



# TESIS PROFESIONAL



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



VERACRUZ  
GOBIERNO  
DEL ESTADO



**SEV**  
Secretaría  
de Educación

**SEMSys**  
Subsecretaría de Educación  
Media Superior y Superior



**DET**  
Universidad del Estado  
de Veracruz

# CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LODOS PROVENIENTES DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO POR TIPO DE RESIDUO

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MARTÍNEZ DE LA  
TORRE

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL TÍTULO DE:  
LICENCIADA EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Presenta:  
KARLA HISSEL FRANCO  
CAGNAT

Asesores:  
ING. LUIS FELIPE NUÑEZ  
GUZMÁN

BIÓL. ANA MARIBEL MORALES  
DEL MORAL

Martínez de la Torre, Veracruz; Julio 2021

II



Ficha técnica		
Estudiante		
FRANCO	CAGNAT	KARLA HISSEL
No. De control: 160I0021		
Carrera: INGENIERÍA AMBIENTAL		
Correo: 160I0021@TECMARTINEZ.EDU.MX		
Asesor(es) y/o colaboradores ITSMT		
ING. LUIS FELIPE NÚÑEZ GUZMÁN		
M.C.B. ALEXANDRA CORZO DOMÍNGUEZ		
M.C.I.A. MIGUEL ÁNGEL LÓPEZ RAMÍREZ		
Datos del lugar donde se desarrolló el proyecto		
Nombre o razón social		
Laboratorio Químico-Agrícolas CEDEFRUT		
Dirección (calle, número, colonia, ciudad, código postal)		
BLVD. LUIS DONALDO COLOSIO KM 2. COLONIA SANTA ANA. MARTÍNEZ DE LA TORRE, VER. CP 93600.		
Asesor externo: BIÓL. ANA MARIBEL MORALES DEL MORAL		
Departamento: LABORATORIO QUÍMICO-AGRÍCOLAS CEDEFRUT		
Cargo: DIRECTORA DE LABORATORIO QUÍMICO AGRÍCOLAS CEDEFRUT		
Correo: ANNA_MDM@HOTMAIL.COM		
Teléfono y extensión: 2323735058 EXT. 124		

## FORMATO DE LIBERACIÓN DEL PROYECTO PARA TITULACIÓN INTEGRAL

	<p>Nombre del Documento: <b>Liberación del Proyecto para Titulación Integral</b></p>	<p>No. Pág. 1/1</p>
---	--	-------------------------



Martínez de la Torre, Ver., a \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_.

C.XXXXXXXXXX  
JEFE(A) DE DEPTO. SERVICIO SOCIAL Y  
RESIDENCIAS PROFESIONALES  
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MARTÍNEZ DE LA TORRE  
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

Nombre del estudiante:			
Carrera:		No. De control:	
Nombre Proyecto:			
Opción Titulación:			

Agradezco su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados(as).

A T E N T A M E N T E

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA JEFE DEL DEPTO.  
ACADÉMICO

\_\_\_\_\_  
XXXXXXXXXXXX  
ASESOR

\_\_\_\_\_  
XXXXXXXXXXXX  
REVISOR

\_\_\_\_\_  
XXXXXXXXXXXX  
REVISOR

\*solo aplica para el caso de tesis o tesina.

CCP Estudiante  
CCP Archivo

FL-005

## CARTA DE AUTORIZACIÓN DE ENTREGA DE TESIS EN SOPORTE DIGITAL

	Carta de Autorización de Entrega de Tesis en Soporte Digital	Página 1 de 1
---	--	---------------

No. de Oficio: DET/ITSMT/DA/IA/078/2021  
ASUNTO: Autorización de entrega

Martínez de la Torre, Ver., a 05 de noviembre 2021.

C. KARLA HISSEL FRANCO CAGNAT  
No DE CONTROL 160I0021  
EGRESADO (A) DE LA CARRERA  
INGENIERÍA AMBIENTAL  
P R E S E N T E

Por medio de la presente hago constar que ha cumplido satisfactoriamente con lo estipulado por el Lineamiento para la Titulación Integral.

Por tal motivo se autoriza la entrega de la Tesis en soporte digital titulada:

Caracterización fisicoquímica de lodos provenientes de una planta de  
tratamiento por tipo de residuo.

---

Dándose un plazo máximo de 30 días naturales a partir de la fecha de la expedición de la presente para realizar la solicitud del Acta de Recepción para la obtención del Título Profesional.

A T E N T A M E N T E

  
 M.C.I.A. MIGUEL ÁNGEL LÓPEZ  
RAMÍREZ  
PRESIDENTE DE ACADEMIA DE  
INGENIERIA AMBIENTAL

  
 ING. GUADALUPE JIMENEZ BARRAGAN  
JEFA DE CARRERA INGENIERIA  
AMBIENTAL

C.c.p. División de Estudios Profesionales  
C.c.p. Archivo



JEFATURA DE CARRERA  
ING. AMBIENTAL

F-11-09  
Rev. 1

V

F-11-11  
Rev. 1

## DEDICATORIA

A mis familia por haberme forjado la persona que soy actualmente, muchos de mis logros son para ustedes, incluyendo este.

Me formaron reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente a alcanzar mis anhelos.

Gracias abuelita Susy, Tío Richard y Mamá.

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a Dios por darme la oportunidad de brindarme la vida, la sabiduría y las experiencias que he vivido, cada una de ellas ha sido gratificante para mí, por ser mi fortaleza en mis momentos de debilidad y por guiarme en el camino indicado mientras estoy en la lucha continua de lo que deseo en mi vida.*

*Agradezco a mi Familia por todo el apoyo incondicional que me han brindado durante todos estos años de vida, por los valores que me han inculcado, por sus buenos consejos, por nunca dejar de creer que yo era capaz y por siempre tener un abrazo cálido para mí. Gracias Abuelita, tío Richard y Mamá, por ser un ejemplo de vida y con todo mi amor para ustedes, los seres más importantes en mi vida.*

*Mis agradecimientos para la H. Academia de Ingeniería Ambiental, que a lo largo del camino en mi carrera profesional, quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pudiera crecer día a día como profesional, por su apoyo moral y técnico para que lograra culminar con éxito mi carrera profesional.*

*Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a la Biól. Ana Maribel Morales del Moral por el espacio brindado en el Laboratorio CEDEFRUT y por su apoyo en todo momento durante la realización del proyecto.*

## RESUMEN

En esta investigación se evaluó la caracterización fisicoquímica de lodos provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales vivero "La Cúspide", Ejido Arroyo de Piedra, municipio de Tlapacoyan, Veracruz. La problemática fue darle una caracterización correcta a las aguas residuales provenientes de servicios de baños móviles, para su mejor manejo y disposición final. Por ello, se implementaron los métodos básicos y estándar de laboratorio, así mismo definiendo los parámetros fisicoquímicos se aplicaron los métodos mencionados anteriormente y se analizaron los resultados obtenidos de la caracterización para la búsqueda de mejores alternativas de aprovechamientos de lodos. Los análisis microbiológicos en lodos resultaron muy bajos, por lo cual es nulo el riesgo para la salud humana y el medio ambiente, ya que fue nula la presencia de bacterias, patógenos y parásitos. Con los valores obtenidos, los lodos no superaron los límites máximos permisibles para metales pesados según la normativa correspondiente, por lo cual no se realizó un análisis de emisiones contaminantes durante el proceso de incineración. La posibilidad de reutilizar materiales orgánicos ricos en nutrientes hace de la aplicación de lodos residuales en suelos agrícolas y forestales una alternativa importante. Esta alta concentración de nutrientes que presentan estos residuos (Nitrógeno, Fósforo, Materia orgánica) puede ser aprovechada para el desarrollo primordial de las plantas.

En México se han desarrollado investigaciones sobre las diversas aplicaciones de lodos, alcanzando prometedores resultados. Y durante el desarrollo de estas investigaciones se ha buscado siempre acatar lo que estipula la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002 en cuanto a los límites máximos permisibles de metales pesados y agentes patógena y parásita en lodos y biosólidos (SEMARNAT, 2002).

Las diferencias entre cada una de los lodos estudiados no fueron significativas, sin

VIII

embargo, el lodo proveniente de aguas negras presentó mayores ventajas para su uso en la agricultura.

**Palabras Clave:** *Aguas residuales, normativa, planta de tratamiento, lodos.*

## ABSTRACT

In this research, the physicochemical characterization of sewage sludge from the “La Cúspide” wastewater treatment plant, which is located in Ejido Arroyo de Piedra, Tlapacoyan city, Veracruz state, was evaluated. The problem was to give a correct characterization to the wastewater from mobile toilet services, for its better management and final disposal. For this reason, the basic and standard laboratory methods were implemented, as well as defining the physicochemical parameters, the previously mentioned methods were applied, and the results obtained from the characterization were analyzed in order to search for better alternatives for the use of sludge. The microbiological analyzes in sludge were very low, therefore the risk to human health and the environment is null, since the presence of bacteria, pathogens and parasites was null too. With the values obtained, the sludge did not exceed the maximum permissible limits for heavy metals according to the corresponding regulations, therefore an analysis of pollutant emissions was not carried out during the incineration process. The possibility of reusing nutrient-rich organic materials makes the application of sewage sludge on agricultural, and forest soils an important alternative. This high concentration of nutrients that these residues present (Nitrogen, Phosphorus, Organic matter) can be used for the primordial development of plants.

In Mexico, investigations have been carried out on the various applications of sewage sludge, reaching promising results. During the development of these investigations, it has always been sought to comply with what is stipulated by the Official Mexican Standard NOM-004- SEMARNAT-2002 regarding the maximum permissible limits of heavy metals, pathogens and parasites in sewage sludge and biosolids (SEMARNAT, 2002).

**Keywords:** *sludge, normative, laboratory, characterization.*

## Contenido

FORMATO DE LIBERACIÓN DEL PROYECTO PARA TITULACIÓN INTEGRAL.....	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE ENTREGA DE TESIS EN SOPORTE DIGITAL .....	V
DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTOS .....	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	X
LISTA DE FIGURAS.....	XII
LISTA DE TABLAS .....	XIII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
3. JUSTIFICACIÓN .....	3
4. OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	5
4.1 OBJETIVO GENERAL .....	5
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
5. HIPÓTESIS.....	6
6. ALCANCES .....	6
7. MARCO TEÓRICO.....	7
8. MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	32
10. CONCLUSIÓN .....	38
11. RECOMENDACIONES .....	39
12. LITERATURA CITADA.....	40
13. ANEXOS.....	45

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de producción de lodos primarios y secundarios.....	10
Figura 2. Ubicación geográfica de Laboratorio Químico-Agrícolas CEDEFRUT.....	25
Figura 3. Ubicación geográfica de Vivero “La Cúspide”, Tlapacoyan, Ver. ....	26
Figura 4. Diseño de la PTAR.....	27
Figura 5. PTAR localizada en vivero “La Cúspide”.....	28
Figura 6. Lecho de secado de la PTAR.....	28

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características y cantidades de lodos que se producen en diferentes procesos de tratamiento. ....	12
Tabla 2. Características físicas y químicas típicas de lodos residuales. ....	14
Tabla 3. Valores límites permisibles para metales pesados en lodos residuales. ....	15
Tabla 4. Características de lodos generados en diferentes procesos de tratamiento de aguas residuales. ....	17
Tabla 5. Límites máximos permisibles para metales pesados en biosólidos de acuerdo a NOM-004-SEMARNAT-2002. ....	21
Tabla 6. Límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en biosólidos de acuerdo a NOM-004-SEMARNAT-2002. ....	22
Tabla 7. Composición química de lodos producidos y tratados. ....	22
Tabla 8. Parámetros químicos de lodos determinados en laboratorio. ....	34
Tabla 9. Parámetros físicos de lodos analizados en laboratorio. ....	34
Tabla 10. Parámetros biológicos de lodos analizados en laboratorio. ....	34

## 1. INTRODUCCIÓN

Toda actividad del ser humano, sea doméstica o industrial, genera aguas residuales, lo que conduce a implementar tratamientos, en lo posible modernos y que sean eficientes con el fin de evitar daños al ambiente. El tratamiento de aguas residuales, incluye como subproductos el agua tratada y lodos residuales. El lodo, dentro de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) es el subproducto de mayor volumen, por lo que su manejo, transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final son más complejos.

En el proceso de tratamiento, los lodos en las plantas son recirculados o desechados, estos últimos dependiendo de la planta tienen un manejo diferente. Los lodos o subproductos son utilizados algunas veces como compostaje, aporte en la recuperación de los suelos, incluso como material de construcción. El uso depende principalmente de los componentes químicos, metálicos y biológicos del mismo, además de la gestión del manejo de los subproductos.

En el presente documento, se muestra un estudio teórico-experimental para la caracterización fisicoquímica de lodos provenientes de la Planta de Tratamiento de Agua Residual vivero “La Cúspide” localizada en el Ejido Arroyo de Piedra, municipio de Tlapacoyan, Ver. Dicha caracterización nace de la necesidad de establecer la calidad y la composición de los lodos generados en la PTAR, así como la selección y el análisis de una alternativa para su valorización y aprovechamiento de este residuo.

## 2. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

El tratamiento de aguas residuales, tanto municipales como industriales, tiene como objetivo remover los contaminantes presentes con el fin de hacerlas aptas para otros usos o bien para evitar daños al ambiente. Sin embargo, el tratamiento del agua trae siempre como consecuencias la formación de lodos, producto de la concentración de sólidos contenidos en el efluente (lodos primarios), o de la formación de nuevos sólidos suspendidos (lodos activados) resultantes de los sólidos disueltos de las aguas residuales. Estos lodos son compuestos orgánicos sólidos, semisólidos o líquidos producidos durante el proceso de tratamiento mecánico, biológico y/o químico de purificación de las aguas servidas.

La empresa donde se realizó la presente investigación está muy interesada en conocer las características de los residuos que se obtendrán de la planta de tratamiento, ya que es una instalación nueva y aún no cumple el año de haberse instalado. Para la empresa es de suma importancia el presente trabajo ya que con los resultados obtenidos se podrá conocer el uso y/o destino que se le pueden dar a los lodos resultantes de la PTAR.

La planta de tratamiento se ubica dentro de una unidad de producción agrícola, por lo que el uso de los lodos como aditivo para el cultivo de los cítricos es la principal preocupación, además de que posteriormente la empresa podría obtener alguna certificación por el manejo responsable de los recursos.

El destino final de estas enormes masas de un residuo de difícil transporte y manejo en los vertederos ha constituido un serio problema para muchos países, los cuales en la búsqueda de una solución a éste, han encontrado que aplicando estos lodos residuales al suelo se han obtenido beneficios tanto de tipo ambiental como económico debido a que estos lodos proporcionan material orgánico, mejoran la estructura del suelo, y ofrecen un gran potencial para el reciclaje de nutrientes.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Los principales constituyentes del agua residual eliminados en plantas de tratamiento incluyen residuos sólidos, como arenas, espuma y lodos. El lodo generado en operaciones y procesos de tratamiento de las aguas residuales suele ser una suspensión con gran contenido de sólidos. La disposición correcta de estos residuos es una obligación y una necesidad de las empresas e industrias que poseen PTAR.

En el proceso de tratamiento, los lodos en las plantas son recirculados o desechados, estos últimos dependiendo de la planta tienen un manejo diferente. Los lodos o subproductos son utilizados algunas veces como compostaje, aporte en la recuperación de los suelos, incluso como material de construcción. El uso depende principalmente de los componentes químicos, metálicos y biológicos del mismo, además de la gestión del manejo de los subproductos.

El presente documento corresponde al sistema de tratamiento de las aguas residuales servidas generadas por módulos de baños móviles perteneciente al vivero “La Cúspide” localizado en el ejido Arroyo Piedra, municipio de Tlapacoyan, Ver. para lo cual se determinó el análisis del tratamiento de las aguas residuales proveniente de servicios de baños móviles para darle la caracterización fisicoquímica apropiada a los lodos residuales para su disposición y manejo correcto. El alcance que se presenta, es conocer cómo están compuestos los lodos para tener un estudio y establecer alternativas para su uso, dentro de sus limitaciones es que el uso de la planta no es continuo, ya que depende mucho de la disponibilidad de aguas para que se lleve a cabo el tratamiento. En el aspecto ambiental, la posibilidad de reutilizar materiales orgánicos ricos en elementos nutritivos hace la aplicación de lodos residuales en los suelos agrícolas y forestales, una alternativa ambiental importante, en contraste con las vías tradicionales de la eliminación de este residuo.

En el ámbito económico, los lodos como fertilizantes en la agricultura generan un valor de ahorro en nitrógeno, fósforo, y en menor cuantía de potasio en fertilizantes consumidos en México. En este sentido, se puede sugerir, que dentro de la economía nacional de recursos limitados, el reciclaje de lodos de origen domésticos e industriales deben ser aprovechados en la agricultura.

En beneficio de la sociedad, el aprovechamiento de lodos visto por la sociedad como un residuo, promueve o alienta a la población a la reutilización de algún subproducto.

## 4. OBJETIVOS DEL PROYECTO

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar los métodos básicos estándar de laboratorio para la caracterización fisicoquímica de lodos residuales de acuerdo al origen del residuo vertido.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis fisicoquímico de lodos generados en la PTAR vivero “La Cúspide”, separándolas de acuerdo al origen del agua residual vertida (aguas industriales, aguas grises y aguas negras).
- Analizar cuál de las fuentes generan mayor calidad de lodos.
- Realizar una recomendación de uso de lodos residuales para el vivero “La Cúspide”.

## 5. HIPÓTESIS

Mediante un análisis comparativo, se espera que los lodos residuales de aguas negras contengan una mayor cantidad de materia orgánica, microorganismos, macro y micronutrientes, los lodos de aguas industriales contengan una mayor cantidad metales pesados y los lodos de aguas grises contengan principalmente agua.

## 6. ALCANCES

En este proyecto se pretende dar una evaluación a lodos de aguas provenientes de diversos orígenes, con el fin de identificar sus características y concentraciones para establecer un fin de aprovechamiento a cada uno, dentro de los límites es que la planta de tratamiento es de poca capacidad pero se espera futuro que el nivel de su capacidad incremente y le pueda dar mejor servicio a sus clientes que requieren recepción de aguas en la PTAR.

## 7. MARCO TEÓRICO

### PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR).

En términos generales en una PTAR, ocurren operaciones, procesos fisicoquímicos y biológicos. Se puede considerar que las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo en estos procesos son las mismas que ocurren en la naturaleza (ríos, lagos, suelos, etc.), solo en forma controlada dentro de los tanques o reactores y a velocidades mayores o controlados. (Arocutipa, 2013).

### TIPOS DE AGUAS.

#### AGUAS GRISES

Las aguas grises son un recurso que, una vez recicladas, puede sustituir el agua de consumo humano en algunos usos comunes como: recarga de cisternas de WC, riego de jardines, limpieza y baldeo de pavimentos, etc., en construcciones como: viviendas, hoteles, polideportivos, edificios industriales, etc.

Se definen como aguas grises, las aguas residuales que proceden de duchas, bañeras y lavamanos, éstas presentan un bajo contenido en materia fecal. Si bien, las aguas de cocinas y lavadoras también son aguas grises, éstas generalmente no se reciclan debido a la elevada contaminación que contienen. (ESPAÑA, 2018).

#### AGUAS NEGRAS

Las aguas negras es el resultado de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua que provienen de una casa habitación, edificios comerciales e instituciones, principalmente. Además, que estas se le adjuntan aguas provenientes de los establecimientos industriales, aguas subterráneas superficiales, y de precipitación que puedan agregarse.

Uno de los principales cuidados que hay que tener para la evacuación de aguas negras que

no han sido tratadas previamente, es el evitar que contamine el nivel de las aguas freáticas, que son utilizadas para el bombeo para fines domésticos. Las enfermedades principales que pueden ser transmitidas a través de las aguas negras son: la tifoidea, paratifoidea y cólera, los mecanismos por los cuales se adquieren estas enfermedades son: mariscos de aguas contaminadas, frutas y verduras contaminadas, contacto con suelos conaminados por excretos humanos, baños u otros contactos por aguas contaminadas. (Anónimo, s.f., 2017).

### AGUAS INDUSTRIALES

Nos referimos a aguas industriales a todas aquellas aguas que son originadas en instalaciones comerciales e industriales por sus procesos de fabricación, producción, transformación, consumo, limpieza o mantenimiento.

Muchas industrias generan grandes cantidades de aguas debido a sus procesos, destacando las empresas de los siguientes sectores: textil, agroindustrial, químico, farmacéutico, entre otros.

No todas las aguas generadas en la industria tienen las mismas concentraciones de las diferentes sustancias.

Por ejemplo, pueden contener cantidades apreciables de nitrógeno, fósforo, cloruros, sulfatos,...o incluso metales pesados como arsénico, cadmio, cromo, mercurio, plomo, zinc, también cantidades de bacterias como coliformes, *Salmonella spp.* (Galvis, 2013).

### LODOS

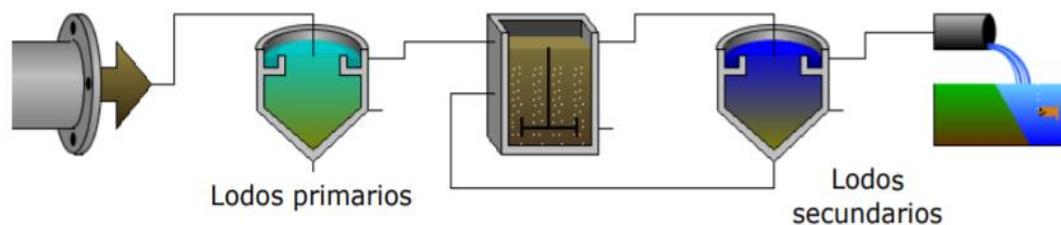
Los lodos se definen como el residuo generado en los procesos de tratamientos de aguas residuales, las cuales pueden ser utilizados en suelos agrícolas como zonas verdes, cultivos, áreas de producción, tierras minadas, jardines de hogar, pero siempre se debe de realizar un tratamiento previo a su uso, ya que dependiendo de su procedencia puede contener organismos patógenos o perjudiciales para la salud de la población. (Rincón, 2019).

## 7.1 ORIGEN DE LODOS

Según (Torres, 2011) en su trabajo “Reutilización de aguas y lodos residuales” los lodos son aquellos subproductos resultantes de los procesos de tratamiento de agua residual. Estos son de gran importancia principalmente por su volumen que incrementa con el aumento de la población, también por ser una fuente potencial de materia orgánica y de energía.

Los lodos producidos en el tratamiento de aguas residuales dependen del tipo de planta de tratamiento y de la operación de ésta. En una planta de aguas residuales domésticas, los lodos se generan principalmente en las etapas de tratamiento primario y tratamiento secundario (Limón, 2013). Los lodos primarios se producen en la sedimentación primaria, en la cual se remueven sólidos sedimentables. La cantidad depende de la carga superficial o tiempo hidráulico de retención. En la sedimentación primaria con químicos se produce más lodo, producto de una mayor remoción y de la precipitación química de la materia coloidal.

Los lodos secundarios se producen en procesos de tratamiento biológicos que convierten residuos o sustratos solubles en biomasa. También incluyen la materia particulada que permanece en el agua después de la sedimentación primaria y que se incorpora en la biomasa. La cantidad producida depende de varios factores: eficiencia del tratamiento primario, relación de sólidos suspendidos totales (SST) a demanda bioquímica de oxígeno (DBO), cantidad de sustrato soluble, remoción de nutrientes y criterios de diseño del tratamiento (Limón, 2013).



**Figura 1. Diagrama de flujo de producción de lodos primarios y secundarios.**

Fuente: Limón, 2013.

## 7.2 TIPO DE LODOS

Los principales constituyentes del agua residual eliminados en las plantas de tratamiento incluyen basuras, arena, espuma y lodo. El lodo extraído y producido en las operaciones y procesos de tratamientos de las aguas residuales generalmente suelen ser un líquido o un líquido – semisólido con gran contenido de sólidos entre 0.25 – 12%. Los procedimientos para tratar los lodos varían según la fuente y el tipo de aguas residuales de las que se derivan, del proceso utilizado para tratar las aguas residuales y del método último de disposición a la que se destinan los lodos (Galvis, 2013).

El lodo está formado principalmente por las sustancias responsables del carácter desagradable de las aguas residuales no tratadas. La fracción del lodo a evacuar, generada en el tratamiento biológico del agua residual, está compuesta principalmente de materia orgánica y solo una pequeña parte del lodo está compuesta por materia sólida (Campos, 2009).

Los sólidos separados en el sedimentador primario y aquellos producidos en el tratamiento biológico deben ser espesados, estabilizados, acondicionados, deshidratados, secados e incinerados antes de ser retirados del sitio de tratamiento (Galvis, 2013).

Cuando se habla de procesos de tratamiento biológico de aguas residuales se produce distinto tipo de lodos dentro de cada uno de los procesos individuales, como son:

**Lodos primarios.** Se producen en la sedimentación primaria, en la cual se remueven sólidos sedimentables. La cantidad depende de la carga superficial o tiempo hidráulico de retención. En la sedimentación primaria con químicos se produce más lodo, producto de una mayor remoción y de la precipitación química de la materia coloidal. Toda la serie de pasos que componen el tratamiento primario es llamada a veces clarificación. La meta de este proceso es retirar turbidez, partículas sólidas y materiales flotantes.

Debido a que estos contaminantes interferirán con los procesos de tratamiento posteriores deben ser retirados con anterioridad (Castrejón, s.f.).

**Tabla 1. Características y cantidades de lodos que se producen en diferentes procesos de tratamiento.**

PROCESO	GRAVEDAD ESPECÍFICA SÓLIDOS (g cm <sup>-3</sup> )	GRAVEDAD ESPECÍFICA LODO (g cm <sup>-3</sup> )	PRODUCCIÓN DE SÓLIDOS SECOS kg 1000 m <sup>-3</sup>
Sedimentación primaria	1.4	1.02	110-170
Lodos activados (purga)	1.25	1.005	70-100
Filtro biológico (purga)	1.45	1.025	60-100
Aireación extendida (purga)	1.30	1.015	80-120
Laguna aireada (purga)	1.3	1.01	80-120
Filtración	1.2	1.005	12-24
Remoción algal	1.2	1.005	12-24
Sedimentación primaria con adición de cal (350-500 mg L <sup>-1</sup> )	1.9	1.04	240-400
Sedimentación primaria con adición de cal (800-1600 mg L <sup>-1</sup> )	2.2	1.05	600-1300
Denitrificación con biomasa suspendida	1.2	1.005	12-30
Filtro biológico de desbaste	1.28	1.02	-

Fuente: Metcalf & Eddy, 2003.

**Lodos Activados.** La eliminación de la materia orgánica disuelta y los nutrientes de las aguas residuales tiene lugar durante el tratamiento biológico del agua por un complejo proceso donde interactúan distintos tipos de bacterias y microorganismos, que requieren oxígeno para vivir, crecer y multiplicarse. El lodo generalmente está en forma de flóculos que contienen biomasa viva y muerta, además de partes minerales y orgánicas absorbida y almacenada. El comportamiento de sedimentación de los flóculos de los lodos activos es de gran importancia para el funcionamiento de la planta de tratamiento biológico. Los flóculos deben ser removidos, para separar la biomasa del agua limpia, y el volumen requerido de lodo activo puede ser bombeado de nuevo en el tanque de aireación. Debido a su bajo contenido de sólidos (0.5– 2.0%) es más difícil de deshidratar que el lodo primario (Galvis, 2013).

**Lodos Secundarios.** Este tipo de lodos se producen en tratamientos biológicos que convierten residuos o substratos en biomasa. También incluye la materia particulada que permanece en el agua después de la sedimentación primaria y que se incorpora en la biomasa. La cantidad producida depende de varios factores como: eficiencia del tratamiento primario, relación de SST (Sólidos Suspendidos Totales) a DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), remoción de nutrientes y criterios de diseño de tratamiento (Amador-Díaz & Venta, 2015).

**Lodos Terciarios.** Los lodos terciarios son producidos por procesos de tratamiento avanzado en el agua residual, tales como la precipitación química y filtración. Los químicos usados en los procesos de tratamiento avanzados en aguas residuales son: aluminio, fierro, sales, cal o polímeros orgánicos, los mismos que incrementan la masa y el volumen del lodo (Amador-Díaz & Venta, 2015).

Tabla 2. Características físicas y químicas típicas de lodos residuales.

CONCEPTO	UNIDADES	LODO PRIMARIO	LODO PRIMARIO DIGERIDO	LODO SECUNDARIO
Concentración de sólidos	%	5-9	2-5	0.8-1.2
Sólidos volátiles	% de ST	60-80	30-60	59-88
Proteína	% de ST	20-30	15-20	32-41
Nitrógeno	% de ST	1.5-4	1.6-3	2.4-5
Fósforo	% de ST	0.8-2.8	1.5-4	2-8-11
Óxido de Potasio	% de ST	0-1	0-3	0.5-0.7
Celulosa	% de ST	8-15	8-15	-
Hierro	% de ST	2-4	3-8	-
Óxido de silicio	% de ST	15-20	10-20	-
pH	u. ph	5-8	6.5-7.5	6.5-8
Alcalinidad	mg CaCO <sub>2</sub> l <sup>-1</sup>	500-1500	2500-3500	580-1100
Ácidos orgánicos	Mg HAc L <sup>-1</sup>	200-2000	100-600	1100-1700
Contenido energético	KJ ST kg <sup>-1</sup>	23000-29000	9000-14000	19000-23000

Fuente: Limón, 2013.

Los lodos y los biosólidos tienen alto potencial de aprovechamiento agrícola debido a que mejoran los niveles de materia orgánica, de macro y micronutrientes; sin embargo, existen riesgos por la potencial presencia de sustancias tóxicas como metales pesados (arsénico, cadmio, cromo, cobre, mercurio, níquel, plomo, selenio, zinc) y microorganismos patógenos presentes en el agua residual. Adicionalmente, su inadecuada aplicación, puede ir en detrimento del crecimiento y producción de algunas especies vegetales (Torres, 2007).

**Tabla 3. Valores límites permisibles para metales pesados en lodos residuales.**

ELEMENTOS	VALORES LÍMITE Mg Kg <sup>-1</sup> MATERIA SECA	TASA DE CARGA ACUMULATIVA Kg ha <sup>-1</sup>	CONCENTRACIÓN DEL COMPONENTE PARA UNA CALIDAD EXCEPCIONAL (mg kg <sup>-1</sup> )	TASA DE CARGA ANUAL DEL ELEMENTO (kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )
Arsénico	75	41	41	2.0
Cadmio	85	39	39	1.9
Cromo	-	0	-	-
Plomo	4300	1500	1500	75
Mercurio	57	17	17	0.85
Molibdeno	75	0	-	-
Níquel	420	420	420	21

Fuente: EPA, 1994

### 7.3 TRATAMIENTO DE LODOS EN UNA PTAR.

**Espesamiento.** Proceso encaminado a incrementar el contenido de sólidos por unidad de volumen, para de esta manera remover una parte de líquido, se lleva a cabo por las siguientes técnicas:

**Espesamiento por gravedad.** Este método de espesamiento es comúnmente usado con excelentes resultados por tratamiento de lodo crudo. Es un tanque de sedimentación, el lodo alimentado se sedimenta y compacta en el fondo del tanque y es enviado a los digestores o equipo de deshidratación (CAPITULO IV. LODOS, s.f).

**Espesamiento por flotación.** Este proceso es aplicable generalmente en lodos gelatinosos como el caso de los lodos activados. En la flotación con aire disuelto, el aire es introducido en una solución con presión elevada (en el rango de 2-4 atm), posteriormente el aire disuelto es liberado como burbujas que empujan el lodo hacia arriba en donde es removido. El empleo de coagulantes como aluminio, cloruro férrico y poli electrolitos

puede resultar eficaz para aumentar la concentración de lodo espesado (CAPITULO IV. LODOS, s.f).

**Espesamiento por centrifugación.** Se aplica para el espesamiento y secado de lodos, involucra el almacenamiento de partículas de lodo bajo la influencia de fuerzas centrifugas, presenta varias ventajas con respecto al espesamiento por flotación, sin embargo presenta mayores costos de inversión y mayor consumo de energía (CAPITULO IV. LODOS, s.f).

**Estabilización.** Los lodos generados en el tratamiento primario y en el tratamiento biológico de aguas residuales deben ser espesados, estabilizados y desinfectados antes de su disposición final o reutilización. Las líneas de tratamiento de lodos residuales se enfocan fundamentalmente a la reducción del volumen de lodo generado, reducción del poder fermentación que conduce a reducir o eliminar su potencial de putrefacción y por ende malos olores. La elección del tipo de tratamiento para la estabilización de lodos residuales está en función de la cantidad, la calidad y de su disposición final (CAPITULO IV. LODOS, s.f).

#### 7.4 LODOS GENERADOS EN UNA PTAR.

Lodo residual es el residuo sólido, semisólido o líquido que se genera por el tratamiento de las aguas residuales. Su composición depende principalmente de las características del agua residual afluyente y del proceso de tratamiento utilizado en la planta que lo genera. Uno de los problemas para el uso y manejo de los lodos es su alto contenido de patógenos, por lo que se requiere su estabilización (reducción de microorganismos patógenos; Donado, 2013).

**Tabla 4. Características de lodos generados en diferentes procesos de tratamiento de aguas residuales.**

PARÁMETROS	LODOS PRIMARIOS (SIN ADICIÓN DE QUÍMICOS)	LODOS SECUNDARIOS (LICOR MEZCLA DE LODOS ACTIVADOS)	LODOS DIGERIDOS (MEZCLA)
pH	5.5-6.5	6.5-7.5	6.8-7.6
Contenido de agua (%)	92-96	97.5-98	94-97
SSV (%SS)	70-80	80-90	55-65
Grasas (%SS)	12-14	3-5	4-12
Proteínas (%SS)	4-14	20-30	10-20
Carbohidratos (%SS)	8-10	6-8	5-8
Nitrógeno (%SS)	2-5	1-6	3-7
Fósforo (%SS)	0.5-1.5	1.5-2.5	0.5-1.5
Bacterias patógenas (NMP/100ml)	10-10	100-1000	10-100
Metales pesados (%SS) (Zn, Cu, Pb)	0.2-2	0.2-2	0.2-2
SSV: Sólidos Suspendidos Volátiles. NMP: Número más probable, SS: Sólidos suspendidos.			

Fuente: García, 2009.

Por lo general, los lodos provenientes de las plantas de aguas residuales se disponen sobre el terreno, aplicándose principalmente en:

- Terrenos de uso agrícola.
- Terrenos de uso forestal.
- Terrenos deforestados (recuperación de canteras).
- Terrenos especialmente preparados para la evacuación de lodos.

## 7.5 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS RELEVANTES EN LODOS.

Al hablar de la calidad de aguas sea para su vertido, tratamiento de depuración, potabilización o cualquier otro uso, es imprescindible determinar una serie de parámetros físico químicos mediante métodos normalizados, con objeto de conocer si el valor de estos parámetros se encuentra dentro del intervalo que relaciona valores máximos y mínimos permitidos (Galvis, 2013).

### **Determinación de pH.**

El término pH es utilizado universalmente para determinar si una solución es ácida o básica, es la forma de medir la concentración de iones hidronio de una disolución. La escala de pH contiene una serie de números que varían de 0 a 14, estos valores miden el grado de acidez o basicidad de una disolución. Los valores inferiores a 7 y próximos a 0 indican aumento de acidez, los que son mayores de 7 y próximos a 14 indican aumento de basicidad, mientras que cuando el valor es 7 indica neutralidad.

**Determinación de Alcalinidad.** Es una medida de la capacidad de una muestra de neutralizar ácidos. La alcalinidad puede generarse por hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio, magnesio, sodio, potasio o de amonio, siendo la causa más común los bicarbonatos de calcio y magnesio.

**Determinación de Acidez.** La acidez de un agua es su capacidad cuantitativa de neutralizar una base fuerte.

**Determinación de Humedad.** El agua es el único ingrediente que está prácticamente presente en casi todas las materias conocidas, tales como orgánicas e inorgánicas y su cantidad, estado físico y dispersión en estas afectan su aspecto, olor, sabor y textura. Las reacciones químicas y las interacciones físicas del agua y de sus posibles impurezas con otros componentes de los alimentos determinan frecuentemente alteraciones importantes.

Cualquier materia en general puede considerarse que está integrada por dos fracciones primarias: su materia seca y cierta cantidad de agua o humedad.

**Determinación de Cenizas.** La incineración para destruir toda la materia orgánica de una muestra cambia su naturaleza. En general, las cenizas se componen de carbonatos originados de la materia orgánica y no propiamente de la muestra, la determinación debe cuidando de no sobrepasar la temperatura indicada en la metodología, pues se podrían descomponer los carbonatos presentes y se volatilizarían otras sustancias como los compuestos de fósforo produciendo resultados erróneos.

**Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).** La Demanda Bioquímica de Oxígeno es la capacidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. En condiciones normales, esta demanda se cuantifica a 20°C, el ensayo estándar se realiza a cinco días de incubación y se conoce convencionalmente como  $DBO_5$  se expresa en unidades de  $mg L^{-1}$ .

**Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO).** La Demanda Química de Oxígeno se usa para medir el equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente químico oxidante fuerte.

## 7.6 PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS.

Para la determinación de los parámetros microbiológicos evaluados en los lodos procedentes del tratamiento de aguas residuales se puede establecer que los parámetros microbiológicos que se encuentran referenciados en la norma NOM-004-SEMARNAT-002 NORMA OFICIAL MEXICANA, PROTECCIÓN AMBIENTAL.- LODOS Y BIOSÓLIDOS.-ESPECIFICACIONES Y LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA SU APROVECHAMIENTO Y DISPOSICIN FINAL. (SEMARNAT, 2002).

### **Coliformes fecales NMP g<sup>-1</sup>**

Los Coliformes Fecales son un subgrupo de Coliformes totales que son capaces de fermentar la lactosa a 44°C. Este tipo de microorganismos reflejan de gran modo una contaminación de origen fecal.

### ***Salmonella spp.***

Algunos de los requisitos esenciales para que el crecimiento de la *Salmonella spp.* se presente, son: la temperatura debe cumplir un rango entre 35 - 43 °C, el pH debe ser aproximadamente en 7 – 7.5 y la muestra no debe presentar mucha actividad con el agua, ya que si ésta es alta, se inhibe el crecimiento de los microorganismos.

## 7.7 MARCO LEGAL.

La mayoría de normatividades regulan los mismos indicadores de contaminación fecal (coliformes fecales y huevos de helmintos), y establecen la necesidad de tratamiento de los lodos (digestión anaeróbica, aeróbica, secado térmico, 25 estabilización química, etc.) para que al ser convertidos en biosólidos puedan ser aplicados al suelo (Donado, 2013).

En este caso, la norma NOM-004-SEMARNAT-2002 NORMA OFICIAL MEXICANA, PROTECCIÓN AMBIENTAL.- LODOS Y BIOSÓLIDOS.-ESPECIFICACIONES Y LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA SU APROVECHAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL, cuenta con la reglamentación más completa sobre el tratamiento y disposición de biosólidos (SEMARNAT, 2002).

**Tabla 5. Límites máximos permisibles para metales pesados en biosólidos de acuerdo a NOM-004-SEMARNAT-2002.**

CONTAMINANTE	EXCELENTES mg kg <sup>-1</sup> En base seca	BUENOS mg kg <sup>-1</sup> En base seca
Arsénico	41	75
Cadmio	39	85
Cromo	1200	3000
Cobre	1500	4300
Plomo	300	840
Mercurio	17	57
Níquel	420	420
Zinc	2800	7500

Fuente: SEMARNAT, 2002

**Tabla 6. Límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en biosólidos de acuerdo a NOM-004-SEMARNAT-2002.**

CLASE	BACTERIAS	PATÓGENOS	PARÁSITOS
	Coliformes fecales, NMP g <sup>-1</sup> base seca	<i>Salmonella spp</i> , NMP g <sup>-1</sup> base seca	Huevos de Helminto, huevos g <sup>-1</sup> base seca
A	<1 000	<3	<1
B	<1 000	<3	<10
C	<2 000 000	<300	35

Fuente: SEMARNAT, 2002

**Tabla 7. Composición química de lodos producidos y tratados.**

CONCEPTO	Unidades	Lodo Primario	Lodo Primario Dirigido	Lodo Secundario
Concentración de sólidos	%	5-9	2-5	0.8-1.2
Sólidos volátiles	% de ST	60-80	30-60	59-88
Proteína	% de ST	20-30	15-20	32-41
Nitrógeno (N)	% de ST	1.5-4	1.6-3	2.4-5
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	% de ST	0.8-2.8	1.5-4	2.8-11
Óxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	% de ST	0-1	0-3	0.5-0.7
Celulosa	% de ST	8-15	8-15	-

Fuente: SEMARNAT, 2002

## 7.8 BIOSÓLIDOS.

Según lo establecido por la norma NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental. Lodos o biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Un biosólido es un lodo que ha sido sometido a estabilización y por su contenido de materia orgánica; y nutrientes así como características adquiridas después de su estabilización puedan ser susceptibles de aprovechamiento (SEMARNAT, 2002).

El término biosólido es el producto resultante de la estabilización de los materiales orgánicos (lodos) generados en el tratamiento de aguas residuales municipales, con características físicas, químicas y microbiológicas que permiten ser reutilizados con restricción de acuerdo con la normativa de cada país. Así mismo, este término fue establecido por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 1994) para potencializar la reutilización del residuo biológico (Donado, 2013).

### 7.8.1 CONTAMINANTES Y CLASIFICACIÓN DE BIOSÓLIDOS.

La calidad de los biosólidos depende fundamentalmente de cuatro grupos de contaminantes principales que pueden presentarse:

- Agentes Patógenos.
- Metales Pesados.
- Nutrientes y Materia Orgánica.
- Contaminantes Orgánicos.

Los biosólidos son el resultado de la extracción de la materia sólida de las aguas residuales, por lo tanto dependiendo de dónde provengan estas aguas se tendrá presencia o no de los contaminantes mencionados. Según la (EPA, 1994) quien es la máxima autoridad ambiental de Estados Unidos, y es el ente que más ha trabajado sobre este tema en América Latina, los biosólidos se clasifican en:

#### **Biosólido Clase A.**

Se cataloga en este nivel si luego de someter a tratamiento se presentan estas condiciones: una densidad de coliformes fecales inferior a 1000 Número Más Probable (NMP) por gramo de sólidos totales o la densidad de *Salmonella spp.* es inferior a 3 NMP por 4 gramos de sólidos totales.

#### **Biosólido Clase B.**

Se cataloga en este nivel si luego de someter a tratamiento se presentan estas condiciones: una densidad de coliformes fecales inferior a  $2 \times 10^6$  NMP por gramo de sólidos totales o  $2 \times 10^6$  UFC por gramo de sólidos totales.

Este tipo de biosólidos deberá recibir tratamiento para reducir estos niveles y tiene mayores restricciones para uso agrícola.

## 8. MATERIALES Y MÉTODOS

### 8.1 LABORATORIO QUÍMICO-AGRÍCOLA CEDEFRUT

#### CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO Y EMPRESARIAL PARA FRUTALES DEL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO A.C.

Ofrece análisis de agua, suelo y planta, de acuerdo a su recomendación, garantiza un incremento considerable en su producción.

#### MISIÓN

Desarrollar una plataforma tecnológica y operativa que genere y divulgue los conocimientos que correspondan a la realidad de los productores cítricos de Veracruz, brindando la asesoría y los servicios especializados que contribuyan al desarrollo sustentable.

#### VISIÓN

Ser el mejor centro de integración, formación, información, desarrollo y modernización tecnológica de la cadena productiva de cítricos y otros frutales de trópico húmedo, reconocido a nivel nacional e internacional por su alta calidad en los servicios y compromiso social que vincule las necesidades trascendentes y reales de incremento de competitividad de sus asociados y clientes



Figura 2. Ubicación geográfica de Laboratorio Químico-Agrícolas CEDEFRUT.

Fuente: Google, Earth 2020.

## 8.2 VIVERO LA CÚSPIDE

Vivero “La Cúspide” es una Sociedad de Producción Rural, que tiene como objetivo la propagación de material vegetativo certificado de cítricos, para su comercialización y cuenta con una superficie de 1.64 ha. Sus coordenadas geográficas son 20°02′38.83 N y 97°05′48.22 O, se encuentra a 94 msnm, su tipo de vegetación es pastizal, el clima de la zona se caracteriza por ser cálido húmedo y su precipitación varía de 1900-3600 mm.

. (SISTEMA DE INFORMACIÓN MUNICIPAL, 2019)

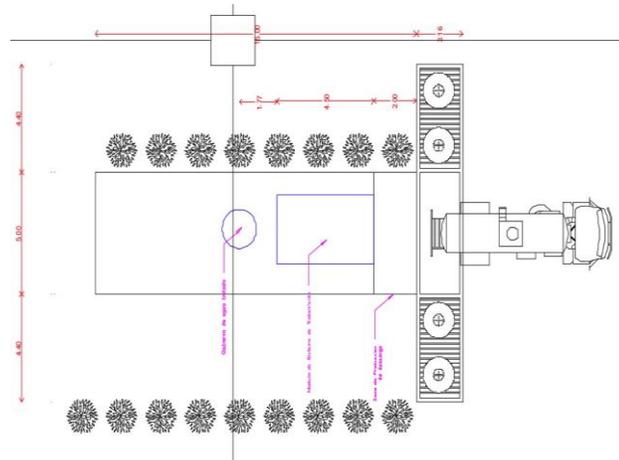


**Figura 3. Ubicación geográfica de Vivero “La Cúspide”, Tlapacoyan, Veracruz.**

*Fuente: Google, Earth 2020.*

## SITIO DE ESTUDIO

El sitio de estudio se encuentra localizado dentro del vivero, el área total del terreno designado para el proceso de tratamiento es de 236 m<sup>2</sup>. La planta se distribuye en un área aproximada a 32.5 m<sup>2</sup>, contemplando el cárcamo de amortiguamiento.



**Figura 4. Diseño de la PTAR.**

*Fuente: Datos proporcionados por la empresa.*

## ETAPAS DEL TRATAMIENTO:

La planta está conformada por las siguientes etapas de tratamiento:

### ETAPA 1: Pretratamiento

Remover sólidos no biodegradables, o lentamente biodegradables, materia flotante y sólido de gran tamaño.

### ETAPA 2: Reactor de oxidación aeróbica

Filtrar el remanente de sólidos y remover un porcentaje de los nutrientes disueltos.

### ETAPA 3: Reactor anaerobio

Se encarga de bajar considerablemente la carga orgánica, sólidos y nutrientes particulados.

#### ETAPA 4: Filtración anaeróbica de flujo ascendente

Continúa el abatimiento de carga orgánica.

#### ETAPA 5: Tratamiento biocida

Eliminación de bacterias y partículas coliformes.



Figura 5. PTAR localizada en vivero “La Cúspide”.

Fuente: Propia.



Figura 6. Lecho de secado de la PTAR.

Fuente: Propia.

### 8.3 TOMA DE MUESTRAS DE LODOS

Los lodos fueron proporcionados por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Vivero “La Cúspide” en un total de tres muestras en una cantidad de 1 kg aproximadamente cada una de ellas. Las muestras se colocaron en bolsas transparentes de polietileno estéril sin pastilla de 1 kg, a temperatura ambiente, para ser transportadas al laboratorio.

A continuación se muestran las técnicas implementadas en el laboratorio con derechos reservados por el Laboratorio Químico-Agrícolas CEDEFRUT.

### 8.2 TÉCNICAS IMPLEMENTADAS EN LABORATORIO.

Las muestras de lodos debidamente recolectadas, fueron llevadas en una caja térmica al Laboratorio de análisis de CEDEFRUT donde se les realizaron los parámetros solicitados; se realiza brevemente la descripción de los parámetros analizados y se anexan los reportes emitidos por el laboratorio, el cual nos entregó los resultados alrededor de 20 días después de haber recibido las muestras.

### PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS.

En referencia a la calidad de aguas sea para su vertido, tratamiento de depuración, potabilización o cualquier otro uso, es imprescindible determinar una serie de parámetros físico químicos mediante métodos normalizados, con objeto de conocer si el valor de estos parámetros se encuentran dentro del intervalo que relaciona valores máximos y mínimos permitidos. En el caso del tratamiento de aguas estos parámetros deben ser determinados en los lodos que son generados durante los procesos.

Los métodos para los parámetros fisicoquímicos que se realizan con mayor frecuencia para determinar la calidad y composición de los lodos, se encuentran referenciados en el

Manual de Análisis Físicos y Químicos en el Suelo del Laboratorio CEDEFRUT donde relaciona principios de las técnicas, procedimientos, cantidades de reactivos y de muestras, etc.

### **Determinación de pH**

#### *Método*

Para la determinación del pH se utiliza el método potenciométrico, con el equipo de laboratorio, potenciómetro HANNA Groane modelo HI 98131. En la práctica se utilizan soluciones amortiguadoras de pH conocido, para calibrar el instrumento y luego comparar, ya sea el potencial eléctrico o el pH directamente de la solución por evaluar.

### **Determinación de Conductividad Eléctrica (CE)**

#### *Método*

El método de la conductividad eléctrica se realiza por un medio de conductímetro sobre la muestra. En este caso el equipo utilizado HANNA Groane modelo HI 98131. Se obtuvo la lectura de pH y Conductividad Eléctrica pesando 10 g, agregando agua destilada y se evaluaron los parámetros 5 repeticiones en un intervalo de 10 min, finalmente se obtuvo un promedio.

### **Determinación de Humedad**

#### *Método*

El método utilizado para esta medición es el gravimétrico, para determinar únicamente la cantidad de agua. Para esto, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = (\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) / \text{Peso inicial} * 100$$

### **Determinación de cenizas**

La muestra de lodo en estado seco se calcina a 550°C hasta masa constante. En Laboratorio CEDEFRUT se utiliza equipo Mufla f6000 furnace.

### **Determinación de Nitrógeno Total**

El nitrógeno total se determinó por el método de Kjeldahl.

### **Determinación de Fósforo (P), Potasio (K) y Cobre (Cu), Hierro (Fe), Zinc (Zn).**

Estos parámetros se determinan mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica, por medio del equipo PERKLYN ELMER AAnalyst 200 Absorción Atómica.

## 9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 9.1 *Salmonella* spp.

El género *Salmonella* se ubica dentro del orden *Enterobacteriales* y a la familia de *Enterobacteriaceae*. Sus miembros son Gram negativos, generalmente móviles por flagelos peritricos, anaerobios facultativos no encapsulados y no espurulados. La diferenciación de especies y subespecies se realiza tomando en cuenta diferentes propiedades bioquímicas. (Flores, 2014).

La *Salmonella* está ampliamente distribuida en la naturaleza, y se encuentra como comensal y patógeno en el tracto gastrointestinal de humanos, mamíferos domésticos y salvajes, reptiles, aves, insectos, y roedores, causando un amplio espectro de enfermedades entre el hombre y los animales. La *Salmonella* es uno de los géneros bacterianos que se encuentra asociado a brotes de enfermedades de origen hídrico, ya que son aislados de agua fresca, aguas servidas, agua dulce y agua salada. Estas bacterias son capaces de sobrevivir en gran variedad de condiciones de estrés por largos periodos de deshidratación, sobrevivir en el suelo y en el agua, así como en salmuera con 20% de sal. (Flores, 2014).

En este caso, los análisis biológicos fueron realizados por parte del personal de Laboratorio Químico-Agrícolas CEDEFRUT. Cabe señalar, que estos análisis se realizaron como rutina para descartar la presencia de vida microbiana en los lodos, con el objetivo de evitar daños a la salud de los colaboradores de la PTAR al momento de manejarlos como sustrato para las plantas del vivero y para evitar un daño al ambiente.

## 9.2 PATÓGENOS Y PARÁSITOS EN BIOSÓLIDOS.

En el aspecto biológico, si bien un lodo sometido a diferentes tipos de tratamiento presenta una disminución en la concentración de microorganismos patógenos no significa que deje de constituirse un riesgo a la salud pública.

Los distintos tipos de microorganismos patógenos, caracterizan a los lodos residuales. Pese a que existen un gran número elevado de microorganismos, se consideran aquellos patógenos más representativos ya sea por la resistencia que éstos presentan, cantidad, afectación, etc. Entre los patógenos más importantes están: *Salmonella spp.*, Coliformes Fecales y Totales (*E. coli*), huevos de Helmintos, entre otros.

Por ello, se estima la deficiencia de microorganismos y patógenos ya que durante el proceso de tratamiento se aplica un componente llamado WALEX (exodor portapak) que inhibe y elimina el crecimiento de bacterias patógenas. (Consultar Anexo 4).

A continuación, se presenta la comparativa de los análisis de lodos generados en la PTAR de acuerdo al origen de las aguas.

**Tabla 8. Parámetros químicos de lodos determinados en laboratorio.**

Determinación	Aguas Grises	Aguas Negras	Aguas Industriales
Nitrógeno	4.78 %	2.38%	2.14%
Fósforo	0.98 %	1.22%	0.76%
Potasio	1.2 %	1.79%	1.79%
Cobre	954 (mg kg <sup>-1</sup> )	2120 ( mg kg <sup>-1</sup> )	1254 ( mg kg <sup>-1</sup> )
Hierro	0.79 %	0.38%	1.69%
Zinc	1278 ( mg kg <sup>-1</sup> )	920.15 ( mg kg <sup>-1</sup> )	1499 ( mg kg <sup>-1</sup> )
Níquel	104 ( mg kg <sup>-1</sup> )	99.2 ( mg kg <sup>-1</sup> )	123 ( mg kg <sup>-1</sup> )
Dureza total	241.0 mg L <sup>-1</sup> (como CaCO <sub>3</sub> )	201.0 mg L <sup>-1</sup> (como CaCO <sub>3</sub> )	371.0 mg L <sup>-1</sup> (como CaCO <sub>3</sub> )

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 9. Parámetros físicos de lodos analizados en laboratorio.**

Determinación	Aguas Grises	Aguas Negras	Aguas Industriales
Conductividad eléctrica	0.38 (umhos cm <sup>-1</sup> )	0.34 (umhos cm <sup>-1</sup> )	0.65 (umhos cm <sup>-1</sup> )

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 10. Parámetros biológicos de lodos analizados en laboratorio.**

Determinación	Aguas Grises	Aguas Negras	Aguas Industriales
Coliformes totales	Ausentes	Ausentes	Ausentes
<i>Salmonella spp.</i>	Negativo	Negativo	Negativo

Fuente: Elaboración propia.

En las Tablas 8 a la 10 se aprecia la comparación de los análisis de lodos, de acuerdo a su origen, donde se observa las semejanzas y las diferencias de los mismos.

El mayor contenido de nitrógeno se obtuvo en los lodos provenientes de las aguas grises, esto puede ser debido a que son provenientes de hogares donde se adiciona material orgánico. Podemos observar la presencia de metales en las aguas procedentes de la industria, sin embargo, por el tipo de industria que los genera no son en una cantidad que pudiera ser tóxica para la salud humana. Los metales determinados son los que tienen mayor impacto en la nutrición vegetal, por lo que la presencia de los mismos son de gran importancia si los lodos se pretenden utilizar para enriquecer sustratos agrícolas.

Se observa la ausencia de microorganismos como coliformes fecales y *Salmonella spp*, en los tres materiales analizados y esto es un indicador de la efectividad del proceso de la planta de tratamiento. Según la clasificación de lodos de la EPA (EPA, 1994) podríamos clasificarlos como: lodos categoría A. Los estándares de evaluación se encuentran bajo el régimen de la Norma NOM-004-SEMARNAT-2002.

Según (Girón, 2005) mencionó, el humus de lombriz, llamado también lombricompost o vermicompost, es el resultante de las excretas de lombriz. Producto de alimentar a la lombriz roja californiana, *Eisenia foetida*, con residuos animales y/o vegetales (materia orgánica) predigeridos por microorganismos especializados: bacterias, hongos y otros. Las lombrices transforman estos residuos en fecha de la lombriz que resulta como producto.

(Castillo, 2010), el lombricompost es considerado de alta calidad debido a todos los beneficios de este abono que provee al suelo. El humus de la lombriz aporta una carga bacteriana que promueve la humificación de la materia orgánica presente en el suelo, mejorando de esta forma la estructura y a aireación del suelo. Además, el lombricompost, actúa como regulador de pH.

En el apartado de Anexos, se encuentran los análisis específicos de acuerdo a su origen, proporcionados por el Laboratorio CEDEFRUT.

Los datos generados con el análisis microbiológico y fisicoquímico de los lodos provenientes de la planta de tratamiento nos arrojan resultados negativos, en el caso de los primeros, nos indica que el proceso de la planta está funcionando correctamente, y en el caso de los segundos, encontramos que las aguas de origen industrial son las que presentan los lodos con mayor cantidad de metales; sin embargo, estos niveles no son de importancia en el caso de contaminación residual ya que están dentro de los parámetros que marca la Normativa en México, se encuentran dentro del rango por la naturaleza de la industria que tenemos en la zona, la industria de procesamiento de fruta fresca.

Martín (2013) mencionó que los abonos orgánicos se encargan de mejorar la calidad del suelo y nutrición de las plantas. Estos además de mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo, también mejoran la actividad biológica de los mismos. Los recursos utilizados para estos fertilizantes están al alcance de los productores agrícolas, teniendo la disponibilidad de producirse *in-situ* a un bajo costo. Algunas fuentes de fertilizantes orgánicos pueden ser: el lombricompost, excremento humano o animal, residuos de cosecha, compostaje y abono líquido como la orina.

Los lodos provenientes de aguas negras son los que presentan mayor cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio, sin embargo fue difícil lograr reunir la cantidad de lodo necesaria para el análisis puesto que la naturaleza de la empresa propietaria de la planta de tratamiento tiene muy pocos servicios de esta índole.

Los tratamientos mediante vermiestabilización, pueden ser una alternativa para la estabilización de lodos y producción de biosólidos de alta calidad agronómica (Gualoto, 2016).

La planta de tratamiento es de poca capacidad ( $2250 \text{ l d}^{-1}$ ) por lo que se obtienen pocas cantidades de lodos en el lecho de secado, los cuales se encuentran dentro de los límites reglamentarios por la ley mexicana para ser usado como aporte a los suelos utilizados en la agricultura. Sin embargo, es necesario la mezcla con otros materiales como fermento de maíz y residuos de poda para aumentar los nutrientes y la estructura del material y usarse como compostaje.

## 10. CONCLUSIÓN

- Los parámetros fisicoquímicos analizados muestran que los elementos estudiados de la PTAR están por debajo de la normatividad mexicana.
- La operación actual de la planta de tratamiento cumple con las condiciones para remoción de microorganismos.
- Los lodos provenientes de las aguas negras son los más ricos en nutrientes.
- Debido a la naturaleza de la industria que se tiene en la región, los lodos provenientes de aguas industriales no representan riesgos a la salud.
- Los lodos analizados en el presente trabajo son aptos para su uso agrícola.

## 11. RECOMENDACIONES

Se recomienda que la PTAR siga las indicaciones y procedimientos consignados en el Manual de Operación y Mantenimiento para mantener y garantizar la buena operación de la misma y estudiar la factibilidad de incrementar su tamaño para poder dar un mayor servicio a sus clientes, ya que por ejemplo en el caso de la industria, los servicios que puede brindar se ven reducidos por la cantidad de agua que puede recibir.

Para la gestión de los lodos se recomienda que se mezcle con la hojarasca proveniente de la poda de los árboles para enriquecerla y una vez que pasen dos meses se destine al compostaje. Para dicha labor se recomienda adquirir la herramienta necesaria y destinar un lugar seco para su almacenamiento, donde se pueda almacenar hasta por un periodo de dos meses, ya que después de ese tiempo podría comenzar a perder sus propiedades.

Es necesario etiquetar correctamente los sacos donde se almacenen los lodos y llevar una bitácora para su correcta administración.

Se recomienda para los colaboradores de la Planta, una capacitación continua sobre el funcionamiento y el aprovechamiento que puede tener una PTAR.

Es recomendable realizar una capacitación de las personas de la región para enseñar los beneficios e incentivar del uso de este material como aporte en el suelo.

## 12.LITERATURA CITADA

Amador-Díaz , A., & Venta, M. (2015). Tratamiento de Lodos, Generalidades y Aplicaciones. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 46, 1,10. Recuperado el 03 de Diciembre de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/1816/181642434003.pdf>

Anónimo. (s.f.). *Producción y características de lodos*. Recuperado el Noviembre de 2020, de <file:///G:/RESIDENCIA%20PROFESIONAL/BIBLIOGRAFIAS%20RP/Produccion%20y%20caracteristicas%20de%20lodos.pdf>

Anónimo, s.f. (2017). *Capítulo II*. Obtenido de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19121/Capitulo2.pdf>

Arocutipa. (2013). *EVALUACIÓN Y PROPUESTA TÉCNICA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN MASSIAPO DLE DISTRITO DE ALTO INAMBARI*. Obtenido de [http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4516/Arocutipa\\_Lorenzo\\_Juan\\_Hipolit\\_o.pdf?sequence=1&isAllowed=yA](http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4516/Arocutipa_Lorenzo_Juan_Hipolit_o.pdf?sequence=1&isAllowed=yA)

Bedoya, K. (2013). Caracterización de biosólidos generados en la planta de tratamiento de agua residual San Fernando, Itagüí, Colombia. 778-790. Obtenido de <file:///G:/RESIDENCIA%20PROFESIONAL/BIBLIOGRAFIAS%20RP/v15n5a13.pdf>

Campos, E. (2009). Análisis básico de reuso de lodos residuales de una planta de tratamiento de aguas residuales en suelos de Pradera del Parque Nacional Nevado de Toluca. *Quiviera*, 35-51.

*CAPITULO IV. LODOS*. (s.f). Recuperado el Diciembre de 2020, de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/leia/morales\\_r\\_pm/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leia/morales_r_pm/capitulo4.pdf)

- Castillo. (2010). *ANÁLISIS DE LOMBRICOMPUESTOS A PARTIR DE DIFERENTES SUSTRATOS*. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70455/juancarloscastillotaco.2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castrejón, A. (s.f.). *Evaluación de la calidad de lodos residuales en México*. Recuperado el Octubre de 2020, de [file:///G:/RESIDENCIA%20PROFESIONAL/BIBLIOGRAFIAS%20RP/EVALUACION\\_DE\\_LA\\_CALIDAD\\_DE\\_LODOS\\_RESIDUALES.pdf](file:///G:/RESIDENCIA%20PROFESIONAL/BIBLIOGRAFIAS%20RP/EVALUACION_DE_LA_CALIDAD_DE_LODOS_RESIDUALES.pdf)
- Donado, R. (12 de Agosto de 2013). *PLAN DE GESTIÓN DE LODOS GENERADOS EN PTAR*. Recuperado el Diciembre de 2020, de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13496/DonadoHoyosRoger2013.pdf?sequenc>
- EPA. (1994). *Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos*. Recuperado el 2020, de <https://espanol.epa.gov/>
- ESPAÑA, A. (2018). Aguas grises: origen, composición y tecnologías para su reciclaje. *Asociación Española de Empresas del sector del Agua.*, 12-13. Obtenido de [https://aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/Pildora\\_08-Grisés\\_origen.pdf](https://aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/Pildora_08-Grisés_origen.pdf)
- Flores. (2014). *Tesis Digitales UNMSM*. Obtenido de Caracterización fenotípica y Genotípica de Estirpes de Salmonella Choleraesuis Aisladas en Ambientes Marinos: [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/flores\\_al/antec.pdf](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/flores_al/antec.pdf)
- Galvis, J. (2013). *Caracterización fisicoquímica y microbiológica de lodos presentes en la planta de tratamiento de aguas residuales industriales (PTARI) de la empresa Jugos HIT de la ciudad de Pereira*. Recuperado el 2020, de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/3898/62839G182.pdf?sequence=1>
- García, M. (2011). *Rehabilitación de un suelo bajo perfil de nutrientes aplicando biosólidos como fertilizante*. Recuperado el Diciembre de 2020, de <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/12811/1/TESIS%20MARI%A%20DEL%20CARMEN%20GARCIA%20ARAIZA%20B091918%20ESIA-ZAC.pdf>

Girón. (2005). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DEL ABONO HUMUS ORGÁNICO PRODUCIDO POR LA LOMBRIZ ROJA*. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1369\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1369_IN.pdf)

Gomez, L. (2016). *Caracterización fisicoquímica de lodos provenientes de una planta de tratamiento de agua residual industrial de una empresa de café del departamento de caldas*. Recuperado el Enero de 2020, de <file:///G:/RESIDENCIA%20PROFESIONAL/BIBLIOGRAFIAS%20RP/tesis%20.pdf>

González, C. (2015). *Generación, caracterización, y tratamientos de lodos de EDAR*. Recuperado el Enero de 2020, de <https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/13199/2016000001232.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Gualoto, N. (2016). *Propuesta de gestión de lodos residuales municipales*. Recuperado el Enero de 2020, de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17066/1/CD-7650.pdf>

Limón, J. (08 de Julio de 2013). *Los Lodos de las Plantas de Tratamiento de Aguas R*. Obtenido de [https://www.ai.org.mx/ai/images/sitio/201309/ingresos/jglm/doc\\_ingreso\\_gualberto\\_lim\\_on\\_trabajo\\_de\\_ingreso.pdf](https://www.ai.org.mx/ai/images/sitio/201309/ingresos/jglm/doc_ingreso_gualberto_lim_on_trabajo_de_ingreso.pdf)

Mancipe, L. (2018). Valoración de lodos de planta de tratamientos de aguas residuales (PTAR) como materia prima para la extracción de lípidos en la obtención de biodiésel. *Ion*, 71-79.

Martínez, A. (2008). *Reducción de volumen de lodos de planta de tratamiento de aguas urbanas vía filtración*. Recuperado el Enero de 2021, de [http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-8500/UCI8575\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-8500/UCI8575_01.pdf)

Mora, B. (2010). *Diagnóstico, caracterización fisicoquímica y biológica de lodos ordinarios y especiales y recomendaciones para el mejoramiento de las regulaciones existentes en el país en esta materia.* Recuperado el Diciembre de 2020, de <file:///G:/RESIDENCIA%20PROFESIONAL/BIBLIOGRAFIAS%20RP/Diagnostico%20%20caracterizacion%20fisicoquimica%20y%20biologica%20de%20los%20lodos%20ordinarios%20y%20Especiales%20y%20%20recomendaciones%20para%20el%20Mejoramiento%20de%20las%20regulaciones%20Existe>

Muñoz, A. (2008). *Caracterización y tratamiento de aguas residuales.* Recuperado el Octubre de 2020, de <file:///G:/RESIDENCIA%20PROFESIONAL/BIBLIOGRAFIAS%20RP/Caracterizacion%20y%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales.pdf>

Oropeza, N. (2006). Lodos residuales: estabilidad y manejo. 61-70.

Rincón. (2019). Obtenido de APROVECHAMIENTOS DE LODOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EMPRESA LÁCTEA, MUNICIPIO DE COGUA.: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7455/1/679232-2019-II-GA.pdf>

Rincón, L. (2019). *Aprovechamiento de lodos de planta de tratamiento de aguas residuales en empresa láctea, municipio de Cogua.* Recuperado el Octubre de 2020, de <file:///G:/RESIDENCIA%20PROFESIONAL/BIBLIOGRAFIAS%20RP/679232-2019-II-GA.pdf>

Ruiz, P. (2017). *Análisis de lodos provenientes del proceso de tratamiento de aguas residuales del municipio de Guatavita.* Recuperado el Noviembre de 2020, de [file:///C:/Users/Karla%20Hissel/Downloads/An%C3%A1lisis%20de%20los%20lodos%20provenientes%20de%20la%20PTAR%20de%20Guatavita%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Karla%20Hissel/Downloads/An%C3%A1lisis%20de%20los%20lodos%20provenientes%20de%20la%20PTAR%20de%20Guatavita%20(2).pdf)

SEK, U. (2017). *Caracterización y evaluación de lodos de depuración provenientes de la planta piloto de tratamientos de aguas residuales Agua Quito, para su aprovechamiento de generación de energía*. Recuperado el Noviembre de 2020, de <file:///G:/RESIDENCIA%20PROFESIONAL/BIBLIOGRAFIAS%20RP/LODOS%20PARA%20ENERGIA.pdf>

SEMARNAT. (2002). *NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-004-SEMARNAT-2002, PROTECCION AMBIENTAL-LODOS Y BIOSOLIDOS, ESPECIFICACIONES Y LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA SU APROVECHAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL*. Recuperado el 2020, de <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/ecol/semarnat004.pdf>

SISTEMA DE INFORMACIÓN MUNICIPAL. (2019). *Tlapacoyan*. Obtenido de [http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2019/06/Tlapacoya\\_2019.pdf](http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2019/06/Tlapacoya_2019.pdf)

Torres. (2007). *Estabilización alcalina de biosólidos compostados de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas para Aprovechamiento Agrícola*. Recuperado el 2020, de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v61n1/a19v61n1.pdf>

Torres. (2011). *Reutilización de aguas y lodos residuales*. Recuperado el 2020, de <http://www.bvsde.paho.org/>.

Zagal, E. (2007). *Protocolo de métodos de análisis para suelos y lodos*. Recuperado el Noviembre de 2020, de [http://www.sag.cl/sites/default/files/METODOS\\_LODOS\\_SUELOS.pdf](http://www.sag.cl/sites/default/files/METODOS_LODOS_SUELOS.pdf)

### 13. ANEXOS

#### ANEXO 1. ALISIS DE LODOS DE AGUAS GRISES.



LABORATORIO CEDEFRUT  
S. DE R. L. DE C.V.



<b>SOLICITANTE:</b> KARLA FRANCO CAGNAT	
<b>LOCALIDAD:</b> ARROYO DE PIEDRA	<b>MUNICIPIO:</b> TLAPACOYAN
<b>FUENTE:</b> LODOS PTAR	<b>MUESTRAS:</b> AGUAS GRISES
<b>CLAVE:</b> 69-MA-21	<b>PROFUNDIDAD:</b> toma directa
<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 30/04/2021	

Determinación	Resultado	Referencia
Nitrógeno	4.78 %	NOM-004-SEMARNAT-2002
Fosforo	0.98 %	NOM-004-SEMARNAT-2002
Potasio	1.2 %	NOM-004-SEMARNAT-2002
Cobre	954 (mg/kg)	NOM-004-SEMARNAT-2002
Hierro	0.79 %	NOM-004-SEMARNAT-2002
Zinc	1278 (mg/kg)	NOM-004-SEMARNAT-2002
Níquel	104 (mg/kg)	NOM-004-SEMARNAT-2002
Conductividad	0.38 (umhos/cm)	NOM-004-SEMARNAT-2002
Dureza total	241.0 mg/l (como CaCo3)	NOM-004-SEMARNAT-2002
Coliformes totales	Ausentes	NOM-004-SEMARNAT-2002
Salmonella sp	Negativo	NOM-004-SEMARNAT-2002

Observaciones: La muestra cumple con los requerimientos para su uso.

  
Biol. Ana Mabel Morales Del Moral  
Titular de Laboratorio



## ANEXO 2. ANÁLISIS DE LODOS DE AGUAS INDUSTRIALES .



LABORATORIO CEDEFRUT  
S. DE R. L. DE C.V.



+ SOLICITANTE: KARLA FRANCO CAGNAT	
LOCALIDAD: ARROYO DE PIEDRA	MUNICIPIO: TLAPACOYAN
FUENTE: LODOS PETAR	MUESTRAS: AGUAS INDUSTRIALES
CLAVE: 70-MA-21	PROFUNDIDAD: toma directa
FECHA DE ENTREGA: 04/05/2021	

Determinación	Resultado	Referencia
Nitrógeno	2.14 %	NOM-004-SEMARNAT-2002
Fosforo	0.76 %	NOM-004-SEMARNAT-2002
Potasio	1.79 %	NOM-004-SEMARNAT-2002
Cobre	1254 (mg/kg)	NOM-004-SEMARNAT-2002
Hierro	1.69 %	NOM-004-SEMARNAT-2002
Zinc	1499 (mg/kg)	NOM-004-SEMARNAT-2002
Níquel	123 (mg/kg)	NOM-004-SEMARNAT-2002
Conductividad	0.65 (umhos/cm)	NOM-004-SEMARNAT-2002
Dureza total	371.0 mg/l (como CaCo3)	NOM-004-SEMARNAT-2002
Coliformes totales	Ausentes	NOM-004-SEMARNAT-2002
Salmonella sp	Negativo	NOM-004-SEMARNAT-2002

+ Observaciones: La muestra cumple con los requerimientos para su uso.

  
Biol. Ana Mariela Morales Del Moral  
Titular de Laboratorio



### ANEXO 3. ANÁLISIS DE AGUAS NEGRAS.



LABORATORIO CEDEFRUT  
S. DE R. L. DE C.V.



<b>SOLICITANTE:</b> KARLA FRANCO CAGNAT	
<b>LOCALIDAD:</b> ARROYO DE PIEDRA	<b>MUNICIPIO:</b> TLAPACOYAN
<b>FUENTE:</b> LODOS PETAR	<b>MUESTRAS:</b> AGUAS NEGRAS
<b>CLAVE:</b> 70-MA-21	<b>PROFUNDIDAD:</b> tomada directa
<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 04/05/2021	

Determinación	Resultado	Referencia
Nitrógeno	2.38 %	NOM-004-SEMARNAT-2002
Fósforo	1.22 %	NOM-004-SEMARNAT-2002
Potasio	1.79 %	NOM-004-SEMARNAT-2002
Cobre	2120 (mg/kg)	NOM-004-SEMARNAT-2002
Hierro	0.38%	NOM-004-SEMARNAT-2002
Zinc	920.15 (mg/kg)	NOM-004-SEMARNAT-2002
Níquel	99.2 (mg/kg)	NOM-004-SEMARNAT-2002
Conductividad	0.34 (umhos/cm)	NOM-004-SEMARNAT-2002
Dureza total	201.0 mg/l (como CaCo3)	NOM-004-SEMARNAT-2002
Coliformes totales	Ausentes	NOM-004-SEMARNAT-2002
Salmonella sp	Negativo	NOM-004-SEMARNAT-2002

**Observaciones:** La muestra cumple con los requerimientos para su uso.

  
Biol. Ana Maribel Morales Del Moral  
Titular de Laboratorio



## ANEXO 4. FICHA TÉCNICA PORTA PAK.

### FICHA TÉCNICA DE WALEX PORTA PAK



#### PROPÓSITO

**PORTA PAK**, es un producto Sanitizante libre de formaldehído formulado con la más alta tecnología que inhibe el crecimiento de bacterias patógenas que producen el mal olor. Se utiliza principalmente en equipos de recirculación o estáticas de letrinas móviles, ya sea en autobuses, lanchas, aviones o en el hogar.

Sus activos ayudan a que se genere una excelente limpieza y al mismo tiempo desodoriza y desinfecta cualquier superficie que entre en contacto. Formulado con materiales libres de formaldehído o contaminantes tóxicos nocivos para la salud.

Tabla 1 Características Físicoquímicas de Walex

Composición	Cloruro sódico, surfactantes, desodorizante y aroma.
Apariencia	Polvo azul oscuro.
Olor	Lavanda
Reactivo al calor	Ninguno
Efectos sobre la superficie	Ninguno, material no corrosivo
pH al 1% v/v	Asume el pH de agua

Fuente: Walex.

#### Ventajas

- Sin formaldehído.
- Siempre la misma cantidad de desodorante por dosis.
- Menor espacio de almacenamiento.
- Uso fácil.
- Efecto duradero.
- Aplicación directa en el retrete.
- Uso controlado.
- Envase sellado y resistente al clima que se puede conservar mucho tiempo.

## FORMA DE USO

- Su aplicación debe estar precedida por un proceso de limpieza.
- Aplíquese directamente a la letrina en una proporción de un paquete por depósito.
- No mezcle directamente en el depósito de agua. Asegúrese de arrojarlo directamente a la letrina.
- No los tome con las manos mojadas o húmedas: Esto puede ocasionar que el paquete se rompa.

## ALMACENAJE

- Mantenga los paquetes cerrados y en lugares a la sombra frescos y secos. No permita el contacto con la humedad o agua directa.
- No se deje al alcance de los niños y no se utilice en superficies que entren en contacto con alimentos.

## DESECHOS

- Deseche de acuerdo a las regulaciones estatales, federales y locales.

