

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**



**ESCUELA DE POSGRADO**

**TESIS**

**TRATAMIENTO DE EFLUENTE DE  
COMPOSTAJE PARA SU UTILIZACIÓN  
COMO FERTILIZANTE LÍQUIDO HUARAL-  
2015**

**PRESENTADO POR:**

**Rafael Juan Calderón Espinoza**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN ECOLOGÍA Y  
GESTIÓN AMBIENTAL**

**ASESOR:**

**José Vicente Nunja García**

**HUACHO - 2018**

**TRATAMIENTO DE EFLUENTE DE COMPOSTAJE PARA SU  
UTILIZACIÓN COMO FERTILIZANTE LÍQUIDO HUARAL-2015**

**Rafael Juan Calderón Espinoza**



**TESIS DE MAESTRÍA**

**ASESOR: José Vicente Nunja García**

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN  
ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRO EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL**

**HUACHO**

**2018**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los logros y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mi madre Zoila que desde el cielo me debe estar iluminando. A mi padre Néstor quien con sus consejos supo guiarme en mi carrera profesional.

A mis hijas: Rafaella, Caroline y Mariana por sus afectos y cariños que son los detonantes de mi felicidad, de mi esfuerzo, de mis ganas de buscar lo mejor para ellas. Les agradezco por ayudarme encontrar en lado dulce y no amargo de la vida. Son mi motor y motivo más grande para concluir con éxito esta tesis.

A mi esposa Carolina, por su paciencia y estima, como parte importante de mi familia.

*Rafael Juan Calderón Espinoza*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, porque está siempre conmigo.

A los docentes y compañeros de estudio de mi Alma Mater Universidad Nacional “José Faustino Sánchez Carrión”, parte importante en mi formación como profesional.

A mis compañeros de labores de la Estación Experimental Agraria Kiyotada Miyagawa-Huaral, por el apoyo y estima en el desarrollo de mi profesión.

A mi esposa Carolina, por estar a mi lado.

A mis hijas Rafaella, Caroline y Mariana, por su apoyo en la presente tesis.

*Rafael Juan Calderón Espinoza*

# ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>ix</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>x</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>1</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2 Formulación del problema.....	2
1.2.1 Problema general	2
1.2.2 Problemas específicos	2
1.3 Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Justificación de la investigación.....	3
1.5 Delimitaciones del estudio.....	4
1.6 Viabilidad del estudio.....	5
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>6</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>6</b>
2.1 Antecedentes de la investigación.....	6
2.1.1 Investigaciones internacionales	6
2.1.2 Investigaciones nacionales	7
2.2 Bases teóricas.....	10
2.3 Bases Filosóficas.....	32
2.4 Definición de términos básicos.....	33
2.5 Hipótesis de investigación.....	37
2.5.1 Hipótesis general	37
2.5.2 Hipótesis específicas	37
2.6 Operacionalización de las variables.....	38

<b>CAPÍTULO III</b>	<b>39</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>39</b>
3.1    Diseño metodológico .....	39
3.2    Población y muestra .....	40
3.3    Técnicas de recolección de datos .....	40
3.4    Técnicas para el procesamiento de la información .....	41
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>42</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>42</b>
4.1    Análisis de resultados .....	42
4.2    Contrastación de hipótesis .....	48
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>51</b>
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>51</b>
5.1    Discusión de resultados .....	51
<b>CAPÍTULO VI</b>	<b>56</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>56</b>
6.1    Conclusiones .....	56
6.2    Recomendaciones .....	57
<b>REFERENCIAS</b>	<b>59</b>
7.1    Fuentes bibliográficas .....	59
7.2    Fuentes electrónicas .....	60
<b>ANEXOS</b>	<b>62</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 .....	42
Tabla 2 .....	43
Tabla 3 .....	44
Tabla 4 .....	45
Tabla 5 .....	46
Tabla 6 .....	47
Tabla 7 .....	47
Tabla 8 .....	53
Tabla 9 .....	54
Tabla 10 .....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 .....	43
Figura 2 .....	44
Figura 3 .....	45
Figura 4 .....	46
Figura 5 .....	46
Figura 6 .....	48
Figura 7 .....	53

## RESUMEN

El presente trabajo de tesis se desarrolló en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral y algunas pruebas en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica de la UNJFSC de Huacho, durante el año 2015, de allí que el propósito de la investigación consistió en determinar un tratamiento del efluente de compostaje para obtener un fertilizante líquido. Este trabajo tuvo seis etapas: la primera fue la caracterización físico-química del efluente, la segunda fue la separación de sólidos flotantes y de partículas en suspensión, la tercera fue la separación de lodos y arena, la cuarta fue la dosificación de solución neutralizante, la quinta fue la dosificación del macronutriente y/o micronutriente y la sexta fue la caracterización físico – química del fertilizante obtenido.

Mediante sedimentación gravimétrica se separó lodos y arena, con tamizado húmedo para separar sólidos en suspensión, se llevó a una biodegradación aeróbica utilizando un equipo de flotación por microburbujeo por un tiempo de 10 horas y cuatro horas adicionales con una inyección de flujo de aire menor respecto al flujo inicial en las primeras 10 horas. Se le aplicó arcilla ácido activada para separar componentes insolubles de baja granulometría y también componentes que dan olor y color al líquido fertilizante, finalmente se hace una filtración en vacío utilizando un matraz Kitasato, un embudo buchner con papel de filtro y una bomba de vacío.

Se tuvo un contenido de nitrógeno de 1.26 % que es bajo y se requirió elevar mediante la adición de otro fertilizante, es este caso se utilizó dos alternativas, preparándose la mezcla fertilizante M-2 y M-2.9, la primera de ellas la M-2 resulta de la adición de 30% de una residual de anchoveta con 10% de solidos de anchoveta cocida y 70% de fertilizante liquido preparado, y la segunda mezcla fertilizante con 30% de una agua con 2.9% de urea solubilizada y 70% de fertilizante liquido preparado.

Palabras clave: Tratamiento del efluente, caracterización físico-química, flotación por microburbujeo, fertilizante líquido.

## ABSTRACT

The present thesis work was developed in the Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral Agricultural Experimental Station and some tests in the laboratories of the Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering of the UNJFSC of Huacho, during the year 2015, hence the purpose of the research It consisted in determining a treatment of the composting effluent to obtain a liquid fertilizer. This work had six stages: the first was the physical-chemical characterization of the effluent, the second was the separation of floating solids and particles in suspension, the third was the separation of sludge and sand, the fourth was the dosage of neutralizing solution, the fifth was the dosage of the macronutrient and / or micronutrient and the sixth was the physical - chemical characterization of the obtained fertilizer.

By means of gravimetric sedimentation, sludge and sand were separated, with wet sieving to separate solids in suspension, it was carried out an aerobic biodegradation using microbubble flotation equipment for a time of 10 hours and an additional four hours with a lower air flow injection. to the initial flow in the first 10 hours. Activated acid clay was applied to remove insoluble components of low granulometry and also components that give odor and color to the liquid fertilizer, finally a vacuum filtration is done using a Kitasato flask, a buchner funnel with filter paper and a vacuum pump.

There was a nitrogen content of 1.26% which is low and it was necessary to raise it by the addition of another fertilizer, in this case two alternatives were used, preparing the fertilizer mixture M-2 and M-2.9, the first of them the M- 2 results from the addition of 30% of a residual anchovy with 10% solids of cooked anchovy and 70% of liquid fertilizer prepared, and the second fertilizer mixture with 30% of a water with 2.9% of solubilized urea and 70% of liquid fertilizer prepared.

Keywords: Effluent treatment, physical-chemical characterization, microbubble flotation, liquid fertilizer.

## INTRODUCCIÓN

Existe una evidente necesidad de reutilizar los efluentes de procedencia industrial o doméstica por la tendencia que se evidencia con el tiempo al tenerse de menos disponibilidad de agua para consumo humano y para otros diversos usos, asimismo se observa que para el desarrollo vegetativo y fisiológico de las plantas que depende de la calidad de los suelos que al ser utilizados repetidas veces este se agota en sus macronutriente y micronutrientes por que se tiene la necesario de utilizar fertilizantes solidos o líquidos, pero estos representan un costo y por otros contaminan el suelo en alguna forma, por lo que se requieren fertilizantes más compatibles con el suelo a fin de no alterar sus propiedades muy característica para el buen desarrollo de la plantas, en este caso se los fertilizantes de origen naturales de naturaleza orgánica. En ese caso se tiene los efluentes o lixiviados de procedencia orgánica constituyen una buen opción después de un tratamiento y balanceo en las proporciones de sus macronutrientes y micronutrientes podrían constituir una excelente alternativa a para complementar una buena fertilización para algunas plantas, en lugar que estos se deriven a las alcantarillas o luego finalmente terminar en los cuerpos de agua ocasionando la contaminación de diferente grado de impacto según la naturaleza fisicoquímica de estos efluentes, por ello una buena política de remediación para estos efluentes es caracterizarlos, tratarlo y darle uso apropiado como potenciales fertilizantes.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

En la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral, se elabora compost y durante su preparación por etapas comprende la adición de agua a fin de controlar la temperatura de compostaje y así asegurar la población microbiana importante para el proceso de compostaje porque lo que se genera un efluente que se recoge en una poza, una parte de estas aguas se filtra y la más importante se acumula en cilindros sin darle un uso específico, aparte que constituyen focos de contaminación.

Estas aguas requieren una evaluación a fin de conocer su composición en micro y macronutrientes, conocer si se requiere algún tratamiento, dilución o adición de otros componentes nutritivos a fin de obtener un líquido fertilizante que se ajuste a una formulación de interés para ser aplicado a algún cultivo de explotación intensiva.

## 1.2 Formulación del problema

### 1.2.1 Problema general

¿Es posible a partir de un tratamiento del efluente de compostaje obtener un fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa - Huaral?

### 1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿Es posible evaluar el contenido de macronutrientes y micronutrientes para proponer un tratamiento del efluente de compostaje para obtener un fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral?
- b) ¿Es posible evaluar las características físico químicas del efluente de compostaje para proponer un tratamiento de esta agua residual para obtener un fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral?
- c) ¿Es posible aplicar un tratamiento físico químico necesario para que el efluente de compostaje sea aplicable como fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral?
- d) ¿Es posible aplicar alguna compensación en los macronutrientes para que el efluente de compostaje sea aplicable como fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral?

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar un tratamiento del efluente de compostaje para obtener un fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- a) Evaluar el contenido de macronutrientes y micronutrientes para proponer un tratamiento del efluente de compostaje para obtener un fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral.
- b) Evaluar las características físicas químicas del efluente de compostaje para proponer un tratamiento de esta agua residual para obtener un fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral.
- c) Aplicar un tratamiento físico químico necesario para que el efluente de compostaje sea aplicable como fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral.
- d) Aplicar alguna compensación en los macronutrientes para que el efluente de compostaje sea aplicable como fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral.

### **1.4 Justificación de la investigación**

#### **1.4.1. Justificación teórica**

Utilizar la información científica y de la tecnología disponible para aprovechar este efluente con una disponible fuente de macronutriente, micronutrientes y materia orgánica, ensayar un

tratamiento de esta agua residual y darle uso como fertilizante líquido para incentivar el crecimiento de algún cultivo de explotación intensiva, al margen que estas aguas ya no serían fuentes de contaminación para los cuerpos de agua, esto daría lugar a una minimización de los riesgos de salud para aquellas personas que aguas abajo utilizan estas aguas residuales.

Estos procesos de compostaje se realizan regularmente en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral, donde se generan residuos sólidos orgánicos y rastrojos diversos procedentes de las actividades propias que realiza esta Estación Experimental, por lo que tienen la necesidad de tratar su residuos para obtener un compost muy útil para sus actividades pero a la vez le resulta un efluente que a la fecha no se da una aplicación para su uso en alguna actividad del Centro Experimental, en este estudio se plantea utilizarlo previo tratamiento fisicoquímico y biodegradativo para darle una aplicación como fertilizante líquido.

De los resultados obtenidos a nivel laboratorio se podría plantear una propuesta para la construcción de una Unidad de Tratamiento de este efluente que dependería de la gestión y decisión de los directivos de la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral.

### **1.5 Delimitaciones del estudio**

Delimitación espacial, la investigación se desarrolló en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral y algunas pruebas en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica de la UNJFSC de Huacho.

Delimitación temporal, la investigación se desarrolló en el año académico 2015, donde se incluyó trabajo de gabinete, trabajo de campo y la redacción del informe final para la sustentación respectiva.

Delimitación social, la investigación se desarrolló por iniciativa individual y con el apoyo de mi asesor, recibiendo facilidades para su realización por parte de la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral.

#### **1.6 Viabilidad del estudio**

El proyecto tuvo viabilidad técnica y financiera para su desarrollo y culminación exitosa.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1 Investigaciones internacionales**

(Borges, Escobar, Rodríguez, Guevara, & Sánchez, 2008) sostienen, que en el objetivo de evaluar el impacto de la aplicación de biosólidos de aguas residuales urbanas en la concentración de metales pesados (MP) en el sistema suelo-planta y la composición microbiológica del suelo, se realizó el presente trabajo en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), La Habana, Cuba. La aplicación de biosólidos en el suelo Ferralítico Rojo compactado incrementó el contenido cobre (Cu), níquel (Ni) y cinc (Zn) en los sustratos; mientras que, el contenido de hierro (Fe) y manganeso (Mn) disminuyó, comportamiento que mantuvo la misma tendencia al evaluar los diferentes órganos de las plantas. Se destaca que las concentraciones de MP encontradas en los sustratos y los órganos vegetales no representaron riesgos de fitotoxicidad ya que fueron inferiores a los niveles considerados como máximos permisibles para este tipo de suelo y para las plantas de tomate.

### 2.1.2 Investigaciones nacionales

(Calderón, 2013) afirma que el trabajo consiste en desarrollar a nivel de laboratorio un fertilizante foliar formulado de acuerdo a las recomendaciones de los agrónomos para emplearse en diferentes cultivos y zonas del país. Inicialmente, se explica las características de cada uno de los componentes de un fertilizante foliar, la manera como se desenvuelven los nutrientes principales en las plantas y en el suelo, y la importancia de introducir micro nutrientes.

También se explica las razones de un formulado foliar rico en fósforo y en qué casos debería ser aplicado en las plantas, así como la función de cada componente del fertilizante y los efectos que ocasiona su presencia o ausencia. La parte experimental detalla el proceso completo del producto elaborado en el laboratorio. Primero, se indica la composición de los nutrientes principales NPK de los micronutrientes quelatados, luego se han evaluado sus propiedades físicas (pH, densidad y solubilidad en agua) y las propiedades de uso en el campo, como la estabilidad, factor importante para su comercialización en todas las regiones del país. Adicionalmente se muestran fotografías de cambios producidos en algunas plantas en las que se probó la eficiencia del fertilizante. Para la formulación del fertilizante se utilizó insumos fácilmente accesibles desde el punto de vista económico, el cual permitirá su uso masivo.

Por otro lado (Gallegos, 2014) señalan en su trabajo titulado: “Dosis y momento de aplicación de abono líquido (Biol) en el cultivo de cebolla china (*Allium fistulosum*) variedad criolla en la localidad de Lamas – San Martín, Perú” tiene como objetivos: Comparar diferentes dosis de Biol aplicados al follaje y su efecto sobre el crecimiento y producción de cebollita china, así como determinar el momento óptimo de aplicación de Biol para obtener mejores rendimientos en el cultivo de cebolla china. El trabajo de

investigación se llevó a cabo específicamente en el fundo “El Pacifico” de propiedad del Ing. Jorge Luis Peláez Rivera, ubicada en el sector Killoalpa, distrito y provincia de Lamas.

Ubicada geográficamente: Latitud sur 06°20'15'', Longitud oeste 76°30'45'', y una altitud de 814 m.s.n.m. Se utilizó un diseño en bloque completo al azar o randomizado, con arreglo factorial 4 x 4, con 17 tratamientos (incluido el testigo) y tres repeticiones. El tratamiento T5 mostro el mejor comportamiento representado en los parámetros de peso de planta, altura de planta y menor incidencia de malezas y enfermedades, debido principalmente a las condiciones medioambientales favorables para su desarrollo y a la adaptabilidad demostrada a esas condiciones.

(Vela Rodríguez, 2014) Señala que su trabajo de investigación que realizó en el proyecto Vacunos de la Facultad de Agronomía (Fundo de Zungarococha), de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, el presente trabajo de investigación es “Niveles de lombricompost y concentraciones de biol, en las características Agronómicas y rendimiento de Capsicum sp. “motelito”. Distrito de San Juan Bautista, Loreto - Perú. Se emplearon 9 tratamientos y 3 repeticiones. Las evaluaciones fueron realizadas a la 16va semana después de la siembra con los siguientes indicadores: altura, N° de flores/planta, N° de frutos/planta, porcentaje de mortalidad, en parcelas de 1.0 m<sup>2</sup> de área.

El diseño estadístico utilizado fue un Diseño Completo al Azar (D.C.A.), con arreglo factorial de 3 x 3, siendo el factor A el peso del humus las que fueron 3, 4 y 5 kilos y el factor B la concentración de Biol, las que fueron el 10 %, 20 % y 30 % respectivamente. Para las Características Agronómicas del presente trabajo de tesis demostró que a mayor peso de humus de lombriz y mayor concentración de Biol se incrementa el rendimiento del N° de

frutos/planta. En las características Agronómicas: En lo que respecta a la altura de planta, el mejor tratamiento fue el T9 A3B3 (5 kilos de humus de lombriz + 30% concentración de biol) que logro 47.33 centímetros. En lo que respecta al N° de flores y N° de frutos el mismo tratamiento obtuvo el mejor resultado que fue de 25 flores/planta y 25 frutos/planta. Que el tratamiento T9 A3B3 (5 kilos de humus + 30% concentración de humus de lombriz), fue el que ocupó el primer lugar en las características agronómicas de altura de planta, número de flores/planta y número de frutos/planta a la 16va semana.

Que los niveles de mayor aportación de lombricompost y concentración de biol la planta de Capsicum sp. Variedad “Ají Motelito”, reacciona positivamente para la producción de flores y frutos en bolsas plásticas. En el porcentaje de mortalidad no existió diferencia estadística entre bloques ni tratamiento.

(Flores del Águila, 2014) Afirma en su trabajo titulado “Producción de biol a partir de cuatro fuentes de materia orgánica en el fundo Cacatachi – Tarapoto – San Martín - Perú”, tiene como objetivos: Determinar la producción y las características físico – químicas de biol, obtenido a partir de la riqueza nutritiva de 4 fuentes de materia orgánica y realizar el análisis económico de los tratamientos evaluados. El trabajo de investigación se realizó en el Fundo Cacatachi de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, Km. 8, a la margen izquierda de la carretera Fernando Belaunde, Tarapoto-Moyobamba, en un periodo de 3 meses.

Se aplicó la estadística descriptiva, cuyas unidades experimentales comprenden 5 tratamientos distribuidos en 4 repeticiones, los insumos utilizados fueron: estiércol de vacuno, ovino, cerdo, gallina. Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación indican que con respecto a la cantidad de biol producido los

tratamientos T2 y el T3 tuvieron igual cantidad en comparación a los tratamientos T1 y T4 ; En referencia al análisis físico químico el T1 obtuvo en contenido de Nitrógeno (2,5 %), el T3 en Fosforo (0,25%), el tratamiento T4 tiene en Potasio (1,9 %), Calcio (0,13 %) y magnesio (0,008 %); En cuanto a la relación Costo/Beneficio no existe perdida en ninguno de los tratamientos.

## 2.2 Bases teóricas

### Aguas Residuales.

(Canedo Ávila, 2012) refiere que las aguas residuales son materiales derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en los cuerpos de agua. Los materiales inorgánicos como la arcilla, sedimentos y otros residuos se pueden eliminar por métodos mecánicos y químicos; sin embargo, si el material que debe ser eliminado es naturaleza orgánica, el tratamiento implica usualmente actividades de microorganismos que oxidan y convierten la materia orgánica en CO<sub>2</sub>, es por esto que nos los tratamientos de las aguas residuales son procesos en los cuales los microorganismos juegan papeles cruciales. (p.16)

(Jaureguiberry, 2010) afirma: El agua es esencial para la vida animal y vegetal, siendo indispensable para la subsistencia del hombre, ya sea como bebida, para su higiene personal y la limpieza de los elementos de uso cotidiano, como para la producción de objetivos imprescindibles para su desarrollo técnico. En efecto, la industria es una gran consumidora, la utiliza como materia prima, para transportar productos en suspensión, eliminar impurezas con el lavado, absorber calor, etc.

Hoy en día los conglomerados humanos y particularmente los centros industriales absorben enormes volúmenes, que luego de usados se transforman en agua servida o residual que debe ser alejada rápidamente y

reintegrada a su ciclo en la naturaleza. La eliminación de estos efluentes líquidos origina a su vez la contaminación de los cuerpos donde se vierten, si no se adoptan las medidas necesarias para impedirlo.

Por otra parte, nuevas y crecientes fuentes de contaminación hacen que en algunas zonas los recursos hídricos naturales estén cada vez más comprometidos como consecuencia del progresivo deterioro de su calidad.

Contaminación, es la acción de incorporar en los cuerpos de agua sustancias sólidas líquidas o gaseosas, o mezclas de ellas de modo que alteren desfavorablemente sus condiciones naturales, afectando la salud, la seguridad, el bienestar público, su empleo doméstico, industrial, agrícola, recreativo u otros usos. (p. 6)

### **Fuentes de contaminación**

(Jaureguiberry, 2010) expresa que se pueden enunciar varias fuentes de contaminación atendiendo aquellas que resultan de la acción del hombre, dejando de lado las naturales, por ser de escasa relevancia.

En general están originadas en diversos tipos de desagües y eventuales descargas sólidas. Entre los primeros tenemos principalmente los desagües cloacales, pluviales, industriales, de temperatura elevada, provenientes de la explotación del petróleo y sus derivados, provenientes de explotaciones agropecuarias, originados en las actividades vinculadas al uso de elementos radiactivos, etc. (p. 6)

### **Desagües cloacales**

(Jaureguiberry, 2010) afirma que constituyen una de las causas más graves de contaminación de las aguas, por su contenido de materia orgánica, microorganismos patógenos, detergentes, etc.

La evacuación de estos desagües en los cursos de agua sin tratamiento previo puede originar graves perjuicios, en especial la descomposición de la materia orgánica por acción bacteriana previa a la disminución del oxígeno disuelto, pudiendo llegar inclusive a su anulación. (p. 7)

#### **Desagües pluviales:**

(Jaureguiberry, 2010) afirma que los desagües pluviales no son suficientemente tenidos en cuenta al analizar las causas de contaminación de las aguas, no obstante que los mismos pueden ser peligrosos.

Las aguas de lluvia arrastran los elementos contaminantes presentes en la atmósfera y especialmente sustancias minerales y residuos de origen animal y vegetal acumulados en los techos, azoteas, patios, veredas y calles. (p. 7)

#### **Desagües industriales:**

(Jaureguiberry, 2010) refiere: conjuntamente con los desagües cloacales, constituyen la causa predominante de contaminación de las aguas.

Es muy difícil definir las características de los desagües industriales, dado que presentan la particularidad de su gran variedad en cuanto a naturaleza, y cantidad de residuos producidos, verificándose notorias diferencias según los tipos de industrias, concepto que incluye a las similares, ya que depende de la modalidad del proceso fabril desarrollado. (p. 7)

#### **Desagües a temperatura elevada:**

(Jaureguiberry, 2010) asevera que esto constituye una forma de contaminación de las aguas que han comenzado a crear preocupación en los últimos años y que se designa como contaminación térmica.

La temperatura elevada en un curso de agua, determina la clase de peces que pueden vivir y reproducirse, ya que dicho factor gobierna la cantidad de

oxígeno disuelto disponible. Además, tiene otro efecto negativo importante, ya que el oxígeno se combina más rápidamente con los desechos orgánicos a medida que aumenta la temperatura del agua, pudiendo llegar a desaparecer totalmente. (p. 7)

**Desagües provenientes de la explotación y transporte del petróleo y sus derivados:**

(Jaureguiberry, 2010) dice que esta causa de contaminación reconoce su origen en pérdidas accidentales y en la falta de cuidado en el manipuleo del petróleo y sus derivados, como también en los derrames provocados por los barcos que transportan el producto y que realizan las operaciones de trasvase, descarga de lastres o limpieza de sus cisternas.

El petróleo o sus derivados presentes en los cuerpos agua, no sólo es objetable desde el punto de vista estético y por los daños producidos a las playas y riberas, sino por la delgada película que forma al extenderse sobre la superficie, impidiendo la reaeración y la correspondiente incorporación de oxígeno necesaria para los procesos de autodepuración. (p. 7)

**Desagües originados en las actividades vinculadas al uso de elementos radiactivos:**

(Jaureguiberry, 2010) afirma que es un problema que pasa a tener vigencia paulatinamente y a medida que adquiere desarrollo este género de actividades. (p. 7)

**Desagües provenientes de explotaciones agrícolas:**

(Jaureguiberry, 2010) expresa que esta causa de contaminación se refiere especialmente a los cambios de calidad de las aguas utilizadas con fines agrícolas. (p. 7)

### **Descargas sólidas:**

(Jaureguiberry, 2010) dice que esta forma de contaminación se produce por las descargas directas de residuos sólidos, ya sean domésticos o industriales a los cursos de agua.

Los efectos de la contaminación de las aguas se pueden considerar analizando algunos aspectos vinculados con los distintos usos de las aguas

Los procedimientos actuales de protección ambiental en la industria están orientados hacia la minimización de los residuos generados en los procesos internos, reduciendo las inversiones como tratamiento de efluentes.

Los diseños requeridos se ajustan entonces a las características particulares de cada descarga, tanto en caudal como en composición (contenido de material inorgánica u orgánico, disuelto o suspendido). (p. 8)

### **Tratamiento de Aguas Residuales**

**1. El Tratamiento Primario** consiste en hacer pasar aguas residuales por cribas de barras, para separar los objetos grandes y el material particulado sólido de mayor tamaño en suspensión. Después se pasan lentamente las aguas a un tanque de asentamiento, donde los lodos se separan por sedimentación, y las grasas y aceites flotan en la parte superior en forma de espuma. Este tratamiento elimina alrededor del 60% de sólidos suspendidos y el 35% de las sustancias biodegradables disueltas de las aguas residuales. Si el agua no recibe tratamiento secundario con frecuencia se trata con cloro antes de liberarlo de regreso al ambiente.

### **Sedimentación de contaminantes del agua.**

(Soto Bubern, 2007) dice que el tratamiento de agua puede subdividirse en cuatro etapas: clarificación, desinfección, acondicionamiento químico y acondicionamiento organoléptico. En este caso se explica la etapa de clarificación, la cual consiste en la eliminación de partículas finas. Se subdivide en coagulación, floculación y sedimentación y/o filtración.

El agua consta de tres tipos principales de impurezas: físicas, químicas y biológicas.

Desde el punto de vista físico se puede hablar que los sólidos totales que son impurezas del agua se pueden clasificar como partículas no filtrables o en suspensión, filtrables o disueltas y una tercera posibilidad es el caso intermedio que corresponde a los coloides. En general los coloides no tienen un límite fijo de tamaño y se suelen estudiar bajo un enfoque fisicoquímico desde el punto de vista de sus propiedades. Un material coloidal puede tardar 755 días en sedimentar por tanto es importante cambiar esta condición. (p. 3)

(Bailon Peidró, 2010) afirma Para comprender mejor el estudio del proceso de clarificación del agua se introduce el concepto de turbiedad. Se entiende por turbiedad a la propiedad óptica de una muestra de diseminar y absorber la luz en lugar de transmitirla en línea recta. Existen dos tipos de equipos para medir turbiedad. En la primera clase de equipos están el turbidímetro de aguja de platino y la bujía de Jackson, los cuales son aptos para medir turbiedades altas. En la segunda clase de equipos está el turbidímetro Hach, que se utiliza para medir turbiedades bajas (nefelometría). Además de turbiedad es posible también definir color. Se habla de color aparente si no se ha removido la turbiedad y de color verdadero del agua en caso contrario. En general el color se determina con tubos Nessler. El color del agua se debe principalmente a materia orgánica o minerales en suspensión o en estado coloidal. En general las sustancias liofílicas son responsables de la coloración del agua.

En cuanto a los coloides, se pueden clasificar en el rango de tamaño entre 1 mm a 1000 mm mediante un microscopio electrónico. Los coloides se pueden clasificar según varios aspectos. Pueden considerarse liofílicos si se estabilizan con capas de hidratación o bien liofóbicos si presentan repulsión por el solvente y por tanto son más inestables.

Otra clasificación que puede hacerse según sea su duración en Caduco (cambian rápidamente) o Diurno (larga duración). Del punto de vista

de la química hay dos clases: orgánicos o inorgánicos. Según sea el tipo de aglomerado que conforman se clasifican en moleculares y en miscelares. Por último, bajo un punto de vista de su forma, se puede decir que los cilíndricos son más propensos a aglutinarse que los esféricos o poliédricos. (p. 3)

**2. El Tratamiento Secundario** (Falcon, 1990) refiere que se fundamenta en la biodegradación aerobia del material orgánico. El tratamiento más común secundario es con lodos activados. Las aguas negras son impelidas por una bomba, después de un tratamiento primario, hacia un tanque de aireación, donde se mezclan durante unas horas con aire y con lodos cargados de bacterias. Las bacterias de lodo metabolizan los nutrientes orgánicos; los protozoarios son consumidores secundarios que se alimentan de la bacteria. En seguida las aguas tratadas pasan a un tanque de sedimentación donde los sólidos cargados de bacterias se depositan y son devueltos al aireador. Una parte del lodo debe quitarse para mantener condiciones constantes. El efluente en la actividad biológica sigue cargado con bacterias de modo que no está en condiciones de ser vertido a una corriente de agua abierta. Puesto que los microorganismos han realizado su cometido que se puede destruir. Por consiguiente, el paso final consiste en un proceso de desinfección, generalmente es por clorinación. El gas cloro inyectado en el efluente de 15 a 30 minutos antes de su carga final, puede destruir más del 99% de las bacterias nocivas. (p. 14)

**3. El tratamiento terciario** es costoso y su propósito es eliminar, por ejemplo, metales pesados como  $Cd^{2+}$  y  $Pb^{2+}$ , los nutrientes como iones fosfatos y nitrato, exceso de sales y contaminantes orgánicos. Su objetivo primordial es que el agua de desecho sea lo más pura antes de devolverla al ambiente. Existen varias clases de tratamiento terciario: de precipitación, sedimentación y filtración para eliminar los nutrientes, la

absorción del carbono para eliminar compuestos orgánicos y las técnicas de osmosis inversa, intercambio iónico, electrodiálisis para desmineralizar las aguas, etc.

Los aumentos de temperatura aceleran la digestión de los lodos hasta un límite que coinciden con el punto en el que las bacterias activas mueren por efecto del calor, los primarios se digieren 1.5 veces más rápidamente a 40°C que a 25°C. Los lodos activados lo hacen 2.2 veces más rápidamente a 40°C que a 25°C. A 40°C se produce un cambio con una reducción en la velocidad de los organismos que actúan bastante bien desde los 15°C hasta los 37°C. Este es el intervalo mesofílico de los organismos acomodados a temperaturas moderadas. Por encima de los 40°C hay otro aumento hasta casi los 55°C que describe la gama termofílica, organismos que resisten el calor.

(Line, 2012) sostiene que los vertimientos industriales líquidos se distinguen de las aguas domesticas en que usualmente contienen muy pocos microorganismos y un número limitado de sustratos o a veces uno solo. Las diferencias de poder contaminante entre un efluente industrial y un agua cloacal, que están directamente relacionadas con el contenido de materia orgánica que es medido generalmente en términos de demanda de oxígeno biológica (DBO) o química (DQO), pueden ser muy considerables. Si comparamos valores conocidos de algunos efluentes de fábrica que pueden presentar valores de DQO de 70.000, 35.000 y 150.000 mg/L respectivamente, con las aguas cloacales que suelen tener valores de 120 a 300 mg/ L puede visualizarse la magnitud del problema que presentan algunos efluentes de la industria para su tratamiento.

## **ADSORCION**

(Zárate Anchante, 2005) sostiene que la adsorción es un proceso de separación que comprende el contacto de sólidos con líquidos o gases y la transferencia de masa en la dirección fluido a sólido.

Las operaciones de adsorción se basan en la capacidad especial de ciertos sólidos para remover en forma preferencial componentes específicos de una solución. De esta forma, pueden separarse unos de otros los componentes de soluciones gaseosas o líquidas.

La adsorción es el fenómeno por el cuál una sustancia, atraída por fuerzas electrostáticas, de Van der Waals o químicas, se “une” a la superficie de otra por un período más o menos corto. Según la naturaleza de las fuerzas que intervienen en la unión, se habla de cambio iónico cuando éstas son electrostáticas; de adsorción física cuando son de Van der Waals y de adsorción química o quimisorción, cuando intervienen fuerzas químicas, especialmente uniones covalentes de diferentes tipos.

**Fundamento:** Las fuerzas de Van der Waals son de naturaleza electrostáticas y se deben a la dipolaridad de las moléculas. Se originan en la atracción de moléculas dipolares o en la atracción entre moléculas cuya dipolaridad ha sido inducida por moléculas permanentemente dipolares, o por oscilaciones de cargas internas en moléculas sin momento dipolar medible. Las fuerzas de Van der Waals son las responsables de la aglomeración de átomos o moléculas en los estados de agregación líquida o sólida.

Además de sus efectos dipolares, estas fuerzas pueden tener también carácter multipolar y son aditivas. Así la atracción total entre dos partículas que contienen un gran número de átomos, por ejemplo, de dos partículas de arcilla es igual a la suma de las fuerzas atractivas de todos los átomos en ambas partículas. (p. 26)

(Zárate Anchante, 2005) asevera que de estas sumas resultan fuerzas que no son tan pequeñas.

En las partículas grandes la disminución de las fuerzas con la distancia no es tan considerable como a nivel atómico. Por ser estos sistemas muy complejos y heterogéneos, actúan al mismo tiempo diferentes fuerzas de retención.

Este fenómeno es importante en los suelos cuyo material se caracteriza por una baja capacidad de cambio catiónico, como los suelos caoliníticos.

A la sustancia que está siendo adsorbida o concentrada en la superficie o interfase, se le llama adsorbato y al sólido bajo el cual se lleva a cabo la adsorción se llama adsorbente.

La naturaleza de la arcilla depende en gran parte de la cantidad de partículas coloidales presentes. Toda partícula cargada tenderá a adsorber otras partículas cargadas, usualmente iones, a fin de neutralizar la carga. Las partículas de arcilla cargadas se consideran siempre en contacto con agua, con o sin materia ionizada disuelta. (p. 27)

(Zárate Anchante, 2005) refiere que en los casos en que la carga superficial es positiva (lo menos frecuentes) se cree que se adsorben del agua iones hidroxilos para formar una capa interior fija.

Como el exceso de carga sobre la partícula existe en unidades fraccionarias electrónicas la adsorción de hidroxilos conduce a una carga negativa global que es entonces neutralizada por una capa más externa de cationes. Estos cationes son intercambiables, mientras que el hidroxilo generalmente no es intercambiable por otros aniones.

Con mayor frecuencia la partícula de arcilla está cargada negativamente y adsorbe cationes directamente. La disposición de los cationes en la envoltura de agua que rodea las partículas de arcilla depende de su tamaño, carga y agua de hidratación y todo ello altera el campo eléctrico que rodea las partículas. La distancia, contada desde la partícula, a la cual se anula el campo eléctrico de ésta para una concentración dada de cationes está regida por el tamaño y la carga de dichos cationes. Los iones pequeños pueden disponerse en distancias más próximas que los de gran tamaño y neutralizar así el campo más cerca de la superficie. De modo semejante los cationes de gran carga se requieren en menor número que los de carga pequeña y pueden disponerse en un espacio más reducido. Por lo tanto, el tipo de catión puede

influir considerablemente en la importancia relativa de las dos fuerzas opuestas que actúan sobre las partículas de arcilla.

1. Una fuerza mutua de atracción ligada a la densidad, pero que debido al pequeñísimo tamaño actúa solamente cuando las partículas están muy próximas una de otras.
2. Una fuerza de repulsión debida a la carga negativa de cada partícula.

De acuerdo con éstas, si dos partículas en una suspensión de arcilla se aproximan una a otra, se repelerán a no ser que puedan llegar a aproximarse suficientemente para que predomine la fuerza atractiva. Si los iones de carga opuesta son grandes, por ejemplo,  $K^+$  y  $Na^+$ , se produce la repulsión y puede lograrse una suspensión estable (desfloculación). Si los iones oponentes son pequeños y/o altamente cargados se produce la aglomeración (floculación), por ejemplo:  $Al^{+3}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Ca^{+2}$  (p. 28)

## **COMPOST**

(RANR, 2016) El compost, también llamado composto o composta, es un abono orgánico que se obtiene de compuestos que forman o formaron parte de seres vivos en un conjunto de productos de origen animal y vegetal; constituye un “grado medio” de descomposición de la materia orgánica, que en sí es un magnífico abono orgánico para la tierra, y logra reducir enormemente la basura.

Se denomina humus al “grado superior” de descomposición de la materia orgánica. El humus supera al compost en cuanto abono, y ambos son orgánicos.

El compostaje se forma de desechos orgánicos como: restos de comida, frutas y verduras, aserrín, cáscaras de huevo, restos de café, trozos de

madera, poda de jardín (ramas, césped, hojas, raíces, pétalos, etc.). La materia orgánica se descompone por vía aeróbica o por vía anaeróbica. Llamamos “compostaje” al ciclo aeróbico (con alta presencia de oxígeno) de descomposición de la materia orgánica. Llamamos “metanización” al ciclo anaeróbico (con nula o muy poca presencia de oxígeno) de descomposición de la materia orgánica.

### **Compost artesanal.**

(Corpál, 2014) dice que el compost es obtenido de manera natural por descomposición aeróbica (con oxígeno) de residuos orgánicos como restos vegetales, animales, excrementos y purines (parte líquida altamente contaminante que rezuma de todo tipo de estiércoles animales), por medio de la reproducción masiva de bacterias aeróbicas termófilas que están presentes en forma natural en cualquier lugar (posteriormente, la fermentación la continúan otras especies de bacterias, hongos y actinomicetos). Normalmente, se trata de evitar (en lo posible) la putrefacción de los residuos orgánicos (por exceso de agua, que impide la aireación-oxigenación y crea condiciones biológicas anaeróbicas malolientes), aunque ciertos procesos industriales de compostaje usan la putrefacción por bacterias anaerobias.

La composta se usa en agricultura y jardinería como enmienda para el suelo (ver Abono orgánico), aunque también se usa en paisajismo, control de la erosión, recubrimientos y recuperación de suelos.

### **Agentes de la descomposición**

(Nacimba, 2013) afirma que la construcción de pilas o silos para el compostaje tiene como objetivo la generación de un entorno apropiado para el ecosistema de descomposición. El entorno no solo mantiene a los agentes de la descomposición, sino también a otros que se alimentan de ellos. Los residuos de todos ellos pasan a formar parte del compost.

La basura orgánica en descomposición produce metano (gas que atrapa la energía solar provocando junto con otros gases el aumento de la temperatura global); una molécula absorbe veinte veces más calor que una de CO<sub>2</sub>, por eso es el peor gas para el aire.

- **Microscópicos**

Los agentes más efectivos de la descomposición son las bacterias y otros microorganismos. Los microorganismos eficientes son un conjunto de bacterias (caldo microbiano) que unidas producen a temperaturas favorables un aprovechamiento de los componentes de la materia a compostar para optimizar el proceso de compostaje.

También desempeñan un importante papel los hongos, protozoos y actinobacterias (o actinomycetes, aquellas que se observan en forma de filamentos blancos en la materia en descomposición).

- **Macroscópicos**

Ya a nivel macroscópico se encuentran las lombrices de tierra, hormigas, caracoles, babosas, milpiés, cochinillas, etc., que consumen y degradan la materia orgánica.

- **Basura orgánica en vertederos**

En cielo abierto resulta ser un foco de infecciones, gusanos y malos olores. Una buena política encaminada a reciclar los materiales orgánicos reduce la contaminación y fomenta la producción, reconstruyendo la estructura de la tierra y devolviendo a la naturaleza los nutrientes que la actividad del hombre ha tomado prestados previamente.

**Ingredientes del compostaje:**

(Humanista, 2016) sostiene que cualquier material biodegradable podría transformarse en compostaje una vez transcurrido el tiempo suficiente. No todos los materiales son apropiados para el proceso de compostaje tradicional a pequeña escala. El principal problema es que si no se alcanza

una temperatura suficientemente alta los patógenos no mueren y pueden proliferar plagas. Por ello, el estiércol, las basuras y restos animales deben ser tratados en plantas específicas de alto rendimiento y sistemas termofílicos. Estas plantas utilizan sistemas complejos que permiten hacer del compostaje un medio eficiente, competitivo en coste y ambientalmente correcto para reciclar estiércoles, subproductos y grasas alimentarias, lodos de depuración, etc.

Este compostaje también se usa para degradar hidrocarburos del petróleo y otros compuestos tóxicos y conseguir su reciclaje. Este tipo de utilización es conocida como biorremediación.

El compostaje más rápido tiene lugar cuando hay una Relación Carbono/Nitrógeno (en seco) de entre 25/1 y 30/1, es decir, que haya entre 25 y 30 veces más carbono que nitrógeno. Por ello, muchas veces se mezclan distintos componentes de distintas proporciones C/N. Los recortes de césped tienen una proporción 19/1 y las hojas secas de 55/1. Mezclando ambos a partes iguales se obtiene una materia prima óptima.

También es necesaria la presencia de celulosa (fuente de carbono) que las bacterias transforman en azúcares y energía, así como las proteínas (fuente de nitrógeno) que permiten el desarrollo de las bacterias.

### **Restricciones**

(Humanista, 2016) publica que no se debe incluir aceite o restos de comida grasienta, tratar de evitar los restos con mucha carne (ya que tardan mucho en descomponerse), lácteos y huevos no deben usarse para compostar porque tienden a atraer insectos y otros animales indeseados. La cáscara de huevo, sin embargo, es una buena fuente de nutrientes inorgánicos (sobre todo carbonato cálcico) para el suelo a pesar de que si no está previamente cocida tarda más de un año en descomponerse; se debe cuidar que no vaya ningún elemento inorgánico como: plástico, vidrio, papel o aluminio.

## **Técnicas de compostaje**

### **Compostadores hechos con RSU (residuos sólidos urbanos).**

(Humanista, 2016) dice que existen variadas técnicas de compostaje, las que se ajustan a diferentes necesidades; la elección de una técnica u otra depende, entre otras cosas, de la cantidad y tipo de material a procesar, inversión disponible y disponibilidad de terreno, complejidad operacional y del producto final que se quiere obtener. Los distintos sistemas están determinados por los mecanismos de aireación que se utilizan en el proceso, generalmente los podemos agrupar en: aireación pasiva, aireación forzada, y aireación por volteos del material.

Compostaje en pilas estáticas: se forman pilas, en un bote o caja metálica grande (mínimo 1m<sup>3</sup>., máximo 1.5 m<sup>3</sup>.) con tapa, colocando una capa gruesa (aproximadamente 6cm.) de aserrín o tierra y se deja sin movimiento, se vierte ahí todos los desechos orgánicos y se cubren con otra capa de tierra, para que se mantenga la humedad se rocía con un poco de agua que resulta indispensable y se espolvorea con cal para evitar malos olores. Termina ventilándose naturalmente por un proceso de convección térmica natural. En este procedimiento no se tiene temperatura, los procesos son los naturales a temperatura ambiente.

Compostaje en pilas estáticas aireadas: consiste en airear de manera forzada la materia que se está compostando. La pila se construye sobre una red de tuberías, donde se suministra o extrae aire frecuentemente para proporcionar un medio aeróbico. Esta técnica es conocida también como técnica activa o caliente: se controla la temperatura para permitir el desarrollo de las bacterias más activas, matar la mayoría de patógenos y gérmenes, y así producir compost útil de forma rápida.

Compostaje en pilas de volteo: este sistema de compostaje es el más utilizado, y se realiza mediante un volteo manual o mecánico. En este método se amontona el material, se mezcla y voltea periódicamente, evitando así la compactación y entregando oxígeno al sistema.

La mayoría de plantas industriales y comerciales de compostaje utilizan procesos activos, porque garantizan productos de mejor calidad en un plazo menor. El mayor grado de control y, por tanto, la mayor calidad, suele conseguirse compostando en un recipiente cerrado con un control y ajuste continuo de temperatura, flujo de aire y humedad, entre otros parámetros.

El compostaje casero es más variado, fluctuando entre técnicas extremadamente pasivas hasta técnicas activas propias de una industria. Para ello se escoge un lugar al aire libre ya sea patio o jardín de preferencia lejos de la casa o la cocina, le debe dar el sol y la sombra durante el día. Cada vez que se integren nuevos desechos orgánicos a la composta o una vez a la semana se revuelve todo con una varilla, este paso es muy importante para ventilar los materiales. En tres o cuatro semanas se observará que es difícil distinguir lo que se fue depositando a excepción de los desperdicios más recientes. Se pueden utilizar productos desodorantes, aunque una pila bien mantenida raramente produce malos olores.

Después de cuatro meses se convertirá en humus (nombre vegetal de la Tierra que se forma por la descomposición de la materia orgánica) y esto resulta en un abono estupendo con vida, con una gran densidad y variedad de microorganismos que sintetizan enzimas, vitaminas, hormonas, etc. y que repercuten favorablemente en el equilibrio biótico del suelo.

El cambio de temperatura de la noche al día produce vapor sobre un montón de compost. (p. 5)

### **Parámetros del proceso de compostaje**

#### **Humedad**

(O'Ryan, 2007) afirma que los microorganismos necesitan agua como medio para transportar nutrientes y otros elementos, además es determinante en el intercambio gaseoso. En el proceso de compostaje es importante que la humedad alcance niveles cercanos al 40-60%. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se

volvería anaeróbico (sin oxígeno), es decir, se produciría una putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento. El contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas.

### **Temperatura**

(INTEC, 1999) Es un parámetro útil que permite dar seguimiento al proceso de descomposición de la materia orgánica, cuando el material se está compostando pasa por un ciclo de temperaturas que es ocasionado por la actividad metabólica microbológica. El aumento de la actividad metabólica genera calor y como consecuencia aumenta la temperatura, de manera inversa la disminución de la actividad se evidencia con el descenso de la temperatura. La existencia de estos ciclos de temperaturas divide el proceso de compostaje en cuatro etapas (léase: Etapas del proceso de compostaje): mesófila (menor de 40 °C), termófila (de 40 a 60°C), fase de enfriamiento (menor de 40 °C) y fase de maduración (temperatura ambiente).

El manejo y control de las temperaturas permiten ejercer naturalmente un tratamiento de sanitización especialmente con respecto a microorganismos patógenos, así como también logran destruir semillas de malezas, esporas de hongos y algunas fitotoxinas que posteriormente significarían un problema al adicionar el compost sobre cultivos agrícolas. Sin embargo, dicho manejo y control debe ser adecuado ya que de lo contrario no solo destruiría organismos patógenos sino también flora benéfica antes de que el proceso lo haga naturalmente en el momento justo. Las lecturas periódicas mediante el uso del termómetro ayudan a determinar el momento en que la pila debe ser volteada, si ésta alcanza sobre los 70°C. O si una pila de compostaje no logra subir su temperatura por sobre los 48°C pasados algunos días, es indicativo de que probablemente no hay suficiente nitrógeno en la pila para seguir el proceso.

La temperatura está condicionada por la humedad y la aireación, debido a la relación existente entre estos dos parámetros y la actividad metabólica de los microorganismos.

### **Relación Carbono/Nitrógeno**

(O'Ryan, 2007) dice: En forma práctica, la relación carbono/nitrógeno permite conocer la velocidad de descomposición y determinar el tiempo de compostaje, siempre y cuando las condiciones de humedad, aireación y temperatura sean las óptimas. Para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Teóricamente una relación carbono/nitrógeno de 25-35 es la adecuada, pero ésta variará en función de las materias primas que conforman el compost. Si la relación es mayor a 35 no existe suficiente nitrógeno para el crecimiento microbiano por lo cual disminuirá la actividad biológica y por ende se retrasará el proceso. En cambio, si es menor a 30 el nitrógeno se encontrará en exceso por lo que puede perderse como amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), lo que traerá como consecuencia olor desagradable.

### **Acidez (pH)**

(Román, 2013) Este es un parámetro importante para evaluar el ambiente microbiano y la estabilización de los residuos. El valor del pH, depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso compostaje. El pH inicial está normalmente entre 5 y 7. En los primeros días de compostaje, el pH cae a 5 o menos, debido a la presencia de ácidos orgánicos simples, y la temperatura sube debido a la producción de organismos mesófilos. Después de aproximadamente 3 días, la temperatura llega a la etapa termófila y el pH comienza a subir hasta aproximadamente 8 a 8,5 debido a la conversión del amonio en amoníaco, alcalinizando el medio durante el resto del proceso aeróbico. En la fase de maduración, el valor del pH llega a un valor de entre 7 a 8 en el compost.

## **Aireación**

(Román, 2013) El proceso de compostaje es un proceso aerobio, es decir, necesita la presencia de oxígeno para el desarrollo adecuado de los microorganismos, por lo tanto, la aireación es un factor importante en el proceso de compostaje ya que el oxígeno es esencial para el metabolismo y la respiración de los microorganismos que participan en él. La aireación tiene un doble objetivo, primero aportar el oxígeno suficiente a los microorganismos y, segundo, permitir al máximo la evacuación de CO<sub>2</sub> producido. Así mismo, la aireación evita que el material se compacte o se encharque. Las necesidades de oxígeno varían durante el proceso, alcanzando la mayor tasa de consumo durante la fase termofílica. La saturación de oxígeno en el medio no debe bajar del 5%, siendo el nivel óptimo el 10%. Un exceso de aireación provocaría el descenso de temperatura y una mayor pérdida de la humedad por evaporación, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua. Por el contrario, una baja aireación, impide la suficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis.

## **Tamaño de partículas**

(Román, 2013) La actividad de los microorganismos ocurre generalmente en la superficie de las partículas, por lo tanto, el tamaño de éstas debe ser menor a fin de aumentar la superficie y favorecer la actividad de los microorganismos y la tasa de descomposición. El tamaño ideal de partículas es de 2 a 5 cm. Además, mientras menor sea el tamaño de las partículas, la pila se tiende a compactar lo que trae como consecuencia una menor aireación y por ende una menor actividad microbiana, retardando el proceso. La densidad del material, y por lo tanto la aireación de la pila o la retención de humedad, están estrechamente relacionados con el tamaño de la partícula, siendo la densidad aproximadamente 150 -250 kg/m<sup>3</sup>, conforme avanza el proceso de compostaje, el tamaño disminuye y por tanto, la densidad aumenta, 600-700 kg/m<sup>3</sup>.

## Otros componentes

(Avendaño & Daniela, 2003) afirma que a veces se añaden otros ingredientes con el fin de enriquecer la mezcla final, controlar las condiciones del proceso o activar los microorganismos responsables del mismo. Espolvorear cal en pequeñas cantidades puede controlar la aparición de un excesivo grado de acidez que reduzca la velocidad de fermentación. Las algas proporcionan importantes micronutrientes. Algunas rocas pulverizadas proporcionan minerales, al contrario que la arcilla.

La fracción de estiércol puede provenir de heces humanas. No obstante, el riesgo de que no se alcancen temperaturas suficientemente altas para eliminar los patógenos hace que no suelen utilizarse en cultivos alimentarios.

Tampoco se recomienda en el compostaje casero la utilización en general de heces de animales carnívoros pues contienen patógenos difícilmente eliminables. Aun así, pueden ser útiles para el abonado de árboles, jardines, etc.

En clima mediterráneo la madurez del compost se obtiene tras 3 o 6 meses en primavera/verano y de 6 a 9 meses en invierno.

*Domésticos:* Esta categoría considera materiales residuales de la preparación de comidas (partes de frutas, verduras, y cáscara de huevo, entre otros) y desechos de origen animal (carne, piel, sangre, huesos y otros).

*De jardín:* Incluye los restos de cultivos de las huertas, flores muertas, tallos, pastos y hojarascas.

*Subproductos agrícolas:* Los más utilizados son los residuos de cosecha de prácticamente todo cultivo (por ejemplo, arroz, trigo, cebada, maíz, caña de azúcar, frijol, girasol, etc.) así como cascarillas y salvado obtenidos de la trilla o molienda.

*Desechos del ganado:* Los estiércoles, orina y deyecciones de todo tipo de animales, son excelentes para el compostaje ya que contienen un alto porcentaje de nutrimentos.

*Forestales:* Los restos de los árboles, hojas y ramas caídas son fuente importante de material para la elaboración de compostas. Estos desechos contienen grandes cantidades de celulosa y lignina que se descomponen parcialmente en la pila de compostaje y continúan mineralizándose en el suelo después de aplicados.

*Desechos urbanos y agroindustriales:* Se constituyen de la fracción biodegradable de la basura, como cartón, papel, residuos finos de comida y fibras naturales y los residuos que proceden de la industrialización de productos tales como hortalizas, cacao, café, arroz, maíz, trigo, sorgo, maderas y semillas, entre otros. Debe evitarse el uso de materiales no biodegradables, como vidrios, metales, alambre, plásticos, caucho, cenizas frescas, fibras sintéticas o frutos con espinas, ya que pueden causar problemas a las personas encargadas de su manejo. (p. 10)

#### **Etapas del proceso de compostaje:**

(O'Ryan, 2007) sostiene en cuanto a las etapas del compostaje que es un proceso durante el cual la temperatura de los residuos varía dependiendo de la actividad metabólica de los microorganismos. De acuerdo con este parámetro, el proceso de compostaje se puede dividir en 4 etapas: mesófila, termófila, enfriamiento y maduración.

EL autor las explica así

#### *Fase I o mesófila*

En esta fase tenemos un material fresco, sin humidificar y a temperatura ambiente. Los microorganismos mesófilos presentes en los materiales empiezan a desarrollarse utilizando fuentes sencillas de carbono y nitrógeno, de esta forma crecen y se multiplican descomponiendo los materiales. Esta actividad microbiana provoca el aumento de la temperatura a 40-45 °C en pocos días (entre dos y ocho). Además, la descomposición de fuentes sencillas de carbono, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5).

Si el material inicial tiene poca humedad la degradación será lenta o inapreciable. Si en cambio tiene un exceso de humedad tenderá a la putrefacción en vez de a la descomposición aeróbica que caracteriza el compostaje. Esta degradación con exceso de humedad facilita la proliferación de bacterias anaeróbicas y hongos que, además de desprender malos olores, convierten la materia orgánica en un producto no adecuado para el suelo. La relación Carbono/Nitrógeno debe ser la adecuada (entre 25/1 y 30/1) para garantizar las fuentes de energía y proteínas para los microorganismos mesófilos.

#### *Fase II o termófila*

Esta fase también se conoce como fase de higienización, el material alcanza temperaturas mayores que los 45 °C, los microorganismos mesófilos son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas (entre 45 °C y 70 °C), en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de carbono, como la celulosa y la lignina.

En un comienzo bacterias y hongos termófilos empiezan a degradar la celulosa y parcialmente la lignina, con lo cual la temperatura aumenta, además, actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube. A partir de los 60 °C, los hongos termófilos cesan su actividad y aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de carbono complejos. Durante varios días (o algunos meses, según material de partida, condiciones climáticas y otros factores) se mantiene la temperatura alta y disminuye la actividad biológica, se produce la pasteurización del medio, permitiendo la destrucción de bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. Igualmente, esta fase es importante pues las temperaturas por encima de los 55°C eliminan los quistes y huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material

de partida, dando lugar a un producto higienizado. En esta etapa se deben realizar frecuentes volteos con el objeto de aportar oxígeno, el que es rápidamente consumido por los microorganismos.

#### *Fase III o enfriamiento*

Cuando prácticamente las fuentes de carbono y, en especial de nitrógeno han sido agotadas en el material orgánico, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C ya que el calor que se genera al interior de la pila es menor que el que se pierde. Como consecuencia de este descenso de temperatura bacterias y hongos (algunos visibles a simple vista) mesófilos reinvaden el compost reinician su actividad y degradan la celulosa y la lignina restantes descendiendo levemente el pH. Esta fase se reconoce cuando luego de dar vuelta la pila no existe un aumento de temperatura posterior.

#### *Fase IV o maduración*

(Román, 2013) Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos.

### **2.3 Bases Filosóficas**

El criterio filosófico del presente trabajo es acortar los ciclos naturales de degradación de los efluentes líquido de la materia orgánica compostada por acción fisicoquímica a fin de dar mayor valor a la materia resultante y reducir sus efectos contaminantes al medio biótico y abiótico.

## 2.4 Definición de términos básicos

**Contaminación:** (Jaureguiberry, 2010) define como la incorporación a los cuerpos receptores, de sustancias sólidas, líquidas, gaseosas o mezcla de ellas que alteren desfavorablemente, las condiciones naturales del mismo y/o puedan afectar la sanidad, la higiene o el bienestar público. (p.1)

**Cuerpo receptor:** (Jaureguiberry, 2010) sostiene: El constituido por la atmósfera, las aguas, zanjas, hondonadas, o cualquier clase de terreno o lugares similares, con o sin agua, capaces de contener, conducir o absorber los residuos sólidos, líquidos y/o gaseosos que a ellos lleguen. (p. 1)

**Descarga:** (Jaureguiberry, 2010) dice que es el acto de depositar o incorporar cualquier elemento o sustancia gaseosa, líquida, sólida o mezcla de ellas a un cuerpo receptor. (p. 2)

**Establecimientos:** Cualquier planta industrial, fábrica, taller o lugar de manufactura, extracción, elaboración o depósito de cualquier producto, que origina o pueda originar residuos. (p. 2)

**Efluentes:** (Jaureguiberry, 2010) Todo residuo gaseoso, líquido, sólido o mezcla de ellos que fluye a un cuerpo receptor. (p. 2)

**Instalación de depuración:** Todo dispositivo, equipo o construcción destinada al tratamiento del efluente tendiente a obtener la calidad exigida en la Legislación en vigencia correspondiente. (p.2)

**Residuo:** Todo elemento o sustancia sólida, líquida o gaseosa, que un establecimiento, inmueble o barco, descargue directa o indirectamente en un cuerpo receptor, incluyendo todo desecho humano, animal, vegetal, mineral o sintético. (p. 2)

**Residuo flotante:** Residuo que flota en el agua, o se extienda sobre las mismas, formando película, o que sea susceptible de emulsionar. (p. 2)

**Residuo gaseoso:** Todo elemento o sustancia en estado aeriforme, o formando vapores o sistemas heterogéneos tales como nieblas, humos y polvos. (p.2)

**Residuo sólido:** Todo residuo en estado sólido o semisólido. (p. 2)

**pH (potencia de hidrogeniones):** Es una medida exacta del grado de acidez o alcalinidad de una solución. Varía entre los límites 0 y 14; cuanto más bajo sea, mayor será la acidez y cuanto más alto, mayor la alcalinidad correspondiente. (p.2)

**D.B.O5.:** Se define como Demanda Bioquímica de Oxígeno de un líquido contaminado al oxígeno, expresado en mg/litro, que ese líquido consume en la descomposición de la materia orgánica, por acción microbiana aerobia. Como el proceso de descomposición tarda varios meses en completarse y su velocidad varía con la temperatura, en la práctica se mide la D.B.O. correspondiente a un lapso de 5 días y a una temperatura de 20 °C. (p. 3)

**Oxígeno consumido:** Es sólo un indicador comparativo de la concentración del líquido residual para que contenga, después de 15 minutos de agregado, 0,1 mg/litro de cloro residual total. (p. 3)

**Contaminación Ambiental.-** (Paul, 2009) define como el impacto producido por el crecimiento poblacional y el incremento del desarrollo tecnológico, es complejo, pero en un análisis somero se demuestra que las actividades humanas afectan nuestro ambiente contaminando: aire, agua, suelo y la vida de los animales y las plantas afectando nuestra propia existencia.

La mayoría de los contaminantes son sustancias químicas, sólidas o gaseosas producidas como subproductos o desechos. La contaminación también puede ser física como las emisiones de energía indeseable y perjudicial, como el calor excesivo, ruido o radiación.

**Contaminante Ambiental.-** (Chipana Huancoco, 2014) refiere: Toda materia o energía que al incorporarse o actuar en el ambiente degrada su

calidad original a un nivel perjudicial para la salud, el bienestar humano o los ecosistemas.

Existen procesos generadores de residuos aun después de haber tratado de reducir su fuente y reciclarlos. En estos casos el control de los mismos es la alternativa más viable, reduciendo así el impacto de estos con el medio ambiente (p. 5)

**Control de la contaminación.-** El control de la contaminación es todo aquel proceso o tratamiento para reducir el volumen o toxicidad de un contaminante. (p.5)

**Desarrollo Sostenible.-** El concepto de desarrollo sostenible responde a la necesidad de encontrar un nuevo modelo de progreso humano con dos objetivos: crecimiento económico mejorando el nivel de vida, y uso eficiente de recursos para satisfacer las necesidades del presente sin comprometer el patrimonio de las futuras generaciones.

Poner este modelo en práctica llevará tiempo y requerirá un cambio de valores, prioridades y la manera de producir y consumir bienes y servicios, para empresas, gobiernos y la sociedad en general.(p.5)

**Estándar de Calidad Ambiental.-** Dentro de las definiciones que comúnmente encontramos sobre los estándares de calidad ambiental podemos destacar los siguientes:

- Son las concentraciones o grados de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, en el aire agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no presentan riesgos significativos para la salud de las personas y del ambiente.
- Concentraciones máximas permisibles en el cuerpo receptor afectado por la descarga de residuos o desechos, fijados específicamente para cada sustancia o variable ambiental. (p. 6)

**Gestión Ambiental.-** Es la planificación adecuada del manejo ambiental en una empresa, identificando los impactos y estableciendo políticas

ambientales con objetivos y metas cuantificables a graves de la misión y visión a proponerse, implementando actividades y operaciones con ayuda de manuales para hacer el control y corrección de las mismas cuando se realicen las auditorías correspondientes.(p. 6)

**La Aireación Modificada.-** (Comercio, 2007) Disminuye el periodo de aireación a tres horas o menos, y mantienen el lodo retornado a una baja proporción. Los resultados son intermedios entre la sedimentación primaria y un tratamiento secundario completo.

**La Aireación Activada.-** Los tanques de aireación se colocan en paralelo. El lodo activado, procedente de un tanque de sedimentación final o grupo de dichos tanques, se añade al influente de los tanques de aireación. El resto del lodo se concentra y se quita. Los resultados son mejores que con la aireación modificada y con menos aire. (p. 39)

**Límites Máximos Permisibles.-** El límite Máximo Permissible es el nivel de concentración o cantidades de uno o más contaminantes, por debajo del cual no se prevé riesgos para la salud, el bienestar humano y los ecosistemas, fijado por la Auditoría Ambiental Competente y legalmente exigible.

Los Límites Máximos Permisibles son revisados por la Auditoría Ambiental competente cada cinco años.

**Monitoreo.-** Es un instrumento para mantener un diagnóstico actualizado de una situación ambiental específica. En este sentido, es sumamente importante asegurar la obtención de muestras representativas, seleccionando adecuadamente las estaciones de muestreo, el tipo de muestras y la frecuencia de recolección.

**Prevención de la Contaminación.-** Son las prácticas destinadas a reducir o eliminar la generación de contaminantes o contaminación en la fuente generadora por medio del incremento de la eficiencia en el uso de las materias primas, energía, agua y otros recursos. La reducción de contaminación en la fuente generadora podrá incluir modificaciones en los equipos o tecnologías, cambios en los procesos o procedimientos,

reformulación o rediseño de productos, sustitución de materias primas, mejoras en el mantenimiento, entretenimiento del personal y controles de inventario.

## **2.5 Hipótesis de investigación**

### **2.5.1 Hipótesis general**

A partir de un tratamiento del efluente de compostaje permitirá obtener un fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral.

### **2.5.2 Hipótesis específicas**

- a) La evaluación del contenido de macronutrientes y micronutrientes permitirá proponer un tratamiento del efluente de compostaje para obtener un fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral.
- b) La evaluación de las características físico químicas del efluente de compostaje permitirá proponer un tratamiento de esta agua residual para obtener un fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral.
- c) La aplicación de un tratamiento físico químico necesario para que el efluente de compostaje permitirá que sea aplicable como fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral.
- d) La aplicación de alguna compensación en los macronutrientes permitirá que el efluente de compostaje sea aplicable como fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral.

## 2.6 Operacionalización de las variables

- a) Variable Independiente: Tratamiento del efluente de compostaje
- b) Variable Dependiente: Obtención de fertilizante liquido en la Estación Experimental Agraria Donoso de Huaral.
- c) Variable Interviniente: Método experimental, materiales.

### Operacionalización de las Variables

Variables	Dimensión de la Variable	Indicadores
Independiente: Tratamiento del efluente de compostaje.	Características Físico Químicas del efluente de compostaje.	- Color, densidad, pH, Conductividad eléctrica. - DBO5 del efluente de compostaje. - Contenido: Nitrógeno total, fosforo, potasio, materia orgánica, carbono, fierro, zinc, boro, relación C/N
	Dosificación de insumos químicos	- Dosis de agente neutralizante, macronutriente y/o micronutrientes.
Dependiente: Obtención del fertilizante liquido en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral	Características Físico Químicas del efluente obtenido	- Color, densidad, pH, conductividad eléctrica. - DBO5 del efluente de compostaje. - Contenido: Nitrógeno total, fosforo, potasio, materia orgánica, carbono, fierro, zinc, boro, relación C/N

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Diseño metodológico**

##### **3.1.1. Tipo de investigación. -**

Descriptivo y Experimental.

##### **3.1.2. Diseño de la investigación. –**

Este trabajo tuvo seis etapas fundamentales, es decir una estructura que se realizó etapa por etapa, las cuales son las siguientes:

Primera Etapa: Caracterización físico-química del efluente de compostaje.

Segunda Etapa: Separación de sólidos flotantes y de partículas en suspensión por filtración a escala laboratorio.

Tercera Etapa: Separación de lodos y arena del efluente de compostaje utilizando un desarenador a escala laboratorio.

Cuarta Etapa: Tratamiento químico mediante la dosificación de solución neutralizante que se adiciona al efluente para nivelar el pH.

Quinta etapa: Dosificación del macronutriente y/o micronutriente a fin de dar un perfil en contenido de nutriente aplicable a un cultivo de explotación intensiva.

Sexta: Caracterización físico-química del fertilizante obtenido.

## **3.2 Población y muestra**

### **3.2.1. Población**

La población está compuesta el agua de lavado del compost en proceso de biodegradación que drena por esta masa en descomposición enfriándola y dispersando sus componentes químicos orgánicos en fase para degradarse en inorgánicos. Estos procesos de compostaje se realiza regularmente en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral, donde se generan residuos sólidos orgánicos y rastrojos diversos procedentes de las actividades propias que realiza esta estación experimental, donde les resulta un efluente que aún no le dan utilidad, este resultado del agua lavado que se adiciona a los residuos orgánicos en proceso de compostaje a fin de realizar un control de la temperatura de proceso y así optimizar su biodegradación orgánica.

### **3.2.2. Muestra**

La muestra representativa de la población se colectó en una cantidad de 5 L de efluente para realizar todas las fases de tratamiento físico químico. Dos L de la muestra se diluyó a una relación de dilución de 1:21/2, utilizando matraces aforados de 1L.

## **3.3 Técnicas de recolección de datos**

La técnica de recolección de datos fueron la observación, la entrevista y el registro de la información en soportes informáticos (disco duro, diskette, CD, etc.).

Los instrumentos para facilitar la investigación fueron: cámara fotográfica, grabadora, y para fichar la información se utilizará la fotocopidora, y la información de Internet se registrará haciendo uso de los accesorios de soporte informático.

Análisis físico químico, se tomó muestra representativa del efluente de compostaje del área de producción de compost.

### 3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

Para el caso de los análisis físicos químicos que se evaluaron en algunos casos in situ se realizaron muestreos por duplicado utilizando un tomador de muestra, y se tomó el promedio aritmético para el procesamiento del dato obtenido.

En el caso de la evaluación química se prestó el servicio de un laboratorio certificado cuyos resultados se confrontaron con los límites máximos permisibles y los estándares de calidad ambiental, para el caso del fertilizante líquido se confrontó con los contenidos de otros fertilizantes líquidos de explotación comercial.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Análisis de resultados

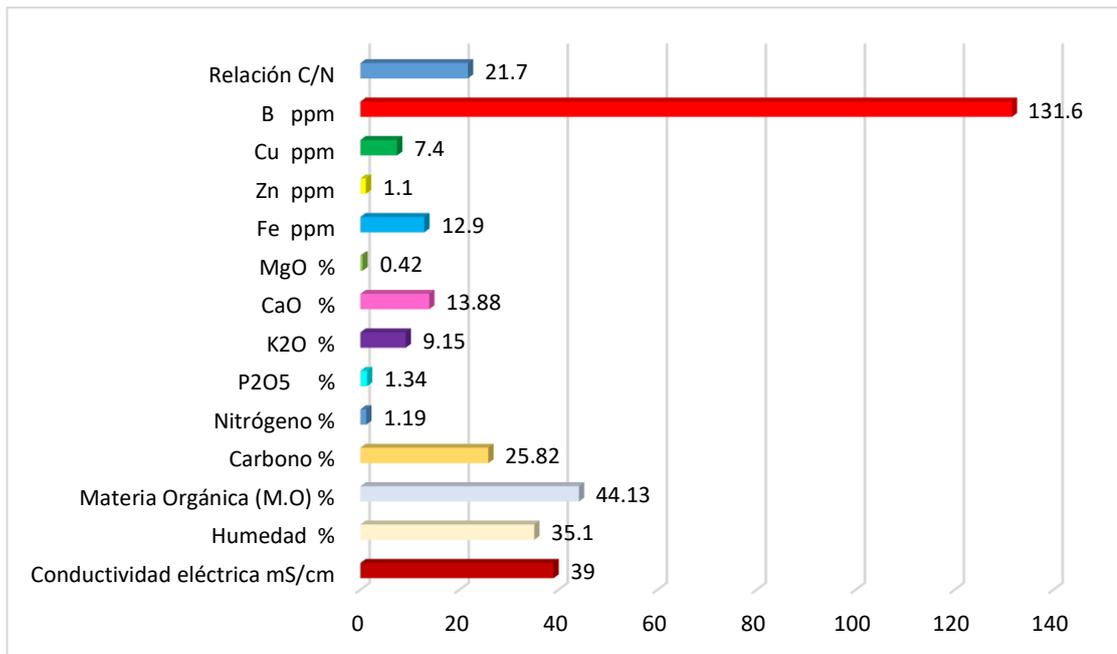
Los resultados obtenidos experimentalmente para cada uno de los tratamientos expuestos en el capítulo anterior se presentan en las Tabla N° 1, Tabla N° 2, Tabla N° 3 y la Tabla N° 4 que se presentan a continuación.

**Tabla 1**

**Resultados del análisis Físico químico del efluente tratado por sedimentación y remoción de sólidos suspendidos**

<b>Parámetro Físicoquímico</b>	<b>Valor</b>
Conductividad eléctrica mS/cm	39.00
Humedad %	35.10
Materia Orgánica (M.O) %	44.13
Carbono %	25.82
Nitrógeno %	1.19
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	1.34
K <sub>2</sub> O %	9.15
CaO %	13.88
MgO %	0.42
Fe ppm	12.9
Zn ppm	1.1
Cu ppm	7.4
B ppm	131.6
Relación C/N	21.70

Fuente: EEA Donoso KM-Huaral



**Figura 1**

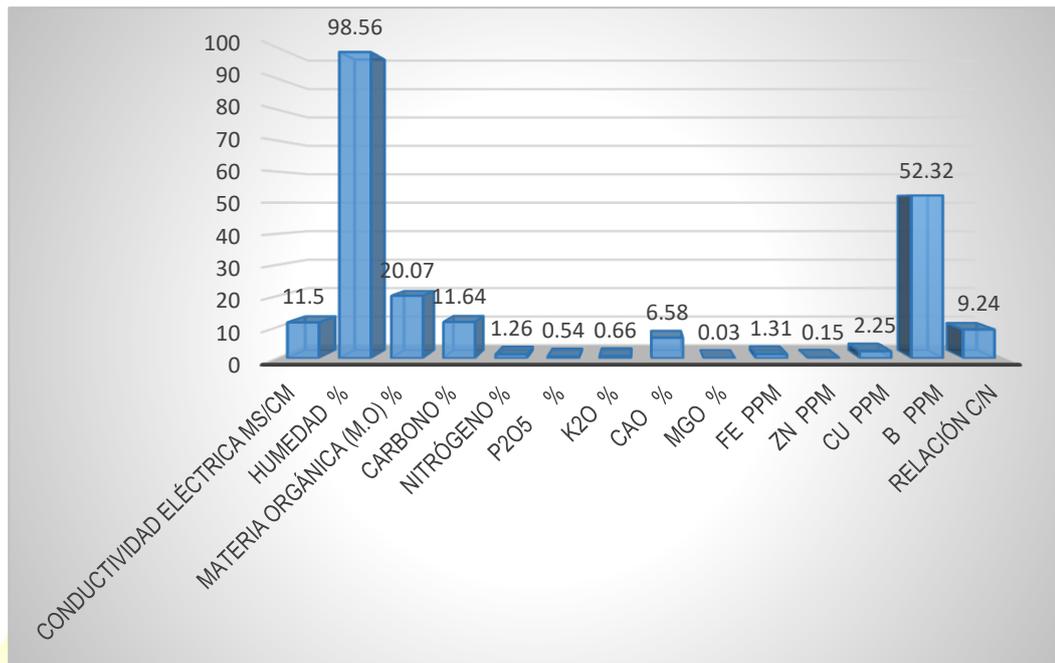
*Resultados del análisis Físico químico del efluente tratado por sedimentación y remoción de sólidos suspendidos*

**Tabla 2**

**Resultados del análisis Físico químico del efluente tratado por flotación por burbujeo y adsorción con arcilla ácido activada para la remoción de sólidos en estado coloidal y otros**

Parámetro Físicoquímico	Valor
Conductividad eléctrica mS/cm	11.50
Humedad %	98.56
Materia Orgánica (M.O) %	20.07
Carbono %	11.64
Nitrógeno %	1.26
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	0.54
K <sub>2</sub> O %	0.66
CaO %	6.58
MgO %	0.03
Fe ppm	1.31
Zn ppm	0.15
Cu ppm	2.25
B ppm	52.32
Relación C/N	9.24

Fuente: EEA Donoso KM-Huaral



**Figura 2**

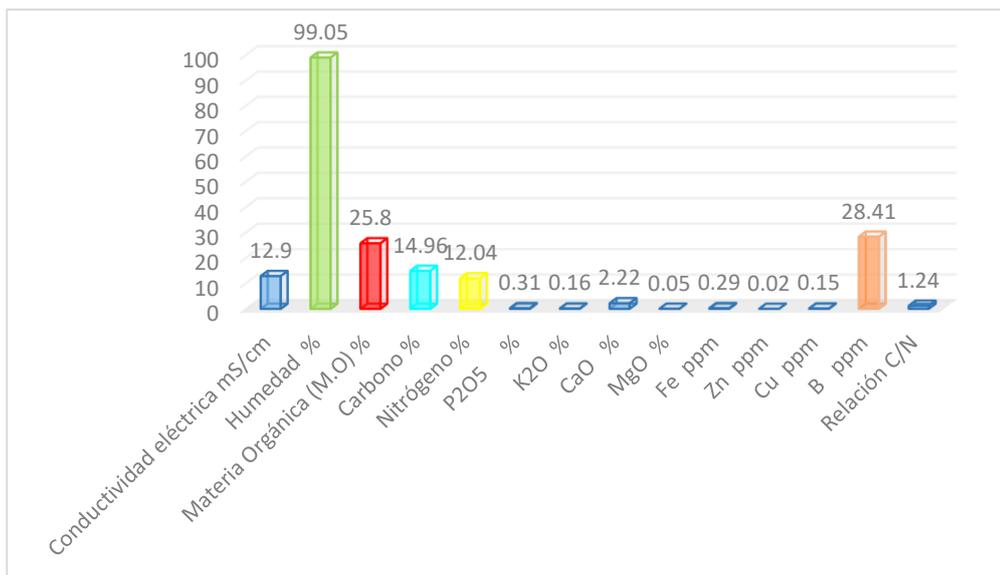
*Resultados del análisis Físico químico del efluente tratado por flotación por burbujeo y adsorción con arcilla acido activada para la remoción de sólidos en estado coloidal y otros*

**Tabla 3**

**Resultados del análisis Físico químico del fertilizante mejorado con la adición de residuos de pescado anchoveta cocidos en una proporción 1:1 (Muestra M-2)**

Parámetro Físicoquímico	Valor
Conductividad eléctrica mS/cm	12.90
Humedad %	99.05
Materia Orgánica (M.O) %	25.80
Carbono %	14.96
Nitrógeno %	12.04
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	0.31
K <sub>2</sub> O %	0.16
CaO %	2.22
MgO %	0.05
Fe ppm	0.29
Zn ppm	0.02
Cu ppm	0.15
B ppm	28.41
Relación C/N	1.24

Fuente: EEA Donoso KM-Huaral



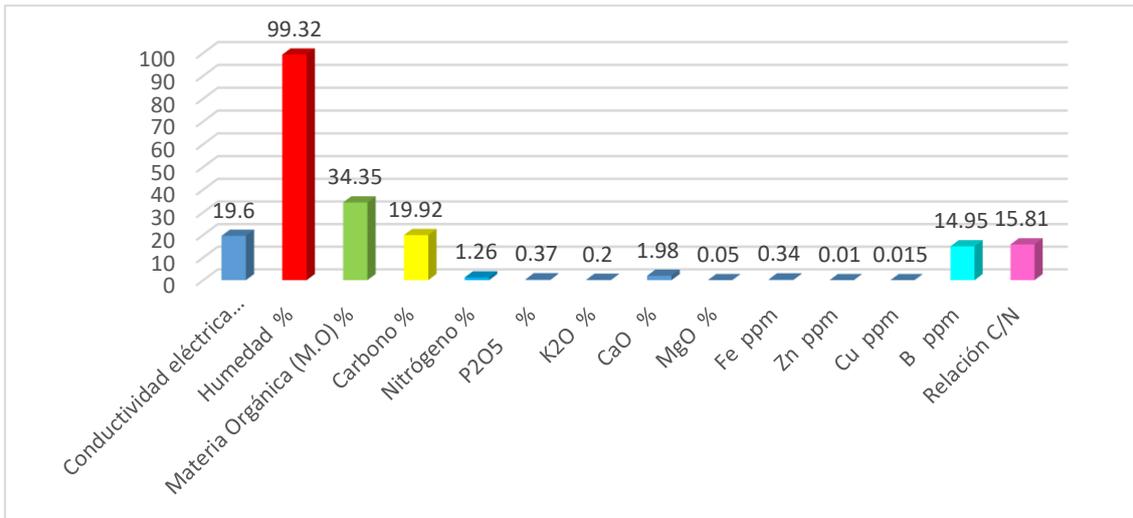
**Figura 3**  
Resultados del análisis Físico químico del fertilizante mejorado con la adición de residuos de pescado anchoveta cocidos en una proporción 1:1 (Muestra M-2)

**Tabla 4**

**Resultados del análisis Físico químico del fertilizante mejorado con la adición de fertilizante Urea (Muestra M-2.9)**

Parámetro Físicoquímico	Valor
Conductividad eléctrica mS/cm	19.60
Humedad %	99.32
Materia Orgánica (M.O) %	34.35
Carbono %	19.92
Nitrógeno %	1.26
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	0.37
K <sub>2</sub> O %	0.20
CaO %	1.98
MgO %	0.05
Fe ppm	0.34
Zn ppm	0.01
Cu ppm	0.015
B ppm	14.95
Relación C/N	15.81

Fuente: EEA Donoso KM-Huaral

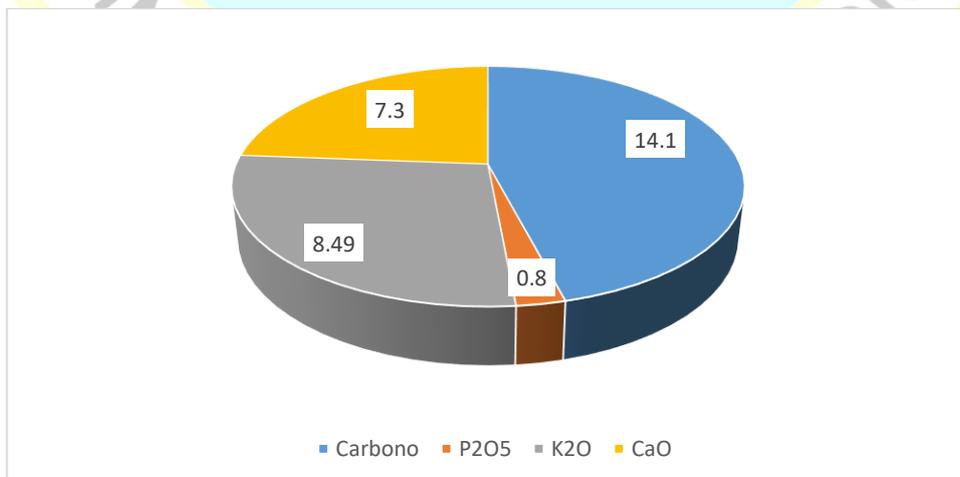


**Figura 4**  
Resultados del análisis Físico químico del fertilizante mejorado con la adición de fertilizante Urea (Muestra M-2).

**Tabla 5**  
Porcentajes de remoción de algunos componentes químicos del efluente tratado

Parámetro químico	% de remoción
Carbono	14.10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.8
K <sub>2</sub> O	8.49
CaO	7.3

Fuente: Elaboración propia



**Figura 5**  
Porcentajes de remoción de algunos componentes químicos del efluente tratado

**Tabla 6**

*Comparación de principales componentes del fertilizante con fertilizantes líquidos comerciales*

<i>Concentración de parámetro Químico</i>	<i>Fertilizante obtenido</i>	<i>Fertilizante AJINOFER</i>	<i>Fertilizante AMINOVIGOR</i>
<i>Nitrógeno %</i>	<i>12.04</i>	<i>4.4</i>	<i>20.5</i>
<i>Materia orgánica %</i>	<i>25.80</i>	<i>.....</i>	<i>28,13</i>
<i>Boro mg/L</i>	<i>28.41</i>	<i>.....</i>	<i>11.83</i>
<i>Potasio mg/L</i>	<i>1.6</i>	<i>12</i>	<i>8,24</i>
<i>Fosforo mg/L</i>	<i>3.1</i>	<i>39</i>	<i>2.81</i>

*Fuente: Elaboración propia*

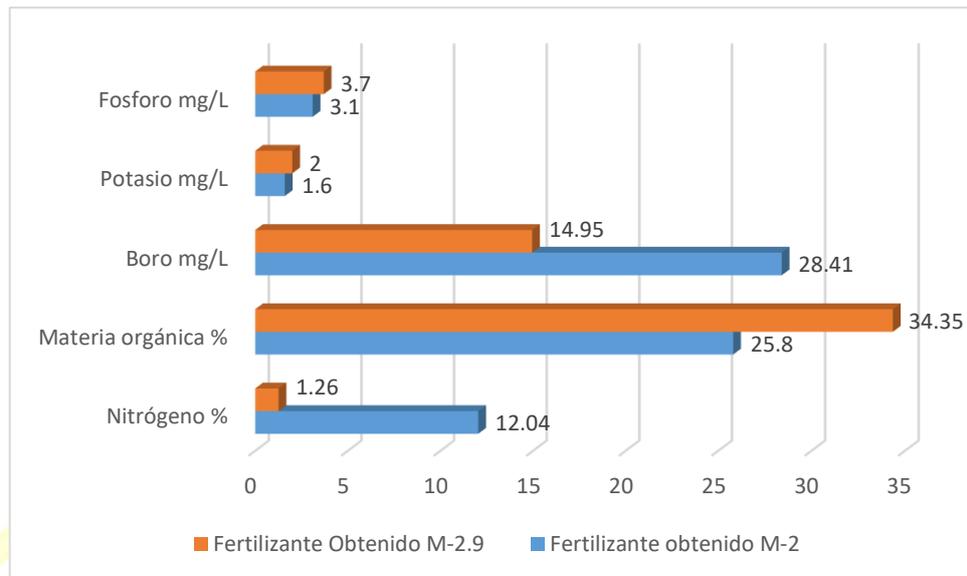
*Para el caso de la mezcla M\_2.9 los resultados obtenidos no son importantes si se pretende utilizar esta mezcla obtenida para propósitos fertilizantes.*

**Tabla 7**

*Comparación de principales componentes de los fertilizantes líquidos obtenidos de las mezclas M-2 y M-2.9*

<i>Concentración de parámetro Químico</i>	<i>Fertilizante obtenido M-2</i>	<i>Fertilizante Obtenido M-2.9</i>
<i>Nitrógeno %</i>	<i>12.04</i>	<i>1.26</i>
<i>Materia orgánica %</i>	<i>25.80</i>	<i>34.35</i>
<i>Boro mg/L</i>	<i>28.41</i>	<i>14.95</i>
<i>Potasio mg/L</i>	<i>1.6</i>	<i>2.0</i>
<i>Fosforo mg/L</i>	<i>3.1</i>	<i>3.7</i>

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 6**

*Comparación de principales componentes de los fertilizantes líquidos obtenidos de las mezclas M-2 y M-2.9*

#### 4.2 Contrastación de hipótesis

La operación unitaria de separar por sedimentación primaria a los lodos y arena se realizó utilizando una ampolla de decantación, luego de un tiempo de una hora de sedimentación la muestra de efluente en un volumen de 200 mL se decantó, resultando un efluente menos denso pero aun con mucho olor y color intenso pardo oscuro, el lodo separado con una fracción de arena podría retroalimentarse al proceso de compostaje en una operación real in situ en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa - Huaral afín de que este residuo no resulte un problema ambiental, con respecto al líquido clarificado muy parcialmente y menos denso, resultaron los siguientes balances de masa:

- Volumen inicial de efluente = 200 mL
- Volumen aproximado de lodos y arena = 24 mL
- Volumen de líquido no decantado = 176 mL.

El líquido no decantado de efluente presenta aun sólidos en suspensión por lo que es necesario que se filtre en húmedo utilizando un tamiz de malla N° 60 a fin de separar material particulado de alta naturaleza orgánica, de esta forma se tiene efluente liberado de partículas en suspensión, así en esta forma se lleva a análisis físico químicos, donde se observa una relación C/N relativamente baja no apropiada para desarrollar procesos de biodegradación orgánica, por el ligero exceso de materia orgánica y baja cantidad de nitrógeno orgánico.

Tratamiento físico químico a base de filtración con arcilla ácido activada y flotación por burbujeo para degradar orgánicamente al efluente a escala laboratorio.

El efluente en una cantidad de 750 mL, en estas condiciones de contenidos de carbono y nitrógeno se le lleva a una flotación prolongada mediante burbujeo controlado de aire a fin de biodegradarlo en parte su riqueza de materia orgánica en contenidos de carbono y nitrógeno solubles e insolubles y la presencia de bacterias mesófilas y espontáneas en el ambiente, por espacio de 10 horas, de biodegradación aeróbica en una primera etapa, se continúa el suministro de aire con menor flujo asumiendo que las bacterias han alcanzado su máximo desarrollo microbiano, y a fin de desacelerar este crecimiento y ocasionar la muerte de una fracción de ellas se reduce el flujo de aire por espacio de cuatro horas, para luego dejar de suministrar aire por espacio de diez horas. En el depósito donde se desarrolló la flotación se observa unos precipitados en el fondo del recipiente del equipo de flotación por micro burbujeo, que son del efluente tratado, el cual presenta menos color y olor.

El efluente tratado por flotación y microburbujeo pasa a la fase de tratamiento por adsorción utilizando arcilla ácido activada en un porcentaje 1,5% respecto al peso de efluente tratado a una temperatura de 80°C, se logra parcialmente separar parte de la materia orgánica insoluble presente en estado coloidal por adsorción por parte de la arcilla ácido activada que en una cantidad de 150 mL (se muestrea de los aproximadamente 750 mL disponibles) se pone en íntimo contacto en caliente con la arcilla en constante agitación por espacio de 20 minutos, resultando un líquido con propiedades fertilizantes más clarificado y con menos olor. En esa etapa se eliminan bacterias remanentes en el líquido fertilizante por el calor suministrado alcanzando una temperatura de 80°C por espacio de 20 minutos.

Este líquido fertilizante se analizó fisicoquímicamente cuyo resultado se aprecia en la Tabla N° 2 observándose una remoción de los contenidos de Carbono,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  y  $CaO$ .



## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

#### 5.1 Discusión de resultados

##### 1. Separación de lodos y arena por sedimentación primaria y remoción de sólidos en suspensión utilizando tamices.

La operación unitaria de separar por sedimentación primaria a los lodos y arena se realizó utilizando una ampolla de decantación, luego de un tiempo de una hora de sedimentación la muestra de efluente en un volumen de 200 mL se decantó, resultando un efluente menos denso pero aun con mucho olor y color intenso pardo oscuro, el lodo separado con una fracción de arena podría retroalimentarse al proceso de compostaje en una operación real in situ en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa - Huaral a fin de que este residuo no resulte un problema ambiental, con respecto al líquido clarificado muy parcialmente y menos denso, resultaron los siguientes balances de masa:

- Volumen inicial de efluente = 200 mL
- Volumen aproximado de lodos y arena = 24 mL
- Volumen de líquido no decantado = 176 mL.

El líquido no decantado de efluente presenta aun sólidos en suspensión por lo que es necesario que se filtre en húmedo utilizando un tamiz de malla N° 60 a fin de separar material particulado de alta naturaleza orgánica, de esta forma se tiene efluente liberado de partículas en suspensión, así en esta forma se lleva a

análisis físico químicos cuyos resultados se muestran en la Tabla N° 1, donde se observa una relación C/N relativamente baja no apropiada para desarrollar procesos de biodegradación orgánica, por el ligero exceso de materia orgánica y baja cantidad de nitrógeno orgánico.

## **2. Tratamiento físico químico a base de filtración con arcilla ácido activada y flotación por burbujeo para degradar orgánicamente al efluente a escala laboratorio.**

El efluente en una cantidad de 750 mL, en estas condiciones de contenidos de carbono y nitrógeno se le lleva a una flotación prolongada mediante burbujeo controlado de aire a fin de biodegradarlo en parte su riqueza de materia orgánica en contenidos de carbono y nitrógeno solubles e insolubles y la presencia de bacterias mesófilas y espontáneas en el ambiente, por espacio de 10 horas, de biodegradación aeróbica en una primera etapa, se continúa el suministro de aire con menor flujo asumiendo que las bacterias han alcanzado su máximo desarrollo microbiano, y a fin de desacelerar este crecimiento y ocasionar la muerte de una fracción de ellas se reduce el flujo de aire por espacio de cuatro horas, para luego dejar de suministrar aire por espacio de diez horas. En el depósito donde se desarrolló la flotación se observa unos precipitados en el fondo del recipiente del equipo de flotación por micro burbujeo, que son del efluente tratado, el cual presenta menos color y olor.

El efluente tratado por flotación y microburbujeo pasa a la fase de tratamiento por adsorción utilizando arcilla ácido activada en un porcentaje 1,5% respecto al peso de efluente tratado a una temperatura de 80°C, se logra parcialmente separar parte de la materia orgánica insoluble presente en estado coloidal por adsorción por parte de la arcilla ácido activada que en una cantidad de 150 mL (se muestrea de los aproximadamente 750 mL disponibles) se pone en íntimo contacto en caliente con la arcilla en constante agitación por espacio de 20 minutos, resultado un líquido con propiedades fertilizantes más clarificado y con menos olor. En esa etapa se eliminan bacterias remanentes en el líquido fertilizante por el calor suministrado alcanzando una temperatura de 80°C por espacio de 20 minutos.

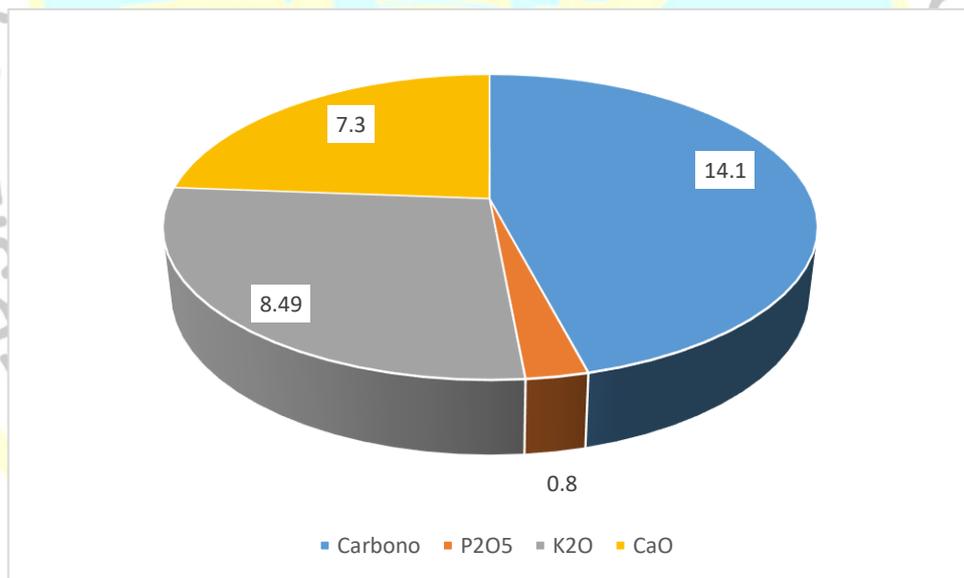
Este líquido fertilizante se analizó fisicoquímicamente cuyo resultado se aprecia en la Tabla N° 2 observándose una remoción de los contenidos de Carbono, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O y CaO siguiente:

**Tabla 8**

**Porcentajes de remoción de algunos componentes químicos del efluente tratado**

Parámetro químico	% de remoción
Carbono	14.10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.8
K <sub>2</sub> O	8.49
CaO	7.3

Fuente: Elaboración propia



**Figura 7**

Porcentajes de remoción de algunos componentes químicos del efluente tratado

Estos resultados son por efecto del tratamiento aplicado quedan en la composición resultante las formas solubles e insolubles de la materia orgánica en carbono y nitrógeno principalmente, parcialmente mineralizadas por efecto del tratamiento aplicado.

### 3. **Compensación de nutrientes al líquido fertilizante obtenido para mejorar sus propiedades fertilizantes mediante la adición de productos con propiedades fertilizantes**

De acuerdo a los resultados que presenta la Tabla N° 7 se aprecia un nivel de contenido de nitrógeno de 1.26 % que es bajo y se requiere elevar mediante la adición de otro fertilizante, en este caso se utilizó dos alternativas, preparándose la mezcla fertilizante M-2 y M-2.9, la primera de ellas la M-2 resulta de la adición de 30% de una residual de anchoveta con 10% de sólidos de anchoveta cocida y 70% de fertilizante líquido preparado, y la segunda mezcla fertilizante con 30% de una agua con 2.9% de urea solubilizada y 70% de fertilizante líquido preparado.

Los resultados de estas mezclas de fertilizantes preparados se muestran en las Tabla N° 8 y la Tabla N° 9.

Apreciándose en la Tabla N° 9 un importante mejoramiento en el contenido de nitrógeno que alcanza el valor de 12.04 %, un contenido de materia orgánica de 25.80% y un contenido de Boro de 28.41 ppm estos valores hacen competitivo al fertilizante obtenido, según se analiza el fertilizante obtenido comparado con otros fertilizantes comerciales, como son el AJINOFER y el AMINOVIGOR, según la Tabla N° 9

**Tabla 9**

#### **Comparación de principales componentes del fertilizante con fertilizantes líquidos comerciales**

<b>Concentración de parámetro Químico</b>	<b>Fertilizante obtenido</b>	<b>Fertilizante AJINOFER</b>	<b>Fertilizante AMINOVIGOR</b>
Nitrógeno %	12.04	4.4	20.5
Materia orgánica %	25.80	.....	28,13
Boro mg/L	28.41	.....	11.83
Potasio mg/L	1.6	12	8,24
Fosforo mg/L	3.1	39	2.81

Fuente: Elaboración propia

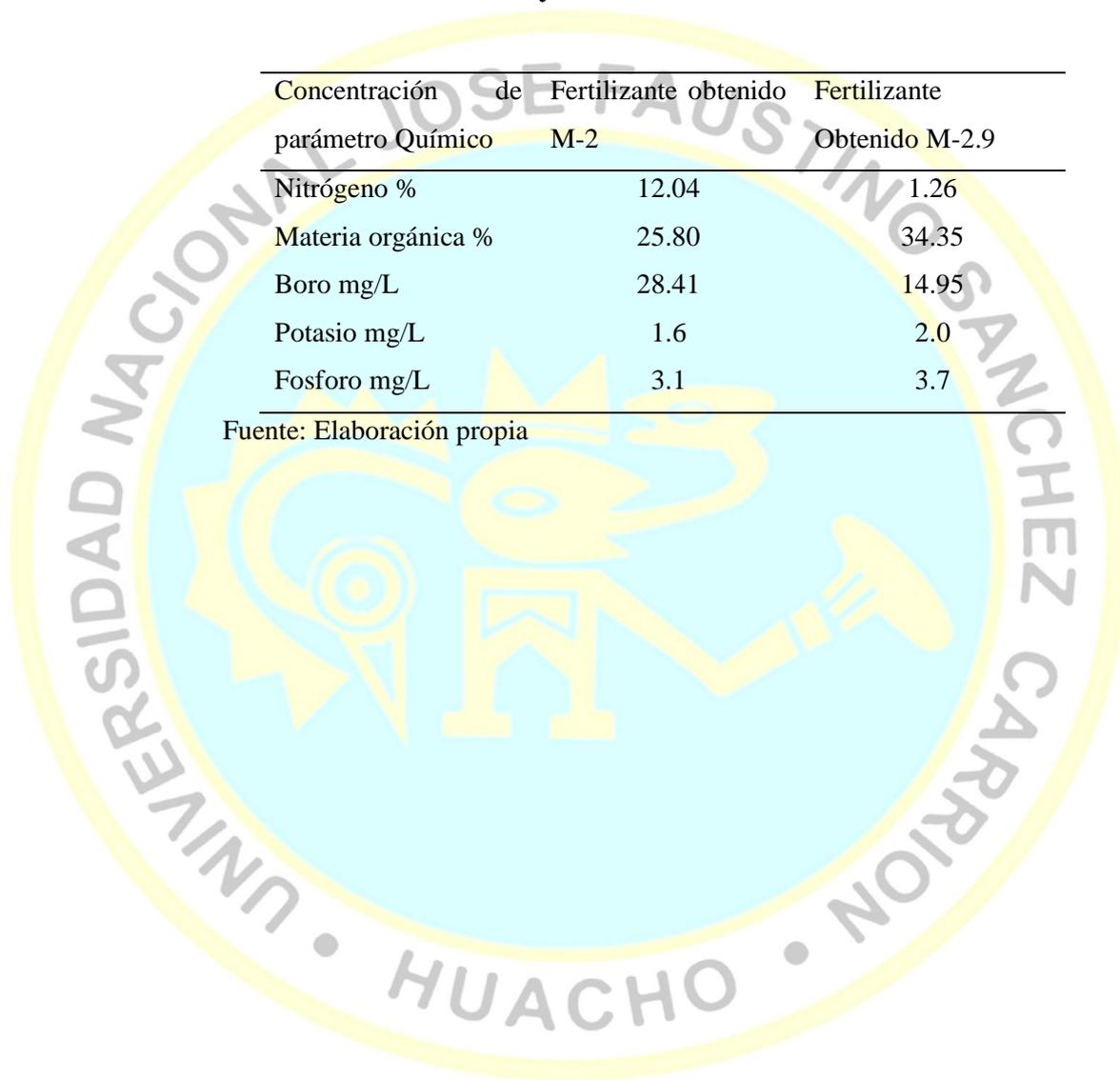
Para el caso de la mezcla M\_2.9 los resultados obtenidos no son importantes si se pretende utilizar esta mezcla obtenida para propósitos fertilizantes.

**Tabla 10**

**Comparación de principales componentes de los fertilizantes líquidos obtenidos de las mezclas M-2 y M-2.9**

Concentración de parámetro Químico	Fertilizante obtenido M-2	Fertilizante Obtenido M-2.9
Nitrógeno %	12.04	1.26
Materia orgánica %	25.80	34.35
Boro mg/L	28.41	14.95
Potasio mg/L	1.6	2.0
Fosforo mg/L	3.1	3.7

Fuente: Elaboración propia



## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 Conclusiones**

1. Se logró caracterizar fisicoquímicamente al efluente obtenido de la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral, en sus principales componentes en una orientación de un potencial fertilizante tal como se muestra en la Tabla N° 1.
2. Según las características fisicoquímicas del efluente se requirió practicar unas operaciones unitarias al efluente a fin de disponerlo para un tratamiento biodegradativo aeróbico utilizando el equipo de flotación por micro burbujeo, estas operaciones unitarias fueron las siguientes: Sedimentación gravimétrica para separar lodos y arena, tamizado húmedo para separar sólidos en suspensión.
3. El efluente ya depurado en el exceso de contenidos de solidos se llevó a una biodegradación aeróbica utilizando un equipo de flotación por microburbujeo por un tiempo de 10 horas y cuatro horas adicionales con una inyección de flujo de aire menor respecto al flujo inicial en las primeras 10 horas. Observándose una disminución en el contenido de materia orgánica en forma de carbono y nitrógeno, asimismo se aprecia una reducción en la intensidad del olor y color del líquido resultante. A este efluente con propiedades fertilizantes se le aplica otra operación de unitaria de adsorción utilizando arcilla ácido activada para separar componentes insolubles de baja granulometría y también componentes que dan olor y color al líquido fertilizante, asimismo en esta operación donde se eleva la temperatura a 80°C se elimina bacterias remanentes de las operaciones

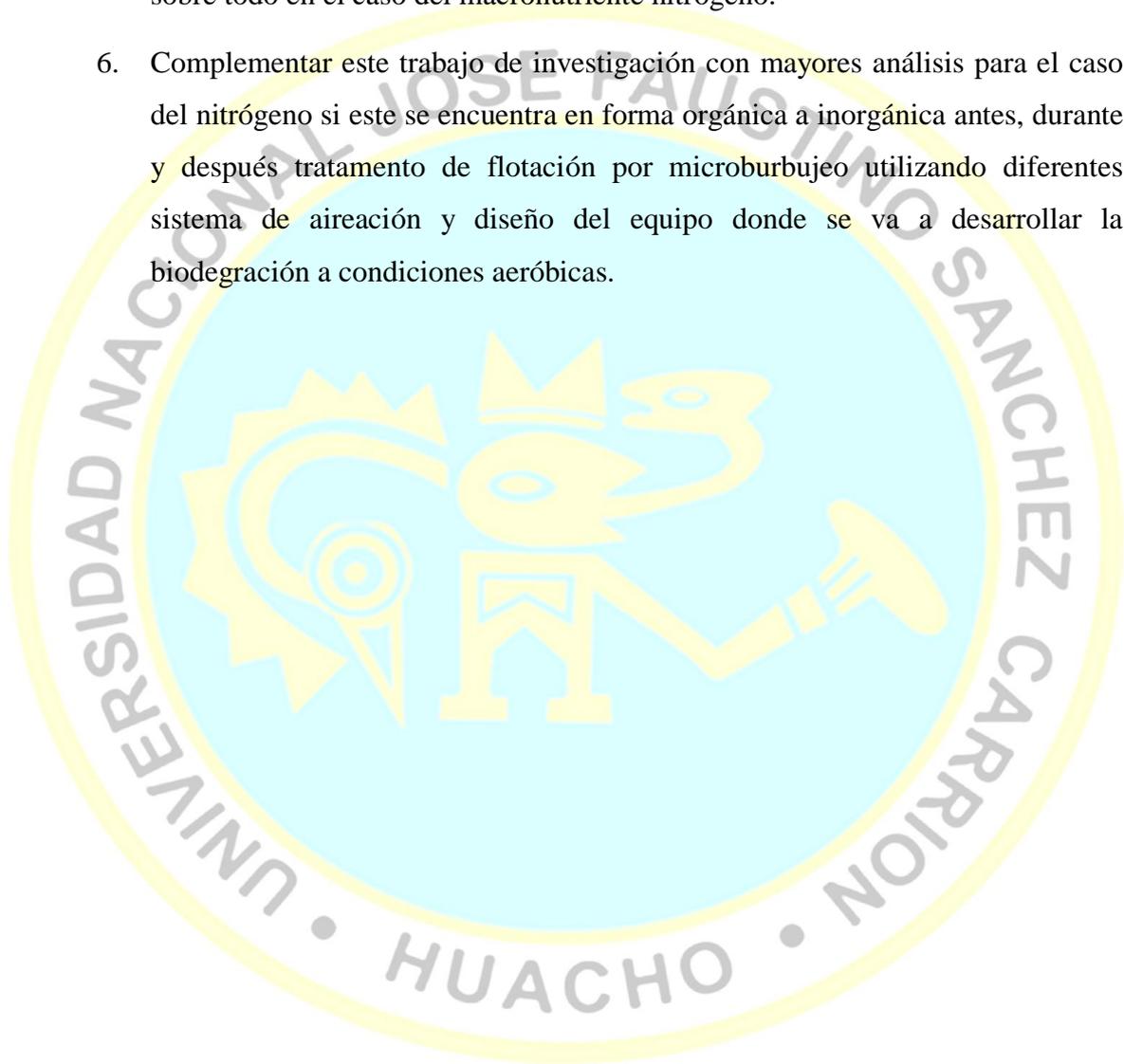
anteriores, finalmente se hace una filtración en vacío utilizando un matraz kitasato, un embudo buchner con papel de filtro y una bomba de vacío

4. En cuanto a los contenidos de macronutrientes y micronutrientes estos varían sensiblemente por la remoción que acontece al aplicarse los tratamientos de depuración y biodegradación aeróbica, tal como se aprecia en la Tabla N° 2, la remoción de los principales componentes de potencialidad fertilizante se aprecia en el Tabla N° 6.
5. Por lo sostenido líneas arriba se tiene la necesidad de compensar esa falencia en la concentración idónea de macronutrientes sobre todo de nitrógeno, por la adición de otro compuesto de propiedades fertilizantes en este caso se preparó dos mezclas, la M-2 y la M-2.9 la primera a base de residuos de pescado anchoveta cocido y fertilizante obtenido en una proporción de 30:70 respectivamente y la otra mezcla que adiciona directamente urea que es solubilizada en agua y mezclada con el fertilizante obtenido en la misma proporción señalada antes. En ese caso se analiza fisicoquímicamente los resultados de la mezcla obtenidas en la Tabla N° 3 una importante concentración de nitrógeno que lo hace competitivo al fertilizante líquido obtenido si se le compara con otros fertilizantes comerciales tal como se muestra en la Tabla N° 7.

## **6.2 Recomendaciones**

1. Se tiene la necesidad de corregir el pH del fertilizante obtenido mediante la adición de algún ácido.
2. Ampliar la investigación con mayores pruebas experimentales en el ensayo de flotación utilizando diversos tiempos de flotación y microburbujeo y monitorearlo con la variación de la relación C/N.
3. Utilizar otras proporciones de la relación de fertilizantes adicionados con respecto al fertilizante obtenido y evaluarlo con la composición de macronutrientes, procurando encontrar una mezcla óptima de propiedades fertilizantes.

4. Evaluar los lodos obtenidos respecto a su proporción C/N para adicionarlo convenientemente al compostaje que se realiza en la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa-Huaral.
5. Ensayar otros diseños de sistemas de aireación para degradar al efluente y evaluar sus efectos respecto a la biodegradación del efluente y rendimiento en la remoción de materia orgánica y su conversión de formas orgánica a inorgánica sobre todo en el caso del macronutriente nitrógeno.
6. Complementar este trabajo de investigación con mayores análisis para el caso del nitrógeno si este se encuentra en forma orgánica a inorgánica antes, durante y después tratamiento de flotación por microburbujeo utilizando diferentes sistema de aireación y diseño del equipo donde se va a desarrollar la biodegradación a condiciones aeróbicas.



## REFERENCIAS

### 7.1 Fuentes bibliográficas

- Avendaño, D., & Daniela, A. &. (2003). *wikipedia.org*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Compost#cite\\_note-2-13](https://es.wikipedia.org/wiki/Compost#cite_note-2-13)
- Bailon Peidró, J. (2010). *Tratamiento de Agua Residual*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Borges, E. U., Escobar, I. M., Rodriguez, J. A., Guevara, D. M., & Sánchez, S. G. (2008). Los Biosólidos de Aguas Residuales Urbanas en el Contenido de Metales Pesados en un Suelo Cultivado de Tomate. *Revista Brasileira de Agroecología*, 12.
- Calderón, M. &. (2013). *Desarrollo a nivel de laboratorio de un fertilizante*. Lima - Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Canedo Ávila, G. (2012). *Verificación de parámetros físicos y químicos en el análisis de aguas residuales que vierte el hospital de clínicas*. Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia.
- Falcon, C. (1990). *Manual de Tratamiento de Aguas Negras*. México D. F.: Limusa.
- Flores del Águila, M. J. (2014). *Producción de Biol a partir de cuatro fuentes de materia orgánica en el fundo Cacatachi UNSM - T. Tarapoto - San Martín* - Perú: Universidad Nacional de San Martín .
- Gallegos, M. &. (2014). *Dosis y momento de aplicación de abono líquido (biol) en el cultivo de cebolla china (allium fistulosum)*. Universidad Nacional de San Marcos. Lima - Perú.
- Ibañez, A. (2007). *“Justicia penal, derechos y garantías”*. Lima: Palestra – Temis.
- INTEC. (1999). *Manual de compostaje*. Chile: Corporación de investigación tecnológica de Chile.

Jaureguiberry, M. (2010). *Seguridad e Higiene en el Trabajo*. Argentina.

O'Ryan, J. &. (2007). *Compostaje y su utilización en la agricultura. Fundación para la innovación agraria*. . Universidad de las Américas - Santiago de Chile. .

Román, P. &. (2013). *anual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*. . Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Vela Rodriguez, A. M. (2014). *Niveles de Lombricompost y Concentraciones de Biol, en las características agronómicas y rendimiento de Capsicum sp. "Motelito"*. . Distrito de San Juan Nautista, Loreto. Iquitos - Perú.

Zárate Anchante, G. B. (2005). *Aplicación de las Arcillas en el Tratamiento de Efluentes Electroquímicos*. Lima - Perú .

## 7.2 Fuentes electrónicas

Chipana Huanco, F. N. (2014). *Términos Ambientales - Geco - MIneroArtesanal*.  
Obtenido de [geco.mineroartesanal.com/tiki-download\\_wiki\\_attachment.php?attId=1245](http://geco.mineroartesanal.com/tiki-download_wiki_attachment.php?attId=1245)

Comercio, M. d. (2007). *CPML*. Obtenido de  
[http://www.bvsde.org.ni/Web\\_textos/MIFIC/0009/0009DOCUMENTO%20STAR%20L%C1CTEOS.pdf](http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/MIFIC/0009/0009DOCUMENTO%20STAR%20L%C1CTEOS.pdf)

Corpál. (2014). *Compost. Corpál*, 1-3. Obtenido de  
<http://www.corpal.com.pe/portal/compost>

Humanista, F. d. (2016). *Cosas del jardín*. Obtenido de  
<http://urugmancini.wixsite.com/ph-nicolich--huertas/informacin-d>

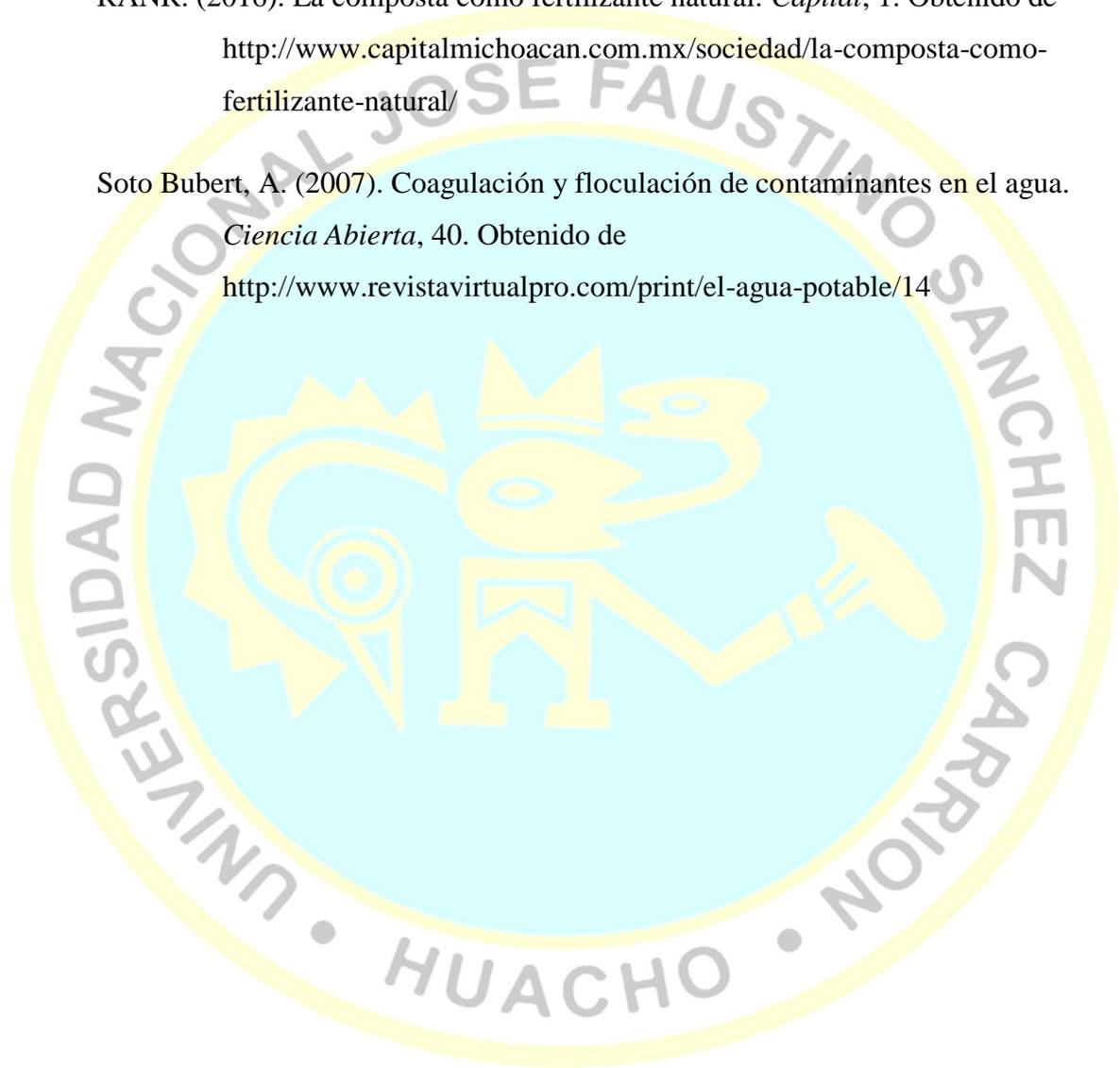
Line, E. O. (2012). *Tratamientos. Estructplan On Line*, 5. Obtenido de  
<https://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=21>

Nacimba, F. (8 de Mayo de 2013). *blogspot.com*. Obtenido de  
<http://elcompostajev.blogspot.com/2013/05/>

Paul, B. (2009). *Contaminación global*. Obtenido de  
<https://es.slideshare.net/rosmaryutrillaprinci/contaminacion-ambientalmetodologia>

RANR. (2016). La composta como fertilizante natural. *Capital*, 1. Obtenido de  
<http://www.capitalmichoacan.com.mx/sociedad/la-composta-como-fertilizante-natural/>

Soto Bubern, A. (2007). Coagulación y floculación de contaminantes en el agua. *Ciencia Abierta*, 40. Obtenido de  
<http://www.revistavirtualpro.com/print/el-agua-potable/14>





MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADOR
<p>Tratamiento del efluente de compostaje para la obtención de un fertilizante líquido Huaral-2015.</p>	<p><b>Problema general:</b> ¿Es posible a partir de un tratamiento del efluente de compostaje obtener un fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso de Huaral?</p> <p><b>Problemas Específicos</b></p> <p>a) ¿Es posible evaluar el contenido de macronutrientes y micronutrientes para proponer un tratamiento del efluente de compostaje para obtener un fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso?</p> <p>b) ¿Es posible evaluar las características físico químicas del efluente de compostaje para proponer un tratamiento de esta agua residual para obtener un fertilizante líquido en la Estación Experimental Ex-Donoso?</p> <p>c) ¿Es posible aplicar un tratamiento físico químico necesario para que el efluente de compostaje sea aplicable como fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso?</p> <p>d) ¿Es posible aplicar alguna compensación en los macronutrientes para que el efluente de compostaje sea aplicable como fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso?</p>	<p><b>Objetivo General.</b> Determinar un tratamiento del efluente de compostaje para obtener un fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>a) Evaluar el contenido de macronutrientes y micronutrientes para proponer un tratamiento del efluente de compostaje para obtener un fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso.</p> <p>b) Evaluar las características físicas químicas del efluente de compostaje para proponer un tratamiento de esta agua residual para obtener un fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso.</p> <p>c) Aplicar un tratamiento físico químico necesario para que el efluente de compostaje sea aplicable como fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso.</p> <p>d) Aplicar alguna compensación en los macronutrientes para que el efluente de compostaje sea aplicable como fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso.</p>	<p><b>Hipótesis general</b> A partir de un tratamiento del efluente de compostaje permitirá obtener un fertilizante líquido en la Estación Experimental Ex-Donoso.</p> <p><b>Hipótesis Secundarias</b></p> <p>a) La evaluación del contenido de macronutrientes y micronutrientes permitirá proponer un tratamiento del efluente de compostaje para obtener un fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso.</p> <p>b) La evaluación de las características físico químicas del efluente de compostaje permitirá proponer un tratamiento de esta agua residual para obtener un fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso.</p> <p>c) La aplicación de un tratamiento físico químico necesario para que el efluente de compostaje permitirá que sea aplicable como fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso.</p> <p>d) La aplicación de alguna compensación en los macronutrientes permitirá que el efluente de compostaje sea aplicable como fertilizante líquido en la Estación Experimental Agraria Donoso.</p>	<p><b>V. D.:</b> Fertilizante líquido en la estación experimental Agraria Donoso</p>	<p>-Color, densidad, pH, Conductividad eléctrica. -DBO5 del efluente de compostaje. -Contenido: Nitrógeno total, fósforo, potasio, materia orgánica, carbono, hierro, zinc, boro, relación C/N</p>

---

**Dr. JOSÉ VICENTE NUNJA GARCÍA**  
**ASESOR**

---

**Dr. BERARDO BEDER RUIZ SANCHEZ**  
**PRESIDENTE**

---

**Dr. JOSÉ ANTONIO LEGUA CARDENAS**  
**SECRETARIO**

---

**Dr. ALFREDO EDGAR LOPEZ JIMENEZ**  
**VOCAL**