UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE MICROORGANISMOS EFICACES EN LAS PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DEL AGUA RESIDUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO, A NIVEL LABORATORIO, ILO 2014"

TESIS

PRESENTADA POR:

KAREN IVONN AGREDA MONTALICO

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

ILO – PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

"EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE MICROORGANISMOS EFICACES EN LAS PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DEL AGUA RESIDUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO, A NIVEL LABORATORIO, ILO 2014"

Tesis sustentada y aprobada el día 23 de diciembre del 2015, estando el jurado revisor calificador y asesor, integrado por:

PRESIDENTE :.....
M.Sc. Ing. JUAN LUIS CCAMAPAZA AGUILAR

1er. MIEMBRO :.....
Dr. EDUARDO LUIS FLORES QUISPE

2do. MIEMBRO :.....
Blga. ISABEL DEL CARMEN ESPINOZA REYNOSO

ASESOR :.....
Ing. MARCO ALEXIS VERA ZÚÑIGA

DEDICATORIA

A Dios, por ser el ser supremo que siempre me acompaña en todo lugar, que jamás me ha fallado, y que siempre me ha dado las fuerzas necesarias para seguir adelante.

A mi madre Elisabet, de quien he recibido todo el apoyo en las oportunidades de superación. Es el principal motivo por el cual día a día me esfuerzo en hacer algo importante de lo cual pueda hacerla sentir orgullosa.

A mi hermana Evelyn, por permitirme aprender cosas que han ayudado en mi formación personal y en la toma de buenas decisiones.

Karen A.M.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Moquegua, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por brindarme la oportunidad de desarrollo académico y personal, así mismo agradezco a los docentes que gracias a sus conocimientos y experiencia, pudieron contribuir en mi formación profesional.

A los Miembros del Jurado. Un especial agradecimiento a ustedes por ese interés, motivación, aporte y sugerencias necesarias para la realización de la presente tesis, gracias a ustedes pude fortalecer mis conocimientos, por lo que es un honor en desarrollar el presente proyecto de tesis.

Al Ing. Marco Vera Zúñiga. Le agradezco por depositar su confianza en mí persona para la elaboración de la presente Tesis, por su apoyo, amistad y colaboración. Por compartir su valioso tiempo y conocimientos, los cuales han sido de mucha ayuda para la realización de esta investigación.

A Mi Madre y Hermana. Les agradezco por el apoyo incondicional, su constante estímulo, por enseñarme a enfrentar los obstáculos con alegría, y que la perseverancia y el esfuerzo son el camino para lograr objetivos.

A Rubell Cristian Tobala Cruz, Te agradezco por acompañarme en este arduo camino, haber compartido momentos de alegría y tristeza, por el apoyo y amor incondicional lo cual me demuestra que siempre podré contar contigo.

A Julio Cesar Abanto Camacho. Por apoyarme de múltiples formas en el desarrollo y ejecución de tesis, por tu amistad y paciencia.

A mis Sobrinas. Mis pequeñas Dalia y Raissa, gracias por su apoyo en el dictado de datos, por haber hecho de las tardes más divertidas.

Al Lic. Mario Flores Roque. Le agradezco por la accesibilidad y facilidades en cuanto a la disposición de espacio para la ejecución experimental del proyecto de tesis.

Ing. Marco Huacollo Álvarez. Le agradezco por compartir sus conocimientos, su experiencia en el tratamiento de aguas residuales, por enseñarme a como activar los microorganismos.

Karen A.M.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Moquegua, ubicada en el distrito de Pacocha, provincia de Ilo, Departamento Moquegua, desarrollándose en los meses de Octubre (2014) a Febrero (2015); el propósito fue evaluar la efectividad de microorganismos en el tratamiento de agua residual. Se obtuvieron 160 litros agua residual del afluente de la Planta de Tratamiento de la Provincia de Ilo, los cuales fueron distribuidos en 20 envases de 8 litros cada uno, denominándolos unidades experimentales, a 18 de las unidades experimentales se les aplico el tratamiento en tres distintas dosis: 8,16 y 32 ml., con tres repeticiones; a las dos unidades experimentales restantes, no se les aplico tratamiento, siendo consideradas como testigo. Las variables de estudio de este tratamiento fueron: Coliformes Termotolerantes (CTT), Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5), Demanda Química de Oxigeno (DQO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST), haciendo los respectivos análisis a los 45 y 90 días de aplicado el tratamiento. Para el análisis estadístico se empleó el Modelo Completamente al Azar bajo un arreglo factorial de 2 x 3, haciendo un total de 6 tratamientos con tres repeticiones más dos testigos. Los resultados obtenidos a los 45 días para CTT fue 11.3 NMP/100 ml, para la DBO_5 115.2 mg/L, DQO 238.4 mg/L y los SST 191.0 mg/L. Mientras que los resultados a los 90 días de aplicación para CTT fue 6.0 NMP/100 ml, para DBO_5 46.3 mg/L, para la DQO 98.0 mg/L y para SST 78.3 mg/L, por lo que se concluye que existe una mayor efectividad en el segundo periodo.

ABSTRACT

This research was conducted at the National University of Moquegua, located in the district of Pacocha province of Ilo, Moquegua department, developed in the months of October (2014) and February (2015); The purpose was to evaluate the effectiveness of microorganisms in the wastewater treatment. were obtained 160 liters wastewater of the treatment plant the province of Ilo, which were distributed in 20 packages of 8 liters each one, called experimental units, to 18 experimental units were applied the treatment in three different doses: 8, 16 and 32 ml, with three replications, at two remaining experimental units, they are not applied treatment being considered as a witness. The study variables of this treatment were thermotolerant coliforms (CTT), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD) and Total Suspended Solids (TSS), making the respective analysis at 45 and 90 days of applied treatment. For statistical analysis, the model was used completely randomized with a factorial arrangement of 2 x 3, making a total of 6 treatments with three replicates and two witnesses. The results at 45 days for CTT is 11.3 MPN / 100 ml, for BOD 115.2 mg / L, COD 238.4 mg / L and TSS 191.0 mg / L. While the results after 90 days of application for CTT is 6.0 MPN / 100 ml, BOD 46.3 mg / L to COD 98.0 mg / L and TSS 78.3 mg / L. So it is concluded that there is a greater effectiveness in the second treatment.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN **14**

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **16**

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA **16**

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA **18**

1.2.1 Interrogante general 18

1.2.2 Interrogantes específicas 18

1.3 JUSTIFICACIÓN **19**

1.4 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS **20**

1.4.1 Objetivo general 20

1.4.2 Objetivos específicos 20

1.5 HIPÓTESIS: **20**

1.5.1 Hipótesis general 20

1.5.2 Hipótesis especificas 21

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO **22**

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN **22**

2.2 BASES TEÓRICAS **23**

2.2.1 El agua y su normatividad en el Perú 23

2.2.1.1 Constitución Política del Perú 23

2.2.1.2 Ley General del Ambiente – Ley N° 28611 24

2.2.1.3 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. D.S. 003-2010-MINAM. 24

2.2.1.4 Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR Domesticas o Municipales. 25

2.2.2 Aguas residuales 25

2.2.3 Tipos de agua residual 26
2.2.3.1 Aguas residuales urbanas 26
2.2.3.2 Aguas residuales industriales 26
2.2.3.3 Aguas residuales agrarias 27
2.2.4 Características del agua residual 27
2.2.4.1 Características Físicas 27
2.2.4.2 Características Químicas 28
2.2.4.3 Características Biológicas 32
2.2.5 Tipos de tratamientos en aguas residuales 33
2.2.6 Sistema de tratamiento de aguas residuales en la provincia de Ilo 34
2.2.7 Tecnologia de lós microrganismos eficazes (EM) 34
2.2.8 Principales microorganismos presentes en los EM 35
2.2.8.1 Bacterias fotosintéticas (*Rhodopseudomonas spp*) 36
2.2.8.2 Bacterias acido lácticas (Lactobacillus spp) 36
2.2.8.3 Levaduras (Saccharomyces spp) 36
2.2.9 Características y funcionamiento de los EM 37
2.2.10 Mecanismo de tratamiento de los EM 37
2.2.11 Efectos de los microorganismos eficaces 39
2.2.12 Parámetros de evaluación en aguas residuales domésticas 39
2.2.13 Técnicas de análisis físico químico 40
2.2.14 Puntos de muestreo 40
2.2.15 Preparación de materiales y equipos 41
2.2.16 Muestreo 41
2.2.16.1 Ubicación del punto de monitoreo 42
2.2.16.2 Medición de parámetros en campo y registro de información 42
2.2.16.3 Toma de muestras de agua, preservación, etiquetado, rotulado y transporte. 42
2.2.16.4 Método de Ensayo 44
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO 45
3.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO 45
3.1.1 Características del área experimental 46

3.2 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO 46
3.2.1 Instalación del módulo ambiente 46
3.2.2 Activación de microorganismos eficaces 47
3.2.3 Obtención de Agua Residual 48
3.2.4 Distribución del Agua Residual 49
3.2.5 Control de Temperatura Ambiente 49
3.2.6 Control de pH 51
3.3 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN 52
3.1.1 Tipo de investigación 52
3.1.2 Diseño de Investigación 53
3.4 NIVEL DE INVESTIGACIÓN 55
3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 55
3.5.1 Variable independiente 55
3.5.2 Variable dependiente 55
3.6 POBLACIÓN Y MUESTRA 58
3.6.1 Población 58
3.6.2 Muestra 58
3.7 VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS 58
3.7.1 Coliformes Termotolerantes (CTT). 59
3.7.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) 59
3.7.3 Demanda Química de Oxígeno (DQO) 59
3.7.4 Sólidos suspendidos totales (SST) 59
3.8 MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA LA PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS 60
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS 61
4.1 RESULTADOS 61
4.1.1 Coliformes Termotolerantes (CTT). 61
4.1.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) 64
4.1.3 Demanda Química de Oxígeno (DQO) 67
4.1.4 Sólidos suspendidos totales (SST) 70
4.2 COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS 72
CONCLUSIONES 73
RECOMENDACIONES 74

BIBLIOGRAFÍA **75**
ANEXOS **77**

INDICÉ DE CUADROS

Cuadro N° 01: Ubicación geográfica del área de investigación 45
Cuadro N° 02: Registro de Temperatura en Interior de Caseta de investigación 50
Cuadro N° 03: Registro de pH por Tratamiento 51
Cuadro N° 04: Análisis de Varianza.....54
Cuadro N° 05: Características físico químicas del agua residual a tratar 56
Cuadro N° 06: Operacionalización de Variables.....57
Cuadro N° 07: ANVA para Coliformes Termotolerantes 61
Cuadro N° 08: Prueba de Duncan al 1% de probabilidad para el efecto del factor periodo de acción - CTT.....62
Cuadro N° 09: Prueba de Duncan al 1% de probabilidad para el efecto del factor dosis - CTT.....62
Cuadro N° 10: ANVA para Demanda Bioquímica de Oxígeno.....64
Cuadro N° 11: Prueba de Duncan al 1% de probabilidad para el efecto del factor periodo de acción - DBO_5.....65
Cuadro N° 12: Prueba de Duncan al 1% de probabilidad para el efecto del factor dosis - DBO_5 66
Cuadro N° 13: ANVA para Demanda Química de Oxígeno 67
Cuadro N° 14: Prueba de Duncan al 1% de probabilidad para el efecto del factor periodo de acción - DQO 68
Cuadro N° 15: Prueba de Duncan al 1% de probabilidad para el efecto del factor dosis - DQO 68
Cuadro N° 16: ANVA para Sólidos Suspendidos Totales 70
Cuadro N° 17: Prueba de Duncan al 1% de probabilidad para el efecto del factor periodo de acción - SST.....71

INDICÉ DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01: Registro de temperatura por Tratamientos.....50
Gráfico N° 02: Evaluación de pH por Tratamientos 52
Gráfico N° 03: Resultado de Coliformes Termotolerantes 63
Gráfico N° 04: Resultado de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.....66
Gráfico N° 05: Resultado de la Demanda Química de Oxígeno 69
Gráfico N° 06: Resultado de los Sólidos Suspendidos Totales 71

INDICÉ DE FOTOS

Foto N° 01: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ILO. 89
Foto N° 02: Recolección de Aguas Residuales.....89
Foto N° 03: Módulo Experimental y Aplicación de EM.....90
Foto N° 04: Recolección de datos pH y Temperatura. 90
Foto N° 05: Monitoreo del Agua Residual a los 45 días de Aplicación.....91
Foto N° 06: Monitoreo del Agua Residual a los 90 días d.....91

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Ilo, no se viene haciendo un adecuado tratamiento de aguas residuales, debido a que los costos de operación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de la EPS Ilo son elevados, el sistema de aireación no funciona desde el año 2008, además algunos parámetros como la Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5) y la Demanda Química de Oxigeno (DQO), superan los límites máximos permisibles considerados en el D.S. 003-2010-MINAM.

Actualmente existen varios sistemas de tratamientos en aguas residuales, sin embargo en nuestro país se aplican tecnologías convencionales, por tal motivo es que el presente proyecto se ha desarrollado un sistema de tratamiento de aguas residuales con microorganismos eficaces, considerada como Tecnología EM originada por el Dr. Teruo Higa en Okinawa, Japón.

Para el desarrollo del estudio se plantearon los objetivos siguientes:

- Evaluar la efectividad de microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas residuales a nivel de laboratorio.

- Evaluar el agua residual con microorganismos eficaces en concentraciones de 8 mL, 16 mL y 32 mL de microorganismos activos por cada 8 litros de agua residual.

- Analizar la Demanda Bioquímica de Oxigeno, Demanda Química de Oxigeno, Sólidos Suspendidos Totales y Coliformes Termotolerantes del agua residual.

- Evaluar el agua residual con microorganismos eficaces en dos tiempos de aplicación.

Para el desarrollo del estudio se plantearon los objetivos siguientes:

- Evaluar la efectividad de microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas residuales a nivel de laboratorio.

- Evaluar el agua residual con microorganismos eficaces en concentraciones de 8 mL, 16 mL y 32 mL de microorganismos activos por cada 8 litros de agua residual.

- Analizar la Demanda Bioquímica de Oxigeno, Demanda Química de Oxigeno, Sólidos Suspendidos Totales y Coliformes Termotolerantes del agua residual.

- Evaluar el agua residual con microorganismos eficaces en dos tiempos de aplicación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En el Perú, el crecimiento de la población genera cada vez más demanda por agua dulce, generándose también mayor cantidad de efluentes los cuales no son debidamente tratados. Solo un 35% de las aguas residuales son tratadas, el resto se vierte a los mares, lagos y ríos provocando un impacto negativo en el medio ambiente y en la salud de las personas.

A la fecha el país cuenta con un total de 143 Plantas de tratamiento de Agua Residual (PTAR), sin embargo, el índice de tratamiento de estas aguas es muy bajo; debido a que los procesos convencionales de tratamiento son costosos, requieren de personal calificado, espacio y tiempo, no cubriendo la totalidad de agua residual generando una contaminación de los cuerpos de agua que reciben tanto los efluentes de insuficiente calidad de las plantas de tratamiento de aguas residuales como los vertimientos de aguas residuales crudas provenientes de los sistemas de alcantarillado.

La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), en ejercicio de su función supervisora y fiscalizadora de las empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS), ha llevado a cabo un diagnostico situacional del tratamiento de aguas residuales en las EPS, ha concluido que las causas directas e indirectas de este problema son: Insuficiente investigación y desarrollo tecnológico, acción parcial y desarticulada de las organizaciones del sector, insuficientes recursos destinados a la operación y mantenimiento de las PTAR y el déficit de financiamiento para el tratamiento de las aguas residuales.

En Ilo, contamos con una planta de tratamiento de agua residual el cual consiste de un sistema de lagunas de oxidación (una laguna primaria, dos secundarias y dos terciarias), ubicadas al norte del distrito de Pacocha a unos 5 Km de la ciudad de Ilo, específicamente entre la estación ferroviaria de Southern Perú Copper Corporation; Ciudad Jardín y la playa Media Luna.

Actualmente, se encuentra en operación la laguna primaria, de la cual sus mecanismos de aireación no se encuentran en funcionamiento por encontrarse en reparación, en cuanto a las lagunas secundarias y terciarias, parcialmente operativas; por lo que las condiciones actuales de operación del sistema de tratamiento de aguas residuales se consideran deficientes.

Bajo estas premisas el presente proyecto de investigación pretende mostrar un nuevo sistema de tratamiento para la ciudad de Ilo, teniendo como objetivo principal evaluar la efectividad de microorganismos eficaces

en el tratamiento de aguas residuales a nivel de laboratorio, siendo la finalidad de este proyecto servir de modelo o prototipo para proyectos de mayor envergadura, y en el mejor de los casos aplicados a nuestra realidad, en la planta de tratamiento de aguas residuales en Ilo.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Por consiguiente en el presente trabajo de investigación se plantean las siguientes interrogantes:

1.1.1 Interrogante general

- ¿Son eficaces los microorganismos en el tratamiento de aguas residuales?

1.1.2 Interrogantes específicas

- ¿En qué concentración los microorganismos tratarán más rápido el agua residual?
- ¿Mejorarán los microorganismos las propiedades físico-químicas del agua residual?
- ¿En qué tiempo, los microorganismos tendrán una mayor efectividad sobre las propiedades físico químicas del agua residual?

1.2 JUSTIFICACIÓN

El optar por la investigación de nuevos sistemas de tratamiento de agua residual, es una necesidad que, afrontamos como seres humanos debido a que diariamente generamos volúmenes altos de aguas residuales, teniendo como receptores de estos efluentes a mares, lagos y ríos, que provocan un impacto negativo en el medio ambiente.

Debemos buscar métodos alternativos de solución, por lo que este proyecto de investigación que tiene como finalidad evaluar la efectividad de microorganismos en el tratamiento de aguas residuales a nivel laboratorio, para ser aplicados a nuestra realidad en las lagunas de oxidación en la ciudad de Ilo.

De igual forma, es propósito de la formación profesional no sólo aprender como ciudadano la importancia del tratamiento de aguas residuales, sino también generar propuestas, nuevos conocimientos del cual me permitan ser multiplicador de la información y de los resultados obtenidos, aunado al excesivo esfuerzo que nos ahorraríamos si fuéramos conscientes de que es un problema que nos pertenece a todos, y por tanto esta en nosotros remediarlo.

1.3 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar la efectividad de microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas residuales a nivel de laboratorio.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar el agua residual con microorganismos eficaces en concentraciones de 8 ml, 16 ml y 32 ml de microorganismos activos en cada 8 L de agua residual.

- Analizar la Demanda Bioquímica de Oxigeno, Demanda Química de Oxigeno, Sólidos Totales y Coliformes Termotolerantes del agua residual.

- Evaluar el agua residual con microorganismos eficaces en dos tiempos de aplicación.

1.4 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS:

1.4.1 Hipótesis general

- Los microorganismos resultan ser eficaces en el tratamiento de aguas residuales a nivel de laboratorio.

1.4.2 Hipótesis especificas

- A una mayor concentración de microorganismos, menor será el tiempo de tratamiento de agua residual.

- Los microorganismos mejorarán algunas propiedades físico químicas del agua residual como la Demanda Química de Oxigeno y Sólidos Totales.

- A un mayor tiempo de aplicación los microorganismos serán más efectivos.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Fioravanti y Vega (2003), en su investigación, "Eficiencia de los microorganismos eficaces en la estabilización de lodos sépticos para su rehúso agrícola", sostuvieron que: "El Tratamiento con microorganismos eficaces (EM) eliminó efectivamente más del 99% de los coliformes totales y fecales, los EM fueron un catalizador eficaz del progreso de estabilización que se pretendía" (p.38).

Reyes (2004), en su investigación, "Estabilización de los lodos Sépticos que proviene de una comunidad pequeña con microorganismos eficaces", concluyó que: "El uso de EM resultó ser eficiente, consideran que es un excelente estabilizador de bio sólidos crudos. En los tratamientos con EM, los coliformes totales y fecales habían sido eliminados totalmente. En los tratamientos con EM, hubo una reducción y mejora de los parámetros físico-químico como la turbidez, sólidos totales, DBO_5 y DQO, además se redujo la materia orgánica en los lodos sépticos" (p.41).

Toc (2012), en su trabajo de investigación, “Efecto de los Microorganismos Eficaces en las Aguas Residuales de la Granja Porcina de Zamorano”, concluyó que: “La adición de Microorganismos Eficaces (ME) en las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano redujo la cantidad de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Totales (ST) a los sesenta días después de su aplicación” (p. 18).

Rodríguez (2012), en su trabajo de investigación, "Purificación del agua por medio de microorganismos eficientes y Filtración” concluyó que habiendo aplicado el tratamiento con microorganismos eficientes y el método de filtración el agua cambió su aspecto físico y químico, quedando apta para el consumo de los animales y el riego de los cultivos (p. 40).

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 El agua y su normatividad en el Perú

2.2.1.1 Constitución Política del Perú

Toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida (Constitución Política del Perú, art. 2°, inciso 2).

2.2.1.2 Ley General del Ambiente – Ley N° 28611

Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país (Ley General del Ambiente, art. 1°).

2.2.1.3 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. D.S. 002-2008-MINAM.

Establecen los niveles de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente (Perú, MINAM).

2.2.1.4 Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR Domesticas o Municipales. D.S. 003-2010-MINAM.

El Ministerio del Ambiente, aprueba los límites máximos permisibles (LMP) para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o Municipales, mediante el Decreto Supremo Nro. 003-2010, siendo aplicables en el ámbito nacional (Perú, MINAM).

2.2.2 Aguas residuales

Son aquellas que resultan del uso doméstico o industrial. Llamadas también aguas servidas, aguas negras o aguas cloacales. Habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen (Bermeo y otros, 2010, p. 217).

Las aguas residuales son aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas, y tienen que ser vertidas a un cuerpo natural de agua o reusadas y que por sus características de calidad requieren de un tratamiento previo (Perú, MINAM).

2.2.3 Tipos de agua residual

2.2.3.1 Aguas residuales urbanas

Bermeo (2010), considera que son vertidos que se generan en los núcleos de población urbana como consecuencia de las actividades propias de éstos. Los aportes que generan esta agua son: aguas negras o fecales, aguas de lavado doméstico, aguas de limpieza de calles, aguas de lluvia y lixiviados (p. 217).

Vela (2010), sostiene que las aguas residuales urbanas están constituidas por residuos orgánicos, productos de lavado, teniendo como materias contaminantes a gérmenes patógenos, materia orgánica, grasas y aceites (p. 17).

2.2.3.2 Aguas residuales industriales

Bermeo (2010), considera que son aquellas que proceden de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua. Son enormemente variables en cuanto a caudal y composición, difiriendo las características de los vertidos no sólo de una industria a otro, sino también dentro de un mismo tipo de industria (p.217).

Vela (2010), manifiesta que su composición tiende a ser muy variable por lo general esta contiene materia orgánica, metales y sólidos en suspensión (p. 17).

2.2.3.3 Aguas residuales agrarias

Vela (2010), considera que son aquellas que por su naturaleza contiene estiércol, restos de abonos, restos de aditivos por lo que el material contaminante ha de ser sólidos macroscópicos, materias en suspensión y materias disueltas (p. 17).

2.2.4 Características del agua residual

2.2.4.1 Características Físicas

Sette (2003), considera que la temperatura suele ser ligeramente mayor a la del agua de suministro. Debido al agua caliente doméstica, a vertidos industriales que pueden elevar mucho la temperatura (la industria debe reducirla por ley antes del vertido). Este incremento de temperatura puede favorecer el desarrollo de microorganismos indeseables (p. 28).

Sette (2003), el color suele ser gris en condiciones normales. En ausencia de oxígeno aparecen coloraciones negruzcas. En aguas residuales industriales puede aparecer cualquier color (p. 31).

Sette (2003), considera al olor como desagradable, aunque soportable. En ausencia de oxígeno es fétido (p. 31).

2.2.4.2 Características Químicas

Sette (2003), define a la materia orgánica como un componente mayoritario de la fracción de sólidos de las aguas residuales. Se utilizan fundamentalmente 3 parámetros para medir el contenido de materia orgánica: DBO_5, DQO, COT (p. 36).

Mientras que, para Lozano R. (2012), considera la materia orgánica como la fracción más relevante de los elementos contaminantes en las aguas residuales domésticas y municipales debido a que es la causante del agotamiento de oxígeno de los cuerpos de agua. Menciona también que está formada principalmente por CHONS (Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno y Azufre) constituyendo las proteínas (restos de origen animal y vegetal), los carbohidratos (restos de origen vegetal), los aceites y grasas (residuos de cocina e industria) y los surfactantes (p. 27).

Sette (2003), considera a la Demanda Bioquímica de Oxigeno como la cantidad de oxígeno necesario para destruir o estabilizar y degradar la materia orgánica presente en una muestra de agua mediante la acción biológica. Se suele medir la DBO_5 y el resultado se expresa en mg de O_2/L de agua tratada. Además, la DBO_5se calcula en condiciones normalizadas (tiempo: 5 días, Temperatura 20º C y oscuridad y con agitación).

Normalmente en 5 días se elimina 60–70% de la materia orgánica, la degradación total requeriría 20–28 días. El valor de DBO_5 nos indica la probabilidad de depuración biológica (p. 36).

Lozano (2012), considera la DBO_5 como una medida indirecta de la cantidad de materia orgánica contenida en una muestra de agua, determinada por el consumo de oxígeno que hacen los microorganismos para degradar los compuestos biodegradables. Se evalúa analíticamente incubando una muestra con microorganismos por 5 días a 20 °C, tiempo después del cual se lee la concentración final de oxígeno y se compara con la inicial; esta prueba es conocida como DBO_5 o DBO estándar (p. 28).

También manifiesta que se hacen, eventualmente, pruebas a 7 días (DBO_7) y a 20 días (DBO última - DBO_u o total – DBO_t). Para las aguas residuales domésticas, se estima que: $DBO_5 \approx 0{,}75\ DBO_u$ (Lozano 2012, p. 28)

En cuanto a la Demanda Química de Oxigeno, Lozano (2012), la define como una medida indirecta de la cantidad de materia orgánica contenida en una muestra. A diferencia de la DBO_5, esta prueba emplea un oxidante fuerte (dicromato de potasio – $K_2Cr_2O_7$) en un medio ácido (ácido sulfúrico – H_2SO_4) en vez de microorganismos. Para el control de una depuradora, este método se prefiere sobre el de la DBO_5, debido a que el resultado de la DQO se obtiene en unas 3 horas y con un error mucho menor que la DBO_5 obtenida a los 5 días (p. 28).

Manifiesta también, que la relación entre la DQO y la DBO_5 es usada para estimar la bio degradabilidad de un vertido así:

$DQO/DBO_5 \geq 5$ (No biodegradable)

$DQO/DBO_5 \leq 1,7$ (Muy biodegradable)

Sette (2003), considera la DQO como la cantidad de oxígeno (mg/l) a150ºC necesario para oxidar una muestra de agua con un oxidante químico ($K_2Cr_2O_7$). La oxidación completa, se valora la materia orgánica y también la inorgánica. Por eso, DQO > DBO_5> 0,5: agua residual tratable biológicamente. Relación: 0,5 − 0,2: agua residual moderadamente tratable biológicamente. Si es < 0,2: agua residual no biodegradable (p. 39)

Sette (2003), sostiene que el Carbono Orgánico Total (COT), mide la cantidad de carbono procedente de la materia orgánica. Su valor suele ser algo superior a DBO_5 y menor a la DQO. Permite valorar mejor la muestra. No se suele medir en las PTAR pues precisa un material analítico complejo. Para medir la eficacia de la PTAR se determinan DBO_5 y DQO del agua a la entrada y a la salida de la PTAR (p. 40)

Lozano (2012), considera que la materia orgánica se presenta, a menudo, en forma de sólidos. Estos sólidos pueden ser suspendidos (SS), disueltos (SD), los que también pueden ser volátiles (SV), los cuales se

presumen orgánicos, o fijos (SF) que suelen ser inorgánicos. Parte de los sólidos suspendidos pueden ser también sedimentables (p. 29).

Sette (2003), considera que el pH es importante para permitir el tratamiento secundario. La depuración biológica requiere pH = 6−9. Las aguas residuales urbanas suelen tener un pH que ronda la neutralidad. Además, manifiesta que las aguas residuales industriales pueden tener un pH muy variado. Valores extremos de pH pueden originar la solubilización de los materiales que se pongan en contacto con las aguas residuales y la disociación de sustancias potencialmente tóxicas (p. 40).

De la misma manera, Lozano (2012), considera que el pH tiene importancia en el control de los procesos biológicos del tratamiento de las aguas residuales (TAR). Sin embargo menciona que la mayoría de los microorganismos responsables de la depuración de las aguas residuales se desarrollan en un rango de pH óptimo entre 6,5 y 8,5 unidades (p. 29).

Sette (2003), considera que en las aguas residuales urbanas proviene de la urea y de compuestos proteicos que se eliminan en las excreciones humanas. Alrededor de 40 mg/l de nitrógeno y sobre 25 mg/l de amoniaco libre. En las aguas residuales agrícolas aparece a partir de los abonos nitrogenados usados como fertilizantes (p. 38).

Lozano (2012), manifiesta que los compuestos nitrogenados se van oxidando hasta producir nitratos (la urea se degrada produciendo amoniaco,

que se oxida a nitritos (NO_2^-) y después hasta nitratos (NO_3^-)). Por otro lado, considera que el control de nitrógeno es esencial pues constituye un nutriente de primer orden para los microorganismos, algas y plantas, pudiendo sus valores altos ocasionar problemas de eutrofización de las aguas (p. 30).

2.2.4.3 Características Biológicas

Sette (2003), considera que las aguas residuales tienen una gran cantidad de organismos (microscópicos o no) procedentes de las excretas de personas y animales. Muchos de ellos son patógenos y pueden originar desde un simple proceso diarreico hasta enfermedades muy graves que pueden llegar a ser mortales como el cólera (p. 43).

Lozano (2012), manifiesta que el vertido de aguas residuales aporta una gran cantidad de materia orgánica que sirve de alimento para hongos y bacterias encargados de la mayor parte de su descomposición. Finalmente, los protozoos ciliados se alimentan de las bacterias, puliendo u optimizando el tratamiento del agua (p. 31).

Lozano (2012), considera que la denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos (p. 31).

2.2.5 Tipos de tratamientos en aguas residuales

Rossi y Ortega (2010), consideran que el proceso de autodepuración es inherente a los cuerpos de agua, ocurre gracias a la presencia de diversos microorganismos como bacterias y algas, que descomponen los desechos, metabolizándolos y transformándolos en sustancias simples tales como dióxido de carbono, nitrógeno, entre otros, además de ciertos microorganismos que absorben algunas sustancias inorgánicas (p. 3).

Rossi y Ortega (2010), por otro lado indican que, al arrojar sustancias extrañas a los cuerpos de agua, si estas se encuentran dentro de ciertas concentraciones límites, se inicia el proceso de autodepuración, este proceso se aplica a sustancias orgánicas como detergentes, fenoles, ciertas sustancias inorgánicas, entre otros. De lo contrario, si son vertidos que pasan las concentraciones límites para que el cuerpo de agua inicie el proceso de autodepuración natural, es necesario un tratamiento (p. 3).

El diseño eficiente y económico de una planta de tratamiento de aguas residuales requiere de un cuidadoso estudio basado en aspectos, tales como: el caudal (m3/seg), el uso final del producto (agua tratada), el área disponible para la instalación, la viabilidad económica, características meteorológicas (clima, precipitación). Asimismo, señalan que la selección de los procesos y/o el tipo de planta serán diferentes dependiendo de cada caso específico (Rossi y Ortega, 2010, p. 3).

2.2.6 Sistema de tratamiento de aguas residuales en la provincia de Ilo

En el estudio tarifario “Determinación de la fórmula tarifaria, estructura tarifaria y metas de gestión aplicable a la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamientos de Ilo – EPS Ilo S.A.”, indica que la planta de tratamiento de la provincia de Ilo, está ubicada al norte del distrito de Pacocha, específicamente entre la estación ferroviaria de S.P.C.C; Ciudad Jardín y la playa Media Luna entre las cotas 15 y 10 msnm. El caudal de desagüe que ingresa a la planta de tratamiento de Ilo es variable. De acuerdo a los aforos realizados por la EPS ILO S.A., se determinaron que el caudal de desagüe que ingresa a la planta es 76 Litros por segundo (Perú, SUNASS).

SUNASS, afirma que en la actualidad, se encuentran en operación solamente la laguna primaria, los mecanismos de aireación no se encuentran en funcionamiento por encontrarse en reparación, en la actualidad podría calificarse el nivel de tratamiento solo a nivel primario deficiente.

2.2.7 Tecnologia de lós microrganismos eficazes (EM)

Higa (2002), afirma que existen tres grupos de microorganismos: "microorganismos positivos" (regeneración), "microorganismos negativos" (descomposición, degeneración), "microorganismos oportunistas". En todos los medios (suelo, agua, aire, el intestino humano), la relación de los

microorganismos "positivos" y "negativos" es fundamental, ya que los microorganismos oportunistas siguen la tendencia a la regeneración o degeneración. Por lo tanto, Higa afirmó que es posible influir positivamente en el medio complementándolos con microorganismos "positivos" (p. 15).

Higa (2002), indica que los microorganismos eficaces inicialmente fueron desarrollados para el mejoramiento de suelos y el tratamiento de residuos agropecuarios, sin embrago en los últimos años se ha intentado extrapolar su aplicación al campo del tratamiento de aguas (p. 12).

Por otro lado el mismo autor, define a los microorganismos eficaces como un concentrado líquido conformado esencialmente por tres diferentes tipos de organismos: levaduras, bacterias acidolácticas y bacterias fotosintéticas, las cuales desarrollan una sinergia metabólica que permite su aplicación en diferentes campos de la ingeniería (p. 15).

2.2.8 Principales microorganismos presentes en los EM

Reyes (2004), menciona que la tecnología EM, la cual se refiere a los “Microorganismos Eficaces”; el nombre se acuñe a un gran número de microorganismos responsables del proceso regenerativo, las bacterias fotosintéticas, Bacterias acidolácticas y Levaduras (p. 11).

2.2.8.1 Bacterias fotosintéticas (*Rhodopseudomonas spp*)

Rodríguez (2012), las define como microorganismos independientes y autosuficientes, sintetizan sustancias útiles a partir de las secreciones de las raíces, materia orgánica y/o gases nocivos (Ej. Amoníaco y sulfuro de hidrógeno), usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Estas sustancias incluyen aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bio activas, que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas (p. 22).

2.2.8.2 Bacterias acido lácticas (Lactobacillus spp)

Rodríguez (2012), establece que estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos desarrollados por bacterias fotosintéticas y levaduras. Han sido usadas por mucho tiempo en la producción de alimentos como el yogurt, leches ácidas y pepinillos. Pero además el ácido láctico es un compuesto altamente esterilizador que suprime microorganismos patógenos y acelera la descomposición de materia orgánica (p. 23).

2.2.8.3 Levaduras (Saccharomyces spp)

Rodríguez (2012), Las levaduras sintetizan sustancias anti microbiales y otras sustancias útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por las bacterias fotosintéticas, la materia orgánica y las raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas

producidas por las levaduras como las hormonas y enzimas, promueven la división activa de las células y raíces (p. 23).

2.2.9 Características y funcionamiento de los EM

Higa (2002), sostiene que para obtener éxito con el tratamiento biológico, primero se deben entender las características y funcionamiento de los microorganismos y lograr un ambiente adecuado para que trabajen bien (p. 22).

2.2.10 Mecanismo de tratamiento de los EM

Higa (2002), considera que es muy importante conocer los sistemas de tratamiento de aguas residuales antes de la aplicación de los EM. Indicando como los más comunes el tratamiento Biológico (lodos activados, oxidación, sistema de contacto en disco etc.), y separación de líquido y solidó por métodos físicos (sedimentación, filtración, absorbente, etc.) (p. 23).

Higa (2002), sostiene que los sistemas mencionados son muy comunes y están muy generalizados y por lo general combinados se utilizan para tratamiento de agua residual (p. 23).

Menciona también, en un tratamiento biológico que se utiliza Protozoarios, es necesario un estudio previo a fin de identificar el lugar

adecuado para la aplicación de los EM, ya que las bacterias de EM podrían servir de alimento a los Protozoarios y el resultado será un daño al sistema por multiplicación de la carga microbiana, por lo que es muy importante conocer el sistema antes de aplicar los EM para buscar el método más adecuado (p. 24).

Higa (2002), recomienda seguir los siguientes pasos para el tratamiento con EM (p. 25):

- Aplicar la dosis recomendada 1:1000 (1 parte de EM (activado) por cada 1000 partes de agua a tratar).
- Hay que dar tiempo por lo menos un mes y evaluar los datos de análisis.
- Se debe seguir la aplicación de EM (activado) aunque se observe reducción de DBO_5 y mejoramiento de calidad del agua.
- Se debe aplicar la misma cantidad de EM® que se aplicó al inicio cuando no hay resultado.
- La estrategia es que mientras haya más microorganismos (consumidores de materia orgánica) que materia orgánica (contaminante) en el lugar, el proceso de purificación es más eficiente por lo que si hay posibilidad de cubrir el costo, (sistema de activación de EM cerca, etc.) se puede aplicar mayor cantidad de EM en corto plazo, lo que ayudaría a aumentar el volumen de microorganismos dando como resultado una más rápida purificación.

2.2.11 Efectos de los microorganismos eficaces

Higa (2002), menciona que se pueden observar los siguientes cambios por aplicación de los EM (p. 26):

- Reducción de olores ofensivos.
- Mejor calidad del agua tratada (mejora DBO_5).
- Supresión o reducción del uso de polímeros para retirar lodos.
- Supresión o reducción del uso de cloro o desinfectantes.
- Disminución del costo para tratamiento de lodos (limpieza)

Sostiene que estos dos últimos puntos serán de un impacto económico muy grande para la operación, porque casi todas las plantas tienen problemas de lodos, y para eso se gasta mucho dinero, aunque la limpieza se reduzca de 4 a 2 veces, esta disminución de costos es muy significativa (p. 26).

2.2.12 Parámetros de evaluación en aguas residuales domésticas

La Oficina de Medio Ambiente del Ministerio de vivienda, construcción y Saneamiento (2013), menciona que los parámetros sujetos al monitoreo de los efluentes de las PTAR son los indicados en el D.S. N° 003- 2010-MINAM para los cuales se fija los Límites Máximos Permisibles. Estos son los siguientes:

- Aceites y Grasas
- Coliformes Termotolerantes
- Demanda Bioquímica de Oxígeno
- Demanda Química de Oxígeno
- pH
- Sólidos Totales Suspendidos
- Temperatura

Así mismo considera que estos parámetros deben ser monitoreados en el agua residual cruda (afluente) y en el agua residual tratada (efluente), tomando en todos los casos muestras simples.

2.2.13 Técnicas de análisis físico químico

La Oficina de Medio Ambiente del Ministerio de vivienda, construcción y Saneamiento, ha establecido el "Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o Municipales" (Perú, MVCS), con la finalidad de estandarizar la metodología para el desarrollo del monitoreo de la calidad del agua residual tratada (efluente), así como el agua residual cruda (afluente) que ingresa a la PTAR. Siendo la metodología a seguir:

2.2.14 Puntos de muestreo

Los puntos de monitoreo serán dos: en la entrada de la PTAR y en el dispositivo de salida de la PTAR, pudiendo incorporarse un punto adicional, entre el dispositivo de la salida de la PTAR y el punto de vertido ante la posibilidad de la incorporación o conexión de otras descargas.

2.2.15 Preparación de materiales y equipos

Los elementos indispensables para llevar a cabo un monitoreo de forma efectiva, son los siguientes:

a) Materiales

- Fichas de registro de campo
- Cadena de custodia
- Papel secante
- Cinta adhesiva
- Plumón indeleble
- Frascos debidamente etiquetados
- Cajas térmicas
- Hielo u otro refrigerante
- Agua destilada
- Reloj
- Cinta métrica
- Cuerda Nylon para manipula los baldes

b) Equipos

- GPS, para la identificación inicial del punto de monitoreo
- pH-metro con función de registro de temperatura
- Cámara Fotográfica

2.2.16 Muestreo

Al llegar al punto de monitoreo, se deben realizar las acciones que se describen a continuación:

2.2.16.1 Ubicación del punto de monitoreo

La toma de muestras se realizará únicamente en los puntos de monitoreo debidamente marcados con las placas de identificación.

2.2.16.2 Medición de parámetros en campo y registro de información

Los parámetros de campo son: pH y Temperatura. A fin de obtener la confiabilidad de los datos se requiere:

- Equipo portátil calibrado (pH-metro).
- Para determinar pH y temperatura, se debe tomar una muestra simple en un recipiente apropiado y limpio.
- Registrar las características del agua residual (sólidos, color, olor, etc.).

2.2.16.3 Toma de muestras de agua, preservación, etiquetado, rotulado y transporte.

a) Toma de muestras de agua residual

Las características de los recipientes, volumen requerido (depende del laboratorio) y tipo de reactivo para preservación de la muestra.

Se recomienda utilizar frascos de plásticos o vidrio de boca ancha con cierre hermético y limpio. El tipo de frasco dependerá del parámetro a analizar.

Se debe preparar los frascos a utilizar en el muestreo, de acuerdo con la lista de parámetros a analizar.

Se debe preparar los frascos a utilizar en el muestreo, de acuerdo con la lista de parámetros a evaluar.

b) Preservación de Muestras

Una vez tomada la muestra, se deberá incorporar, en caso que el parámetro lo requiera, el reactivo de preservación.

c) Etiquetado y rotulado de las muestras de agua

Los frascos deben ser etiquetados y rotulados, con letra clara y legible, conteniendo la siguiente información:

- Nombre de PTAR y denominación del punto de monitoreo
- Numero de muestra
- Fecha y hora de la toma de muestra
- Operador del muestreo

d) Llenado del formato de cadena de custodia

Llenar el formato de cadena de custodia indicando los parámetros a evaluar, tipo de frasco, tipo de muestra de agua (agua residual cruda, agua residual tratada), volumen, número de muestra y otra información relevante.

e) Conservación y Transporte de las muestras

Las muestras de agua residual recolectada, preservada y rotuladas, deben colocarse en una caja de almacenamiento térmica con refrigerante (ice pack), para cumplir con las recomendaciones de temperatura.

2.2.16.4 Método de Ensayo

Los métodos de ensayo para el producto agua residual deberán estar acreditados por el INDECOPI – SNA, mientras no exista una norma nacional, los laboratorios a ser utilizados deben contar con acreditación de los ensayos según el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA – AWWA – WEF 22nd Edition, o su actualización.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se desarrolló en el campus universitario de la Universidad Nacional de Moquegua, de la sede Ilo, el mismo que políticamente se ubica en el distrito de Pacocha, Provincia de Ilo y Región de Moquegua; geográficamente se ubica a:

Cuadro 1. Ubicación geográfica del área de investigación

Lugar	Coordenadas Geográficas (WSG - 84)		
	Longitud (Este)	Latitud (Sur)	Altitud
Campus Universitario	71°20´27.14"	17°36´07.62"	65 m.s.n.m.

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Para la instalación y desarrollo de la investigación se instaló un pequeño módulo prefabricado a base de madera, cuyas dimensiones fueron de 3 x 2 m^2, haciendo un total de 6 m^2, área en la que se instalaron los baldes en los que se realizaron las pruebas de tratamiento de aguas residuales.

3.1.1 Características del área experimental

El módulo experimental, presentó las siguientes características:

- Área del terreno : 6 m^2
- Largo del campo experimental : 3 m
- Ancho del campo experimental : 2 m
- Área neta del campo experimental : 4.5 m^2
- Cantidad de Columnas : 4
- Cantidad de Filas : 5
- Distanciamiento entre columnas : 0.30 cm.
- Número de unidades experimentales : 20
- Número de tratamientos : 6
- Número de repeticiones : 3
- Número de testigos : 2

3.2 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo de investigación se desarrolló durante los meses de noviembre del 2014 a febrero del 2015, realizándose las siguientes actividades:

3.2.1 Instalación del módulo ambiente

Una vez establecido el área en donde se instalará el módulo para el ambiente de investigación, se procedió a realizar la limpieza del área, con la finalidad de acondicionarlo para el armado del módulo, toda vez que el

mismo es pre fabricado. Sus características constan de una puerta de acceso y una ventana, lo que permite proporcionar la ventilación, toda vez que el experimento se desarrolló durante la época de verano 2014, 2015, para así obtener una mejor aireación del ambiente.

3.2.2 Activación de microorganismos eficaces (EM)

Los microorganismos eficaces, conocidos como EM por sus siglas en inglés, es un concentrado, donde los microorganismos permanecen en estado de latencia, por lo que necesitan ser activados antes de su aplicación.

Estos microorganismos se obtuvieron de la empresa BIOEM S.A.C. la cual está ubicada en Jr. Pedro Torres Malarín Nº 355 Pueblo Libre – Lima,

Esta empresa es representante exclusivo de la Tecnología EM™ (Microorganismos Eficaces™) en el Perú y cuenta con el respaldo de EMRO-Japón (EM Research Organization),

Para la activación se mezcló 50 ml de melaza (5%) en 900 ml de agua limpia sin cloro (90%) y se agregó 50 ml de EM (5%). La mezcla se colocó en un bidón recipiente limpio y cerrado herméticamente (sin aire), por un periodo de 15 días en un ambiente bajo sombra, manteniéndolo en una temperatura entre los 26°C.

Gracias al apoyo de un asesor técnico de la empresa BIOEM S.A.C. el Ing. Marco Antonio Huacollo Álvarez, se pudo llevar a cabo la activación de los microorganismos eficaces.

3.2.3 Obtención de agua residual

El agua residual utilizada para ser tratada con microrganismos eficientes, se obtuvo de la misma Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Ilo. Recolectándose la cantidad de 160 litros de agua residual, cantidad que se dividió en dos depósitos (cada uno con 80 litros), para ser trasladada al módulo de investigación. Cabe señalar que la recolección del agua residual se realizó en el punto de inicio o ingreso a las lagunas de oxidación de la PTAR-Ilo.

Para la determinación de la característica del agua residual, se tomaron muestras de agua tanto del afluente como del efluente, cuyos resultados se muestran en el cuadro 4.

Los análisis que se realizaron fueron: correspondientes a la Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5), Demanda Química de Oxigeno (DQO), Solidos Suspendidos Totales (SST) y, Coliformes Termotolerantes.

3.2.4 Distribución del agua residual

Por cada depósito de 80 litros de agua residual, se realizaron los siguientes pasos:

- Los 80 litros de agua residual restante, se distribuyeron en 10 recipientes pequeños, con una cantidad de 8 litros de agua residual por cada uno.

Por lo que obtendríamos un total de 20 recipientes, a partir de ahora se le denominara: unidades experimentales.

3.2.5 Control de temperatura ambiente

Durante los primeros 45 días del período de investigación, se procedió a realizar las lecturas de temperatura en los tratamientos establecidos en la presente tesis de investigación, cuyo registro total de datos se muestran en el anexo 4.

En el cuadro 2, se presenta el promedio de temperatura registrado por semana durante siete semanas, del cuadro se establece que la máxima temperatura registrada en cada tratamiento bajo investigación fue 28.3 ºC. con una mínima de 25.4 ºC. (Cuadro 2), presentando una oscilación de 2.9 ºC, estableciéndose que durante el tiempo que duró la investigación, la temperatura fue relativamente estable. Cabe mencionar que no se consideró el registro de humedad, puesto que, las condiciones de desarrollo y actividad

de los microorganismos eficientes, están definidas principalmente por la temperatura.

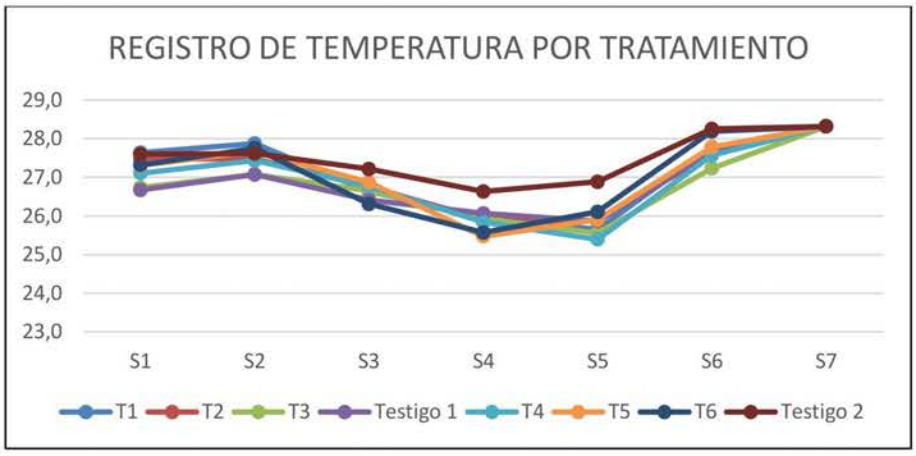
Cuadro 2. Registro de temperatura en el interior de caseta de investigación

Semana	T1	T2	T3	Testigo 1	T4	T5	T6	Testigo 2
S1	27.6	27.5	26.7	26.7	27.1	27.3	27.3	27.6
S2	27.9	27.5	27.1	27.1	27.4	27.7	27.8	27.6
S3	26.6	26.8	26.6	26.4	26.8	26.9	26.3	27.2
S4	26.0	25.9	25.9	26.1	25.8	25.5	25.6	26.6
S5	25.7	25.9	25.6	25.9	25.4	25.9	26.1	26.9
S6	27.8	27.6	27.2	27.7	27.6	27.8	28.2	28.3
S7	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

En el gráfico 1, se puede apreciar el comportamiento homogéneo de la temperatura del agua por cada tratamiento en estudio

Gráfico 1: Registro de Temperatura por Tratamiento



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

3.2.6 Control de pH

En cuanto al control de pH, al igual que la temperatura, se evaluó durante los primeros 46 días del período de investigación, para cada tratamiento, cuyo registro total de datos se muestran en el anexo 4.

En el cuadro 6, se presenta los promedios de pH registrados cada siete días estableciéndose que el valor máximo registrado fue de 9.8; el valor mínimo fue de 7.6, estableciéndose un promedio de 9.0, valor que se encuentra dentro del rango de Alcalino fuerte.

Cuadro 3. Registro de pH por tratamiento

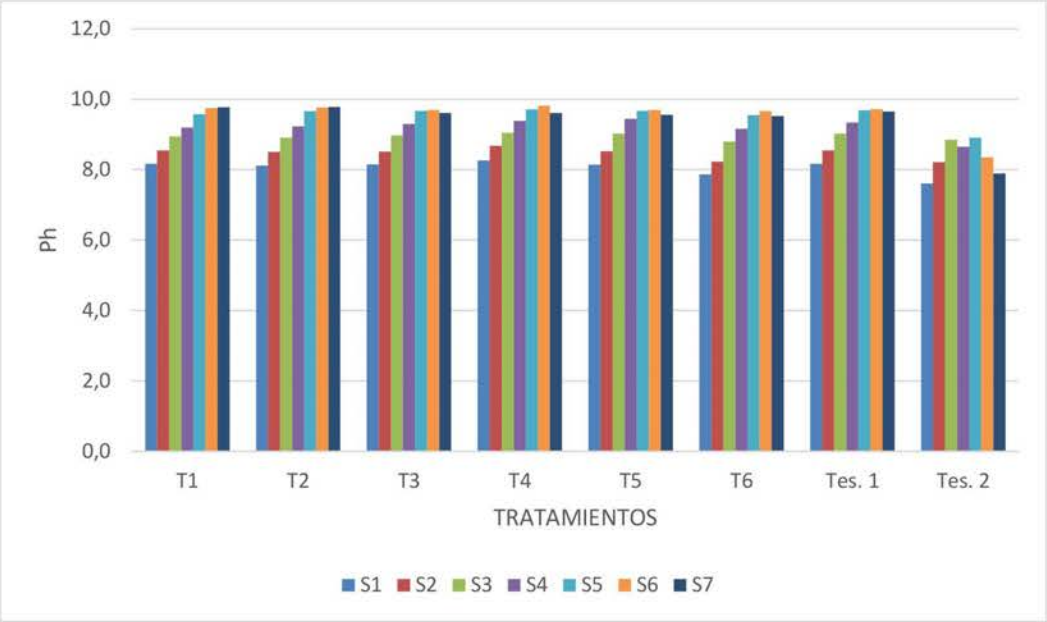
Semana	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Testigo. 1	Testigo 2
S1	8.2	8.1	8.2	8.3	8.1	7.9	8.2	7.6
S2	8.5	8.5	8.5	8.7	8.5	8.2	8.5	8.2
S3	8.9	8.9	9.0	9.0	9.0	8.8	9.0	8.9
S4	9.2	9.2	9.3	9.4	9.4	9.2	9.3	8.7
S5	9.6	9.7	9.7	9.7	9.7	9.5	9.7	8.9
S6	9.7	9.8	9.7	9.8	9.7	9.7	9.7	8.3
S7	9.8	9.8	9.6	9.6	9.5	9.5	9.6	7.8

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

En el gráfico 2, se puede apreciar el comportamiento del pH en cada tratamiento, el mismo que conforme pasa el tiempo el pH en los tratamiento se va incrementando, hasta establecerse a partir de la semana 5, 6 y 7

respectivamente. Estos resultados, nos estaría indicando que los microorganismo no tienen injerencia en el cambio de pH, por cuanto las variaciones y comportamiento en los dos testigos es muy similar, salvo ligera variación en el testigo 2.

Gráfico 2: Evaluación de pH por Tratamientos



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

3.3 TIPO Y DISEÑO

3.3.1 Tipo de investigación

Se han establecido cuatro tipos de investigación: exploratorias, descriptivas, correlacionales y explicativas. Estableciendo que según el tipo de investigación de que se trate varía la estrategia de investigación. En este

sentido la presente tesis de investigación se enmarca dentro del tipo de investigación correlacional o experimental.

3.3.2 Diseño de investigación

El diseño empleado en la investigación para la distribución de los tratamientos y el análisis de los resultados obtenidos, fue el diseño experimental completamente al azar (DCA), con un arreglo factorial de 2x3; en tres repeticiones, haciendo un total 18 unidades experimentales, más dos testigos lo que nos daría un total de 20 unidades experimentales; cuyo modelo aditivo lineal es el siguiente:

Modelo lineal para el Diseño Completamente al Azar con dos factores en estudio

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + E_{ijkl}$$

i = 1,2 periodos de acción

j = 1,2 y 3 dosis de microorganismos

k = 1,2 y 3 repeticiones

Dónde:

Y_{ijk} = Variable de respuestas

u = Media de la población

α_i = Efecto del i-ésimo factor período de acción

β_j = Efecto del j-ésimo factor dosis de microorganismos eficientes

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto de interacción período con dosis

E_{ijk} = Error experimental

El coeficiente de variabilidad se determinará aplicando la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{\sqrt{Cme}}{\bar{Y}} X\ 100$$

Dónde:

Cv = Coeficiente de variabilidad
Cme = Cuadrado medio del error
Y = Promedio General

Cuadro 4. Análisis de la Varianza

F. de V.	GL.
Factor período (P)	(p-1) 1
Factor dosis (D)	(d-1) 2
Interacción PxD	(p-1) (d-1) 2
Error experimental	Pd(r-1) 12
TOTAL	(pdr-1) 17

Fuente: Quevedo U. H, 2006.

Para la determinación de diferencia estadística, se aplicará la prueba de Duncan o Tukey, según sea el valor del coeficiente de Variación que se determine en el análisis de variancia. Calzada Benza (1969), indica que valores por encima de 18% de coeficiente de variabilidad se consideran altos, cuando las investigaciones se desarrollan en ambientes controlados,

como pueden ser laboratorios o invernaderos. En este sentido se aplicará la prueba de Duncan para valores de coeficiente de variabilidad bajos (<18%) y la prueba de Tukey para valores por encima del 18%, ya que esta es más exigente que la prueba de Duncan. Cabe recalcar que los valores altos de coeficiente de variabilidad indican la variabilidad de los promedios obtenidos con respecto a la media de los mismos.

3.4 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación es relacional.

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.5.1 Variable independiente

Para el presente trabajo de investigación se emplearon microorganismos eficaces, mediante la forma de concentrado líquido, donde los microorganismos se encuentran en un estado de latencia, por lo que necesitan ser activados antes de su aplicación.

3.5.2 Variable dependiente

El Agua residual a tratar, será de tipo urbana, recolectando un total de 160 litros, las cuales serán obtenidas al ingreso de las lagunas de oxidación de la provincia de Ilo.

Las características físico químicas presentadas al momento de obtenida la muestra se presentan en el Cuadro N°5.

Cuadro 5. Características físico químicas del agua residual a tratar

Planta de Tratamiento de EPS Ilo S.A.	Coliformes Termotolerantes NMP/100 Ml	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5) mg/L	Demanda Química de Oxigeno (DQO) mg/L	Solidos Suspendidos Totales (SST) mg/L
Afluente (entrada)	13 X 10^9	328	698	1824
Efluente (Salida)	22 X 10^5	179	357	2168

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Cuadro 6. Operacionalización de Variables

OBJETIVO GENERAL	VARIABLES	DEFINICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA
Evaluar la efectividad de microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas residuales a nivel de laboratorio.	**Variable Independiente:** Microorganismos Eficaces	Higa (2002), considera que es un concentrado líquido conformado esencialmente por tres diferentes tipos de organismos: levaduras, bacterias acidolácticas y bacterias fotosintéticas (p. 22).	(ml) Dosis de microorganismos (8 ml, 16 ml y 32 ml)
	Variable Dependiente: Agua Residual	Vela (2010), las define como aquellas aguas que han sido alteradas en su composición por el uso al que han sido sometidas, lo que supone: pérdida de calidad y necesidad de tratamiento (p. 17).	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml)
			Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)
			Demanda Química de Oxígeno (mg/L)
			Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

3.6 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.6.1 Población

La población motivo de esta investigación es la laguna primaria de la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) ILO, la cual tiene un volumen de 36, 000 m3 aproximadamente. Se estima esta población, ya que es donde aún no se ha aplicado ningún tratamiento y es agua residual que recién ingresa.

3.6.2 Muestra

La muestra que se obtuvo de la planta primaria del PTAR ILO, fue de 160 litros, las cuales se dividieron en 20 unidades experimentales de 8 litros cada una.

3.7 VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

Para llevar a cabo los análisis químicos comprendidos en la presente investigación se efectuaron en BHIOS Laboratorios en la ciudad de Arequipa, este laboratorio cuenta con la acreditación ISO/IEC 17025 otorgado por el SNA-INDECOPI de acuerdo al Registro N.º LE-055, según fuente: http://www.bhioslabs.net/,

Los métodos que se emplearon para el análisis de los parámetros, son los siguientes:

3.7.1 Coliformes Termotolerantes

Standar Methods for the examination of water and wastwater APHA-AWWA-WEF part 9000. 9221-E Multiple tube fermentation technique for number of the coliform group: Fecal coliform procedure. Pág. 9 - 10. 22 nd Ed. 2012.

3.7.2 Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5).

Estandar Methods for the examination of wáter and wastwater APHA-AWWA-WEF part 5000 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5 day BOD test. Pág. 5-2 a 5.7 22nd Ed. 2012.

3.7.3 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Standard Methods for the examination of water and wastwater APHA-AWWA-WEF part 5000 Method 520-D Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method 5 day BOD test. Pág. 5-6. 22nd Ed. 2012.

3.7.4 Sólidos Suspendidos Totales

Standar Methods for the examination of water and wastwater APHA-AWWA-WEF part 2000. Method 2540-D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 – 105 ºC. Pág. 4. 22nd Ed. 2012.

3.8 MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA LA PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Los métodos y técnicas para la interpretación y análisis de datos de las variables de repuesta: Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxigeno, Demanda Química de Oxigeno, Solidos Suspendidos Totales, sus respectivos análisis de varianza y sus pruebas de significancia se presentan en el Capítulo IV: Resultados y Discusión.

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Coliformes Termotolerantes NMP/100 mL

Los resultados del Análisis de Varianza (ANVA) para la presencia de coliformes termotolerantes, se muestran en el cuadro 7. En el cual se observa que, para el factor periodo de acción; así como para el factor dosis de aplicación, presentan diferencia estadística altamente significativa, lo que nos induce a inferir que los factores en estudio actúan de manera independiente

Cuadro 7. ANVA para Coliformes Termotolerantes NMP/100 ml

F de V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Período (P)	1	128.00	128.00	144.00	4.96	10.04	**
Dosis (D)	2	110.33	55.17	62.06	4.10	7.56	**
PxD	2	1.00	0.50	0.56	4.10	7.56	n.s.
Error	12	10.67	0.89				
Total	17	250.00					

C.V. 10.9 Prom. 8.7

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

El coeficiente de variabilidad determinado fue de 10,9%, el cual se encuentra dentro de lo aceptable para trabajos de investigación desarrollados en ambientes controlados, considerando el bajo coeficiente de variabilidad, se procedió a realizar la prueba de rango múltiple de Duncan para ambos factores: periodo y dosis (**cuadros N° 8 y 9**).

Cuadro 8. Prueba de Duncan al 1% de probabilidad para el efecto del factor periodo de acción

Nro. de orden	Periodos	Promedio	Significancia
1	P1	11,3	A
2	P2	6,0	B

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Los resultados obtenidos fueron que el P1 (45 días de acción), presenta un promedio de 11,3 NMP/100 mL, el cual difiere estadísticamente del tratamiento P2 (90 días de acción), que presenta un promedio de 6,0 NMP/100 ml, por lo que se deduce que el periodo 2 tiende a ser más efectivo que el periodo 1, debido a que hubo una mayor reducción de Coliformes Termotolerantes a los 90 días de acción de los microorganismos.

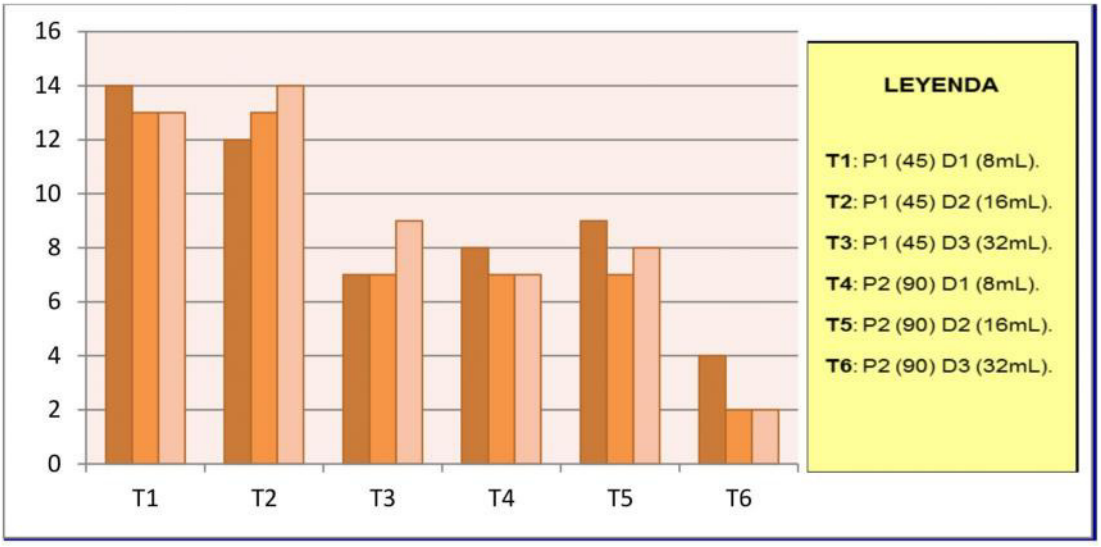
Cuadro 9. Prueba de Duncan al 1% de probabilidad para el efecto del factor dosis

Nro.	Dosis	Promedio	Sig.
1	D2	10.5	A
2	D1	10.3	A
3	D3	5.2	B

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Los resultados obtenidos del factor dosis fueron los siguientes: D1 (8 ml) su promedio es de 10.5 y D2 (16 ml) el promedio es 10.3, en tal sentido no hay diferencias estadísticas; sin embargo ambos presentan diferencia estadística con respecto a la D3 (32 ml) la cual tiene un promedio de 5.2, concluyendo que a una mayor dosis de microorganismos los Coliformes Termotolerantes tienden a descender.

Gráfico 3: Resultado de Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL) en los Tratamientos



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

En el gráfico 3, se evidencia el comportamiento de los Coliformes Termotolerantes en cada uno de los tratamientos. Los resultados de los tratamientos (T1, T2 y T3) son a 45 días de aplicación de los microorganismos, mientras que; (T4, T5 y T6) son resultados a 90 días de haber aplicado estos microorganismos, cada tratamiento con tres repeticiones. Por el gráfico obtenido, se concluye al igual que Reyes (2004),

que a un aumento en la dosificación de EM, podemos disminuir el tiempo necesario para eliminar las bacterias coliformes (p. 41), por lo que el tratamiento de la presente investigación, que mejor respuesta presentó ante la disminución de coliformes, fue el Tratamiento 6 en una dosis de 32 mL de microorganismos.

4.1.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) mg/l.

En el cuadro 10, se presentan los Cuadrados Medios y sus respectivas significancias, que son resultados del análisis de variancia con respecto a la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5), apreciándose que existe diferencia estadística altamente significativa para los dos factores en estudio (Periodo y Dosis).

Dado que ambos factores en estudio presentan diferencia estadística altamente significativa se procedió a realizar la prueba de Duncan para establecer entre que niveles se presentan tales diferencias.

Cuadro 10. ANVA para Demanda Biológica de Oxigeno (DBO_5) mg/L

F de V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Período (P)	1	21390.01	21390.01	218.68	4.96	10.04	**.
Dosis (D)	2	6491.67	3245.83	33.18	4.10	7.56	**
PxD	2	1632.08	816.04	8.34	4.10	7.56	**
Error	12	1173.79	97.82				
Total	17	30687.56					

C.V. 12.3 Prom. 80.7

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

El coeficiente de variabilidad obtenido fue de 12.3%, el cual es considerado dentro de lo normal, para este tipo de diseño experimental de Diseño Irrestricto al Azar, bajo condiciones controladas.

Al realizar la prueba de Duncan al 1% de probabilidad para el factor en estudio Periodo de Evaluación (cuadro 11), se puede apreciar que el tratamiento P1 (evaluación a los 45 días de acción) logro un promedio de 115,2 mg/L. en tanto que el tratamiento P2 (evaluación a los 90 días de acción) presenta un valor promedio de 46,3 mg/L., presentándose diferencia estadística entre ambos tratamientos del factor en estudio en mención.

Cuadro 11. Prueba de Duncan al 1% de probabilidad para el efecto del factor periodo de acción

Nro. de orden	Periodos	Promedio	Significancia
1	P1	115,2	A
2	P2	46,3	B

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

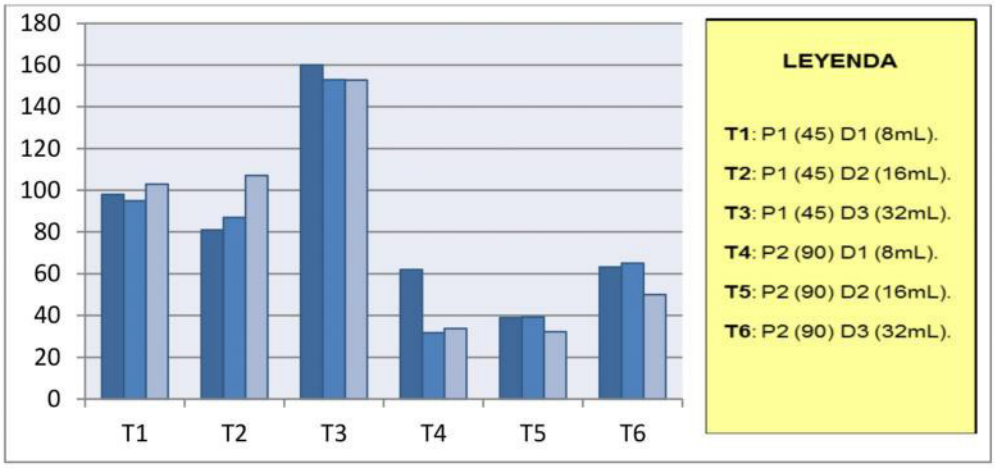
Como se puede observar en el cuadro 12, luego de realizada la prueba de Duncan, para los tratamientos del factor en estudio de Dosis de aplicación de microorganismos, se puede apreciar que el tratamiento D3 presenta un promedio de 107.3 mg/L. El mismo que difiere estadísticamente del tratamiento D1 que presenta un promedio de 70.6 mg/L Que al mismo tiempo es estadísticamente diferente del tratamiento D2 que alcanzó un promedio de 64.3 mg/L.

Cuadro 12. Prueba de Duncan al 1% de probabilidad para el efecto del factor dosis de aplicación de microorganismos

Nro. de orden	Dosis	Promedio	Significancia
1	D3	107,3	A
2	D1	70,6	B
3	D2	64,3	C

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Gráfico 4: Resultado de la Demanda Bioquímica de Oxigeno (mg/L) en los Tratamientos.



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

En el gráfico 4, se evidencia que existe una reducción en la Demanda Bioquímica de Oxigeno principalmente en los tratamientos (T4, T5 y T6) los cuales corresponden al segundo periodo (90 días), se deduce que la demanda de oxigeno no es tan alta debido a la reducción de la cantidad de materia orgánica a consumir por parte de los microorganismos, de este modo se confirma la teoría de Lozano (2012) quien considera a la DBO_5 como una medida indirecta de la cantidad de materia orgánica que pueda contener una muestra de agua (p. 28).

4.1.3 Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg/L

En el cuadro 13, podemos observar que, para los factores en estudio así como la interacción de ambos presenta diferencia estadística altamente significativa, en cuanto a la interacción se encontró diferencia estadística significativa.

El coeficiente de variabilidad determinado fue de 13.1%, el cual es considerado bajo para este tipo de experimentos; en consecuencia a los resultados obtenidos se procederá a realizar la prueba de Duncan.

Cuadro 13. ANVA para Demanda Química de Oxigeno (DQO) mg/L

F de V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Período (P)	1	88718.76	88718.76	182.11	4.96	10.04	**
Dosis (D)	2	10814.49	5407.24	11.10	4.10	7.56	**
PxD	2	5882.62	2941.31	6.04	4.10	7.56	*
Error	12	5846.19	487.18				
Total	17	111262.06					

C.V. 13.1 Prom. 168.2

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Realizando la prueba de Duncan al 1% de probabilidad (cuadro 14) para factor de periodo de evaluación, se puede apreciar que el tratamiento P1 (45 días), presenta un promedio de 238.4 mg/L. El mismo que es superior al reportado por el tratamiento P2 que logro un promedio de 98.0 mg/L, por tanto son estadísticamente diferentes.

Cuadro 14. Prueba de Duncan al 1% de probabilidad para el efecto del factor periodo de acción

Nro. de orden	Periodos	Promedio	Significancia
1	P1	238,4	A
2	P2	98,0	B

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

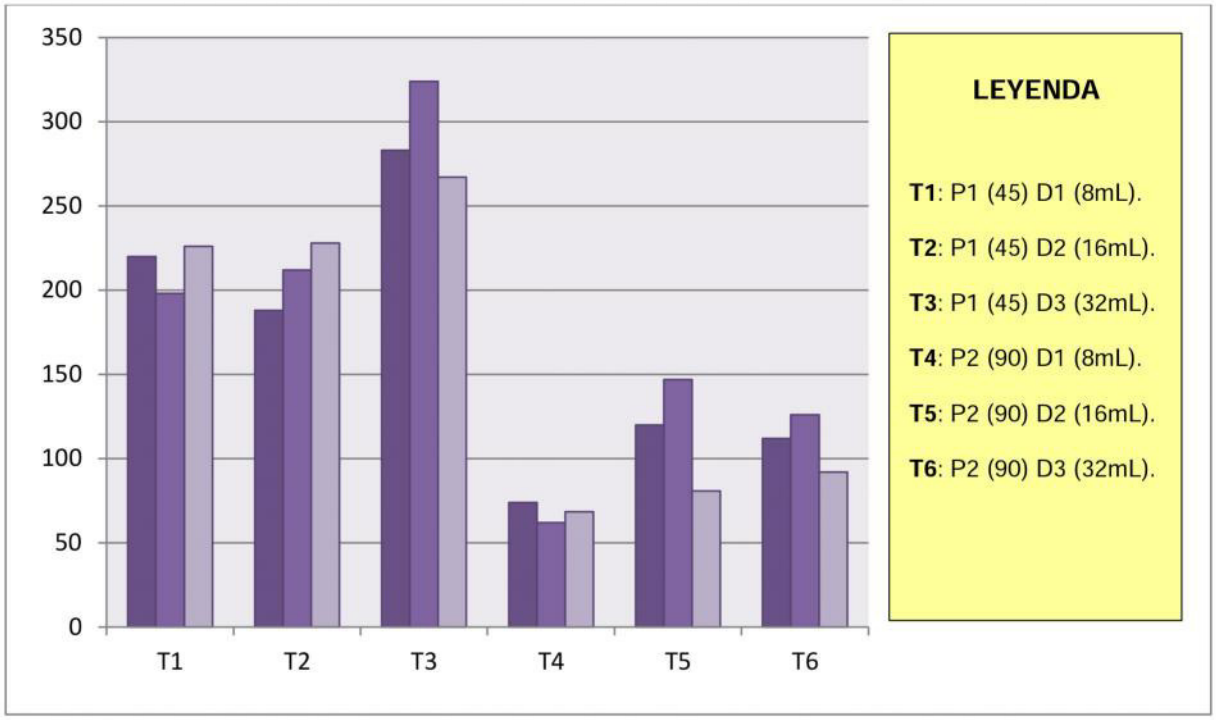
Como se puede observar en el cuadro 15, luego de realizado la prueba de Duncan, para el factor dosis de aplicación de microrganismos, se aprecia los tratamientos en una dosis D3 (32 ml) presentan un promedio de 120.4 mg/L, el cual es estadísticamente diferente al resto de los tratamientos bajo otras dosis D2(16 ml) y D1 (8 ml) con promedio de 97,6 mg/L y 84,9 mg/L respectivamente, presentando diferencia estadística.

Cuadro 15. Prueba de Duncan al 1% de probabilidad para el efecto del factor dosis de aplicación de microorganismos

Nro. DE ORDEN	INTENSIDAD	PROMEDIO	SIGNIFICANCIA
1	D3	120,4	A
2	D2	97,6	B
3	D1	84,9	C

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Gráfico 05: Resultado de la Demanda Química de Oxigeno (mg/L) en los Tratamientos.



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

En el gráfico 05, se evidencia que el comportamiento de la DQO para las distintas dosis (8 mL, 16 mL y 32 mL) no se cumple lo establecido por Higa (2002), quién considera que a una mayor dosis se reduce la Demanda Química de Oxígeno (p. 26), para esta investigación el tratamiento T4 (8 mL) es el más óptimo en la reducción de DQO, sin embargo; puede que esta teoría de Higa no se haya cumplido, ya que para una reducción de la DQO es necesario una oxidación completa por lo que se emplea dicromato potásico en medio sulfúrico, este valor comprende todo lo que puede tener una demanda de oxígeno, sales oxidables, compuestos orgánicos biodegradables y algunos otros compuestos no biodegradables resistentes a esta oxidación que se encuentran en las muestras de agua.

4.1.4 Sólidos Suspendidos Totales

El Análisis de Varianza realizado para sólidos suspendidos totales (cuadro 16), encontramos diferencia estadística altamente significativa para el factor periodo de evaluación, y no así para el factor dosis de aplicación; en cuanto a la interacción de los factores en estudio se aprecia que hay diferencias estadísticas altamente significativas entre los promedios alcanzados por su tratamientos, consiguientemente se realizará la prueba de Duncan al 1% de probabilidad.

Cuadro 16. ANVA para Solidos Suspendidos Totales (SST) mg/L

F de V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Período (P)	1	57122.00	57122.00	126.44	4.96	10.04	**
Dosis (D)	2	1729.33	864.67	1.91	4.10	7.56	n.s.
PxD	2	9285.33	4642.67	10.28	4.10	7.56	**
Error	12	5421.33	451.78				
Total	17	73558.00					

C.V. 15.8 Prom. 134.7

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

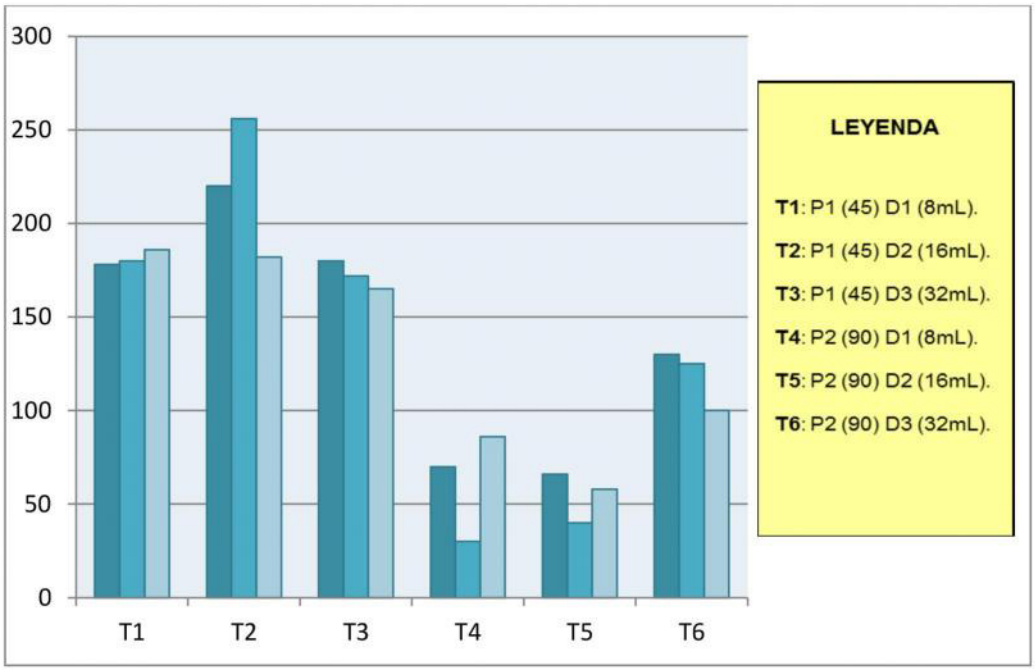
En el cuadro 17 nos presenta los resultados de la prueba de Duncan para el factor periodo de evaluación, observándose que el tratamiento P1 ha alcanzado un promedio de 191 mg/L, El mismo que supera estadísticamente al promedio alcanzado por el tratamiento P2 que fue de 78.3 mg/L.

Cuadro 17. Prueba de Duncan al 1% de probabilidad para el efecto del factor periodo de acción

Nro. de orden	Periodos	Promedio	Significancia
1	P1	191,0	A
2	P2	78,3	B

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Gráfico 06: Resultado de los Solidos Suspendidos Totales (mg/L) en los Tratamientos.



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

En el gráfico 06, los resultados nos indican que la cantidad de sólidos suspendidos totales se ve reducida ante un mayor tiempo de aplicación de microorganismos, para los SST los tratamientos T4 y T5 fueron los optimos.

4.2 COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

Ante la discusión realizada a los resultados, se comprueban las siguientes hipótesis:

- ✓ Los microorganismos resultan ser eficaces en el tratamiento de aguas residuales a nivel de laboratorio.

- ✓ A una mayor concentración de microorganismos, menor será el tiempo de tratamiento de agua residual.

- ✓ Los microorganismos mejorarán algunas propiedades físico químicas del agua residual como la Demanda Química de Oxigeno y Sólidos Totales.

- ✓ A un mayor tiempo de aplicación los microorganismos serán más efectivos.

CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente trabajo son:

- Habiendo evaluado el comportamiento de los microorganismos eficaces en tres distintas dosis (8 ml, 16 ml y 32 ml), es la tercera dosis (32 ml) quien demuestra una mayor rapidez en la depuración de aguas residuales.

- Los microorganismos eficaces han mejorado las propiedades fisicoquímicas del agua residual, y esto se puede percibir por medio de sus indicadores (SCOTT, DBO_5,DQO,SST) los cuales han sido evaluados en 6 tratamientos, estos resultados no sobrepasan los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o Municipales

- La efectividad de los microorganismos fue mayor para el periodo de 90 días y esto se percibe en sus indicadores. Los resultados obtenidos a los 45 días para CTT es de 11.3 NMP/100 ml, para la DBO es 115.2 mg/L, DQO es 238.4 mg/L y para los SST es de 191.0 mg/L. Mientras que los resultados a los 90 días de aplicación para CTT es de 6.0 NMP/100 ml, para DBO es de 46.3 mg/L, para la DQO 98.0 mg/L y para SST es 78.3 mg/L. Por lo que se concluye que existe una mayor efectividad en el segundo periodo.

RECOMENDACIONES

Al finalizar la presente investigación, se plantean las siguientes recomendaciones:

- La utilización de Microorganismos Eficaces (EM) es adecuada para el tratamiento de aguas residuales. La dosis que se recomienda es de 32 ml de microorganismos eficaces (EM) activado, esta proporción está basada para una cantidad de 8 L, de agua a tratar,

- Se recomienda experimentar estos microorganismos eficaces en grandes volúmenes de agua residual, para poder determinar si es posible alcanzar un estado de fermentación y estabilización de los microorganismos,

- Este tipo de tratamiento de la Tecnología EM, es recomendable aplicarlo con otro tratamiento que pueda complementar la efectividad del mismo.

- Las condiciones climáticas de Ilo fueron las apropiadas para el presente proyecto de investigación, ya que la temperatura no fue ni muy alta y ni muy baja lo que permitió el desarrollo de los microorganismos; sin embargo, se recomienda aplicar este tratamiento en la estación de Invierno, ya que hay una variación de temperatura y por ende también de pH lo cual se ve reflejado en los indicadores.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bernal, T. C. (2006) "Metodología de la investigación para administración y economía". Segunda Edición. México.

2. Bermeo C.L., Cisneros A.M., Romero J.C. (2010) "Tecnología de depuración de Aguas Residuales por Métodos Naturales" – Ecuador.

3. Fioravanti, B. M. y Vega, A. N. (2003) "Eficiencia de los microorganismos eficaces en la estabilización de lodos sépticos para su reuso agrícola". Guácimo - Costa Rica.

4. Leiva, Z. F. (2001) "Nociones de metodología de investigación científica". Quinta Edición. Quito – Ecuador.

5. Lozano R. W. (2012) "Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales". Bogotá – Colombia.

6. Ministerio del Ambiente (2012) "Glosario de términos para la gestión ambiental peruana" Lima – Perú.

7. Quevedo U. H. (2006) "Métodos estadísticos para la Ingeniería Ambiental y la Ciencia". Universidad Autónoma de CD. Juárez. Chihuahua – México.

8. Reyes, M. B. (2004) "Estabilización de lodos sépticos que provienen de una comunidad pequeña con microorganismos eficaces". Guácimo - Costa Rica.

9. Rodríguez, L. J. (2010) "Purificación del agua por medio de microorganismos eficientes y Filtración" Salento – Colombia.

10. Rossi, L. M. y Ortega, G. R. (2010) "Oportunidades de mejoras ambientales por el tratamiento de aguas residuales en el Perú". Fondo Nacional del Ambiente – Perú.

11. Sette, R. R. (2003) "Tratamiento de aguas residuales". España.

12. SUNASS, 2012. "Determinación de la formula tarifaria, estructura tarifaria y metas de gestión aplicable a la entidad prestadora de servicios de saneamiento de Ilo – EPS ILO S.A.". Superintendencia Nacional de Servicios y Saneamiento. Ilo – Perú.

13. Higa, T. (2002) "Una revolución para salvar la tierra" – España.

14. Toc, A. R (2012) "Efectos de los microorganismos eficientes en las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano, Honduras". Zamorano – Honduras.