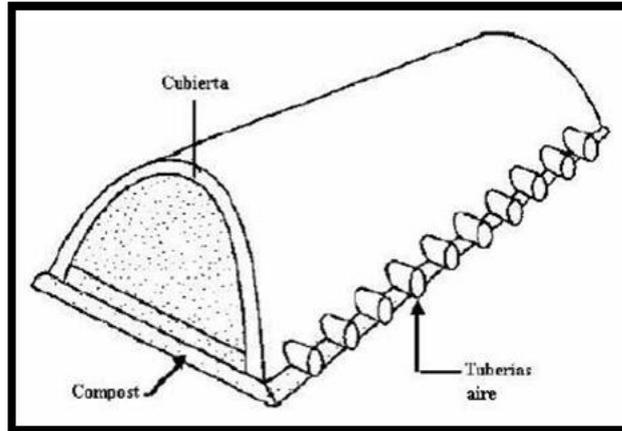


Figura 3: Compostaje en pila estática aireada  
Fuente: Gómez y Núñez, 2008

❖ **Proceso en hileras o pilas de volteo:** Aquí el lodo deshidratado se mezcla con el agente espesante y se deposita en filas de 1 y 2 metros de alto denominado hileras windrows<sup>1</sup>. El periodo de compostaje dura aproximadamente entre 30 a 60 días, la aireación se suministra mediante el volteo de hileras 2 o 3 veces por semana.

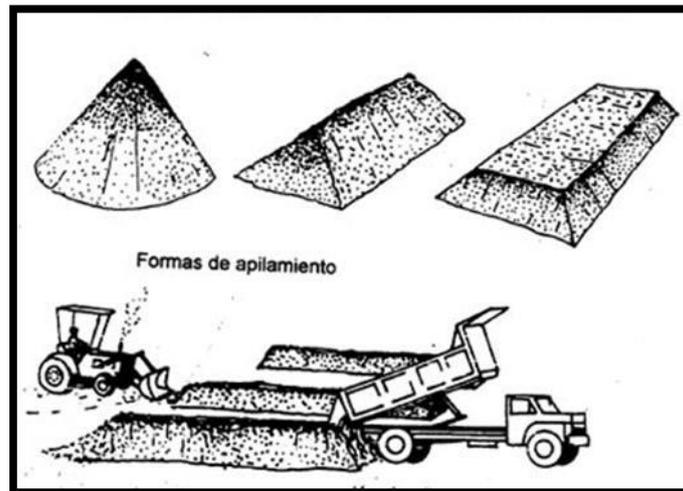


Figura 4: Compostaje en pilas de vole  
Fuente: Gómez y Núñez, 2008

❖ **Sistemas cerrados:** Estos sistemas están cerrados para asegurar un mejor control de la temperatura, de la concentración de oxígeno y de los olores durante el compostaje, requieren un espacio pequeño y minimizan los problemas de olor, como se muestra en la figura N° 5. Sin embargo, su coste es mayor que en el caso de los sistemas abiertos.

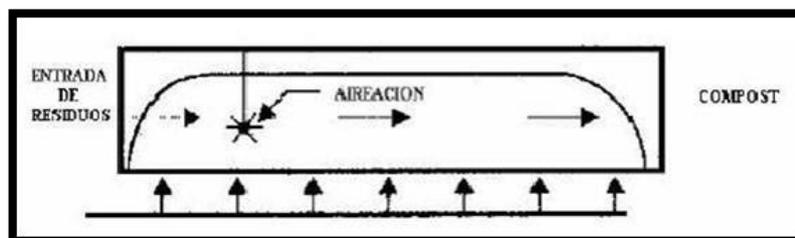


Figura 5: Compostaje en sistema cerrado  
Fuente: Gómez Y Núñez, 2008

## Ventajas y desventajas de los tipos de compostaje en Pilas estáticas aireadas

### a. Ventajas:

✓ El sistema de succión o presión de aire permite un tratamiento de olores efectivo.

- ✓ El período de estabilización es relativamente corto, lográndose entre 4 o 6 meses el proceso total.
- ✓ Se puede procesar gran cantidad de residuos.
- ✓ Es recomendado cuando se dispone de poco espacio y se desea completar el proceso en menos de un año.

**b. Desventajas:**

Si la aireación es excesiva, producir variaciones en la temperatura y en el contenido en humedad.

En el proceso se debe considerar que los residuos a tratar sean homogéneos, si no lo son necesitarán de volteos para homogenizar la temperatura y fermentación en general.

La desventaja de ésta técnica se encuentra en que necesita de una serie de equipamientos, como un compresor de aire, tuberías, válvulas y sistemas de control de presión de aire, temperatura y humedad, por lo tanto, encarece el costo de inversión de la planta.

### **2.3. Definición de términos básicos**

***Aguas residuales:***

Son aquellas eliminadas por el hombre luego de ser aprovechadas en diversos usos como higiene personal, preparación de alimentos, limpieza, etc. Contiene microorganismos llamados bacterias, algunas de las cuales son nocivos al hombre, también parásitos y protozoarios.

***Canal de ingreso de las aguas residuales:***

Mediante el uso de las redes de alcantarillado, el agua de desagüe de la Provincia de Jaén es recolectada allí y llevada por gravedad hasta confluir en un canal principal de ingreso a la planta de tratamiento, este canal es de sección rectangular con pendiente adecuada para que circule un caudal máximo de 1600 l/s.

***Cámara de rejas:***

Sirve para detener los materiales flotantes de mayor tamaño como bolsas plásticas, trozos de madera, palos, etc. Los cuales son llevados a un relleno sanitario, se cuenta con dos unidades electromecánicas de accionamiento manual/automático. Además se cuenta con medidor Parshall, el cual se utiliza para medir el caudal que ingresa a las lagunas de estabilización.

***Lagunas anaeróbicas primarias:***

En ellas se realiza la estabilización de la materia orgánica mediante la descomposición por la acción de las bacterias de tipo anaerobias. Se forma un proceso de fermentación y sedimentación. Se generan gases como metano y H<sub>2</sub>S (Ácido sulfhídrico) y al fondo de la laguna se acumulan los lodos sedimentados.

***Lagunas facultativas secundarias:***

Luego del tratamiento primario el agua es depurada mediante la oxigenación proveniente de la presencia de algas, las cuales se desarrollan en estas características de agua tratada.

***Canal de descarga de aguas tratadas:***

Es el canal que sirve para dirigir los desagües hacia el dren que conduce las aguas al mar, está construido a tajo abierto sin recubrimiento.

***Canal de riego de los agricultores:***

Este canal está revestido de concreto armado y conduce las aguas a los agricultores para el riego de plantas de tallo alto.

## **2.4. Hipótesis**

Los lodos activados obtenidos de las lagunas de estabilización de la provincia de Jaén si presenta una adecuada valoración fisiológica como abono orgánico.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Variables y operacionalización de variables

- VARIABLE DEPENDIENTE: Valoración fisiológica como abono orgánico.
- VARIABLE INDEPENDIENTE: Lodos activados de las lagunas de estabilización

Tabla 10. Cuadro de operacionalización

T.V	Variable	Definición	Dimensiones	Indicador	Unidad de medida	Escala
Variable interviniente	Laguna de Estabilización	Una <b>laguna de estabilización</b> es una estructura simple para embalsar aguas residuales con el objeto de mejorar sus características sanitarias. Las <b>lagunas de estabilización</b> se construyen de poca profundidad (2 a 4 m) y con períodos de retención relativamente grandes	Tres lagunas de estabilización aproximadamente 10 Ha	Normativa ambiental	ppm	Ordinal
Variable Independiente	Lodos activados	El <b>abono orgánico</b> es el término usado para la mezcla de materiales que se obtienen de la degradación y mineralización de residuos orgánicos de origen animal (estiércoles), vegetal (restos de cosechas)	Tres lagunas de estabilización aproximadamente 10 Ha	Normativa ambiental	Fertilidad del terreno Concentración de Nitrógeno.	Ordinal
Variable dependiente	Valoración fisiológica como abono orgánico	Se valora como el efecto fisiológico en crecimiento y maduración del vegetal en el bioensayo.	Fisiológica vegetal	Biometría del crecimiento Desarrollo del vegetal ornamental	Centímetros	Ordinal

#### 3.2. Tipo de estudio

El presente trabajo es Experimental, donde se trata de evaluar si los lodos activados presentan una adecuada valoración fisiológica como abono orgánico a nivel de laboratorio in vitro.

### **3.2.1. Diseño**

En la metodología se utilizará el método experimental. El diseño de la investigación utilizado en el trabajo es de tipo experimental post facto ya que corresponde a una investigación que no tendrá a modificar o variar el problema de estudio, su forma es:

Ge: X O1

Gt: ---- O2

Donde Ge es el grupo experimental y Gt es el grupo testigo; X es el estímulo es decir la aplicación del lodo activado; O1 y O2 son las mediciones de las plántulas en crecimiento. Teniendo en cuenta la materia prima, los lodos activados diseñar en forma eficiente la obtención de abono orgánica como fertilizante con efectividad fisiológica vegetal

### **3.3. Población y muestra en estudio**

#### **3.3.1. Población**

Plántulas ornamentales.

#### **3.3.2. Muestra de estudio**

100 plántulas para valoración fisiológica de crecimiento.

### **3.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

#### **Métodos:**

La metodología para la extracción de lodos de las lagunas de estabilización se determinó en base a dos factores, por la simplicidad de la operación y el bajo costo, se sabe también que todos los demás métodos requieren lechos de secado y manejo adecuado de lixiviados porque el lodo sería todavía un líquido en vez de un sólido cuando se lo remueve de la laguna. Sin duda, la necesidad de lechos de secado con drenaje de lixiviado añade costos adicionales, manejo más complicado de lodos y riesgos más altos de contaminación ambiental. El plan para la extracción de lodos se describe a continuación.

A, Desvío de afluente y su impacto en el sistema Cuando una laguna de estabilización ha llegado a su límite de acumulación de lodos, lo recomendable es drenarla y desviar el afluente a las otras lagunas.

B, Drenaje de las lagunas facultativas Se drena las lagunas utilizando un sifón en una esquina del lado de la descarga del efluente; se drena la

laguna desde la esquina para que la descarga no se lleve los lodos, la mayoría de los cuales deberían estar depositados lejos de la esquina. Realizado esto la laguna está vacía con la superficie de los lodos expuesta, para el período de secado.

C, Secado de lodos Se debe utilizar un tractor agrícola con arado o barrena horizontal para esparcir los lodos por toda el área de la laguna para su posterior secado.

D, Extracción de lodos Cuando los lodos están secos, se introduce un cargador de ruedas para la recolección de los lodos, el cargador debe remover y poner en el camión el volumen final de lodos, fácilmente en 2 o 3 días de trabajo si los lodos estén suficiente secos.

E, Transporte de lodos a planta Para la disposición de los lodos, se someten para acondicionarlos para su aprovechamiento o disposición final para evitar o reducir sus efectos contaminantes al medio ambiente.

F, Evaluación biométrica de las plantas ornamentales de ensayo.

### **Técnicas**

La tecnología a usar está dada por el tipo de proceso que se ha designado para el proyecto, que es el sistema de compostaje por hileras o pilas de volteo. Para la selección de maquinaria se debe tener en cuenta ciertos criterios como por ejemplo la capacidad de la planta, tecnología, los costos y proveedores.

### **3.5. Procesamiento de datos y análisis estadístico**

El método general es el cuantitativo. Los datos recogidos serán presentados y analizados en: Cuadros, gráficos de barras, matrices de información, fotografías etc. Asimismo, los datos serán analizados utilizando como herramienta a la estadística descriptiva; se empleará porcentajes, asimismo se utilizará el computador y el programa aplicativo OFFICE 2016-EXCEL, para la diagramación de barras, circular y otros.

#### IV. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados del estudio de investigación, tomando en cuenta los objetivos propuestos e hipótesis planteados. Los resultados se muestran de acuerdo al orden establecido en esta investigación; en primer lugar, se contrasta con los objetivos y luego con la hipótesis. Distinguiendo finalmente la comparación biométrica de las plantas comparativamente entre aquellas que usan lodo activado y las que no lo utilizan como nutriente. Para lograr esto se obtuvo las muestras adecuadas de lodos activados obtenidos de las lagunas de estabilización de la provincia de Jaén; se preparó la muestra de 100 plantas ornamentales que se dividieron en 2 grupos: experimento y control; para valorar por bioensayo la efectividad fisiológica como abono orgánico; finalmente se evaluó si los lodos activados presentan una adecuada efectividad fisiológica como abono orgánico a nivel de laboratorio in vitro.

##### **4.1. Resultados para el objetivo: Evaluar si los lodos activados presentan una adecuada valoración fisiológica como abono orgánico a nivel de laboratorio in vitro.**

Tabla 11. Promedio biométrico en centímetros de crecimiento total, radicular y la relación talla – raíz de 50 plantas ornamentales pertenecientes al grupo control evaluada según los días 20, 30, 40 y 75.

Día	Talla	Longitud raíz	R T/R
20	4 cm.	2 cm.	0,50
30	8 cm.	3 cm.	0,38
40	12 cm.	4 cm.	0,33
75	29 cm	12 cm.	0,41

Fuente: experimento en laboratorio

Elaboración: los autores.

Se puede apreciar para la tabla 11 una talla (longitud total de la planta) de 4 cm para el día 20, de 8 cm para el día 30, de 12 cm para el día 40 y de 29 cm para el día 75; con una proporcional longitud de raíz de 2, 3,

4 y 12 respectivamente: la relación Talla/raíz es referente de crecimiento normal y proporcional.

Tabla 12. Promedio biométrico en centímetros de crecimiento total, radicular y la relación talla – raíz de 50 plantas ornamentales pertenecientes al grupo experimento tratado con lodos activados evaluado según los días 20, 30, 40 y 75.

Día	Talla	Longitud raíz	R T/R
20	6 cm.	3 cm.	0,50
30	10 cm.	4 cm.	0,40
40	14 cm.	6 cm.	0,43
75	34 cm.	14 cm.	0,41

Fuente: experimento en laboratorio

Elaboración: los autores.

Se puede apreciar para la tabla 12 una talla (longitud total de la planta) de 6 cm para el día 20, de 10 cm para el día 30, de 14 cm para el día 40 y de 34 cm para el día 75; con una proporcional longitud de raíz de 3, 4, 6 y 14 respectivamente: la relación Talla/raíz es referente de crecimiento normal y proporcional.

Tabla 13. Promedio biométrico comparativo en centímetros de crecimiento total, 50 plantas ornamentales pertenecientes a los grupos experimento y control evaluada según los días 20, 30, 40 y 75.

Día	Talla control	Talla experimento
20	4 cm.	6 cm.
30	8 cm.	10 cm.
40	12 cm.	14 cm.
75	29 cm.	34 cm.

Fuente: experimento en laboratorio

Elaboración: los autores.

La tabla 13; presenta la comparación de la talla total promedio de las plantas testigo y experimento, donde al día 20 se presenta una talla control de 4 cm versus una talla experimento de 6 cm; asimismo para el día 30 se presenta una talla control de 8 cm contra una talla experimento de 10 cm; para el día 40 se presentó una talla control de 12 cm y una talla experimento de 14 cm y para el día 75 la talla control fue de 29 cm y la talla experimento fue de 34.

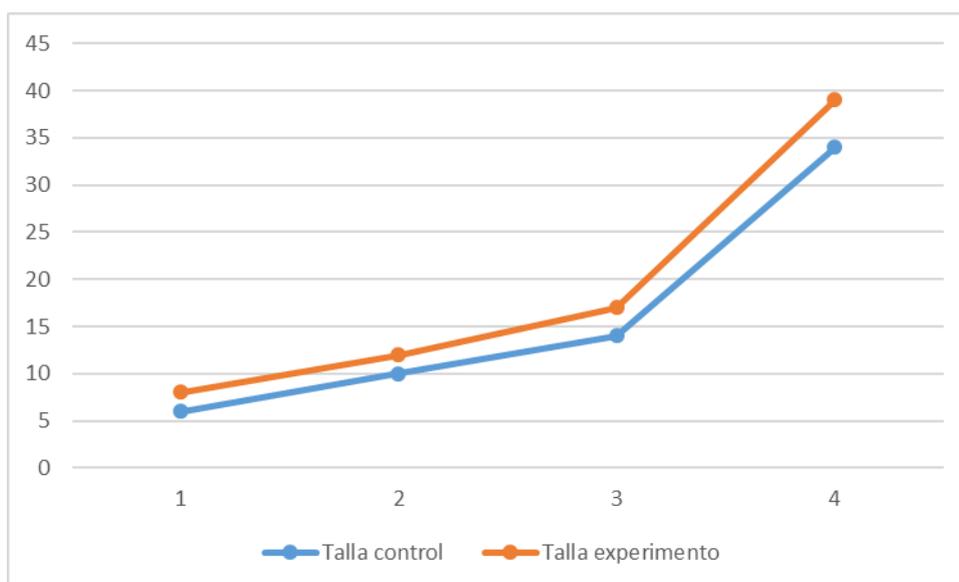


Figura 6. Promedio biométrico comparativo en centímetros de crecimiento total, 50 plantas ornamentales pertenecientes a los grupos experimento y control evaluada según los días 20, 30, 40 y 75

**Fuente:** experimento en laboratorio

**Elaboración:** los autores.

## V. DISCUSIÓN

Si las aguas residuales son biodegradables, es decir, que pueden ser degradadas por medios biológicos, es de gran importancia que se comprendan a cabalidad los fenómenos biológicos que suceden, los diferentes tipos de microorganismos que lo realizan, los diferentes patrones metabólicos que los microorganismos siguen para la degradación de las aguas residuales, que factores afectan el crecimiento biológico y la cinética de tratamiento que siguen para la degradación de los desechos.

El objetivo de los tratamientos biológicos para aguas residuales es el de coagular y remover los sólidos coloidales no sedimentables y los sólidos disueltos y estabilizar la materia orgánica. Para el caso de las aguas residuales municipales, el principal objetivo es el reducir su contenido orgánico y en algunos casos de nutrientes, tales como el nitrógeno y el fósforo. En muchos sitios, la remoción de compuestos orgánicos traza, que resultan tóxicos, es también un objetivo importante. Para las aguas residuales industriales, el objetivo principal es el remover o reducir la concentración tanto de compuestos orgánicos como inorgánicos. Ya que mucho de éstos son tóxicos, es necesario incluir un pretratamiento a este tipo de aguas residuales. Para las aguas residuales de retornos agrícolas, la remoción de nutrientes (N y P) es el objetivo principal, ya que éstos elementos pueden estimular el crecimiento de plantas acuáticas y propiciar el fenómeno denominado de eutroficación

Los lodos son residuos provenientes de los tratamientos de aguas servidas. Este es un residuo semisólido, que constituye el de mayor volumen de los desechos de este tipo de tratamiento. El lodo proveniente de plantas de lodos activados se conoce como lodo secundario, y sus principales características son tener un color marrón y apariencia floculenta, y si no ha comenzado a degradarse, tiene un olor a tierra húmeda. (Metcalf & Eddy, 2003). Sorber (1994) mencionó que los lodos que contienen principalmente productos orgánicos con altos contenidos de nutrimentos esenciales para las plantas, pueden ser benéficamente reciclados como fertilizantes y mejoradores de suelo.

Torres y Zarate (1996) mencionaron que los lodos activados pueden ser reutilizados para su aplicación al suelo, con la ventaja de que mejoran la

productividad del terreno por la adición de M. O. y de los nutrimentos a la tierra; así como también, como fertilizante puede incrementar la producción de los cultivos y al mismo tiempo, reducir los costos agrícolas por disminución del consumo de fertilizantes químicos. Sin embargo, también señalaron que el contenido orgánico del suelo mejorado con el uso de lodos activados, incrementa la retención del agua y mejora el drenaje, aligera los suelos densos y enriquece los suelos arenosos. Maréeos (1997) reporta que la reutilización de aguas residuales recuperadas o de biosólidos de Portugal representa un gran beneficio para la agricultura, ya que hacen disponible por lo menos 10 % de las necesidades de agua para irrigación y aportan M. O. y nutrimentos al suelo. El mismo autor comentó que las características químicas de los biosólidos de algunas plantas de tratamientos municipales portuguesas, son favorables en cuanto al contenido de metales pesados, permitiendo una segura reutilización para la agricultura.

Martínez (1995) encontró algunos aspectos que requieren atención especial en la utilización de residuos urbanos en la agricultura, entre ellos se consideran la mineralización y solubiliización del nitrógeno (N), fósforo (P) y la tasa de solubiliización del potasio (K) y de los metales en nuestras condiciones edafoclimáticas (efectos de la temperatura, el riego, la lluvia, labores, etc.) así como los efectos de los residuos urbanos sobre la producción agrícola, calidad de la cosecha y composición de los residuos de cosecha y calidad del suelo.

Cristóbal y Heros (1997) encontraron que el contenido de M. O. en los lodos es similar al de los estiércoles tradicionales, siendo ricos en N y P; por otra parte, se ha comprobado que el lodo se comporta como un fertilizante de liberación lenta, minimizándose con su uso la contaminación de aguas subterráneas por los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) de origen agrícola, fenómeno indeseable que ocurre con las prácticas de fertilización química intensiva.

Los lodos activados biológicamente y estabilizados, contienen en promedio aproximadamente 50% de M. O. en base a peso seco. Después de su adicción al suelo, los lodos se descomponen en dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), agua, ácidos orgánicos solubles de bajo peso molecular, M. O. residual y constituyentes inorgánicos (nutrimentos). Aunque la fracción orgánica de los lodos se convierte en  $\text{CO}_2$  y agua, alguna parte se vuelve una capa estable de humus en el suelo (Boyd et al. 1980; Hernández et al., 1994) y sirve para incrementar

la carga neta negativa del suelo y su capacidad de intercambio de cationes (CIC) (National Research Council, 1994; Thompson et al., 1989). Una alta CIC es deseable por que previene la pérdida de nutrientes esenciales por percolación (Broadbent, 1973; National Research Council, 1977).

## **VI. CONCLUSIONES**

Se puede concluir lo siguiente:

1. Se logró esclarecer que a diferencia de las aguas residuales, los usos de los lodos activados incorporan al suelo una mayor cantidad de metales pesados; sin embargo, la mayoría de los lodos incorporados al suelo son asimilados a través de los ciclos bioquímicos.
2. Se logró obtener muestras adecuadas de lodos activados obtenidos de las lagunas de estabilización de la provincia de Jaén, las cuales fueron adecuadamente tratadas.
3. Se logró preparar una adecuada muestra de plantas ornamentales para valorar por bioensayo la efectividad fisiológica como abono orgánico
4. Se estimó que los lodos activados presentan una adecuada efectividad fisiológica como abono orgánico valorado a nivel de laboratorio in vitro.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda a futuros investigadores:

1. Optimizar los procesos de investigación relacionados con las propiedades de los lodos activados como una alternativa biotecnológica a la agricultura.
2. Establecer una serie de experimentos que involucren más variables de índole fisiológico y bioquímico y compare esto con la calidad del suelo.
3. Dar continuidad a la investigación planteada, indagando la composición del lodo activado como materia prima.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuerdo Ministerial No. 061; Edición Especial 316; mayo 2015
- Albuja, L. et al. 1980. Estudio Preliminar de los Vertebrados Ecuatorianos. Escuela. Politécnica Nacional, Quito-Ecuador
- Amphibia Web Ecuador (QCAZ). 2008. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. · Anfibios en Dramático Declive, 122 extintos desde 1980.
- Anphibia Web Ecuador. (2012). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Museo de Zoología QCAZ. SENACYT. Quito-Ecusdor.
- ASCON-BIETO J. & M. TALON, 1996. Fisiología y Bioquímica Vegetal. McGraw-Hill. Interamericana España. Madrid, España.
- BARCELO C.C NICOLAS R. D SABASTER G Y R .SANCHEZ ,1997. Fisiología Vegetal -4ta Edición -Ediciones Pirámides-España.
- BIDWELL R.C.S. 1993. Fisiología Vegetal A.B.T. Editor, S. A. México.
- BirdLife International 2003 BirdLife's online World Bird Database: the site for bird conservation.Version
- BRACK, ANTONIO. 2004. Ecología – Enciclopedia Temática del Perú. Empresa Editora El Comercio S.A. 1ra. Edición. Lima, Perú.
- Cambridge, UK: BirdLife International. Dsiponible: <http://www.birdlife.org>. .
- Bruhns Karen Olsen 2004 Llamas y Rituales en el Formativo Tardío de la Sierra Austral del Ecuador en Simbolismo y Ritual en los Andes Septentrionales. Mercedes Guinea Editora, Ediciones Abaya- Yala. Editorial Complutense.
- CAVERO R. Y. y LOPEZ M. L. 1997 Introducción a la Botánica. 2da. Edición, Ediciones Universidad de Navarra, S.A., Pamplona, España.
- CORTES, FELIPE. 1980. Histología Vegetal Básica, Edit. Blume, España.

- DE ROBERTIS (H.), HIB & PONZIO. 1996. *Biología Celular y Molecular*. 469 págs. Ed. El Ateneo. Buenos Aires, Argentina.
- ESAU KATHERINE 1993. *Anatomía de las Plantas con Semilla*, Editorial Hemisferio Sur, Uruguay.
- FAHN. 1978. *Anatomía Vegetal*. Ediciones H. Blume, España
- FONT QUER P. 2001. *Diccionario de Botánica*. Editorial H. Blume, España
- FONT QUER P. 1974. *Botánica Pintoresca*. Editorial Sopena. Barcelona, España.
- GOLA S., NEGRI, CAPPELETTY. 1986. *Tratado de Botánica*. Editorial Lobos S.A.
- GUERSON, DONALD - CORBY SIMONS. 1991. *Biología Molecular de las Plantas*. Editorial Acribia.
- LUTTGE O., M. KLUGER, G. BAUER. 1993. *Botánica*. McGraw-Hill Interamericana España, Madrid, España.
- PANIAGUA, RICARDO C, 1993. *Citología e Histología Vegetal y Animal*. McGraw-Hill Interamericana España. Madrid, España.
- PEÑAHERRERA, CARLOS. 1969. *Geografía General del Perú*. Editorial "Ausonia Talleres Gráficos" S.A. Lima, Perú.
- PEREZ, E., D. IPARRAGUIRRE, E. COX, B. MILLAN, M. SUYO, E. CARRILLO, S. SÁNCHEZ y A. CHUMACERO. 2003. *Introducción a la Biología Vegetal*. 2da. Edición. Impresiones Gráficas D'Franco E.I.R.L. Lima-Perú  
Publishing Co. USA. 540 p.
- SALISBURY, F.B. and ROSS, C.W. 1985. *Plant Physiology*. 3ra. Edition Wadsworth
- STRASBURGER E., NOLL, F., SCHENCK, H. & SCHIMPER, A.F.W. 1994. *Tratado de Botánica*. 8va. Edición. Editorial Omega. Barcelona, España.

IUCN. Nature Serve. Conservation International Brad Phillips,  
b.phillips@conservation.org. 202-912-1532 IUCN-The World  
Conservation Union – Anna Knee, alk@iucn.org; Andrew  
McMullin, mcmullina@iucn.org.

VALLA J. 1998. Morfología de las plantas superiores. Edit. Hemisférico Sur.  
Buenos Aires, Argentina.

WILSON, C.L. y LOOMIS, W.E. 1980. Botánica. Unión Tipográfica. Editorial  
Hispano-Americana. México. 682 p.

## IX. ANEXO

### Fotografías de la medición de plantas



FOTO 2



LEYENDA:  
NOMBRE CIENTIFICO: *Catharanthus-roseus*  
MEDIDAS A LOS 30 DIAS: 10 cm.

FOTO 3



LEYENDA:  
NOMBRE CIENTIFICO: *Catharanthus-roseus*.  
MEDIDAS A LOS 40 DIAS: 14 cm.

FOTO 4



LEYENDA:  
NOMBRE CIENTIFICO: *Catharanthus-roseus*.  
MEDIDAS A LOS 75 DIAS: 34 cm.

## Fotografías del muestreo de los lodos activados

FOTO 5



FOTO 6



**Fotografías de las plantas muestra y control.**

FOTO 7



LEYENDA:  
PLANTULAS A LOS 20 DIAS  
NOMBRE CIENTIFICO: *Catharanthus-roseus*.  
MEDIDAS: 6, cm.

FOTO 8



LEYENDA:  
PLANTULAS A LOS 30 DIAS  
NOMBRE CIENTIFICO: *Catharanthus-roseus*.  
MEDIDAS: 10, cm.

DIAS: 9



LEYENDA:  
PLANTULAS A LOS 40 DIAS  
NOMBRE CIENTIFICO: *Catharanthus-roseus*.  
MEDIDAS: 14, cm.

FOTO 10



LEYENDA:  
PLANTULAS A LOS 75 DIAS  
NOMBRE CIENTIFICO: *Catharanthus-roseus*.  
MEDIDAS: 34. cm.