

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
AGRÍCOLA



TESIS

**MICROORGANISMOS EFICACES Y LOMBRIFILTRO PARA LA
REMOCIÓN DE RESIDUOS LÁCTEOS DE LA PLANTA QUESERA “LA
BODEGUILLA – VALLE DE MOQUEGUA”**

PRESENTADA POR:

LENIN QUILLE QUILLE

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN INGENIERÍA AMBIENTAL

PUNO, PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA AGRÍCOLA

TESIS

MICROORGANISMOS EFICACES Y LOMBRIFILTRO PARA LA
REMOCIÓN DE RESIDUOS LÁCTEOS DE LA PLANTA QUESERA “LA
BODEGUILLA – VALLE DE MOQUEGUA”

PRESENTADA POR:

LENIN QUILLE QUILLE

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

.....
Dr. LUIS ALFREDO PALAO ITURREGUI

PRIMER MIEMBRO

.....
M.Sc. ROBERTO ALFARO ALEJO

SEGUNDO MIEMBRO

.....
M.Sc. DAWES RAMOS ALATA

ASESOR DE TESIS

.....
Dr. ALEJANDRO COLOMA PAXI

Puno, 05 de octubre de 2018.

ÁREA: Conservación del medio ambiente.

TEMA: Microorganismos eficaces y lombrifiltro para la remoción de residuos lácteos.

LÍNEA: Control de contaminación del agua.

DEDICATORIA

A DIOS.

*Nuestro Señor, mi Salvador Personal,
por darme Salud, Fuerza y Voluntad para seguir
formándome profesionalmente y por concluir mi
Grado Profesional, por acompañarme siempre y
por guiar mis pasos en todo momento.*

AGRADECIMIENTOS

- Antes que nada, dar gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte durante el periodo de estudio.
- A la Universidad Nacional del Altiplano, Escuela de Posgrado, en especial a la Plana docente del Programa de Maestría en Ciencias de la Ingeniería Agrícola, que me dieron la oportunidad de formar parte de ellas y concluir la Maestría en Ingeniería Ambiental.
- Agradecimiento especial a los miembros del jurado y asesor por haber hecho las observaciones de manera acertada y que contribuyó en mejorar la redacción final del presente trabajo de investigación.
- En general quisiera agradecer a todas y cada una de las personas que han vivido conmigo la realización de esta tesis, con sus altos y bajos y que no necesito nombrar porque tanto ellos como yo sabemos que desde lo más profundo de mi corazón le agradezco por haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo cariño y amistad.

¡GRACIAS A TODOS ELLOS!

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico	2
1.1.1 Aguas residuales industriales	2
1.1.2 Lactosuero	2
1.1.3 Aprovechamiento del suero lácteo	3
1.1.4 Problema ecológico originado por el suero lácteo	4
1.1.5 Limpiadores y desinfectantes	5
1.1.6 Lombriz	5
1.1.7 Lombrifiltro	8
1.1.8 Los Microorganismos Eficaces EM	9
1.1.9 Microorganismos Eficaces y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente	9
1.1.10 Base legal.....	10
1.1.11 Marco conceptual	10
1.2 Antecedentes	12
1.2.1 El Sistema Tohá.....	12
1.2.2 Funcionamiento del lombrifiltro.....	14
1.2.3 Aplicación de los Microorganismos Eficaces EM	17
1.2.4 Microorganismos Eficaces en residuos lácteos	19

CAPÍTULO II**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

2.1	Definición del problema.....	21
2.2	Justificación.....	22
2.3	Preguntas del problema.....	23
2.4	Objetivos	23
2.4.1	Objetivo general	23
2.4.2	Objetivos Específicos	24
2.5	Hipótesis.....	24
2.5.1	Hipótesis General	24
2.5.2	Hipótesis Específicas.....	24

CAPÍTULO III**MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1	Lugar de estudio.....	25
3.1.1	Equipos y materiales.....	25
3.1.2	Acciones previas para la ejecución del proyecto.....	26
3.2	Población.....	28
3.3	Muestra.....	28
3.4	Método de investigación	28
3.5	Descripción detallada por métodos por objetivos específicos	28
3.5.1	Esquema experimental.....	28
3.5.2	Metodología para la Caracterización Físicoquímica del efluente	32
3.5.3	Metodología para la Caracterización Microbiológica del efluente	35

CAPÍTULO IV**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1	Comparación de la demanda química de oxígeno antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces y el lombrifiltro al residuo lácteo	36
4.2	Caracterización físicoquímica del efluente con mayor porcentaje de remoción respecto al parámetro DQO.....	38
4.3	Caracterización microbiológica del efluente con mayor porcentaje de remoción	

respecto al parámetro DQO	41
4.4 Proyección del tamaño del módulo del lombrifiltro.....	43
4.5 Pronóstico del porcentaje de remoción con la aplicación de EM y lombrifiltro	44
CONCLUSIONES	47
RECOMENDACIONES.....	48
BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Valores promedios de los residuales acuosos de la industria láctea	3
2. Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR	10
3. Número de tratamientos para DBCA.....	32
4. Metodología para la determinación de parámetros físicos	33
5. Límites máximos permisibles (LMP) de efluentes para análisis comparativo de parámetros físicos.....	33
6. Metodología para la determinación de parámetros químicos	34
7. Límites máximos permisibles (LMP) de efluentes para análisis comparativo de parámetros químicos.....	34
8. Metodología para la determinación de parámetros biológicos	35
9. Límites máximos permisibles (LMP) de efluentes para análisis comparativo de parámetros biológicos.....	35
10. Valores de la demanda química de oxígeno (DQO), antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces y lombrifiltro.	36
11. Características fisicoquímicas de los efluentes.....	39
12. Características microbiológicas de los efluentes	41
13. Proyección del tamaño del lombrifiltro para la planta quesera la bodeguilla.....	43
14. Proyección de los porcentajes de remoción del residuo lácteo.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Morfología de la lombriz.....	8
2. Esquema del sistema Tohá (lombrifiltro)	15
3. Capas del lombrifiltro	15
4. Estructura del lombrifiltro acondicionado	27
5. Esquema experimental.....	29
6. Efecto de los tratamientos respecto a la DQO.	37
7. Presencia de Coliformes en el residuo lácteo y tratamientos con mayor porcentaje de remoción de la DQO.....	42
8. Pronóstico de la remoción por tratamiento	45
9. Acondicionamiento del lombrifiltro	60
10. Adquisición de Microorganismos eficaces	60
11. Recolección de Residuo Lácteo	61
12. Adquisición de lombrices (Eisenia foétida).....	61
13. Aplicación de microorganismos eficaces al residuo lácteo	62
14. Separación de fases (sólida y líquida) del residuo lácteo con aplicación de EM	62
15. Imágenes de efluentes de la aplicación de EM y lombrifiltro	62

ÍNDICE DE ANEXOS

Pág.

1. Tabla de análisis de varianza para evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces y lombrifiltro respecto al parámetro DQO	55
2. Comparación de la prueba de Tukey	55
3. Registro del parámetro DQO y temperatura para cada método de aplicación	56
4. Cálculos de áreas para el lombrifiltro acondicionado y proyectado	57
5. Proyección del porcentaje de remoción a través del modelo de Winters ó Holt Winters	58
6. Imágenes de la aplicación de microorganismos eficientes y lombrifiltro al residuo lácteo	60
7. Fichas y documentos utilizados	63

RESUMEN

El alto poder contaminante del residuo lácteo de la industria quesera motivaron la investigación, teniendo como objetivo evaluar el efecto de aplicación de los microorganismos eficaces y el lombrifiltro para la remoción de residuos lácteos de la planta quesera “La bodeguilla – Valle de Moquegua” de la provincia Mariscal Nieto; se acondicionó un biofiltro de cuatro capas añadiendo las lombrices conociéndose como “lombrifiltro”; las variables experimentales fueron los métodos de aplicación durante cuatro semanas, tales como (Aplicación de microorganismos eficaces, aplicación del lombrifiltro y la aplicación combinada de microorganismos eficaces con el lombrifiltro), fueron evaluados respecto al parámetro indicador de Demanda Química de Oxígeno (DQO), donde el residuo lácteo obtuvo 55530mg/L de DQO y los efluentes de los métodos aplicados midieron lo siguiente; microorganismos eficaces (DQO = 25200mg/L), del lombrifiltro (DQO = 12000mg/L) y de la aplicación combinada de microorganismos eficaces con el lombrifiltro (DQO = 13600 mg/L), siendo los efluentes con mayor porcentaje de remoción de DQO, los métodos de aplicación del lombrifiltro (78.39%) y la aplicación combinada de microorganismos eficaces con el lombrifiltro (75.51%), seguido por la aplicación de microorganismos eficaces (54.62%), estadísticamente hay diferencias significativas entre los métodos de aplicación a un nivel de significancia del 5% y las características fisicoquímicas (SST, SS, DQO, DBO₅, pH, A y G) de los efluentes son influidas por la aplicación de los microorganismos eficaces y el lombrifiltro logrando estar dentro de los límites máximos permisibles, a excepción de la DQO y la DBO₅ para ser vertidos, así mismo las características microbiológicas (Coliformes totales y termotolerantes) de los efluentes son influidas significativamente por dichos métodos obteniendo resultados negativos por la aplicación combinada de microorganismos eficaces con el lombrifiltro.

Palabras clave: Biofiltro, efluentes, lombrices, lombrifiltro, microorganismos eficaces, residuo lácteo.

ABSTRACT

The high polluting power of the dairy waste of the cheese industry motivated the investigation, aiming to evaluate the effect of application of the effective microorganisms and the earthworm-filter for the removal of dairy residues of the cheese plant “The Bodeguilla” – Valley of Moquegua” province of Mariscal Nieto; a four-layer biofilter was prepared by adding the earthworms know as “earthworm-filter”; the experimental variables were the methods of application during four weeks, such as (Application of effective microorganisms, application of the earthworm-filter and the combined application of effective microorganisms with the earthworm-filter), were evaluated with respect to the parameter Indicator of Chemical Oxygen Demand (COD), where the dairy residue obtained 55530mg / L of COD and the effluents of the applied methods measured the following; effective microorganisms (COD = 25200mg / L), earthworm-filter (COD = 12000mg / L) and the combined application of effective microorganisms with the earth-filter (COD = 13600mg / L), the effluents having the highest percentage of COD removal, the methods of application of the earthworm-filter (78.39%) and the combined application of effective microorganisms with the earthworm-filter (75.51%), followed by the application of effective microorganisms (54.62%), statistically there are significant differences between the methods of application at a level of significance of 5% and the physicochemical characteristics (SST,SS,COD,BOD₅, pH, A and G) of the effluents are influenced by the application of the effective microorganisms and the earthworm-filter, reaching within the maximum permissible limits, with the exception of the COD and the BOD₅ to be discharged, likewise the microbiological characteristics (total and thermotolerant coliforms) of the effluents are significantly influenced by these methods, obtaining negative results by the combined application of effective microorganisms with the earthworm-filter.

Keywords: Biofilter, dairy residue, effluents, earthworms, earthworm-filter, effective microorganisms.

INTRODUCCIÓN

En una actividad productiva se pueden observar muchas transformaciones de la materia prima, esto trae consigo desechos que en la mayoría de los casos produce algún tipo de impacto ambiental, por ello es importante minimizar los residuos para contribuir a la disminución de la contaminación del ecosistema y evitar un futuro daño a la población.

En algunos casos en las actividades productivas el factor “cuidado del medio ambiente” está por debajo de factores como “productividad - ganancia económica”, ante este escenario la industria láctea debe realizar el aprovechamiento integral de la materia prima con fines de reducir la contaminación ambiental ya que el suero de leche es uno de los residuos más representativos de la industria lechera y uno de los contaminantes más severos que existen a nivel ambiental ya que el mayor desecho industrial es el líquido, por la naturaleza de la materia prima (la leche), que está constituida principalmente por agua, y por los productos que generalmente son elaborados, en los cuales la eliminación de ésta y de diferentes componentes disueltos son desechados al medio ambiente.

Por lo expuesto con la presente investigación denominada, microorganismos eficaces y lombrifiltro para la remoción de residuos lácteos de la planta quesera “La Bodeguilla – Valle de Moquegua” se pretende generar una alternativa para el desarrollo sostenible de la industria láctea.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico

1.1.1 Aguas residuales industriales

Son aguas provenientes de los procesos industriales, la cantidad y composición de ella es bastante variable, dependiendo de la actividad productiva y de muchos otros factores (tecnología empleada, calidad de la materia prima, etc). Así estas aguas pueden variar desde aquellos con alto contenido de materia orgánica biodegradable (mataderos, industria de alimentos), otras con materia orgánica y compuestos químicos (industria de celulosa) y finalmente industrias cuyas aguas residuales contienen sustancias inorgánicas u orgánicas no degradables proveniente de las industrias químicas, minería, metalúrgicas y textiles (Salazar, 2005).

Son las aguas provenientes de las descargas de cualquier actividad comercial e industrial que no sean aguas residuales domésticas (Vicente, 2016)

1.1.2 Lactosuero

El lactosuero ó suero de leche, es la fase acuosa separada de la cuajada en el proceso de elaboración del queso y en la fabricación de la caseína, representa el 80 – 90% del volumen total de la leche que entra en el proceso y contiene alrededor del 50% de los nutrientes de la leche original. El suero como subproducto de la elaboración de quesos blancos, duros o semiduros y de la producción de caseína al cuajo, es conocido como suero dulce y tiene un pH de 5.9 – 6,3 (Alfa & Laval, 1990).

El lactosuero que se libera, corresponde a cerca del 83% del volumen de leche utilizada como materia prima, el cual es exudado desde el interior de la cuajada de queso. Este residuo corresponde al efluente que más contaminación provoca en las

queserías si no se tiene un aprovechamiento posterior, ya que contiene gran cantidad de lactosa y proteínas. Por ello es aconsejable que estos sueros no sean vertidos de forma directa al cauce o a la depuradora, pues provocarían un enorme incremento de la DBO y la DQO (Prieto, Callejas, Reyes, & Marm, 2012).

Las aguas residuales lácteas proceden de procesos generadores de efluentes de la industria láctea tales como; recepción de la leche, estandarización, tratamiento térmico, producción de queso, producción de mantequilla, transporte de productos lácteos líquidos y otros, (Prieto, Callejas, Reyes, & Marm, 2012).

El uso de ácido y sosa provoca que los vertidos tengan valores de pH muy extremos, que pueden oscilar desde 5 hasta 10.5. En ocasiones también se emplean detergentes y desinfectantes para determinados circuitos, por lo que la composición general de los efluentes acuosos varía notablemente en función de los productos que fabrique cada empresa láctea y de sus características de diseño tal como se detalla en la tabla 1.

Tabla 1

Valores promedios de los residuales acuosos de la industria láctea

Constituyente	Unidad	Rango
DBO ₅	mg/L	450 - 4800
DQO	mg/L	675 - 7200
Sólidos en suspensión	mg/L	24 -5700
Grasa	mg/L	35 – 500
Ph		5.3 – 9.4

Fuente: (Prieto, Callejas, Reyes, & Marm, 2012)

1.1.3 Aprovechamiento del suero lácteo

El suero es considerado en general, como un subproducto molesto de difícil aprovechamiento. Debido a su capacidad contaminante, con una demanda biológica de oxígeno (DBO) de 30000 a 60000mg/L y al valor nutritivo de los componentes del suero, en todo el mundo se han realizado considerables esfuerzos dirigidos a su aprovechamiento tanto en el ámbito tecnológico como a políticas gubernamentales que alteren o presionen a los industriales a hacer uso de este subproducto evitando

que sea vertido al seno de recursos acuíferos donde resulta altamente perjudicial (Ronda, 2000).

El volumen de lactosuero generado en la elaboración de queso es aproximadamente nueve veces la cantidad de leche tratada, con una carga orgánica muy elevada (DQO de 60,000.00mg/O₂/L) por lo que su vertido junto con las aguas residuales aumenta considerablemente la carga contaminante del vertido final (Santamaría, Álvares, Santamaría, & Zamora, 2015)

Cada 1000 litros de lactosuero generan cerca de 35kg. De demanda biológica de oxígeno (DBO) equivalente a 35000mg/L y cerca de 68kg. De demanda química de oxígeno (DQO) equivalente a 68000mg/L. Esta fuerza contaminante es equivalente a la de las aguas negras producidas en un día por 450 personas (Padin & Díaz, 2005).

Así mismo la regulación sobre la disposición de los residuos generados en la industria alimenticia que afectan el medio ambiente por la descomposición natural y no controlada de la materia orgánica está siendo cada vez más exigente (Buendía, 2009) por lo que se requiere su aprovechamiento.

1.1.4 Problema ecológico originado por el suero lácteo

Se estima que la descarga a un curso de agua de 2,5 litros de suero por día tiene un poder contaminante equivalente al agua residual producida por un individuo. Esto implica, por ejemplo, que la manufactura de 1kg de queso ocasiona una contaminación semejante a la generada por aproximadamente cuatro personas. Además crea ciertas limitaciones en las plantas de tratamiento de aguas residuales ya que aparecen problemas al encauzarlo en zanjas y lagunas construidas para tal fin, pues el ácido láctico impermeabiliza el suelo, lo que impide la filtración, formándose así, espejos de agua putrefactos que inciden negativamente en la conservación del ambiente (Petrenko, 2005).

En la industria láctea, los principales procesos contaminantes son la producción de quesos, cremas y mantequilla, el proceso de lavado de torres de secado y las soluciones de limpieza alcalina. Se estima que el suero generado en la elaboración de quesos tiene una DBO₅ del orden de 40,000.00 – 50,000.00 mg/l (Santamaria, Álvarez, & Santamaria, 2015).

En el estudio denominado caracterización y tratamiento de efluentes líquidos en la industria láctea, se tiene que los efluentes líquidos de la industria láctea tiene alto contenido de materia orgánica de 1000 a 6000mgDBO/l y la relación de DBO y DQO para la leche es equivalente a $DBO \approx 0.52 DQO$ (Rodriguez, 2010)

1.1.5 Limpiadores y desinfectantes

El uso de sustancias limpiadoras y desinfectantes en la industria lechera genera un aporte de nitrógeno a las aguas residuales del 50 al 130%. Sin embargo, no alcanza los valores de la industria de cerveza, que aumenta el uso del ácido nítrico para procesos de limpieza y se han llegado a encontrar hasta 26 mg/l (Wiblbrett, 2000)

Los productos limpiadores y desinfectantes en la actualidad son pobres o exentos en fósforo; esto para disminuir el efecto eutrófico en las aguas. Por lo tanto, el contenido de fosfatos en las aguas residuales de la industria de los alimentos ha disminuido, especialmente en la industria lechera. (Alfa & Laval, 1990).

1.1.6 Lombriz

La especie más utilizada es la lombriz roja californiana (*Eisenia foétida*) mide entre 6 y 10 cm de largo, tiene 3 a 5 milímetros de diámetro y pesa de 0,24 hasta 1,4 gramos. Se trata de una especie bastante rústica, aunque no soporta la luz solar directa. En general se aparea cada siete días y de la unión se deposita una cápsula con 2 a 20 nuevas lombrices que emergen después de dos a tres semanas. Estos nuevos individuos maduran sexualmente a los dos o tres meses. Las lombrices avanzan excavando el terreno que habitan a medida que comen. Así, reciclan a través de su tracto intestinal la materia orgánica. Esta materia es degradada hasta su último estado de descomposición por efecto de los microorganismos y recibe el nombre de humus (Carmona, 2010).

La clasificación sistemática de la lombriz según (Juárez, 2010) es de la siguiente manera:

Reino: *Animal*

Phylum: *Anélida*

Clase: *Oligoqueto*

Orden: *Opisthoro*

Familia: *Lombricidae*

Género: *Eisenia*

Especie: *Foétida*

Según, (Somarriba & Guzmán, 2004)) las características de la lombriz roja californiana son las siguientes:

- Posee boca pero no tiene dientes, succiona los alimentos para lograr su alimentación.
- Los rayos ultravioleta la matan en poco tiempo.
- Su cuerpo es cilíndrico, anillado y presenta de 120 a 175 segmentos y está recubierta de una fina cutícula con una longitud en estado adulto de 6 a 8cm. Y un diámetro de 3 a 5mm, su color va de blanco rosa y ya adulta color rojo oscuro.
- Respira a través de la epidermis, depositando el humus en un 1/3 de su recorrido, por lo que la cutícula debe mantenerse adecuadamente húmeda.
- Su aparato circulatorio está provisto de cinco pares de tubos musculares (corazones) y posee tres pares de riñones.
- Es hermafrodita: Posee tanto ovarios, como testículos, es incapaz de autofecundarse por lo que necesita del acoplamiento de otra de su especie, el apareamiento se produce al situarse en posición paralela en sentido inverso las dos lombrices de tal forma que se corresponda al aparato genital masculino con el femenino, al realizarse esto se produce un intercambio de espermatozoide quedando ambas lombrices fecundadas.
- Clitellium: Con forma de anillo de color blanco rosado, está situado en el tercio anterior dotado de una glándula que se encarga de secretar las sustancias que forman los capullos o cocones ò cápsulas donde se alojan los huevos fecundados, dicho capullo tiene forma de pera de 2-3 mm de diámetro, de

color verde amarillo hasta verde rojizo que se abre de los 14 a los 21 días en condiciones favorables, humedad, temperatura etc. Dichas lombrices al salir miden 1mm aproximadamente y tienen un peso en estado adulto de 0.8 a 1 g e ingieren diariamente el 100% de su peso en materia orgánica en descomposición y del cual el 60% es excretado abono orgánico y el 40% es asimilado y se convierte en biomasa de lombriz.

- La madurez sexual la adquieren a los 3 meses y a partir que se forma el Clitelo están aptas sexualmente para el apareamiento el cual se produce con un intervalo mínimo de 7 días y tiene un tiempo de duración de 15 minutos.
- Glándulas Calcíferas: conocidas como glándulas de Morren, son unos órganos especiales que segrega carbonato de calcio y cumplen la función de controlar el PH, así como inhibe ciertos hongos y bacterias que se encuentran en los sustratos orgánicos que consume.
- Regeneración: La lombriz posee poder regenerativo de segmentos perdidos, pero solo si la lesión o destrucción afecta la última porción del intestino, pero si la lesión es en la región anterior la lombriz muere.
- Una lombriz es 80% agua y 20% materia seca, posee el 65% de proteína.

Así mismo manifiesta que es importante que los sustratos se encuentren bastante húmedos entre un 75 y 80 % de humedad, esto se consigue regando los canteros cada 3 días y utilizamos 3 galones de agua por metro cuadrado. El riego se puede efectuar con regadera, con mangueras mediante sistema de micro aspersión y para lograr medir el contenido de humedad entre 75 y 80% se puede tomar una muestra de sustrato que alcance en el puño de la mano, que al apretarlo, se desprendan entre 7-8 gotas de agua.

Respecto a la densidad poblacional de lombrices, es necesario tener en cuenta que no puede superar más de 5kg/m^2 ; porque la reproducción se realiza en forma lenta debido a la competencia que se genera por comida y espacio, además las lombrices obtienen su nutrición debido al proceso de digestión, donde también actúan los microorganismos mesófilos, es decir aquellos microorganismos que están presentes a temperaturas inferiores a 35°C , por ello la alimentación de las lombrices se realiza en capas delgadas, preferiblemente inferiores a 40cm, de tal forma que se evite un incremento en la temperatura (Rivera, 2017).

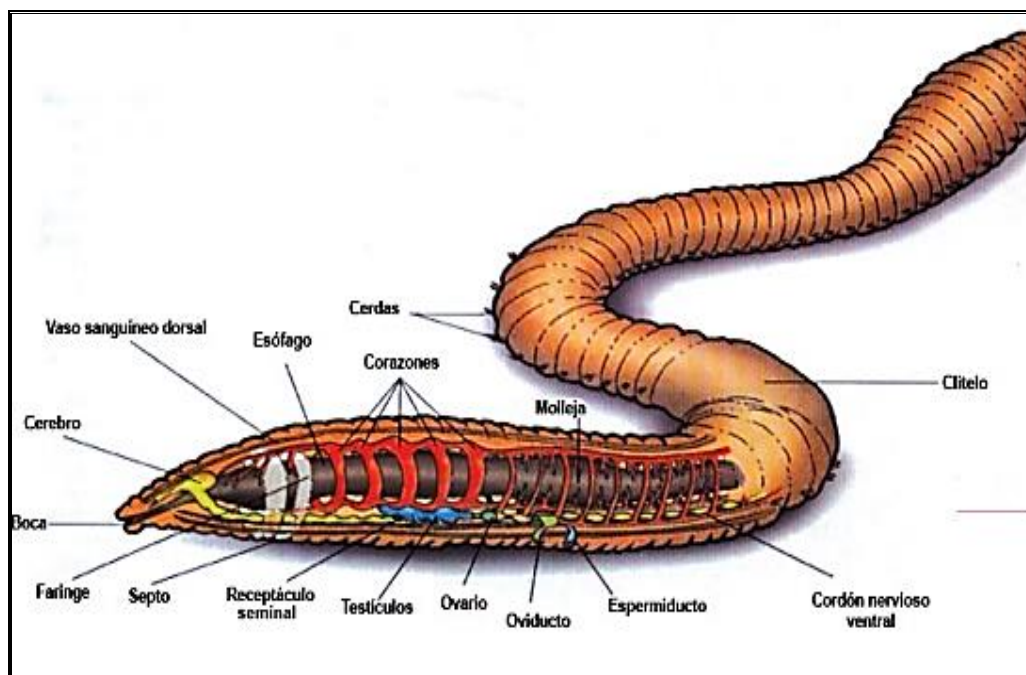


Figura 1. Morfología de la lombriz.

1.1.7 Lombrifiltro

Se puede decir que el lombrifiltro, corresponde a una adaptación del sistema tradicional de lombricultura, a diferencia de este sistema en el lombrifiltro, el sustrato es proporcionado a través de la presencia de éste en las aguas residuales domésticas que percolan a través de un medio filtrante, donde se encuentran las lombrices en gran cantidad (Salazar, 2005).

El lombrifiltro está compuesto, fundamentalmente, por 3 capas y lombrices del tipo *Eisenia foetida*, que consta de una base filtrante de bolones, sobre la cual se agrega una capa de ripio o grava y la parte superior se cubre con aserrín o viruta de madera de ulmo o tepa (principalmente) sobre el cual se mantiene un alto número de lombrices (Salazar, 2005) así mismo indica que la materia orgánica que queda retenida en el medio filtrante es removida por una población de microorganismos y las lombrices adheridas al medio, los que se encargan de degradar la materia orgánica que utilizan como fuente de alimento, energía para sus procesos metabólicos y una fracción que pasa a formar parte de su masa corporal, las lombrices luego de digerir la materia orgánica producen a través de sus deyecciones el denominado humus de lombriz, que cada cierto tiempo puede extraerse y ser utilizado como abono orgánico para el suelo.

El lombrifiltro es un método de tratamiento de las aguas residuales desarrollado por el profesor José Tohá Castella, y su equipo de colaboradores en el Laboratorio de Biofísica de la Universidad de Chile. El objetivo de sus investigaciones fue lograr desarrollar diferentes líneas de investigación en sistemas de descontaminación ecológicos y de alta eficiencia (Carmona, 2010).

1.1.8 Los Microorganismos Eficaces EM

Los Microorganismos Eficaces (EM) están conformados esencialmente por tres diferentes tipos de organismos: levaduras, bacterias ácido lácticas y bacterias fotosintéticas, las cuales desarrollan una sinergia metabólica que permite su aplicación en diferentes campos de la ingeniería. Las principales aplicaciones a nivel industrial se han concentrado en el aprovechamiento de suelos, residuos agropecuarios y tratamientos de aguas (Sánchez, y otros, 2009).

Algunas bacterias que integran la mezcla de microorganismos benéficos o eficaces, como *Lactobacillus spp.*, producen ácido láctico, que suprime microorganismos dañinos y ayuda a la descomposición de materiales como la lignina y la celulosa (Herrera & Javid, 2013) así mismo indica que los microorganismos eficaces es una tecnología desarrollada en la década de los ochenta en Okinagua, Japón como resultado de algunas investigaciones sobre la eficacia de microorganismos que actuaban de forma individual en procesos de degradación y transformación de componentes.

1.1.9 Microorganismos Eficaces y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente

El uso de microorganismos eficaces (EM) en el sector agrícola, aplicándolo en el manejo de instalaciones, alimentación, manejo de excretas y manejo de praderas ha permitido darle al suelo una buena utilización y por consiguiente su recuperación, lo que al mismo tiempo permite obtener buenos resultados en el saneamiento ambiental, esto se debe a que la aplicación de dichos microorganismos sobre los residuos sólidos orgánicos pueden generar compost y en el componente hídrico es útil para manejo de las PTAR (planta de tratamiento de aguas residuales) lo cual reducirá la carga contaminante. Por lo tanto la aplicación de esta tecnología actualmente está beneficiando a los agricultores, la sanidad de los animales, los profesionales del

manejo ambiental y a toda la comunidad interesada en aprovechar los recursos naturales de forma sostenible y sin contaminar el medio ambiente (Arias, 2010).

1.1.10 Base legal

Según Decreto Supremo N° 003 – 2010 – MINAM; Los límites máximos permisibles para los efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales, se presenta en la tabla 2.

Tabla 2

Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda química de Oxígeno	mg/L	200
Ph	Unidad	6.5 – 8.5
Sólidos totales en suspensión	ml/L	150
Temperatura	°C	< 35

Fuente: D.S. N° 003 – 2010 – MINAM

1.1.11 Marco conceptual

a) Humus

El humus corresponde a las deyecciones de las lombrices, que tal como se mencionó, equivalen al 60% de la cantidad de alimento consumido por la lombriz. Estas deyecciones son abono orgánico con una riqueza en flora bacteriana de prácticamente el 100% (2×10^{12} colonias/gr.) (Salazar, 2005).

b) Potencial hidrógeno (pH)

Se usa para expresar la intensidad de la condición ácida o alcalina de una solución, sin que esto quiera decir que mida la acidez total o la alcalinidad total.

En las plantas de tratamiento de aguas residuales que emplean procesos biológicos, el pH debe controlarse dentro de un intervalo favorable a los organismos (Santamaria, Álvarez, & Santamaria, 2015).

c) Afluente

Agua residual u otro líquido que ingrese a algún proceso de tratamiento (Salazar, 2005).

d) Adsorción

Proceso por el cual un gas, vapor, materia disuelta o partículas suspendidas son captadas o adheridas en la superficie de otro material tanto por fuerzas físicas como químicas (Salazar, 2005).

e) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La DBO₅ es la cantidad de oxígeno disuelto consumido en una muestra de agua por los microorganismos cuando se descompone la materia orgánica a 20°C en un periodo de 5 días. Mide sin dificultad el carbono orgánico biodegradable (Kiely, 1999).

f) Demanda química de oxígeno (DQO)

Mide el carbono orgánico total con la excepción de ciertos aromáticos tales como el benceno el cual no es oxidado en la reacción. Determina la cantidad de oxígeno necesario para oxidar químicamente las sustancias orgánicas en el agua o agua residual (Kiely, 1999).

g) Sólidos suspendidos

Son las partículas orgánicas e inorgánicas que arrastra el agua residual. Cuando reduce su velocidad, muchas de estas partículas se depositan en el fondo como sedimento y las que no se asientan provocan turbiedad (Vicente, 2016).

h) Aguas negras

Son los residuos líquidos provenientes de inodoros (transportan excrementos y orina ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales) (Vicente, 2016).

i) Aserrín

Es un producto de desecho del procesamiento de la madera compuesto de tres componentes principales: la lignina, celulosa y la hemicelulosa (Jiménez, Gustavo, & Padilla, 2012).

1.2 Antecedentes

1.2.1 El Sistema Tohá

El origen de esta tecnología se fundamenta en la permanente necesidad de encontrar tecnologías de tratamiento no convencional, que cumplan con las normativas de descarga con bajos costos de operación que hagan viable su implementación, razón por la cual muchos investigadores han dedicado gran esfuerzo y dedicación con este fin, es así, que a partir de los trabajos realizados en EE.UU. a fines de la década de los 70, se manifestó la conveniencia de utilizar a las lombrices en el proceso de depuración y estabilización de las aguas residuales domésticas e industriales, de esta manera, el investigador chileno, el Dr. José Tohá Castellá, recoge experiencias realizadas en la planta de Lufkin, Texas (1981) sobre el tratamiento de aguas residuales mediante lombricultura y comienza a experimentar con este sistema a partir del año 1986, naciendo de esta manera el Sistema Tohá (Salazar, 2005).

Se estudió el comportamiento del lombrifiltro por medio de un análisis de laboratorio a los parámetros DQO, DBO5, SST, SSV, a la entrada y a la salida del sistema, de igual forma se verificó que la carga del afluente era bastante en comparación con la del efluente, obteniendo una eficiencia del 92.06% de remoción de carga orgánica en el sistema de lombrifiltro (Ramón, León, & Castillo, 2015).

Algunas aplicaciones de las lombrices para el tratamiento de aguas residuales son las siguientes:

- Se determinó la eficiencia de la lombriz de tierra (*Lumbricus Terrestris*) y la lombriz roja californiana (*Eisenia Foetida*) en el tratamiento de las aguas

residuales a condiciones ambientales de la ciudad de Bagua. Adaptaron las dos especies durante un periodo de siete días, luego inocularon al sistema de biofiltro conformado por dos estanques con capas inertes (bolones, grava, aserrín, tierra y compost) y organismos vivos (lombriz de tierra, roja californiana y microorganismos presentes en el sustrato) y un tanque de almacenamiento (aguas residuales), flujo continuo posteriormente depositaron el agua residual en un tanque de almacenamiento alimentado por un tiempo de seis días para luego pasar a los estanques de vidrio con *Lumbricus Terrestris* y *Eisenia Foetida*. y para determinar la eficiencia de remoción de las especies, analizaron la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual que ingresó a los tratamientos. Obteniendo los resultados que la especie *Eisenia Foetida* es más eficiente en el tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Bagua, con un porcentaje promedio de remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del 73% mientras que *Lumbricus Terrestris* obtuvo un promedio de remoción del 63%. (Acuña & Reyes, 2017).

- Se determinó la eficiencia de la lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris*) y la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en el tratamiento de las aguas residuales del Distrito de Chachapoyas, se inocularon al sistema del lombrifiltro conformado por dos estructuras de madera con cuatro capas (piedras enteras, grava chancada, grava fina y aserrín en mezcla con las lombrices de tierra y las lombrices rojas californiana), además de los microorganismos presentes en el sustrato y finalmente un tanque de almacenamiento (agua residual doméstica) de flujo continuo, para determinar la eficiencia de remoción de las especies, se analizó la cantidad de concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual que ingresó al proceso de tratamiento, concluyendo que la especie (*Eisenia foetida*) es más eficiente en la remoción de los contaminantes del agua residual doméstica con un promedio de 87% en comparación con la especie (*Lumbricus terrestris*) que logró un 85% por ende el tratamiento con ambas especies, las hacen aceptables para el riego de vegetales no restringido y restringido, así como para bebidas de animales tal como consta en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. (Saboya, 2018).
- Evaluaron la eficiencia del sistema lombrifiltro empleando a la especie *Eisenia foétida* en la remoción de nutrientes en el afluente de CITRAR FIA - UNI durante los meses de noviembre de 2016 a agosto de 2017, en tres etapas (la adaptación

de la lombriz *Eisenia foétida* al agua residual y al aserrín, arranque del sistema que permitió la formación de la biopelícula, finalmente la etapa de monitoreo de los parámetros fisicoquímicos, donde trabajaron con tres caudales diferentes de las cuales se logró la mayor remoción de DQO a menores caudales de aplicación concluyendo que el lombrifiltro puede considerarse como alternativa tecnológica para el tratamiento secundario. (Girón , 2018).

1.2.2 Funcionamiento del lombrifiltro

El sistema comprende cuatro capas de diversos materiales. La capa superior consiste en material orgánico con un gran número de microorganismos y lombrices (*Eisenia foétida*) principalmente, las cuales absorben y digieren la materia orgánica dejando el agua sin su principal contaminante. A continuación, hay una capa de aserrín para una segunda filtración, luego, una tercera capa formada por piedras de tamaño pequeño y la última constituida por piedras de mayor tamaño. Estas dos últimas capas proveen soporte y aireación al sistema, asegurando su permeabilidad. El agua pasa a través del biofiltro sólo por gravedad y emerge clara y sin materia orgánica (Carmona, 2010).

El sistema consta de dos etapas principales. En la primera, el agua residual escurre por gravedad a través de un biofiltro constituido por 4 capas de diversos materiales y que contiene micro y macro organismos. Aquí se absorbe y procesa la materia orgánica.

Y en la segunda etapa del tratamiento, el efluente es derivado a una cámara de irradiación ultravioleta donde se logra la eliminación de las bacterias patógenas en menos de un minuto. Además de separar el contenido de grasas y aceites, también es necesario instalar una cámara de rejillas para retener sólidos inorgánicos que erróneamente son descargados en el RIL y sólidos grandes que pudieran tapar las cañerías (Carmona, 2010), tal como se puede detallar en la Figura 2.



Figura 2. Esquema del sistema Tohá (lombrifiltro)

a) Descripción de las capas del lombrifiltro

Según (Salazar, 2005) el lombrifiltro está compuesto de un medio filtrante y un soporte (ver figura 3).



Figura 3. Capas del lombrifiltro

- El medio filtrante será una capa de humus de espesor teórico 2 cm de profundidad, en el cual habitan en mancomunidad microorganismos y lombrices de la especie *Eisenia foétida*.
- La primera capa de soporte y que también sirve de filtro, está constituido por el aserrín (debajo del humus), cuyo espesor debe ser, por lo menos, de 25 cm para lograr la franja operativa necesaria de la lombriz. Además,

tiene como finalidad principal servir de alimento a las lombrices en el eventual caso que la carga contaminante del afluente no sea suficiente.

- La segunda capa estará constituida por ripio o grava y la tercera capa será de bolones con un espesor aproximado de 25 cm, las piedras de mayor tamaño van en la parte inferior y las de menor en la parte superior esta capa está destinada al drenaje y aireación del sistema.
- El piso del filtro, también denominado falso fondo, es con cierta pendiente (aproximadamente de un 1%) para que fluya el agua hacia la canaleta de evacuación, la cual también posee cierta pendiente (0.50%).
- Con una frecuencia de 4 meses debe realizarse la adición de aserrín al lecho, ante la disminución de este estrato debido al fraccionamiento alcanzado.

El diseño del lombrifiltro se basa en la realización de un balance de masas que considera; el número de lombrices que puede cohabitar por unidad de área, cantidad de materia orgánica que éstas son capaces de digerir y la tasa máxima de riego que puede soportar el lecho para evitar la muerte de lombrices por falta de oxígeno, que corresponde a $1\text{m}^3/\text{m}^2/\text{día}$ (Salazar, 2005), además conocido el caudal de diseño (Q), y asumiendo una tasa de riego (T_{Riego}) se puede determinar el área requerida (A) para el tratamiento donde:

$$T_{\text{Riego}} = \frac{Q}{A} \leq 1\text{m}^3 / \text{m}^2 / \text{día}$$

Además menciona que debido a que la materia orgánica de las aguas servidas es convertida en masa corporal de lombrices y en humus de lombriz, cada cierto tiempo puede extraerse los excesos de humus y así reconstituir la estratigrafía inicial del biofiltro y ser utilizados como excelente abono agrícola, cuyo uso incluso en forma excesiva, no daña ni quema las plantas como es el caso de los fertilizantes químicos. Adicionalmente, se puede destacar que las lombrices pueden ser utilizadas como alimento de aves o como fuente de materia rica en proteínas.

Respecto a la aplicación de residuo lácteo a un lombrifiltro, se realizó una mezcla de aserrín-grasa láctea de desecho que fué estudiada con el objetivo de determinar si existe una degradación de la materia grasa para ser posteriormente incorporada a un

lombrifiltro sin alterar el funcionamiento de éste. Los resultados obtenidos indicaron que en un periodo de cuatro semanas de almacenamiento existe una considerable degradación de la materia grasa presente en la mezcla cercana al 75%, lo cual hace posible su incorporación a un lombrifiltro (Carmona, 2010).

La cantidad y composición del aserrín depende de la especie, la parte del árbol, la época del año, las condiciones de crecimiento y otros factores. Todas las especies de madera y la mayoría de los vegetales contienen cantidades variables de algunas sustancias químicas diferentes a los carbohidratos y a la lignina que constituyen la pared celular, así mismo los extraíbles que se encuentran en los tejidos vegetales son sustancias tales como terpenos, fenoles, taninos, minerales, azúcares, hidrocarburos alifáticos y aromáticos, ácidos alifáticos y aromáticos, esterinas, aceites esenciales, ácidos grasos y resinosos, resinas, grasas y otros (Jiménez, Gustavo, & Padilla, 2012). Las aguas residuales alimentadas en la superficie del biofiltro percolan a través del medio filtrante, en donde son tratadas mediante cuatro mecanismos naturales que actúan simultáneamente: 1) filtración lenta y pasiva; 2) absorción, adsorción e intercambio iónico; 3) biodegradación, y 4) desinfección (Garzón, Buelna, & Moeller, 2012).

1.2.3 Aplicación de los Microorganismos Eficaces EM

Los Microorganismos Eficientes y/o efectivos conocidos por su sigla en inglés “EM” es una combinación de microorganismos beneficiosos de origen natural desarrollada por el Prof. Teruo Higa y su equipo en la Universidad de Ryukus, Okinawa, Japón y se encuentran comúnmente en los suelos y en los alimentos (Banco Interamericano de desarrollo - Convenio Fondo Especial de Japon/BID ATN/JO - 10792 UR, 2009) tales como:

- Lactobacillus, similares a los que se utilizan para fabricar el yogur y los quesos.
- Levaduras, como las que se emplean para elaborar el pan, la cerveza o los vinos.
- Bacterias Fototróficas o Fotosintéticas, habitantes comunes de los suelos y de las raíces de las plantas.

Además indica que debe emplearse EM Activado en una dosis de 1L por cada 1000 L. de aguas a tratar.

- 1 litro de EM 1 = Para 20 litros de EM Activado.
- 1 litro de EM Activado = Para 1000 litros de agua a tratar.

Las aplicaciones de los microorganismos eficaces EM, son muy diversas tales como se puede detallar a continuación:

- Se aplicó en el tratamiento de efluentes de matadero, donde se logró remover los contaminantes de la DBO₅, DQO, Nt y Pt en 41.40%, 20.57%, 19.94% y 47.5% respectivamente a los siete días con la muestra testigo, G y A en 8.33% a los catorce días con 5% de EM activado aplicados a 10L de efluentes (Pari, 2010).
- Se realizó estudios en las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Yanaoca, provincia Canas en la Región Cusco, durante los meses de enero a junio, donde determinaron los valores fisicoquímicos del efluente antes y después de la inoculación con microorganismos eficaces al mes de la inoculación se consiguió una disminución de los olores fétidos y desagradables de muy fuerte a uno moderado y hasta débil, de igual forma redujeron la DBO₅ y la DQO en un 39% y 13% respectivamente así mismo el efecto de los microorganismos eficaces sobre la carga bacteriana de coliformes totales y fecales fue de una reducción de 98.6% y 99.8% respectivamente (Pacori, 2014).
- Se evaluó el efecto de los microorganismos eficaces sobre los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales domésticas, antes y después de la inoculación en las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio distrital de José Domingo Choquehuanca, provincia de Azángaro y departamento de Puno, el tratamiento de aguas residuales durante un mes indican que se obtuvo una disminución del olor de muy fuerte a moderado, en cuanto a Coliformes totales y termotolerantes se obtuvo una remoción de 90.4% y 99.9% respectivamente (Goyzueta, 2012).
- Se realizaron estudios, sobre uso de efluente de planta de biogás y microorganismos eficientes como biofertilizantes en plantas de cebolla (*Allium cepa* L.) la aplicación foliar en forma de mezcla tuvieron un efecto positivo sobre el cultivo comparado con la fertilización química, dado al aporte de nutrientes y microbiota benéfica que mejora las condiciones del

suelo y estimula el crecimiento y desarrollo de la planta (Lopez, Gil, Henderson, Calero, & Jimenez, 2017).

- Al evaluar la utilidad de los microorganismos eficaces (EM), en los parámetros productivos, económicos y manejo ambiental de los pollos de engorde, se encontró que los EM, mejoraron los parámetros productivos de las aves macho como ganancia de peso, índice de conversión, mortalidad y lograron reducir la carga de coliformes totales presentes en el ambiente de los pollos de engorde, finalmente respecto a la relación beneficio – costo, el tratamiento con EM generó menor costo de producción y una mayor utilidad neta con 8.3% mayor que en el lote control sin EM (Hoyos, Alvis, Jabib, Garcés, & Pérez, 2008).
- Así mismo se evaluó la efectividad de los microorganismos eficaces para coliformes totales y coliformes fecales en dos zonas de estudio, a los 15 días con la solución porcentual de 7.5ml/litro, en la zona A la efectividad fue de 75.3% y en la zona B fue de 85.75% para los coliformes totales, mientras que para los coliformes fecales a los 15 días con la solución porcentual de 7.5ml/litro, la efectividad en la zona A fue de 82.6% y en la zona B, se logró el 99.5% (Palao, 2011).
- Aplicaron Microorganismos Eficaces para reducir DBO, DQO y ST en las aguas residuales de la empresa Grupo Pecuario S.A.C., los resultados a las 4 semanas de aplicado el tratamiento con una concentración de 18 ml de EM, mostraron una remoción de 65% de DBO, 63% de DQO y 92% de ST. (Rios, 2016).

1.2.4 Microorganismos Eficaces en residuos lácteos

Para el aprovechamiento del suero lácteo mediante microorganismos eficaces, la fase líquida fue analizada desde el punto de vista de la demanda química de oxígeno, ya que este es uno de los parámetros a nivel ambiental más controlados, en especial en la industria láctea donde los valores de DQO oscilan entre 50.000 y 80.000 mg/L (Sánchez, y otros, 2009) e indica que después de la aplicación de los microorganismos eficientes a una temperatura de 94°C por 10 minutos determinó el valor de DQO en la fase superior o líquida encontrando 808.67 ± 0.03 mg/L, mostrando una remoción de 98% aproximadamente y disminuyendo el riesgo de convertirse en un contaminante ambiental, además manifiesta que estos resultados se

relacionan directamente con la ausencia de olores desagradables en el suero después del tratamiento.

En el estudio de “Reducción de la contaminación en agua residual industrial láctea utilizando microorganismos benéficos (MB), tuvo como objetivo evaluar la capacidad de una mezcla de MB para reducir la carga contaminante representada principalmente por DBO5, DQO, ST y SST en una planta de tratamiento de aguas provenientes de los procesos productivos en la industria láctea, donde concluyó que la implementación de mejoras en las PTAR industrial provenientes de la industria láctea, como los microorganismos benéficos (MB), mejora la capacidad de depuración y reducción de los factores indicadores de la contaminación como la DBO5, DQO, ST y SST, donde la aplicación de MB al 2 y 4% a las aguas residuales de la industria láctea por un periodo de 9 semanas, generó una curva de adaptación en la reducción de DBO5, DQO, ST y SST, produciendo en el lapso temporal de la toma de muestras remociones cercanas al 71,65 % para la DQO, 68,58 % para la DBO5, 70,45 % para los sólidos totales y 78,77% para los sólidos suspendidos (Herrera & Javid, 2013).

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Definición del problema

Actualmente la planta quesera “La Bodeguilla – Valle de Moquegua” se dedica a la producción de derivados lácteos tales como elaboración de queso Tipo Paria, Andino, Edam y en algunas ocasiones la mantequilla, acopiando diariamente 1000 litros de leche aproximadamente para su procesamiento, de las cuales el 80 a 90% son residuos lácteos tales como suero dulce, suero ácido y restos de agua de lavado, dichos residuos son aprovechados mínimamente como alimento de animales menores y en temporadas de mayor producción quesera, gran parte de ella son emitidos al medio ambiente (suelo y pastos naturales) y el resto de las aguas residuales procedente de la etapa de desinfección de materiales y salmuera son desechados al desagüe por que se requiere de un tratamiento para su aprovechamiento.

Y las aguas residuales de las industrias lácteas son generalmente neutras o poco alcalinas, pero tienen tendencia a volverse ácidas muy rápidamente a causa de la fermentación del azúcar de la leche produciendo ácido láctico, sobre todo en ausencia de oxígeno y la formación simultánea de ácido butírico, descendiendo el pH a 4,5 – 5,0 ; la composición de estas aguas incluye sustancias orgánicas disueltas como la lactosa, sales minerales y suspensiones coloidales de proteínas (caseína, albúminas, y globulinas) con una DQO entre 2000 – 4000 mg/L y una DBO entre 2000 – 3000 mg/L, el consumo de agua en las industrias lácteas oscila entre 8,0 – 35 L/kg de leche (Rico & García, 1991).

Además el lactosuero es considerado un problema para la industria quesera por su alto poder contaminante donde los valores de DQO oscilan entre 50.000 y 80.000 mg/L y contiene principalmente el alto porcentaje de la lactosa y otros compuestos tales como la

grasa y proteínas que están presentes en los residuos lácteos que degradan los suelos y las aguas donde son vertidos, teniendo en cuenta esta situación se realizó el presente trabajo de investigación con la aplicación de microorganismos eficaces y el lombrifiltro para la remoción de residuos lácteos de la planta quesera “La Bodeguilla – Valle Moquegua” y no se conoce el efecto de su aplicación para la remoción del residuo lácteo, por lo que se analizó la fase líquida desde el punto de vista de la demanda química de oxígeno, ya que este es uno de los parámetros a nivel ambiental más controlados, en especial en la industria láctea (Sánchez, y otros, 2009).

Por lo expuesto, se formuló las siguientes interrogantes de investigación:

- ¿Cuál es el efecto de la aplicación de los microorganismos eficaces y el lombrifiltro para la remoción de residuos lácteos de la planta quesera “La Bodeguilla – Valle de Moquegua”?
- ¿Cuál es la carga contaminante respecto al parámetro indicador de DQO, antes y después de la aplicación de los microorganismos eficientes y el lombrifiltro al residuo lácteo?
- ¿Cuál es la caracterización fisicoquímica del efluente con mayor porcentaje de remoción respecto al parámetro DQO?
- ¿Cuáles son las características microbiológicas del efluente con mayor porcentaje de remoción respecto al parámetro DQO?

2.2 Justificación

Las aguas residuales son la emisión de mayor contaminación procedente de la industria láctea; se componen principalmente de sustancias orgánicas resultantes de la transformación de las materias primas y de los productos químicos que son empleados en los tratamientos higiénicos y sanitarios. Las cantidades de aguas residuales de la empresa láctea no son constantes a lo largo de una jornada de producción, sino que varían, generando sobrecargas en las plantas de tratamiento, lo que también depende de la concentración de los contaminantes.

Y por tales antecedentes con el presente trabajo de investigación se pretende reducir la contaminación ambiental aprovechando el efluente para su reutilización respetando los límites máximos permisibles, aplicando los microorganismos eficaces (EM - Agua) y el sistema de Lombrifiltro que consiste en un filtro percolador de capas de distintos materiales que lo componen y retienen el material contenido en el residuo lácteo,

permitiendo que las lombrices degraden la materia orgánica en humus y dejen pasar solo el efluente, contribuyendo de esta manera al desarrollo sustentable de la Industria Láctea.

Respecto al tamaño del lombrifiltro se tomó en cuenta la tasa de riego necesario según (Salazar, 2005) y la humedad necesaria del sustrato (75 – 80%), que se consigue regando cada 3 días utilizando 3 galones de agua por metro cuadrado equivalente a 3.8 litros/m²/día según indica (Somarriba & Guzmán, 2004) y la cantidad de lombrices se determinó según el porcentaje de remoción de la DQO, obtenido por la aplicación del lombrifiltro teniendo en cuenta que las lombrices ingieren diariamente el 100% de su peso (0.8 a 1 gramo), evitando de esta manera la sobrepoblación y muerte de lombrices por falta de oxígeno.

2.3 Preguntas del problema

2.3.1 Pregunta general

- ¿Cuál es el efecto de la aplicación de los microorganismos eficientes y el lombrifiltro para la remoción de residuos lácteos de la planta quesera “La Bodeguilla – Valle de Moquegua”?

2.3.2 Preguntas específicas

- ¿Cuál es la carga contaminante respecto al parámetro indicador de DQO, antes y después de la aplicación de los microorganismos eficientes y el lombrifiltro al residuo lácteo?
- ¿Cuál es la caracterización fisicoquímica del efluente con mayor porcentaje de remoción respecto al parámetro DQO?
- ¿Cuáles son las características microbiológicas del efluente con mayor porcentaje de remoción respecto al parámetro DQO?

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de aplicación de los microorganismos eficaces y el lombrifiltro para la remoción de residuos lácteos de la planta quesera “La Bodeguilla – Valle de Moquegua”.

2.4.2 Objetivos Específicos

- Comparar la carga contaminante respecto al parámetro indicador de DQO, antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces y el lombrifiltro al residuo lácteo.
- Realizar la caracterización fisicoquímica del efluente con mayor porcentaje de remoción respecto al parámetro DQO.
- Determinar las características microbiológicas del efluente con mayor porcentaje de remoción respecto al parámetro DQO.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis General

- La remoción de residuos lácteos de la Planta quesera “La Bodeguilla – Valle de Moquegua” con la aplicación de microorganismos eficaces y el lombrifiltro contribuye de manera significativa para la reducción de la contaminación ambiental.

2.5.2 Hipótesis Específicas

- Existe diferencias significativas en las cargas contaminantes respecto al parámetro indicador de DQO antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces y el lombrifiltro al residuo lácteo.
- La caracterización fisicoquímica del efluente con mayor porcentaje de remoción respecto al parámetro DQO, dependen de la aplicación de microorganismos eficaces y el lombrifiltro
- Las características microbiológicas del efluente con mayor porcentaje de remoción respecto al parámetro DQO, dependen de la aplicación de microorganismos eficaces y el lombrifiltro.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

El residuo lácteo proveniente fue de la planta quesera “La Bodeguilla”, situado en el valle de Moquegua – Provincia Mariscal Nieto (anexo 7) y la parte experimental se desarrolló en las instalaciones de la Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Moquegua.

3.1.1 Equipos y materiales

- Microorganismos eficaces (EM) – agua
- Lombrices californianas “*Eisenia foétida*”
- Filtro de arena hormigón y aserrín
- Materia orgánica base.
- Residuo lácteo.
- Cooler y hielo para el transporte de muestras
- Termómetro Boeco Germany
- pH metro HANNA
- bidón de plástico de 25 litros de capacidad.
- Balde medidora de material PET. De 15 y 20 litros de capacidad.
- Recipientes de material PET. De 50 litros de capacidad
- Refrigeradora Goldex
- Envases de vidrio y PET de 500ml.
- Espátula de madera
- Vidrio de 8 mm. de espesor
- Mallas de cernido para arena fina y grava.

3.1.2 Acciones previas para la ejecución del proyecto

a) Activación de los Microorganismos Eficaces

La metodología que se aplicó fue en función a las indicaciones del producto adquirido de uno de los distribuidores de (Bioem – EM -AGUA), tal como se detalla a continuación:

- Se mezcló los insumos en las proporciones siguientes; 0.5L de melaza (5%), 9L de agua sin cloro (90%) y 0.5L de (EM – Agua) equivalente a (5%).
- La mezcla de los insumos equivalente a 10L , previa agitación se envasó en un bidón limpio y cerrado herméticamente.
- Se dejó en reposo por 7 días a temperatura ambiente (24°C) bajo sombra, extrayendo el aire a partir del tercer día, una vez por día.
- Para verificar la correcta activación del (EM -Agua) se debe medir el valor de pH, la cual debe estar menor a 3.8.

Para la aplicación de (EM - Agua) activado, se utilizó 0.01L por cada 10L de residuo lácteo.

b) Acondicionamiento del lombrifiltro

El lombrifiltro fue confeccionado y acondicionado tomando en cuenta los siguientes criterios, tal como se muestra en la figura 4:

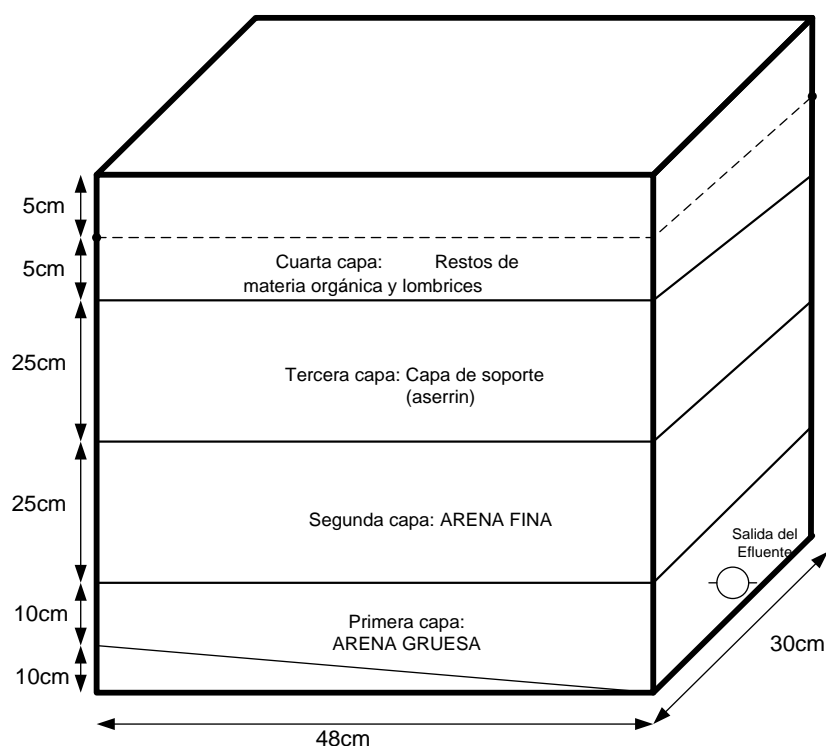


Figura 4. Estructura del lombrifiltro acondicionado

Características del lombrifiltro acondicionado:

- El módulo fue confeccionado a base de vidrio, de 8mm de espesor, cuyas medidas fueron (ancho = 30cm; largo = 48cm y altura = 80cm) y una pendiente respecto al altura total del lombrifiltro equivalente a 10cm.
- El área total del módulo fue calculado teniendo en cuenta la referencia de (Salazar, 2005) obteniendo una tasa de riego menor a $1\text{m}^3/\text{m}^2/\text{día}$; tal como se puede ver en el anexo 5.
- Y cuya estructura está conformada por cuatro capas tales como:
 PRIMERA CAPA: Arena gruesa de 20cm de profundidad.
 SEGUNDA CAPA: Arena fina de 25cm de profundidad.
 TERCERA CAPA: Capa de soporte – aserrín de 25 cm de profundidad.
 CUARTA CAPA: Restos de materia orgánica y lombrices de 5cm de profundidad y dejando un espacio libre en la parte superior de 5cm de altura.

3.2 Población

Residuos lácteos de la planta quesera “La Bodeguilla – Valle de Moquegua”, donde se recolectó un total de 250 litros.

3.3 Muestra

Se recolectó el residuo lácteo de la planta quesera “La Bodeguilla – Valle de Moquegua” un total de 250 litros de las cuales se tomaron muestras de 0.5 litros de residuo lácteo para la caracterización fisicoquímica y microbiológica a si mismo se tomaron muestras de 0.4 litros de los efluentes de la aplicación de microorganismos eficaces (EM - Agua) y lombrifiltro en función al esquema experimental (figura 5) para la determinación del parámetro indicador (DQO), la cual nos permitió evaluar la carga contaminante presente en las muestras y seleccionar los efluentes con mayor porcentaje de remoción respecto al parámetro (DQO), con fines de caracterizar respecto a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos; dichas muestras fueron refrigeradas y trasladadas al laboratorio para su análisis respectivo.

3.4 Método de investigación

Método experimental - cuantitativo

3.5 Descripción detallada por métodos por objetivos específicos

A continuación se presenta los métodos aplicados para el desarrollo de los objetivos del presente trabajo de investigación.

3.5.1 Esquema experimental

En la figura 5, se presenta el esquema experimental para evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces y el lombrifiltro al residuo lácteo de la planta quesera “La Bodeguilla”.

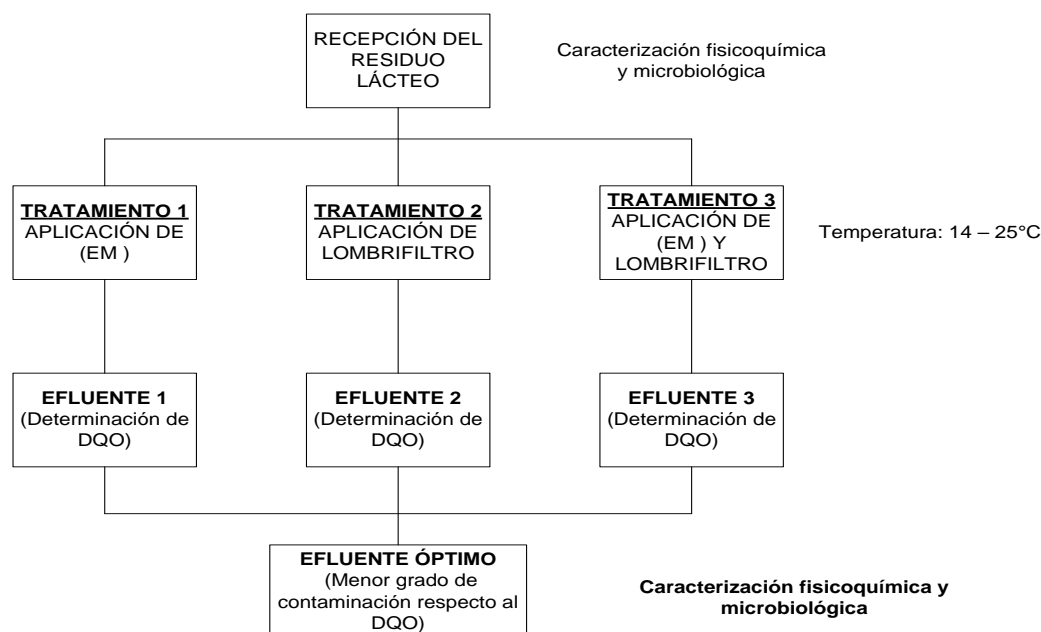


Figura 5. Esquema experimental

*Para la caracterización físicoquímica del residuo lácteo y de los efluentes se mandó analizar al laboratorio de control de calidad y saneamiento de la facultad de Ingeniería Química de la UNA – Puno.

*Para la caracterización microbiológica del residuo lácteo y de los efluentes se mandó analizar al laboratorio de microbiología de la facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNA – Puno.

a) Descripción del Proceso Experimental

Antes de iniciar el proceso de aplicación de los microorganismos eficaces y el lombrifiltro, se realizó la caracterización físicoquímica y microbiológica del residuo lácteo con fines comparativos, donde se utilizó el mismo residuo lácteo para la aplicación de los tres tratamientos (métodos de aplicación), manteniendo en refrigeración a 4°C el residuo lácteo no tratado.

A continuación se detallan los procedimientos de cada uno de los métodos de aplicación:

Método 1: Aplicación de Microorganismos Eficaces (EM) al residuo lácteo

Para esta metodología se utilizó recipientes de 20 y 50 litros de capacidad, de las cuales se tomaron las muestras de manera homogénea en la cantidad de 0.4 litros, una vez por semana para analizar la DQO (ver anexo 3).

Se trabajó con 130 litros de residuo lácteo a temperatura ambiente (anexo 4, registro de temperaturas) y se utilizó el producto (EM – Agua) en la cantidad de 130 ml, siendo la dosis de aplicación de 0.1% recomendada por el personal técnico de Bioem y (Banco Interamericano de desarrollo - Convenio Fondo Especial de Japon/BID ATN/JO - 10792 UR, 2009) donde indica que 1L de EM activado es para 1000L de agua a tratar.

El tiempo de aplicación de EM, fue de 40 días, donde a partir de esta fecha se realizó el análisis de DQO durante 4 semanas tomando muestras de 0.4 litros una vez por semana (ver anexo 3, registro de fechas).

Método 2: Aplicación de Lombrifiltro al residuo lácteo

Para esta metodología se utilizó el lombrifiltro que consta de cuatro capas (figura 4).

Se trabajó con 120 litros de residuo lácteo aplicando el riego del lombrifiltro de manera manual en la proporción de 5.7L/día de residuo lácteo, al día siguiente se colocó las lombrices en estado adulto la cantidad de 250 unidades.

El tiempo de aplicación de lombrifiltro fue de un minuto aproximadamente por litro de residuo lácteo, a partir de esta fecha se realizó el análisis de DQO una vez por semana hasta completar las cuatro semanas (ver anexo 3, registro de fechas).

Método 3: Aplicación combinada de Microorganismos Eficaces con Lombrifiltro

Para esta metodología se utilizó el mismo lombrifiltro del método 2, donde se trabajó con 120 litros de residuo lácteo tratado con microorganismos eficaces (método 1), aplicando el riego del lombrifiltro de manera manual en la proporción de 5.7L/día.

El tiempo de aplicación de lombrifiltro fue de 1 minuto aproximadamente por litro de residuo lácteo tratado con EM, a partir de esta fecha se realizó el análisis de DQO una vez por semana hasta completar las cuatro semanas (ver anexo 3, registro de fechas).

b) Análisis Estadístico

En el presente trabajo de investigación para comparar la carga contaminante del residuo lácteo antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces y el lombrifiltro, respecto al parámetro indicador (DQO), se eligió el Diseño en Bloques Completamente al Azar, ya que permitió evaluar las variables de estudio y realizar las comparaciones de los métodos con la prueba de Tukey, a un nivel de significancia del 5%.

c) Variables de Estudio**- Variables Independientes**

Métodos de aplicación:

Método 1: Aplicación de EM.

Método 2: Aplicación del Lombrifiltro.

Método 3: Aplicación de EM con Lombrifiltro.

- Variables Dependientes

Carga contaminante respecto al parámetro indicador: DQO.

Características físicas.

Características químicas.

Características microbiológicas.

d) Matriz de Diseño

En la Tabla 3, se muestra el número de tratamientos (métodos 1, 2 y 3), para comparar la carga contaminante obtenido según la determinación del parámetro indicador DQO del efluente y finalmente para la caracterización fisicoquímica y microbiológica del tratamiento (método) que genere el mayor porcentaje de remoción de DQO.

Tabla 3

Número de Tratamientos para DBCA.

TRATAMIENTOS (MÉTODOS)	BLOQUES			
	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA
	1	2	3	4
APLICACIÓN DE EM	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)
APLICACIÓN DE LOMBRIFILTRO	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)
APLICACIÓN DE EM CON LOMBRIFILTRO	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)

e) Modelo Estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable de respuesta (Carga contaminante según el indicador DQO (mg/l))

μ = Media general de la variable de respuesta

T_i = Efecto del i – ésimo tratamiento (métodos 1, 2 y 3)

β_j = Efecto del j – ésimo bloque (muestras de efluente)

ϵ_{ij} = Error experimental asociado a la ij – ésima unidad experimental

3.5.2 Metodología para la Caracterización Físicoquímica del efluente

La caracterización físicoquímica del efluente (después de la aplicación de microorganismos eficaces y el lombrifiltro al residuo lácteo) se realizó respecto a los parámetros que se detallan en las Tablas 4 y 6; los cuales fueron comparados con los límites máximos permisibles (ver Tablas 5 y 7) respectivamente, respecto al vertimiento de efluentes.

Tabla 4

Metodología para la determinación de Parámetros Físicos

PARÁMETROS	MÉTODO
Sólidos Suspendidos Totales (SST) (mg/L)	Método 2540 C y D ; Métodos Estándares para el Examen de aguas y aguas residuales, 1998
Sólidos sedimentables (mg/L)	Método 2540 F; Métodos Estándares para el Examen de aguas y aguas residuales, 1998
Temperatura (°C)	Método 2550; Métodos Estándares para el Examen de aguas y aguas residuales, 1998

Tabla 5

Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes para análisis comparativo de parámetros Físicos

PARÁMETROS	UNIDAD	*LMP	**LMP
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	150	150
Sólidos sedimentables	mg/L	2.0	.-
Temperatura	°C	.-	<35

Fuente: Elaborado a partir de la Resolución N°0631 – MINAMBIENTE – 2015 y Decreto Supremo N° 003 – 2010 – MINAM.

*LMP en los vertimientos puntuales de aguas residuales a cuerpos de aguas superficiales para la elaboración de productos lácteos. Según Resolución N°0631-MINAMBIENTE 2015. (Ministerio del ambiente y desarrollo sostenible – Colombia).

**LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua, según D.S. 003– 2010 – MINAM , (Ministerio del ambiente - Perú).

Tabla 6

Metodología para la determinación de Parámetros Químicos

PARÁMETROS	MÉTODO
Demanda Química de Oxígeno (mg/L).	Método de reflujo abierto 5220 – B ; Métodos Estándares para el Examen de aguas y aguas residuales, 1998 APHA, AWWA, WPCF. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 1992.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	Método 5210 – B, Prueba de DBO a 5 días; Métodos Estándares para el Exámen de aguas y aguas residuales, 1998.
Aceites y Grasas (mg/L)	Método Gravimétrico de Partición 5520 - B Métodos Estándares para el Examen de aguas y aguas residuales, 1998.
pH (Unidad de pH)	Método 4500 Métodos Estándares para el Examen de aguas y aguas residuales, 1998.

Tabla 7

Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes para análisis comparativo de parámetros químicos

PARÁMETROS	UNIDAD	*LMP	**LMP
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	450.0	200.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	250.0	100
Aceites y Grasas	mg/L	20.0	20.00
pH(Potencial de Hidrógeno)	Unidad de pH	6.0 a 9.0	6.5 – 8.5

Fuente: Elaborado a partir de la Resolución N°0631 – MINAMBIENTE – 2015 y Decreto Supremo N° 003 – 2010 – MINAM.

*LMP en los vertimientos puntuales de aguas residuales a cuerpos de aguas superficiales para la elaboración de productos lácteos. Según Resolución N°0631- MINAMBIENTE 2015. (Ministerio del ambiente y desarrollo sostenible - Colombia).

**LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua, según D.S. 003 – 2010 – MINAM, (Ministerio del ambiente - Perú).

3.5.3 Metodología para la Caracterización Microbiológica del efluente

La caracterización microbiológica del efluente (después de la aplicación de microorganismos eficaces y el lombrifiltro al residuo lácteo) se realizó respecto a los parámetros que se detallan en la Tabla 8, los cuales fueron comparados con los límites máximos permisibles (ver tabla 9) respecto al vertimiento de efluentes.

Tabla 8

Metodología para la determinación de Parámetros Biológicos

PARÁMETROS	MÉTODOS
Coliformes totales	Determinación de bacterias por el número más probable (NMP), expresado en (NMP/100ml)
Coliformes termotolerantes	

Tabla 9

Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes para análisis comparativo de parámetros biológicos.

PARÁMETROS	UNIDAD	*LMP	**LMP
Coliformes Totales (35 -37°C)	NMP/100ml	.-	.-
Coliformes Termotolerantes (44.5°C)	NMP/100ml	.-	10000

Fuente: Elaborado a partir de; Resolución N°0631 – MINAMBIENTE – 2015 y Decreto Supremo N° 003 – 2010 – MINAM.

*LMP en los vertimientos puntuales de aguas residuales a cuerpos de aguas superficiales para la elaboración de productos lácteos. Según Resolución N°0631- MINAMBIENTE 2015. (Ministerio del ambiente y desarrollo sostenible- Colombia).

**LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua, según D.S. 003– 2010 – MINAM, (Ministerio del ambiente - Perú).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Comparación de la demanda química de oxígeno antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces y el lombrifiltro al residuo lácteo

En la Tabla 10, se presenta los resultados de los valores de la demanda química de oxígeno (DQO), antes y después de la aplicación de los tratamientos al residuo lácteo, tal como se detalla a continuación:

Tabla 10

Valores de la demanda química de oxígeno (DQO), antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces y lombrifiltro.

Parámetro	RL	TRATAMIENTOS			LMP*	LMP**
		T1	T2	T3		
Demanda química de oxígeno DQO (mg/L)	55 530	25 200	12 000	13 600	450	200
% Remoción		54.62%	78.39%	75.51%		

Fuente: Laboratorio de control de Calidad FIQ – UNAP (2016)

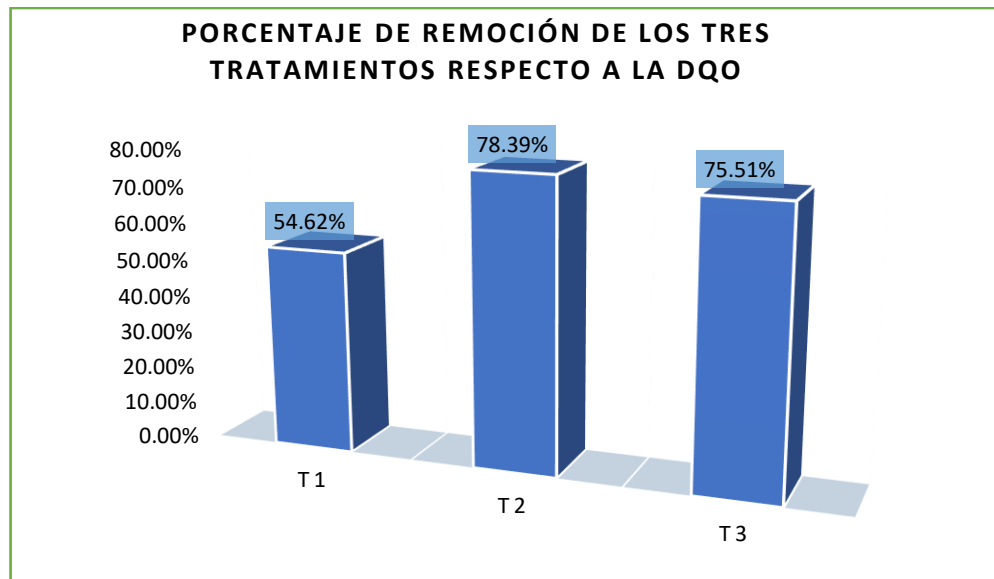


Figura 6. Efecto de los tratamientos respecto a la DQO.

Dónde:

RL = Residuo Lácteo antes del tratamiento

T1 = Aplicación de microorganismos eficaces al residuo lácteo

T2 = Aplicación del lombrifiltro al residuo lácteo

T3 = Aplicación combinada de microorganismos eficaces con lombrifiltro.

LMP* = Límite máximo permisible en los vertimientos puntuales de aguas residuales a cuerpos de aguas superficiales para la elaboración de productos lácteos, según la resolución N° 0631 – Ministerio del ambiente y desarrollo sostenible, Colombia 2015.

LMP** = Límite máximo permisible de efluentes para vertidos a cuerpos de agua, según el Decreto Supremo N° 003 – 2010 – MINAM, Ministerio del ambiente, Perú.

En la tabla 10 y figura 6, se observa que los porcentaje de remoción logrados por los tres tratamientos aplicados al residuo lácteo, comparados con (Herrera & Javid, 2013) son similares ya que logró reducir al 71.65% para DQO en 9 semanas con la aplicación de microorganismos benéficos al agua residual de la industria láctea e inferior al 98% de reducción de DQO, logrado por (Sánchez, y otros, 2009) esto se debe a que aplicó los microorganismos eficientes a una temperatura de 94°C por 10 minutos y (Herrera & Javid, 2013) manifiesta que los microorganismos eficaces mejora la capacidad de depuración y reducción de los indicadores de la contaminación tales como la DQO.

Sin embargo respecto a la aplicación del lombrifiltro, el porcentaje de remoción se debe a que las capas del biofiltro absorben y digieren la materia orgánica reduciendo la carga

contaminante (Carmona, 2010) y son tratadas mediante cuatro mecanismos naturales que actúan simultáneamente tales como, filtración, absorción e intercambio iónico, biodegradación y desinfección (Garzón, Buelna, & Moeller, 2012)

Y respecto a los límites máximos permisibles(LMP), la demanda química de oxígeno(DQO), aun es inestable y no cumple con los límites máximos permisibles ya que los valores de los efluentes superan los 450 y 200mg/L de DQO establecidos por las normas correspondientes.

Los métodos aplicados para el aprovechamiento de residuos lácteos, de acuerdo al análisis de varianza (anexo I), influyen significativamente en la reducción de la demanda química de oxígeno y existe diferencias significativas entre tratamientos respecto a la carga contaminante a un nivel de confianza del 95%.

Para evaluar mejor respecto al método que influyó significativamente en reducir la DQO, se hizo la prueba de comparación de tukey (anexo II), a un nivel de significancia del 5%, donde se puede afirmar que el método 1(aplicación de microorganismos eficaces) es significativamente diferente respecto a los métodos 2 y 3 (aplicación del lombrifiltro y aplicación combinada de EM y lombrifiltro), donde esto dos métodos lograron reducir en mayor porcentaje la demanda química de oxígeno (78.39% y 75.51% respectivamente) a comparación del método 1 que logró reducir el 54.62% (tabla 10).

4.2 Caracterización fisicoquímica del efluente con mayor porcentaje de remoción respecto al parámetro DQO

En la tabla 11, se presenta los valores de las características fisicoquímicas de efluentes de los tratamientos que lograron mayores porcentajes de remoción respecto al parámetro de la demanda química de oxígeno (DQO) tal como se detalla a continuación.

Tabla 11

Características Fisicoquímicas de los efluentes.

Parámetros fisicoquímicos	RL	T2	T3	LMP*	LMP**
PARÁMETROS FÍSICOS					
Sólidos suspendidos totales(mg/L)	2950	50	139	150	150
Sólidos sedimentables(ml/L)	1.28	< 0.1	< 0.1	2.0	.-
Temperatura (°C)	14	13.3	13.5	.-	<35
PARÁMETROS QUÍMICOS					
Demanda química de oxígeno (mg/L)	55530	12000	13600	450	200
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	28510	5829	6751	250	100
Aceites y grasas (mg/L)	7.32	1.64	8.7	20.0	20.0
pH	4.95	7.1	7.4	6.0 a 9.0	6.5 a 8.5

Fuente: Laboratorio de control de Calidad FIQ – UNAP (2016)

Dónde:

RL = Residuo lácteo.

T2 = Aplicación del lombrifiltro al residuo lácteo.

T3 = Aplicación combinada de microorganismos eficaces con lombrifiltro.

LMP* = Límite máximo permisible en los vertimientos puntuales de aguas residuales a cuerpos de aguas superficiales para la elaboración de productos lácteos, según la resolución N° 0631 – Ministerio del ambiente y desarrollo sostenible, Colombia 2015.

LMP** = Límite máximo permisible de efluentes para vertidos a cuerpos de agua, según el Decreto Supremo N° 003 – 2010 – MINAM, Ministerio del ambiente, Perú.

En la tabla 11, se observa que al aplicar los tratamientos fueron reducidos los parámetros físicos, especialmente los sólidos suspendidos totales, donde hubo la reducción al 98.3% para la aplicación del lombrifiltro y 95.29% para la aplicación de combinada de microorganismos eficaces y lombrifiltro, dichos valores son mayores a lo reportado por (Herrera & Javid, 2013) donde logró reducir al 78.77% los sólidos suspendidos totales al utilizar los microorganismos benéficos para reducir la contaminación en agua residual industrial láctea, también hubo la reducción de los sólidos sedimentables por la aplicación de ambos tratamientos, esto podría ser debido a que el lombrifiltro sea un complemento

para la aplicación de microorganismos eficaces ya que los residuos lácteos escurre por gravedad a través del lombrifiltro constituido por las capas (grava, arena fina, aserrín y la presencia de lombrices), las cuales absorbe y procesa la materia orgánica tal como indica (Carmona, 2010).

Finalmente se realizó el análisis comparativo con los límites máximos permisibles (LMP) de efluentes, donde se puede detallar que respecto a los parámetros físicos se encuentra dentro los límites máximos permisible citados por (Resolución N°0631 – MINAMBIENTE – 2015) y el (Decreto supremo N°003 – 2010 – MINAM); lo cual indica que dichos efluentes es aceptable respecto a los parámetros de sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables y temperatura para ser vertidos a los cuerpos de agua.

Y respecto a los parámetros químicos (tabla 11), se observa que hubo la reducción de DBO, DQO para ambos tratamientos a excepción de aceite y grasas para el tratamiento correspondiente a la aplicación combinada de microorganismos eficaces y lombrifiltro, mientras que el pH aumenta para ambos tratamientos.

La reducción de DQO y DBO, se debe a que las aguas residuales alimentadas a un biofiltro, percolan a través del medio filtrante y son tratadas por los mecanismos naturales que actúan simultáneamente, tales como, filtración, absorción, biodegradación y desinfección (Garzón, Buelna, & Moeller, 2012) Así mismo las capas del lombrifiltro absorben y digieren la materia orgánica (Carmona, 2010).

El parámetro de aceites y grasas fueron reducidos con la aplicación del lombrifiltro, esto se debe según (Carmona, 2010) a que la mezcla de aserrín y grasa láctea contribuyen a la degradación de la grasa, sin embargo se puede observar que se incrementó ligeramente los valores de aceites y grasas respecto al valor inicial del residuo lácteo para el tratamiento de la aplicación combinada de (microorganismos eficaces y lombrifiltro), esto podría ser debido a que haya arrastre de otros compuestos presentes en el aserrín ya que según (Jiménez, Gustavo, & Padilla, 2012) en la pared celular del aserrín, se encuentra presente sustancias extraíbles tales como aceites esenciales, ácidos grasos, resinas y entre otros. Por lo que se puede indicar que los microorganismos eficaces pudo influir en la degradación acelerada del aserrín, ya que dichos microorganismos ayuda a la descomposición de materiales como la lignina y la celulosa según (Herrera & Javid, 2013).

Mientras que los valores de pH para ambos tratamientos incrementaron a pH neutro, esto sea posiblemente al intercambio iónico que ocurre en uno de los mecanismos naturales de tratamiento en los biofiltros (Garzón, Buelna, & Moeller, 2012), ya que tiene las similares características al lombrifiltro.

Finalmente se realizó el análisis comparativo con los límites máximos permisibles (LMP) de efluentes, donde se puede detallar que respecto a las características químicas solo los parámetros de pH, aceite y grasas se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, citados por (Resolución N°0631 – MINAMBIENTE – 2015)y el (Decreto supremo N°003 – 2010 – MINAM), a excepción los parámetros de demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno ya que aún tiene valores muy altos de lo permitido, por lo que no es recomendable para ser vertidos a los cuerpos de agua.

4.3 Caracterización microbiológica del efluente con mayor porcentaje de remoción respecto al parámetro DQO

En la tabla 12, se presentan los datos resultantes del análisis microbiológico de efluentes de los tratamientos que tuvieron menores valores respecto al parámetro de la demanda química de oxígeno (DQO) tal como se detalla a continuación.

Tabla 12

Características Microbiológicas de los efluentes

Parámetros microbiológicos	RL	T2	T3	LMP*	LMP**
Coliformes totales (35 – 37°C) NMP/100ml	23	2400	Negativo	.-	.-
Coliformes termotolerantes (44.5°C) NMP/100ml	Negativo	75	Negativo	.-	10000

Fuente: Laboratorio de Microbiología FMVZ – UNAP (2016)

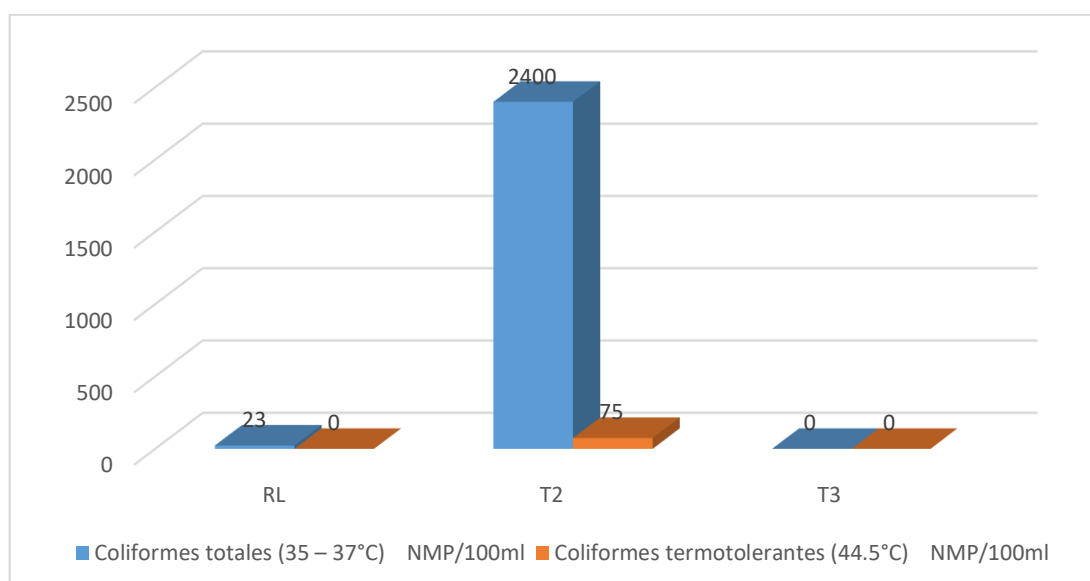


Figura 7. Presencia de Coliformes en el residuo lácteo y tratamientos con mayor porcentaje de remoción de la DQO

Dónde:

RL = Residuo lácteo

T2 = Aplicación del lombrifiltro al residuo lácteo

T3 = Aplicación combinada de microorganismos eficaces con lombrifiltro.

LMP* = Límite máximo permisible en los vertimientos puntuales de aguas residuales a cuerpos de aguas superficiales para la elaboración de productos lácteos, según la resolución N° 0631 – Ministerio del ambiente y desarrollo sostenible, Colombia 2015.

LMP** = Límite máximo permisible de efluentes para vertidos a cuerpos de agua, según el Decreto Supremo N° 003 – 2010 – MINAM, Ministerio del ambiente, Perú.

En la tabla 12 y figura 7, se observa que al aplicar el tratamiento del lombrifiltro al residuo lácteo incrementaron considerablemente la presencia de coliformes totales y termotolerantes, esto podría ser debido a que el lombrifiltro contiene macro y microorganismos según (Carmona, 2010) las cuales podrían estar presentes en el aserrín, arena y materia orgánica generada por los mismos, las cuales hicieron que tenga mayor cantidad de coliformes en el efluente de la aplicación de este tratamiento.

Mientras que respecto a los efluentes del tratamiento de la aplicación combinada de (microorganismos eficaces y lombrifiltro) la presencia de coliformes totales y termotolerantes es negativa, esto se debe a que los microorganismos eficaces reduce eficazmente la concentración de microorganismos patógenos y los malos olores (Bioem,

EM - Agua), además algunas bacterias que integran la mezcla de microorganismos eficaces como el *Lactobacillus spp.*, producen ácido láctico que suprime microorganismos dañinos (Herrera & Javid, 2013)

Dichos resultados se puede contrastar también con los estudios realizados respecto a la aplicación de microorganismos eficaces en aguas residuales, donde redujeron los coliformes totales al 98.6% (Pacori, 2014) y al 90.4% (Goyzueta, 2012) respectivamente, así mismo (Palao, 2011) logro la efectividad de los microorganismos eficaces para coliformes totales hasta 85.75% y para coliformes fecales hasta 99.5% todo ello aplicado a aguas residuales , por lo que se afirma que los microorganismos eficaces suprime a los microorganismos dañinos contribuyendo a la conservación del medio ambiente.

Y los valores obtenidos del análisis microbiológico son aceptables respecto a los límites máximos permisibles citados por (Resolución N°0631–MINAMBIENTE–2015) y el (Decreto supremo N°003 – 2010 – MINAM); lo cual indica que los efluentes pueden ser vertidos a los cuerpos de agua.

4.4 Proyección del tamaño del módulo del lombrifiltro

En la tabla 13, se detalla la proyección estimada del tamaño del módulo del lombrifiltro para la planta quesera “la bodeguilla”, del valle de Moquegua para una producción de 850 litros de residuo lácteo diario.

Tabla 13

Proyección del tamaño del lombrifiltro para la planta quesera la bodeguilla

Descripción	Módulo de lombrifiltro a nivel laboratorio	Módulo de lombrifiltro proyectado
Área	1.5m ²	224.0m ²
Cantidad de residuo lácteo por día	5.7 litros/día	850litros/día
Cantidad de lombrices en estado adulto para el módulo	250 unidades	37000 unidades
Tasa de riego	3.8litros/m ² /día	3.8litros/m ² /día

La cantidad necesaria de residuo lácteo para regar el lombrifiltro a nivel de laboratorio fue calculada en función a lo que menciona (Somarriba & Guzmán, 2004) donde indica que la humedad de los sustratos (75 – 80%) se consigue regando cada 3 días utilizando 3 galones de agua por metro cuadrado, equivalente a 3.8 litros/m²/día, por lo que para 1.5 metros cuadrados (tamaño real del módulo a nivel laboratorio) requerimos 5.7 litros/día para mantener la humedad necesaria, la cual se comprobó tomando una muestra del sustrato al alcance del puño de la mano que al apretarlas generó 5 a 8 gotas de residuo líquido lácteo.

Según el porcentaje de remoción obtenido con la aplicación del lombrifiltro 78.39% (Tabla 10) equivalente a 43.53g /litro de DQO; se calculó la cantidad necesaria de lombrices en estado adulto equivalente a 250 unidades, teniendo en cuenta que los pesos de las lombrices es de 0.8 a 1 gramo y que ingieren diariamente el 100% de su peso en materia orgánica en descomposición y de la cual el 60% es excretado como abono orgánico y el 40% es asimilado por la lombriz (Somarriba & Guzmán, 2004).

La proyección del área del módulo se realizó en función a la cantidad de residuo lácteo emitido por la planta quesera la bodeguilla (850 litros/día), realizando los cálculos de la regla de tres simple directa ó trabajando con la tasa de riego según la formula citada por (Salazar, 2005) se obtiene una área estimada de 224m² y en función al porcentaje de remoción obtenido con la aplicación del lombrifiltro se determinó la cantidad de lombrices necesarios, equivalente a 37000 unidades como mínimo para 850 litros/m² /día de residuo lácteo ya que la tasa de riego es aún menor a 1m³/m²/día citado por (Salazar, 2005) con el fin de evitar la muerte de lombrices por falta de oxígeno, además la densidad poblacional debe ser como máximo 5kg/m² según (Rivera, 2017), la cual equivale a 5000 unidades de lombrices por metro cuadrado, en estados adulto con peso de 1 gramo.

4.5 Pronóstico del porcentaje de remoción con la aplicación de EM y lombrifiltro

En la tabla 14, se detalla el pronóstico estimado de la remoción del residuo lácteo según (anexo 5) con la aplicación de microorganismos eficaces (T1), aplicación del lombrifiltro (T2) y la aplicación combinada de microorganismos eficaces con el lombrifiltro por el periodo de 16 semanas.

Tabla 14

Proyección de los porcentajes de remoción del residuo lácteo

SEMANAS	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)
1	54.62	78.39	75.51
2	54.26	78.61	75.76
3	54.61	76.99	74.26
4	54.63	76.59	75.35
5	54.68	75.95	75.3
6	54.71	75.32	75.37
7	54.83	74.55	74.65
8	54.86	74.03	75.17
9	54.92	73.39	75.12
10	54.95	72.77	75.19
11	55.07	72.00	74.47
12	55.10	71.48	74.98
13	55.15	70.84	74.94
14	55.19	70.21	75.00
15	55.31	69.46	74.28
16	55.33	68.92	74.80

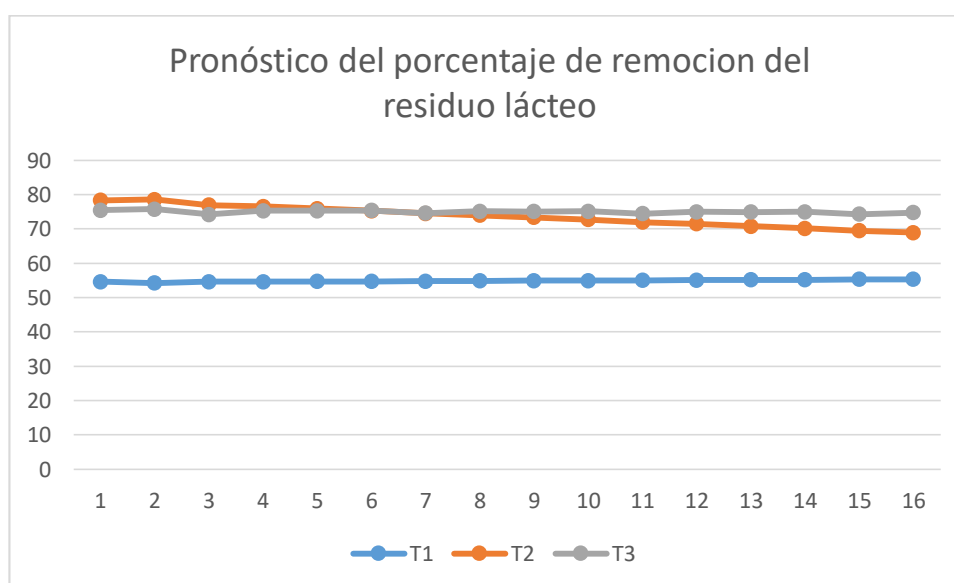


Figura 8. Pronóstico de la remoción por tratamiento

Dónde:

T1 = Aplicación de microorganismos eficaces al residuo lácteo

T2 = Aplicación del lombrifiltro al residuo lácteo

T3 = Aplicación combinada de microorganismos eficaces con lombrifiltro.

Tal como se puede observar en la tabla 14 y figura 8, con la aplicación de microorganismos eficaces el pronóstico de los porcentajes de remoción incrementan ligeramente conforme pasa el tiempo y con la aplicación del lombrifiltro los porcentajes de remoción tiene la tendencia de disminuir de manera notoria a partir de la semana nueve, mientras que con la aplicación combinada de microorganismos eficaces y el lombrifiltro tiene la tendencia de mantenerse constante conforme pasa el tiempo, por lo que según el pronóstico realizado se debe de realizar la limpieza del lombrifiltro cada 16 semanas con la finalidad de incrementar los porcentajes de remoción ya que la aplicación combinada de EM y lombrifiltro es uno de los tratamiento que logró mayor porcentaje de remoción respecto a los parámetro fisicoquímicos y microbiológicos en la presente investigación.

CONCLUSIONES

- La presencia de DQO del residuo lácteo fue de 55530mg/L, después de la aplicación de microorganismos eficaces y el lombrifiltro se puede concluir que los tratamientos de aplicación que tuvieron mayor influencia en la remoción de la DQO fueron el lombrifiltro y la combinación de (microorganismos eficaces con el lombrifiltro), logrando remover al 78.39% (12000mg/L) y 75.51% (13600mg/L) respectivamente frente a la aplicación de solo los microorganismos eficaces 54.62% (25200mg/L).
- Las características fisicoquímicas (SST, SS, DQO, DBO₅, pH, AyG) de los efluentes, son influidas significativamente por la aplicación de microorganismos eficaces y el lombrifiltro logrando estar dentro los límites máximos permisible a excepción de la demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno, para ser vertidos a los cuerpos de agua.
- Las características microbiológicas (Coliformes totales y termotolerantes) de los efluentes, son influidas significativamente por la aplicación de los microorganismos eficaces y el lombrifiltro obteniendo resultados negativos por el método de aplicación combinada de microorganismos eficaces con el lombrifiltro.
- El tamaño del lombrifiltro proyectado para la planta quesera es de 224m², para lo cual requerirán la cantidad de 37000 lombrices en estado adulto para 850 litros/día de residuo lácteo con una tasa de riego de 3.8 litros/m²/día y cada 16 semanas se debe realizar la limpieza del lombrifiltro con la finalidad de incrementar los porcentajes de remoción.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios para la determinación de los parámetros óptimos tales como los porcentajes de aplicación y el tiempo de fermentación de los microorganismos eficaces a los residuos lácteos.
- Realizar investigaciones respecto a la aplicación de lombrifiltros con otras cortezas vegetales incluyendo otros parámetros de contaminación ambiental.
- Realizar investigaciones respecto a la aplicación de microorganismos eficaces y el lombrifiltro a otros tipos de residuos líquidos y sólidos que se generan de las actividades productivas.
- Realizar investigaciones con microorganismos eficaces y el lombrifiltro en las mismas plantas queseras con la finalidad de contrastar las proyecciones realizadas a nivel de laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, J. E., & Reyes, J. J. (2017). *Eficiencia de Lumbricus Terrestris Y Eisenia Foetida en el tratamiento de las aguas residuales en la ciudad de Bagua - Amazonas, 2015*. Obtenido de Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas : https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNTR_137370a0cb638bb0e0e2a1546311a93c
- Alfa, & Laval. (1990). *Manual de Industrias Lácteas* (Segunda ed.). Suecia: Lund.
- Arias, H. (2010). *Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente*. Obtenido de <http://jci.uniautonoma.edu.co/2010/2010-7.pdf>.
- Banco Interamericano de desarrollo - Convenio Fondo Especial de Japon/BID ATN/JO - 10792 UR. (2009). *Manual práctico de uso de EM. Edición N°1 - Uruguay*. Obtenido de Proyecto reducción de pobreza y mejora de las condiciones higiénicas de los hogares de la población rural de menores recursos: http://www.emuruguay.org/images/Manual_Practico_Uso_EM_OISCA_BID.pdf.
- Buendía, I. M. (2009). *Feasibility of anaerobic co-digestion as a treatment option of meat industry wastes*. Obtenido de Bioresource Technology: Doi:10.1016/j.biortech.2008.10.013.
- Carmona, C. P. (2010). Estudio del Comportamiento de una mezcla de Aserrín y Grasa Láctea de desecho. Tesis de la Escuela de Ingeniería en alimentos. *Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile*. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/fac287e/doc/fac287e.pdf>.

- Garzón, Z., Buelna, G., & Moeller, C. (2012). La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias. *Tecnología y ciencia del agua*, 153-161.
- Girón, M. A. (2018). *Evaluación de la eficiencia del sistema lombrifiltro empleando a la especie Eisenia foétida en la remoción de nutrientes de las aguas residuales domésticas*. Obtenido de Tesis de grado - Universidad Nacional de Ingeniería: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_776e97cd509b76e08d5e51a1144b39b1
- Goyzueta, H. (2012). Microorganismos Eficaces (EM) en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de José Domingo Choquehuanca. *Tesis para optar el título profesional de ingeniero agrónomo, mención gestión agroambiental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano*. Puno.
- Herrera, A. O., & Javid, C. E. (2013). Reducción de la contaminación en agua residual industrial láctea utilizando microorganismos benéficos. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 57 - 67.
- Hoyos, D., Alvis, N., Jabib, L., Garcés, M., & Pérez. (2008). Utilidad de los Microorganismos Eficaces (EM) en una explotación avícola de Córdoba: Parámetros productivos y control ambiental. *Universidades de Córdoba y Cartagena*. Colombia. Obtenido de <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=8b5fd77a-8ecb-4cec-92cb-135a562f9999%40sessionmgr4010>
- Jiménez, V., Gustavo, D., & Padilla, G. (2012). Evaluación del potencial de adsorción del aserrín para remover aceites pesados en cuerpos de agua a escala laboratorio. *Tesis de grado de ingeniero químico. Universidad de Cartagena. Facultad de ingeniería – programa de ingeniería química*. Obtenido de <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/84/1/Evaluacion%20del%20potencial.pdf>.
- Juárez, U. (2010). Reciclaje de lodos residuales de la industria del papel mediante lombricultura utilizando la especie “Lombriz roja californiana” Eisenia Foétida. *Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Ciencias Ambientales en la Escuela de Post Grado de la Universidad Nacional Agraria la Molina*. Lima – Perú.

- Kiely, G. (1999). *Ingeniería ambiental, fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. Colombia: Nomos S.A.
- Lopez, E., Gil, Z., Henderson, Calero, & Jimenez, J. (2017). Uso de efluente de planta de biogás y microorganismos eficientes como biofertilizantes en plantas de cebolla (*Allium cepa* L.). *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas - INCA*. Cuba. Obtenido de [http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer? vid=14 &sid =8b5fd77a-8ecb-4cec-92cb-135a562f9999%40sessionmgr4010](http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=14&sid=8b5fd77a-8ecb-4cec-92cb-135a562f9999%40sessionmgr4010)
- Ministerio del ambiente (2010) *Decreto Supremo N° 003 – 2010 – MINAM. Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de aguas Residuales Domésticas y Municipales*. Normas Legales. Lima – Perú.
- Ministerio del ambiente y desarrollo sostenible (2015). *Resolución N° 0631. Diario oficial N°49.486. Colombia*. Recuperado de <http://faolex.fao.org/docs/pdf/col145327.pdf>.
- Pacori, C. (2014). Efecto de los Microorganismos Eficaces en el Tratamiento de Aguas Residuales domésticas en el distrito de Yanaoca – Cusco. *Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Biología de la Universidad Nacional del Altiplano. Puno*.
- Padin, & Díaz. (2005). Efecto de la concentración inicial del lactosuero sobre la fermentación alcohólica con *Kluyveromyces fragilis*. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología 2006.*, 35-41.
- Palao, L. (2011). Biotecnología de los microorganismos eficaces (EM) para la descontaminación de la bahía interior de Puno, responsabilidad social y acción comunitaria. *Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano*. Puno, Perú.
- Pari, V. (2010). Microorganismos Eficaces (EM) en el tratamiento de efluentes de matadero. *Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano. Puno*.
- Petrenko, O. (2005). Estudio de algunas características de las cepas de levaduras y de su rendimiento celular utilizando un medio de cultivo a base de suero lácteo. *Tesina Lic. En Farmacia. Universidad Belgrano, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Carrera de Licenciatura en Farmacia*. Buenos Aires , Argentina.

Obtenido de http://184.168.109.199:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/118/147_petrenko.pdf?sequence=2.

- Prieto, G., Callejas, H., Reyes, C., & Marm. (2012). Electrocoagulación: Una alternativa para depuración de lactosuero residual. *Revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales: investigación, desarrollo y práctica*, 58-60.
- Ramón, J., León, J., & Castillo, N. (2015). Diseño de un sistema alternativo para el tratamiento de aguas residuales urbanas por medio de la técnica de lombrifiltros utilizando la especie *Eisenia foetida*. Obtenido de <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=10&sid=8b5fd77a-8ecb-4cec-92cb-135a562f9999%40sessionmgr4010>.
- Rico, G. J., & García, P. A. (1991). Anaerobic treatment of cheese production wastewater using a UASB reactor. *Bioresource Technology*.
- Rios, G. A. (2016). *Aplicación de microorganismos eficaces para disminuir dbo, dco y sólidos totales en las aguas residuales de la Empresa Grupo Pecuario S.A.C.* Obtenido de Tesis de grado - Universidad Cesar Vallejo: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_9f1152474eaf3104f31216ca10fc8b00
- Rivera, P. (2017). Producción de Bioabono, mediante el uso de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Proyecto aplicado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniería Ambiental. *Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiental de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD*. Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/13443/3/53008693.pdf>
- Rodriguez, R. (2010). Caracterización y tratamiento de efluentes líquidos en la Industria láctea. Instituto Nacional de Tecnología Industrial – INTI. Argentina. Obtenido de <https://www.inti.gob.ar/lacteos/pdf/caracterizacion.pdf>
- Ronda, E. (2000). *El suero de quesería el ayer y el presente* Real Academia de Ciencias Veterinarias. España.
- Saboya, X. V. (2018). *Eficiencia del método de lombrifiltro en la remoción de los contaminantes de las aguas residuales domésticas en el Distrito de Chachapoyas*

- Amazonas*. Obtenido de Tesis de grado - Universidad Peruana Unión:
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UEPU_dbf93e87823c4ebff13d1222eac15985/Description#tabnav
- Salazar, M. (2005). Sistema Tohá – Una alternativa ecológica para el Tratamiento de aguas residuales en sectores rurales. *Tesis de la Escuela de Construcción Civil, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Austral de Chile.*, <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmficis161s/doc/bmficis161s.pdf>.
- Sánchez, S. G., Gil, G. M., Gil, G. A., Giraldo, R. F., Millán, C., & Villada, R. M. (2009). *Aprovechamiento del suero lácteo de una empresa del norte antioqueño mediante*. Obtenido de Artículo original producción mas limpia: http://fundases.com/userfiles/file/Microorg_Benef_Efect.pdf.
- Santamaría, F. E., Álvares, F., Santamaría, D. E., & Zamora, M. (2015). Caracterización de los parámetros de calidad del agua para disminuir la contaminación durante el procesamiento de lácteos. *Agroindustrial Science*, 13 - 26.
- Santamaria, F., Álvarez, F., & Santamaria, D. (2015). Caracterización de los parámetros de calidad del agua para disminuir la contaminación durante el procesamiento de lácteos. *Agroindustrial Science*, 13-26.
- Somarriba, R., & Guzmán, G. (2004). Guía de lombricultura. Serie técnica N°1. *Dirección de Investigación Extensión y Postgrado de la Universidad Nacional Agraria. Nicaragua*. Obtenido de <http://repositorio.una.edu.ni/2409/1/nf04s693.pdf>.
- Vicente, R. (2016). Determinación de la eficiencia del aserrín y la fibra de coco utilizados como empaques para la remoción de contaminantes en Biofiltros para el tratamiento de aguas residuales. *Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito – Ecuador*, 41-56.
- Wiblbrett, G. (2000). *Limpieza y desinfección en la industria alimentaria*. Zaragoza, España.: Acribia.



ANEXOS

Anexo 1. Tabla de análisis de varianza para evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces y lombrifiltro respecto al parámetro DQO

FUENTE	GRADOS DE LIBERTA D	SUMA DE CUADRADO S	CUADRADO S MEDIOS	VALO R F	VALO R P
METODO S	2	398120901	199060450	1543.16	0.000
BLOQUES	3	598857	199619	1.55	0.297
ERROR	6	773974	128996		
TOTAL	11	399493732			

C.V: 2.10%

R – Cuadrado = 99.81%

R – cuadrado ajustado = 99.64%

Anexo 2. Comparación de la prueba de Tukey

METODOS	N	Media	Agrupación
EM	4	25250.5	A
EM CON LOMBRIFILTRO	4	13760.0	B
LOMBRIFILTRO	4	12415.0	C

Anexo 3. Registro del parámetro DQO y temperatura para cada método de aplicación

SEMANAS	APLICACIÓN DEL LOMBRIFILTRO		TEMPERATURA DEL EFLUENTE
	FECHA DE ANÁLISIS	DQO (mg/L)	(°C)
1	27/10/2016	12 000,00	22
2	03/11/2016	11 878,00	22.4
3	10/11/2016	12 780,00	23
4	17/11/2016	13 002,00	22.6
APLICACIÓN DE EM			
1	06/12/2016	25 200,00	23
2	13/12/2016	25 402,00	23.2
3	20/12/2016	25 204,00	22.8
4	27/12/2016	25 196,00	23.9
APLICACIÓN DE EM Y LOMBRIFILTRO			
1	07/12/2016	13 600,00	23.2
2	14/12/2016	13 460,00	23.5
3	21/12/2016	14 292,00	23
4	28/12/2016	13 688,00	23.8

Anexo 4. Cálculos de áreas para el lombrifiltro acondicionado y proyectado

Se tuvo en cuenta la referencia citada por (Salazar, 2005) para los cálculos respectivos:

$$T_{Riego} = \frac{Q}{A} \leq 1m^3 / m^2 / día$$

Medidas del lombrifiltro:

Largo (a): 48cm

Ancho (b): 30 cm

Altura (c): 80cm

Caudal (riego manual por día): $Q = 5.7 \text{ L/día}$

$$\text{ÁREA} = 2(ab + ac + bc)$$

ÁREA TOTAL DEL MÓDULO: $1.5m^2$

$$TASA DE RIEGO = \frac{\frac{5.7L}{día}}{1.5 m^2}$$

$$TASA DE RIEGO PARA EL MODULO = 3.8 L/m^2/día$$

ÁREA PROYECTADA PARA EL LOMBRIFILTRO DE LA PLANTA QUESERA
“LA BODEGUILLA- VALLE DE MOQUEGUA”

$$\text{ÁREA PROYECTADA} = \frac{Q}{Tasa\ riego\ (módulo)}$$

$$\text{ÁREA PROYECTADA} = \frac{\frac{850L}{día}}{3.8 L/m^2/día}$$

$$\text{ÁREA PROYECTADA} = 224m^2$$

Anexo 5. Proyección del porcentaje de remoción a través del modelo de Winters o Holt Winters

Dónde:

α = Constante de atenuación del promedio de los datos ($0 < \alpha < 1$)

β = Constante de atenuación de la estimación de tendencia ($0 < \beta < 1$)

γ = Constante de atenuación de la estacionalidad ($0 < \gamma < 1$)

A_t = Valor atenuado en el periodo t.

T_t = Estimación de la tendencia del periodo t.

S_t = Estimación de la estacionalidad del periodo t.

L = Longitud de la estacionalidad

P = Número de periodos a pronosticar en el futuro

Y_t = Datos reales

Y_t' = Pronóstico

DAM = Desviación absoluta de la media

5.1 Pronóstico del porcentaje de remoción del residuo lácteo con la aplicación de EM

T	Y_t	A_t	T_t	S_t	Y_t'	Error	L	α	β	γ	4
-2				1				α			0.9
-1				1				β			0.5
0				1				γ			0.5
Semana 1	30330	30330	0	1							
Semana 2	30128	30157	-87.8	1.000	30330	202					
Semana 3	30326	30290	24.0	1.001	30069	257					
Semana 4	30334	30331	32.9	1.000	30314	20					
Semana 5	30364	30364	32.9	1.000	30364	0					
Semana 6	30382	30397	32.9	1.000	30382	0					
Semana 7	30448	30430	32.9	1.001	30448	0					
Semana 8	30464	30463	32.9	1.000	30464	0					
Semana 9	30495	30495	32.9	1.000	30495	0					
Semana 10	30514	30528	32.9	1.000	30514	0					
Semana 11	30579	30561	32.9	1.001	30579	0					
Semana 12	30595	30594	32.9	1.000	30595	0					
Semana 13					30627						
Semana 14					30645						
Semana 15					30711						
Semana 16					30727						

5.2 Pronóstico del porcentaje de remoción del residuo lácteo con la aplicación del lombrifiltro

t	Yt	At	Tt	St	Yt2	Error	L	4
-2				1			α	0.86
-1				1			β	0.51
0				1			γ	0.50
Semana 1	43530	43530	0	1				
Semana 2	43652	43635	53.0	1.000	43530	122		
Semana 3	42750	42883	-354.5	0.998	43688	938		
Semana 4	42528	42528	-354.5	1.000	42528	0		
Semana 5	42173	42173	-354.5	1.000	42173	0		
Semana 6	41827	41819	-354.5	1.000	41827	0		
Semana 7	41400	41464	-354.5	0.998	41400	0		
Semana 8	41110	41110	-354.5	1.000	41110	0		
Semana 9	40755	40755	-354.5	1.000	40755	0		
Semana 10	40409	40401	-354.5	1.000	40409	0		
Semana 11	39984	40046	-354.5	0.998	39984	0		
Semana 12	39692	39692	-354.5	1.000	39692	0		
Semana 13					39337			
Semana 14					38990			
Semana 15					38568			
Semana 16					38274			

5.3 Pronóstico del porcentaje de remoción del residuo lácteo con la aplicación de EM y lombrifiltro

T	Yt	At	Tt	St	Yt'	Error	L	4
-2				1			α	0.12
-1				1			β	0.37
0				1			γ	0.50
Semana 1	41930	41930	0	1				
Semana 2	42070	41947	6.20	1.00	41930	140		
Semana 3	41238	41867	-25.47	0.99	41953	715		
Semana 4	41842	41842	-25.47	1.00	41842	0		
Semana 5	41817	41817	-25.47	1.00	41817	0		
Semana 6	41852	41791	-25.47	1.00	41852	0		
Semana 7	41452	41766	-25.47	0.99	41452	0		
Semana 8	41740	41740	-25.47	1.00	41740	0		
Semana 9	41715	41715	-25.47	1.00	41715	0		
Semana 10	41750	41689	-25.47	1.00	41750	0		
Semana 11	41351	41664	-25.47	0.99	41351	0		
Semana 12	41638	41638	-25.47	1.00	41638	0		
Semana 13					41613			
Semana 14					41648			
Semana 15					41249			
Semana 16					41536			

Anexo 6. Imágenes de la aplicación de microorganismos eficaces y lombrifiltro al residuo lácteo



Figura 9. Acondicionamiento del lombrifiltro



Figura 10. Adquisición de Microorganismos eficaces



*Figura 11.*Recolección de Residuo Lácteo



*Figura 12.*Adquisición de lombrices (*Eisenia foétida*)



Figura 13. Aplicación de microorganismos eficaces al residuo lácteo



Figura 14. Separación de fases (sólida y líquida) del residuo lácteo con aplicación de EM



Figura 15. Imágenes de efluentes de la aplicación de EM y lombrifiltro



Anexo 7. Fichas y documentos utilizados



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



Nº 893

Certificado de Análisis

L.Q. - 2017

ASUNTO : Análisis Físico Químico de: RESÍDUO LÁCTEO
PROCEDENCIA : Planta Quesera "La Bodeguilla" - Valle Moquegua
INTERESADO : Lenin Quille Quille
MOTIVO : Caracterización Físicoquímica de residuo lácteo con y sin aplicación de lombrifiltro
MUESTREO : 27/10/2016, por el interesado
ANÁLISIS : 27/10/2016
COD. MUESTRA: 2057/02

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	Residuo lácteo	Residuo lácteo con aplicación de lombrifiltro	MÉTODO ANALÍTICO
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	2 950,00	92,00	Colorimetría
Sólidos Sedimentables (mL/L)	1,28	<1,00	Cono Inhof
Temperatura (°C)	14,00	13,30	Electrometría
Demanda Química de Oxígeno - DQO (mg/L)	55 530,00	12 000,00	Oxidación/K ₂ Cr ₂ O ₇
Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBOs (mg/L)	28 510,00	5 829,00	Digestión cerrada
Aceites y Grasas (mg/L)	7,32	1,64	Gravimetría
Potencial de Hidrógeno (pH)	4,95	7,10	Electrometría

Puno, C.U. 18 de enero de 2017.
 VºBº



[Firma]
 M. Sc. Edith Tello Palma
 DECANA F.I.Q.



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



L.Q - 2017 N° 0894

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de: RESÍDUO LÁCTEO CON MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM)

PROCEDENCIA : Planta Quesera "La Bodeguilla" - Valle Moquegua

INTERESADO : Lenin Quille Quille

MOTIVO : Caracterización Físicoquímica de residuo lácteo con aplicación de lombrifiltro y microorganismos eficientes (EM)

MUESTREO : 06 y 07 de diciembre del 2016, por el interesado

ANÁLISIS : 06 y 07 de diciembre del 2016

COD. MUESTRA: 2058/01

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

MUESTRA	Demanda Química de Oxígeno - DQO	Fecha de Muestreo y Análisis	Método Analítico
Residuo lácteo con aplicación de Microorganismos Eficientes (EM)	25 200,00 mg/L	(06/12/2016)	Oxidación/K ₂ Cr ₂ O ₇

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	Residuo lácteo con aplicación de EM y lombrifiltro (Fecha de muestreo y análisis: 07/12/2016)	MÉTODO ANALÍTICO
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	181,00	Colorimetría
Sólidos Sedimentables (mL/L)	<1,00	Cono Imhof
Temperatura (°C)	13,50	Electrometría
Demanda Química de Oxígeno - DQO (mg/L)	13 600,00	Oxidación/K ₂ Cr ₂ O ₇
Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO ₅ (mg/L)	6 751,00	Digestion cerrada
Aceites y Grasas (mg/L)	8,70	Gravimetría
Potencial de Hidrógeno (pH)	7,40	Electrometría

Puno, C.U. 18 de enero de 2017.

VºBº

M. Sc. Edith Tello Palma
 DECANA F.I.Q.

Ciudad Universitaria Av: Floral s/n Facultad de Ing. Química - Pabellón 94 - Telefax (051)366142 -352992.



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
 Facultad de Medicina Veterinaria y Zootenia



ANALISIS MICROBIOLÓGICO

MUESTRA : Residuo lácteo
 Residuo lácteo con lombrifiltro
 Residuo lácteo con lombrifiltro y EM

SOLICITANTE : Ing. Lenin Quille Quille

REFERENCIA : Trabajo de tesis. Aplicación de microorganismos eficientes y lombrifiltros para el aprovechamiento de residuos lácteos de la planta quesera "La Bodeguilla del valle de Moquegua.

ANALISIS SOLICITADO : Bacteriológico coliformes totales y termotolerantes

FECHA DE MUESTREO : 27 de octubre y 14 de diciembre del 2016

FECHA DE ANÁLISIS : 27 de octubre y 14 de diciembre del 2016

RESULTADOS

Muestra	Coliformes totales	Coliformes Termotolerantes	Fecha muestreo
1. Residuo lácteo	23 NMP/100ml	Negativo	27-10-2016
2. Residuo lácteo con Lombrifiltro	2400 NMP/100 ml	75 NMP/100 ml	27-10-2016
3. Residuo lácteo con Lombrifiltro y EM	Negativo	Negativo	14-12-2016

Observacion.- Las muestras fueron recepcionadas en el laboratorio.

Puno 22 de diciembre del 2016



Dr. Mg. MVZ Alberto Ccama Sulca
 Jefe del laboratorio de Microbiología FMVZ

MONITOREO DE REPORTE DE ANÁLISIS

ASUNTO : Análisis Químico de: RESIDUO LÁCTEO TRATADO
PROCEDENCIA : Planta Quesera "La Bodeguilla" - Valle Moquegua
INTERESADO : Lenin Quille Quille
MOTIVO : Caracterización química de residuo lácteo con aplicación de Lombrifiltro y Microorganismos Eficientes (EM).
MUESTREO : 27 de octubre al 28 de diciembre del 2016, por el interesado
ANÁLISIS : 27 de octubre al 28 de diciembre del 2016
COD. DE MUESTRA: MONITOREO CORRESPONDIENTE A LOS CÓDIGOS DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD 2057/2058 FTQ UNA-PUNO

Repeticiones	ANÁLISIS QUÍMICO DEL PARÁMETRO DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) mg/L					
	Fechas de análisis	APLICACIÓN DE LOMBRIFILTRO	Fechas de análisis	APLICACIÓN DE (EM)	Fechas de análisis	APLICACIÓN DE (EM) Y LOMBRIFILTRO
1	27/10/2016	12 000,00	06/12/2016	25 200,00	07/12/2016	13 600,00
2	03/11/2016	11 878,00	13/12/2016	25 402,00	14/12/2016	13 460,00
3	10/11/2016	12 780,00	20/12/2016	25 204,00	21/12/2016	14 292,00
4	17/11/2016	13 002,00	27/12/2016	25 196,00	28/12/2016	13 688,00

OBSERVACIÓN: Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química - UNA Puno.

Puno, C.U. 18 de enero del 2017.
 VºBº

Noé Antonio Galván Torres
 INGENIERO QUÍMICO
 CIP Nº 42913

El Peruano

Lima, miércoles 17 de marzo de 2010

NORMAS LEGALES

415675

de impuestos o de derechos aduaneros de ninguna clase o denominación.

Artículo 5°.- La presente Resolución Suprema será refrendada por el Presidente del Consejo de Ministros.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

JAMIER VELASQUEZ QUESQUÉN
Presidente del Consejo de Ministros

469446-6

AMBIENTE

Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

DECRETO SUPREMO
N° 003-2010-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el numeral 32.1 del artículo 32° de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permissible - LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33° de la Ley N° 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplique el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal f) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 121-2009-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año fiscal 2009 que contiene dentro de su anexo la elaboración del Límite Máximo Permissible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Fuentes domésticas;

Que el artículo 14° del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende medidas que aseguren, entre otros, el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles y otros parámetros y requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente; del mismo modo, en su artículo 28° el citado reglamento señala que, la modificación del estudio ambiental o la aprobación de instrumentos de gestión ambiental complementarios,

implica necesariamente y según corresponda, la actualización de los planes originalmente aprobados al emitirse la Certificación Ambiental;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11° de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1°.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)

Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.

Artículo 2°.- Definiciones

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:

- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR): Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.

- Límite Máximo Permissible (LMP).- Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

- Protocolo de Monitoreo.- Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.

Artículo 3°.- Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR

3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

3.2 Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino.

3.3. Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

3.4 Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

Artículo 4°.- Programa de Monitoreo

4.1 Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.

415676

NORMAS LEGALES

El Peruano
Lima, miércoles 17 de marzo de 2010

4.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

4.3 Sólo será considerado válido el monitoreo conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual - INDECOPI.

Artículo 5°.- Resultados de monitoreo

5.1 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo de la presente norma, de conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por dicho Sector.

5.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los Titulares de las PTAR, durante el año anterior, lo cual será de acceso público a través del portal institucional de ambas entidades.

Artículo 6°.- Fiscalización y Sanción

La fiscalización del cumplimiento de los LMP y otras disposiciones aprobadas en el presente Decreto Supremo estará a cargo de la autoridad competente de fiscalización, según corresponda.

Artículo 7°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL

Única.- El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en coordinación con el MINAM, aprobará el Protocolo de Monitoreo de Efluentes de PTAR en un plazo no mayor a doce (12) meses contados a partir de la vigencia del presente dispositivo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dieciséis días del mes de marzo del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

JUAN SARMIENTO SOTO
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/l	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	200
pH	unidades	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	en mg/l	150
Temperatura	°C	<35

469446-2

Designan responsable de brindar información pública y del contenido del portal de internet institucional del Ministerio

RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 036-2010-MINAM

Lima, 16 de marzo de 2010

CONSIDERANDO:

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013, se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente;

Que, la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, cuyo Texto Único Ordenado fue aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM, tiene por finalidad promover la transparencia de los actos del Estado y regular el derecho fundamental del acceso a la información consagrado en el numeral 5 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú;

Que, el artículo 3° de la citada Ley, señala que el Estado tiene la obligación de entregar la información que demanden las personas en aplicación del principio de publicidad, para cuyo efecto se designa al funcionario responsable de entregar la información solicitada;

Que, asimismo, de acuerdo a lo previsto en el artículo 5° de la mencionada Ley, las Entidades Públicas deben identificar al funcionario responsable de la elaboración de los Portales de Internet;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 070-2008-MINAM, se designó a la señorita Cristina Miranda Beas, como funcionaria responsable de brindar información que demanden las personas, y responsable del contenido de la información ofrecida en el Portal de Internet del Ministerio del Ambiente;

Que, por razones del servicio y considerando la renuncia al cargo que desempeñaba en el Ministerio del Ambiente la servidora citada en el considerando precedente, resulta necesario designar al personal responsable de brindar información en el marco de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública y responsable del Portal de Internet Institucional;

Con el visado de la Secretaria General y de la Oficina de Asesoría Jurídica; y

De conformidad con lo establecido en el Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente; el Texto Único Ordenado de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM; y el Decreto Supremo N° 007-2008-MINAM que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Designar al abogado Hugo Milko Ortega Polar como Responsable de brindar la información pública del Ministerio del Ambiente y Responsable del contenido de la información ofrecida en el Portal de Internet Institucional, de conformidad con el Texto Único Ordenado de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM.

Artículo 2°.- Todos los órganos del Ministerio del Ambiente, bajo responsabilidad, deberán facilitar la información y/o documentación que les sea solicitada como consecuencia de lo dispuesto en el artículo precedente, dentro de los plazos establecidos en la normatividad vigente.

Artículo 3°.- Disponer que la presente Resolución se publique en el Diario Oficial El Peruano y en Portal de Internet del Ministerio del Ambiente.

Artículo 4°.- Notificar la presente Resolución a todos los órganos del Ministerio del Ambiente, al Órgano de Control Institucional y al responsable designado.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

469445-1

**CONFIRMACIÓN DE COMPATIBILIDAD
USO DE INSUMOS EN PRODUCCIÓN ORGÁNICA**

Carta No. CU812502-EQ-P03-2016

Otorgado a:

BIOEM S.A.C
Tracy Nájjar González
Jr. Pedro Torres Malarín N° 355, Pueblo Libre, Lima
PERÚ

Para el producto:

EM AGUA® MICROORGANISMOS EFICACES™

Control Union Perú S.A.C., según su Programa de Equivalencias, confirma que el producto mencionado puede ser empleado en la producción agrícola orgánica según los estándares:

Estándar	Criterio	Uso	Condiciones de Uso
Reglamento (CE) N° 889/2008	Anexo I	Fertilizante y/o mejorador de suelos	Se usa para degradar materia orgánica.
Programa Nacional Orgánico del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (NOP-USDA)	205.105 205.203 (c)(3)	Fertilizante y/o mejorador de suelos	Se usa para degradar materia orgánica.
Estándar Agrícola Japonés (JAS) para cultivos orgánicos - Notificación No. 1605 (revisión parcial; Notificación No. 833)	Tabla I	Fertilizante y/o mejorador de suelos	Se usa para degradar materia orgánica.

Esta confirmación puede ser modificada, previa información a Control Union Perú S.A.C., en base a algún cambio en la formulación del producto. En caso exista algún cambio que no fuera informado a Control Unión Perú S.A.C. este documento quedará automáticamente sin validez.

La presente confirmación no es garantía para la calidad de los productos. Solamente confirma que pueden ser considerados sus usos en la producción orgánica según los requerimientos de los reglamentos anteriormente mencionados.

Se debe tomar en consideración que este documento no reemplaza el registro de los productos ante las autoridades de los países donde van a ser comercializados. Es obligación de la empresa responsable para la venta de los productos efectuar los respectivos trámites legales para el registro oficial de los mismos.

Fecha de Certificación: 27-06-2016
Fecha de Emisión: 27-06-2016

Válido Hasta: 26-06-2017

Tania Zurita
Certificadora

CONTROL UNION PERU SAC

