



UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



“EVALUACIÓN DEL USO DE MICROORGANISMOS

EFICACES EN EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES

DOMESTICOS RESIDUALES DEL DISTRITO DE PÁTAPO”

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA

OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

AUTORES:

BACH. CANALES LÓPEZ HUBERT OMAR

BACH. SEVILLA CARPIO AMIRO ANTONIO

LAMBAYEQUE – PERÚ

2016



UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“EVALUACIÓN DEL USO DE MICROORGANISMOS EFICACES EN
EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES DOMESTICOS RESIDUALES
DEL DISTRITO DE PÁTAPO”**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARA
OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO QUÍMICO**

AUTORES:

BACH. CANALES LÓPEZ HUBERT OMAR
AUTOR

BACH. SEVILLA CARPIO AMIRO ANTONIO
AUTOR

**SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL
SIGUIENTE JURADO**

Ing. Ind. M.Sc. Rubén Darío Sachun García -----
Presidente

Ing.M.Sc.Ysabel Nevado Rojas -----
Secretaria

Ing.M.Sc. Jaime Lucho Cieza Sánchez -----
Vocal

Ing. M.Sc. José Enrique Hernández Oré -----
Asesor

DEDICATORIA

A nuestro DIOS Padre por haberme dado sabiduría, fuerza, fortaleza y el desempeño que tengo para realizar las cosas de la mejor manera; porque a pesar de los tropiezos que he tenido he sabido enfrentarlos con ganas y nunca me deje rendir siempre seguí hacía adelante.

A mi Madre querida por estar siempre en las buenas y en las malas, por cada día de sacrificio y esmero gracias a ella he logrado mis objetivos, por su lucha esmero y desempeño en sacarme adelante sola a pesar de las adversidades de la vida ella estuvo allí luchando para que hoy en día sea una persona de bien y haber logrado el éxito de lo propuesto; debido al gran apoyo en mis estudios y al gran amor que me tiene como madre es por eso que te dedico este trabajo por tu esfuerzo de día a día.

A toda mi familia por su confianza, cariño y ayuda que me brindan porque creen y apuestan en mí, porque saben que nunca los defraudare y que siempre estarán presentes a donde yo vaya.

A mis amigos, por apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida, por brindarme su amistad de hermanos, su comprensión, y por aquellas historias vividas como familia en grandes momentos de lucha.

Hubert Omar

DEDICATORIA

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

Con mucho amor, cariño, respeto y admiración a mis padres, porque son una de mis más importantes motivaciones y a quienes siempre quiero demostrar con entusiasmo cada uno de mis resultados. De ellos nace la oportunidad de toda esta etapa de mi formación que concluye con esta tesis.

A mis hermanos y familiares, que gracias a sus consejos y palabras de aliento crecí como persona y por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar como una persona de principios.

Amiro Antonio

AGRADECIMIENTO

*La presente tesis nos gustaría agradecerle a ti DIOS por bendecirnos para llegar hasta donde hemos llegado, por hacer realidad este sueño anhelado. A la **UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO** por darnos la oportunidad de estudiar y ser unos grandes profesionales.*

*Al **Ing. Enrique Hernández Oré**, por ser nuestro asesor de tesis por su esfuerzo, por su dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en nosotros el éxito, por su apoyo personal y por la confianza que nos dio para llevar a cabo la presente Tesis.*

También nos gustaría agradecer a nuestros profesores durante toda nuestra carrera profesional porque todos han aportado un granito de arena a nuestra formación.

*Al **Ing. César García Espinoza**, por su apoyo incondicional en la presente Tesis, y por habernos dedicado tiempo y compartido su enseñanza en nuestra formación académica y profesional, a la entidad Prestadora de Servicios **EPSEL DE CHICLAYO**, por facilitarnos algunos análisis realizados en dicho establecimiento.*

Son muchas las personas que han formado parte de nuestras vidas profesionales a las que nos encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de nuestras vidas. Algunas están aquí con nosotros y otros en nuestros recuerdos y en nuestro corazón, es por ello que les damos las gracias por formar parte de nosotros.

Omar y Amiro

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AgCl	Cloruro de plata
AgNO ₃	Nitrato de plata
Ag(OH)	Hidróxido de plata
AR	Agua residual o servida
ARD	Agua residual doméstica
ART	Agua residual tratada
°C	Grados Centígrados
CACO ₃	Carbonato de Calcio
CF	Coliformes Fecales
COV's	Orgánicos volátiles
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
ECA	Estándar de Calidad Ambiental
EFA	Entidad de Fiscalización Ambiental
EPS	Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento
EM®	Microorganismos eficaces
f	Frecuencia
gl	Grados de libertad
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
Hg ₂ SO ₄	Sulfato de mercurio
hr	Hora
K ₂ CrO ₄	Cromato de potasio
K ₂ Cr ₂ O ₇	Dicromato potásico
LMP	Límite máximo permisible
Max	Máximo
MC	Media cuadrática
Me	Media
Min	Mínimo
min	Minuto

ml	Mililitro
mg/L	Miligramos por litro
Na ₂ CO ₃	Carbonato de sodio
NMP	Número más probable
n	Número de datos
NO ₃	-N: Nitratos
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la
Salud	
OEFA	Organismo de Evaluación y
	Fiscalización Ambiental
p	Probabilidad
pH	pHmetro
Pulg	Pulgadas
PVC	Policloruro de vinilo
SC	Suma de cuadrados
ST	Sólidos totales
SST	Sólidos suspendidos totales
SINEFA	Sistema Nacional de Evaluación y
	Fiscalización Ambiental
VMA	Valores máximos admisibles

ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	i
ÍNDICE GENERAL.....	iii
LISTA DE TABLAS.....	vii
LISTA DE GRÁFICAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE CUADROS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCION.....	xvi

CAPÍTULO I

1. 1 REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	2
1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1.2 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO.....	3
1.1.3 OBJETIVOS.....	4
1.1.4 HIPOTESIS.....	5

CAPÍTULO II

2.1 ASPECTOS GENERALES DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	7
2.1.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	7
2.1.1.1 AGUAS RESIDUALES.....	7
2.1.1.2 CLASIFICACION DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	8
2.1.2 CONTAMINACION DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	10
2.1.3 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.....	14
2.2 AGUA RESIDUAL DOMESTICA (ARD).....	17
2.2.1 ANTECEDENTES DE LAS ARD.....	17

2.2.2	COMPOSICION DE LAS ARD.....	18
2.2.3	CARACTERISTICAS DE LAS ARD.....	21
2.2.4	CALIDAD DE LAS ARD.....	23
2.2.4.1	CARACTERISTICAS FISICAS.....	23
2.2.4.2	CARACTERISTICAS QUIMICAS.....	26
2.2.4.3	CARACTERISTICAS BIOLOGICAS.....	29
2.2.4.4	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO.....	31
2.2.4.5	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO.....	31
2.2.5	TRATAMIENTO DE LAS ARD.....	34
2.2.6	CANTIDAD DE LAS ARD.....	37
2.2.7	AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN EL PERÙ.....	37
2.2.8	CARACTERIZACION DE COMPONENTES MICROBIANOS	43
2.3	MICROORGANISMOS EFICACES Y SU USO EN AR.....	52
2.3.1	ORIGENES.....	52
2.3.2	TECNOLOGIA DE LOS MICROORGANISMOS EFECTIVOS.....	53
2.3.3	BENEFICIOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALE.....	60
2.3.4	PRINCIPALES MICROORGANISMOS CONTENIDOS EN EL (EM®).....	62
2.3.5	USO DE LOS MICROORGANISMOS EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL.....	64
2.3.6	VARIABLES.....	66
2.3.6.1	Variable Independiente.....	66
2.3.6.2	Variable Dependiente.....	66

CAPÍTULO III

3.1 MATERIALES Y MÉTODOS.....	68
3.1.1 UBICACIÓN.....	68
3.1.2 LUGAR DE EJECUCIÓN	68
3.1.3 ESTABLECIMIENTO DEL ESTUDIO.....	68
3.1.4 ACTIVACION DE LOS MICROORGANISMOS EFICACES...	69
3.1.5 CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.....	70
3.1.6 PUNTOS DE MUESTREO.....	71
3.1.7 NUMERO Y TIPO DE MUESTRAS.....	71
3.1.8 TOMA DE MUESTRAS.....	72
3.1.9 ANÁLISIS DE MUESTRA.....	72
3.1.10 MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	73
3.1.11 PROCEDIMIENTO.....	75
3.1.12 MATERIALES Y EQUIPOS.....	77
3.1.13 PARAMETROS CONTROLADOS.....	79
3.1.14 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA ACTIVACION DE MICROORGANISMOS EFICACES.....	80
3.1.15 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCEDIMIENTO.....	81

CAPÍTULO IV

4.1 RESULTADOS.....	88
----------------------------	-----------

CAPÍTULO V

5.1 DISCUSION.....	96
CONCLUSIONES.....	100
RECOMENDACIONES.....	102
GLOSARIO.....	104
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	109
APÉNDICE.....	114
ANEXOS.....	141

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla N° 4.1. Olor percibido en los respectivos tratamientos.....	89
Tabla N° 4.2. Color observado en los respectivos tratamientos.....	89
Tabla N°4.3. pH del agua residual domestica tratada con microorganismos eficaces.....	90
Tabla N° 4.4. Cloruros del agua residual doméstica tratada con microorganismos eficaces.....	90
Tabla N° 4.5. Dureza total del agua residual domestica tratada con microorganismos eficaces.....	91
Tabla N° 4.6. Nitratos del agua residual domestica tratada con microorganismos eficaces.....	91
Tabla N° 4.7. DBO del agua residual domestica tratada con microorganismos eficaces.....	92
Tabla N° 4.8. DQO del agua residual domestica tratada con microorganismos eficaces.....	92
Tabla A. Valores estadísticos descriptivos: de la influencia del EM® en el ARD con respecto al pH del Agua.....	120
Tabla B. Análisis de varianza de la influencia del EM® en el ARD con respecto al pH del Agua.....	120
Tabla C. Valores estadísticos descriptivos: de la influencia del EM® en el ARD con respecto a Cloruros del Agua.....	121
Tabla D. Análisis de varianza de la influencia del EM® en el ARD con respecto a Cloruros del Agua.....	121
Tabla E. Valores estadísticos descriptivos: de la influencia del EM® en el ARD con respecto a la Dureza Total del Agua.....	122
Tabla F. Análisis de varianza de la influencia del EM® en el ARD con respecto a la Dureza Total del Agua.....	122
Tabla G. Valores estadísticos descriptivos: de la influencia del EM® en el ARD con respecto a Nitratos del Agua.....	123
Tabla H. Análisis de varianza de la influencia del EM® en el ARD con respecto a Nitratos del Agua.....	123

Tabla I. Valores estadísticos descriptivos: de la influencia del EM® en el ARD con respecto al DBO del Agua.....	124
Tabla J. Análisis de varianza de la influencia del EM® en el ARD con respecto al DBO del Agua.....	124
Tabla K. Valores estadísticos descriptivos: de la influencia del EM® en el ARD con respecto al DQO del Agua.....	125
Tabla L. Análisis de varianza de la influencia del EM® en el ARD con respecto al DQO del Agua.....	125

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Grafica A. Evaluación de PH del Agua Residual Doméstica.....	115
Grafica B. Evaluación de cloruros del Agua Residual Doméstica.....	116
Grafica C. Evaluación de la dureza total del Agua Residual Doméstica .	116
Grafica D. Evaluación de nitratos del Agua Residual Doméstica.....	117
Grafica E. Evaluación de DBO del Agua Residual Doméstica.....	117
Grafica F. Evaluación de DQO del agua Residual Doméstica.....	118
Grafica G. Evaluación de coliformes totales del agua residual Doméstica.....	118
Grafica H. Evaluación de coliformes totales termotolerantes del Agua Residual Doméstica.....	119

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura N° 2.1. Aguas residuales descargadas a la red de alcantarillado ..	15
Figura N° 2.2. Cantidad de agua residual generada al día por una persona y evolución de la generación de ARD.....	16
Figura N° 2.3. Clasificación de partículas.....	25
Figura N° 2.4. Usos del flujo de la aguas residuales domesticas.....	42
Figura N° 2.5. Los tres grupos de microorganismos componentes del EM®.....	63
Figura N° 3.1. Laguna de Oxidación de Pátapo.....	85
Figura N° 3.2. Frascos para muestreos.....	86
Figura N° 3.3. Recipiente de activación y recolección de muestra.....	86
Figura N° 4.1. Comparación del color de muestras.....	94

LISTA DE CUADROS

Pág.

Cuadro N° 2.1. Contaminantes presentes en el agua residual y sus posibles efectos sobre las aguas receptoras.....	11
Cuadro N° 2.2. Parámetros de calidad de un agua residual.....	12
Cuadro N° 2.3. Componentes físicos, químicos y biológicos de un agua residual.....	19
Cuadro N° 2.4. Relación entre algunos constituyentes inorgánicos y el agua residual.....	27
Cuadro N° 2.5. Valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales.....	32
Cuadro N° 2.6. Valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales.....	33
Cuadro N° 2.7. Tipos de tratamientos de aguas residuales.....	34
Cuadro N° 2.8. Parámetros de las aguas residuales domesticas que permiten determinar el tipo de tratamiento específico según la calidad el agua.....	36
Cuadro N° 2.9. Consumo promedio de agua familia de cinco personas ...	41
Cuadro N° 2.10. Agentes infecciosos de las aguas residuales domésticas y sus respectivas enfermedades.....	49
Cuadro N° 2.11. Microorganismos presentes en el agua residual domestica.....	51
Cuadro N° 2.12. Microorganismos contenidos en el EM®.....	57
Cuadro N° 3.1. Parámetro evaluado con método estándar de análisis.....	82
Cuadro N° 3.2. Cronología de la muestra.....	83
Cuadro N° 3.3. Puntos de muestreo.....	83
Cuadro N° 3.4. Frecuencia de muestreo y parámetros analizados.....	84

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo evaluar el efecto de los Microorganismos Eficaces (EM®) sobre la calidad de agua residual doméstica del Distrito de Pátapo y realizar, un seguimiento en el tiempo, de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de una agua residual domestica tratada con Microorganismos Eficaces (EM®) del Distrito de Pátapo, Con la finalidad de monitorear algunos de los cambios fisicoquímicos y que se presentaran en el Agua Residual Domestica (ARD) tras aplicar una dosis de EM®, buscando evaluar su efecto, la relación entre los parámetros evaluados y de estos con la calidad del agua.

Entre los parámetros analizados tenemos el pH, DQO. DBO, Dureza Total, Nitratos, Cloruros, Color, Olor, Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes. De acuerdo a la comparación con los resultados obtenidos antes y después del tratamiento se observó cómo se logró la disminución eficientemente mínima de partículas suspendidas presentes en el ARD (materia orgánica), la disminución de olores desagradables. Se logró observar los cambios que se presentaron en el transcurso de dicho proceso de tratamiento de EM® sobre los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del Agua Residual Domestica.

En conclusión deducimos que la adición de microorganismos eficaces EM® en las aguas residuales domesticas de las lagunas de oxidación de Pátapo redujo la cantidad de la demanda química de oxígeno (68,11%), demanda biológica de oxígeno (65,83%), cloruros (28,53%), nitratos (81,87%), dureza total (15,30%), coliformes totales (99,96%), pasado mes y medio desde su aplicación. No es mejor a otros métodos ya que este tratamiento con EM® se limita con la presencia de metales y en el análisis de la dureza total.

Los microorganismos eficaces (EM®) es la mezcla de bacterias fototróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación que descomponen la materia orgánica incluida en las aguas residuales, ayudando a disminuir la contaminación al medio ambiente. El experimento se realizó entre los meses setiembre y diciembre de 2014 cuyas muestras fueron

extraídas de la laguna de oxidación de Pátapo; los análisis se realizaron en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la Universidad Pedro Ruiz Gallo y en los laboratorios de EPSEL. En el experimento se evaluó si existía un efecto significativo sobre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados al aplicar EM® (1ml por cada litro de ARD) se le agrego a los 10 litros de agua y se evaluó a tres diferentes tiempos de residencia de EM® (cada 15 días por un periodo de mes y medio).

Se procedía a retirar 1 litro para realizar el debido análisis de parámetros, se realizaron tres ensayos logrando así un valor promedio al cual se le calculo el % de remoción de cada parámetro.

Palabras claves: Demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos totales.

ABSTRACT

This thesis aims to assess the effect of Effective Microorganisms (EM®) on the quality of domestic wastewater from Patapo District and perform track in time, microbiological and physico-chemical parameters of a treated domestic wastewater with Microorganisms effective (EM®) Pátapo District, in order to monitor some of the physicochemical changes and are present in the waste water Domestica (ARD) after applying a dose of EM®, seeking to assess its effect, the relationship between the parameters and evaluated these with water quality.

Among the parameters analyzed we have the pH, COD, BOD, Total Hardness, nitrate, chloride, color, odor, total coliforms, thermotolerant coliforms.

According to the comparison with the results obtained before and after treatment was observed how efficiently suspended slightly reduced in the present ARD (organic matter), the reduction of unpleasant odors particles was achieved. It managed to observe the changes that occurred in the course of the treatment process EM® on physical, chemical and microbiological parameters Wastewater Domestic.

In conclusion we conclude that the addition of effective microorganisms EM® in domestic sewage from oxidation ponds Pátapo reduced the amount of chemical oxygen demand (68.11%), biological oxygen demand (65.83%), chlorides (28.53%), nitrates (81.87%), total hardness (15,30%), total coliforms (99.96%) last month and a half since its implementation. It is best to other methods since this treatment EM® limited by the presence of metals and in the analysis of total hardness.

Effective microorganisms (EM®) is the mixture of phototrophic bacteria, yeast, lactic acid producing bacteria and fungi fermentation decompose organic matter contained in wastewater, helping to reduce pollution to the environment. The experiment was conducted between September and December 2014 months whose samples were taken from the oxidation pond Pátapo; analyzes were performed in the laboratories of the Faculty of Chemical Engineering and

Food Industries of the University Pedro Ruiz Gallo and EPSEL laboratories. In the experiment we assessed whether there was a significant effect on the chemical and microbiological parameters evaluated applying EM® (1 ml per liter of ARD) was added to 10 liters of water and was evaluated at three different residence times of EM® (every 15 days for a period of month and a half). It came to remove 1 liter to perform due parameter analysis, assays were performed three achieving an average value which will calculate the% removal of each parameter.

Keywords: biological oxygen demand, chemical oxygen demand, total solid

INTRODUCCIÓN

Hoy en día nos aqueja la gran problemática socio-ambiental que nos afecta y enfrentamos toda la humanidad y es el aumento de la disposición final de nuestros desechos más esenciales: las excretas.

Las aguas residuales domésticas, son aquellas aguas usadas por las personas en ciertas actividades como la limpieza general de ciertos artículos domésticos, en la preparación de alimentos y sanitarios. Las ARD están constituidas por materia orgánica e inorgánica. El ARD presenta ciertos microorganismos que pueden ser inocuos o ser patógenos, es por ello que se le debe realizar un debido tratamiento, debido a que pone en riesgo la integridad de todo aquel que utiliza estas aguas de forma irregular; si a todo esto se le considera también las sustancias contaminantes y el exceso en que se encuentran es posible dar a entender el grado de contaminación de estas aguas y el porqué del desarrollo reciente de tecnologías físicas, químicas y biológicas necesarias para el análisis de las ARD.

La tecnología de los microorganismos eficaces EM®, desarrollados por el Dr. Teruo Higashimura de la universidad de Ryukus de Okinawa, Japón, cuyo efecto potencializado consiste en la mezcla de varios microorganismos naturales de tipo beneficioso, existiendo cuatro tipos principales: bacterias fototróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación (Microbiología general 2009)

El desarrollo de los microorganismos está ligado íntimamente a las condiciones ambientales, en particular con la temperatura, pH y oxígeno. Cada microorganismo tiene una temperatura máxima, por encima no existe su crecimiento; una mínima, por debajo no es posible su proliferación. Cada organismo tiene un límite de pH, donde hace posible su crecimiento. El oxígeno no ocasiona muerte en los microorganismos, sino inhiben su crecimiento. Los microorganismos se reproducen con rapidez, un solo microorganismo en un plazo de un día puede dar origen a millones de microorganismos iguales a él, dependiendo de la disponibilidad de nutrientes.

El inoculante microbiano EM® es producido como un concentrado líquido para ser usado en el ambiente a fin de eliminar los malos olores, controlar insectos (moscas) y en general para mejorar y mantener ambientes sanos y saludables dentro del entorno natural.

Por graves errores de algunas organizaciones, nuestros desechos biológicos van acumulando en grandes tanques (lagunas de oxidación) para luego ser liberados en descargas de cientos de toneladas, ya sean en ríos, pantanos o como riego en tierras, sin tratar adecuadamente. Y, por tener un alto contenido de microorganismos patógenos, minerales y excesivas cantidades de biomasa orgánica, ya que no han pasado por ningún proceso adecuado, significan un impacto fatal para el medio ambiente. El tratamiento de este volumen de desechos y su disposición final todavía son aspectos problemáticos en muchos países.

La presente investigación que a continuación se ha desarrollado, busca contribuir con una alternativa eficiente para el proceso de reducción y estabilización de las aguas residuales domésticas (malos olores y características que influyen en la proliferación de agentes patógenos). Así consecuentemente, posibilitar el aprovechamiento saludable de estas aguas, sin comprometer la salud humana ni del medio ambiente. Para ello se determinara la eficiencia de los “Microorganismos Eficaces” en las aguas residuales domésticas identificando el tiempo necesario a la concentración permitida para garantizar la efectividad del proceso.

El planteamiento a este problema que nosotros realizamos es que actualmente es posible observar un gran interés, en el desarrollo de mejorar el proceso de purificación y descontaminación del recurso hídrico debido que diariamente en nuestros hogares se genera aguas residuales domésticas la cual causa contaminación al medio ambiente convirtiéndose en el mayor problema actual.

El mayor problema de las aguas residuales es la presencia de gran cantidad de materia orgánica e inorgánica ya que estas aguas originadas en las viviendas o instalaciones comerciales privadas y/o públicas, están compuestas por aguas fecales, aguas de lavado y limpieza. Los principales contaminantes

que contienen son gérmenes patógenos, materia orgánica, sólidos, detergentes, nitrógeno y fósforo, además de otros en menor proporción. Desde un punto de vista sanitario, interesan los gérmenes de origen fecal que se eliminan con el agua porque producen enfermedades (enfermedades hídricas); por lo tanto se está optando por la utilización de microorganismos eficaces como una solución muy útil por su capacidad de reducir el volumen de sólidos y evitar la generación de olores ofensivos.

El inoculante microbiano EM® es producido como un concentrado líquido para ser usado en el ambiente a fin de eliminar los malos olores, controlar insectos (moscas) y en general para mejorar y mantener ambientes sanos y saludables dentro del entorno natural.

CAPÍTULO I

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA.

1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Actualmente es posible observar un gran interés, en el desarrollo de mejorar el proceso de purificación y descontaminación del recurso hídrico debido que diariamente en nuestros hogares se genera aguas residuales domesticas la cual causa contaminación al medio ambiente convirtiéndose en el mayor problema actual.

El mayor problema de las aguas residuales es la presencia de gran cantidad de materia orgánica e inorgánica ya que estas aguas originadas en las viviendas o instalaciones comerciales privadas y/o públicas, están compuestas por aguas fecales, aguas de lavado y limpieza. Los principales contaminantes que contienen son gérmenes patógenos, materia orgánica, solidos, detergentes, nitrógeno y fosforo, además de otros en menor proporción. Desde un punto de vista sanitario, interesan los gérmenes de origen fecal que se eliminan con el agua porque producen enfermedades (enfermedades hídricas); por lo tanto se está optando por la utilización de microorganismos eficaces como una solución muy útil por su capacidad de reducir el volumen de sólidos y evitar la generación de olores ofensivos.

El inoculante microbiano EM® es producido como un concentrado líquido para ser usado en el ambiente a fin de eliminar los malos olores, controlar insectos (moscas) y en general para mejorar y mantener ambientes sanos y saludables dentro del entorno natural.

Formulación del Problema

¿Qué impacto genera el uso de microorganismos eficaces (EM®) en algunas de las características químicas, físicas, y microbiológicas del agua residual domestica?

1.1.2 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

Resulta beneficioso hacer un estudio concienzudo acerca del tratamiento que se puede realizar a los diferentes tipos de aguas, se origina esta necesidad urgente debido a la problemática que afrontamos como seres humanos de tener agua potable y no utilizarla debidamente; se debe concientizar con respecto al uso ya que es la fuente primordial no sólo para nosotros, sino también para las futuras generaciones.

Cada día vemos que se crean nuevas estrategias para mejorar no sólo el uso racional del agua, sino también de las que desechamos. Se están implementando nuevos sistemas de tratamiento de agua con el fin de mejorar nuestra calidad de vida, uno de ellos es el desarrollo de microorganismos eficaces como un estudio que nos favorece a todos los habitantes de este planeta.

Se opta por este tratamiento debido a que se está proponiendo el mejoramiento de un sistema capaz de remover y reducir ciertos compuestos contaminantes que involucran en el crecimiento de la contaminación de nuestro ambiente poblacional; lo cual es un gran impacto debido a que se está generando día a día la proliferación de microorganismos que son dañinos para el ser humano y sobretodo que son causantes de muchas enfermedades directa e indirectamente es por ello que se busca una solución óptima cuyos resultados sean viables para el estudio, que genere bajos costos, en menor tiempo y con mayor eficacia que permitan un trabajo continuo, medible, evaluable y que se constituya en proyecto auto sostenible, de resultados.

Es por ello que la aplicación de este nuevo sistema de tratamiento con el uso adecuado de microorganismos ya sea la dosis, concentración y el tiempo requerido lo que se busca es lograr reducir en una mayor proporción los compuestos que generan esta gran problemática de contaminación de nuestras aguas que se desechan al medio ambiente.

Los objetivos de este trabajo es, monitorear algunos de los cambios

fisicoquímicos como: pH, Cloruros, Dureza total, Nitratos, DBO, DQO y microbiológicos tales como coliformes totales, coliformes fecales, heterótrofos totales, levaduras, lactobacilos y bacterias fototróficas que se presentaran en el ARD tras aplicar una dosis de EM®, buscando evaluar su efecto, la relación entre los parámetros evaluados y de estos con la calidad del agua.

1.1.3 OBJETIVOS

✓ Objetivo General:

- El objetivo del estudio es evaluar el efecto de los microorganismos eficaces (EM®) en el tratamiento del Agua Residual Doméstica provenientes de las lagunas de oxidación del Distrito de Pátapo sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas.

✓ Objetivos específicos

- Evaluar efecto al aplicar EM®, sobre los parámetros fisicoquímicas y microbiológicas en el tratamiento del Agua Residual Domestica demostrando que el tratamiento con microorganismos eficaces es aplicable originando un efecto positivo en el tratamiento.
- Realizar análisis comparativo entre los resultados obtenidos antes y después del tratamiento con EM® con el fin de evaluar y analizar si el producto mejora la eficiencia de remoción de materia orgánica y la disminución de olores desagradables con la aplicación de este producto.
- Proporcionar recomendaciones en el tratamiento de análisis con EM®, para mejorar la imagen de las lagunas de oxidación ante la comunidad Patapeña mitigando la contaminación que generan las aguas residuales domésticas.

1.1.4 HIPOTESIS

La aplicación de microorganismos eficaces (EM®) afecta la calidad de parámetros del tratamiento de las aguas residuales domesticas que son vertidas por la población Patapeña con la finalidad de eliminar olores desagradables y lograr cambios en sus características.

CAPÍTULO II

2.1 ASPECTOS GENERALES DE LAS AGUAS RESIDUALES

El desarrollo de este capítulo está basado en la clasificación y caracterización de las aguas residuales, a continuación se presenta detalladamente las diferencias de cada una de estas aguas, así como sus contaminantes de importancia y la caracterización de las aguas residuales y a su vez se presentara la clasificación de las aguas residuales.

2.1.1 CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES

2.1.1.1 AGUAS RESIDUALES

Son una mezcla compleja que contiene agua, mezcla de contaminantes orgánicos e inorgánicos tanto en suspensión como disueltos que implican una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica.

Los principales contaminantes en el agua residual entran en las siguientes categorías: nitrógeno, fósforos, organismos patógenos, metales pesados, y trazas orgánicas. Los patógenos incluyen bacterias, virus, protozoarios y helmintos. Los metales pesados incluyen cadmio, cobre, cromo, plomo, mercurio, selenio, y zinc. Las trazas orgánicas incluyen compuestos sintéticos muy estables (sobre todo hidrocarburos clorados).

2.1.1.2 CLASIFICACION DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportadas mediante el sistema de alcantarillado.

De acuerdo a su origen

- **A.R. Industriales:** Producido por grandes plantas industriales, su composición varía de acuerdo al tipo de industria.

- **A.R. Agrícolas:** Proveniente de la cría de ganado y del procesamiento de productos animales y vegetales.
- **Agua de lluvia:** Todas las formas de precipitación: lluvia, nieve, granizo y niebla, que van al alcantarillado.
- **Aguas residuales domesticas (Aguas Servidas):** Son las aguas de origen principalmente residencial (desechos humanos, baños, cocina) y otros usos similares que en general son recolectadas por sistemas de alcantarillado en conjunto con otras actividades (comercial, servicios, industria). Esta agua tiene un contenido de sólidos inferior al 1%. Si bien su caudal y composición es variable, pueden tipificarse ciertos rangos para los parámetros más característicos.
- **Aguas residuales municipales:** Residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratada en una planta de tratamiento municipal.

A estas dos últimas se las suele llamar líquidos cloacales.

✓ **Caracterización de los líquidos cloacales**

Características físicas:

- Temperatura.
- Olor: amoniaco sulfuros, escatol, mercaptanos.
- Color: según su condición: fresco, viejo, séptico.

Características químicas:

- Materia orgánica: hidratos de carbonos, proteínas,, grasas
- Materia inorgánica: principalmente cloruros, sulfatos y fosfatos de sodio, calcio,, magnesio y potasio.
- Agentes tenso activos: sulfatos de alquilo lineales (biodegradables).

Características microbiológicas:

- Bacterias entéricas (flora intestinal).
- Bacterias enteropatógenas.
- Parásitos.
- Virus

2.1.2 CONTAMINACION DE LAS AGUAS RESIDUALES

La materia orgánica, nitrato, fosfato, grasas y aceites; aceleran el crecimiento de organismos y pueden producir la eutrofización; la degradación de la materia orgánica, consume el suministro de oxígeno disuelto vital en el agua (DBO5, DQO). Como sustancias indeseables se catalogan aquellas que producen color en las aguas, aumentan su turbiedad, o cubren su superficie.

Los compuestos químicos son específicamente dañinos para la vida acuática y otros organismos, incluyendo el hombre que puede llegar a estar en contacto con ellos o ingerirlos. Los contaminantes también pueden alterar el pH de las aguas e impartirle olores y sabores indeseables. Además de ser contaminada químicamente el agua puede ser térmicamente afectada y esta forma de contaminación puede traer consecuencias desastrosas tales como la reducción de oxígeno disuelto.

Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y biológica. Las principales propiedades físicas del agua residual así como sus principales constituyentes químicos y biológicos son: color, olor, pH, sólidos totales, temperatura, grasas y aceites, proteínas, pesticidas, agentes tensoactivos, alcalinidad, cloruros, metales pesados, nitrógeno, fósforo, sulfuro de hidrógeno, oxígeno, microorganismos, bacterias, virus, etc.

Cuadro N° 2.1. Contaminantes presentes en el agua residual y sus posibles efectos sobre las aguas receptoras

Contaminantes del agua	Impactos más significativos
Materia en suspensión	Aumento de la turbidez del agua (alteración de la fotosíntesis y reducción de la producción de oxígeno). Sedimentación, obstruyendo y cubriendo el lecho de los ríos.
Compuestos inorgánicos	Eco toxicidad de algunos compuestos, como las sales de metales pesados. Reacciones con sustancias disueltas en el agua pasando a formar compuestos peligrosos.
Conductividad	Concentraciones elevadas de sales impiden la supervivencia de diversas especies vegetales y animales.
Nutrientes	Crecimiento anormal de algas y bacterias (aumento de la turbidez del agua). Eutrofización del agua.
Materia orgánica	Su descomposición puede provocar la disminución de la concentración del oxígeno disuelto en el agua hasta alcanzar condiciones sépticas. Eutrofización del agua. Emisión de metano en caso de aparición de procesos anaeróbicos.
Compuestos orgánicos tóxicos	Toxicidad para la vida acuática. Disminución de la concentración de la concentración de oxígeno debido a los procesos de biodegradación. Producción, en el caso de líquidos no miscibles, de una película superficial que impide la aireación del agua. Inutilización del agua para uso humano.
Organismos patógenos(bacteria, virus y parásitos)	Contaminación de los organismos acuáticos que pueden llegar al hombre con la cadena alimenticia. Enfermedades de transmisión hídrica asociadas a la contaminación microbiológica del agua.
Contaminación térmica por descarga de aguas de refrigeración	Modificación de la solubilidad del oxígeno en el agua. Aceleración del metabolismo de la flora y la fauna acuáticas (eutrofización).Alteración de los ecosistemas acuáticos.

Fuente: Dewisme, 1997; Matia et. al, 1999

Cuadro N° 2.2. Parámetros de Calidad de un Agua Residual

Componente	Parámetro de calidad	Razón de interés
Materia en suspensión	Materia en suspensión, incluyendo la porción volátil y la inorgánica	La materia en suspensión puede dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratamiento a un medio acuático. Una cantidad excesiva de materia en suspensión puede obstruir el sistema de riego.
Materia orgánica biodegradable	Demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno	Estas sustancias están compuestas principalmente por proteínas, carbohidratos y grasas. Una vez vertidas en el medio ambiente, su descomposición biológica puede dar lugar al agotamiento del oxígeno disuelto en las aguas receptoras y a la aparición de condiciones anaerobias.
Patógenos	Organismos indicadores, coliformes totales y coliformes fecales.	Los organismos patógenos presentes en un agua residual, tal como bacterias, virus y parásitos, pueden producir numerosas enfermedades transmisibles.
Elementos nutritivos	Nitrógeno, Fósforo, Potasio	El nitrógeno, el fósforo y el potasio son elementos nutritivos esenciales para el crecimiento de las plantas y su presencia en el agua aumenta el valor para el riego. Cuando se vierte nitrógeno o fósforo en el medio acuático, puede darse el desarrollo de formas de vida acuáticas indeseables. Cuando se vierten cantidades excesivas de estos elementos en el terreno, el nitrógeno puede llegar a contaminar las aguas subterráneas.
Substancias orgánicas estables o refractarias al proceso de tratamiento.	Compuestos específicos, como fenoles, pesticidas e hidrocarburos clorados.	Estas sustancias orgánicas ofrecen gran resistencia a los métodos convencionales de tratamiento de agua residual. Algunas son tóxicas en el medio ambiente y su presencia puede limitar la idoneidad de las aguas residuales para riego.

Actividad del ion hidronio	Ph	El pH del agua residual afecta a la solubilidad de los metales así como a la alcalinidad del suelo. El intervalo normal para el pH de un agua residual municipal se sitúa entre 6.5 y 8.5 todo y que la presencia de agua residual industrial puede modificar el pH de forma significativa.
Metales pesados	Elementos conocidos como Cd, Zn, Ni y Hg	Algunos metales pesados se acumulan en el medio ambiente son tóxicos para los animales y las plantas. Su presencia en el agua residual puede limitar su idoneidad para agua de riego.
Sustancias inorgánicas disueltas	Materia disuelta total, conductividad eléctrica, elementos concretos como Na, Ca, Mg, Cl y B.	Un grado excesivo de salinidad puede perjudicar ciertos cultivos. Determinados iones como los cloruros, el sodio y el boro son tóxicos para ciertas plantas. El sodio puede causar problemas de permeabilidad en los suelos.
Cloro residual	Cloro libre y cloro combinado	Una concentración excesiva de cloro libre, superior a 0.05 mg/ l, puede provocar quemaduras en las puntas de las hojas y estropear algunas especies de plantas sensibles.

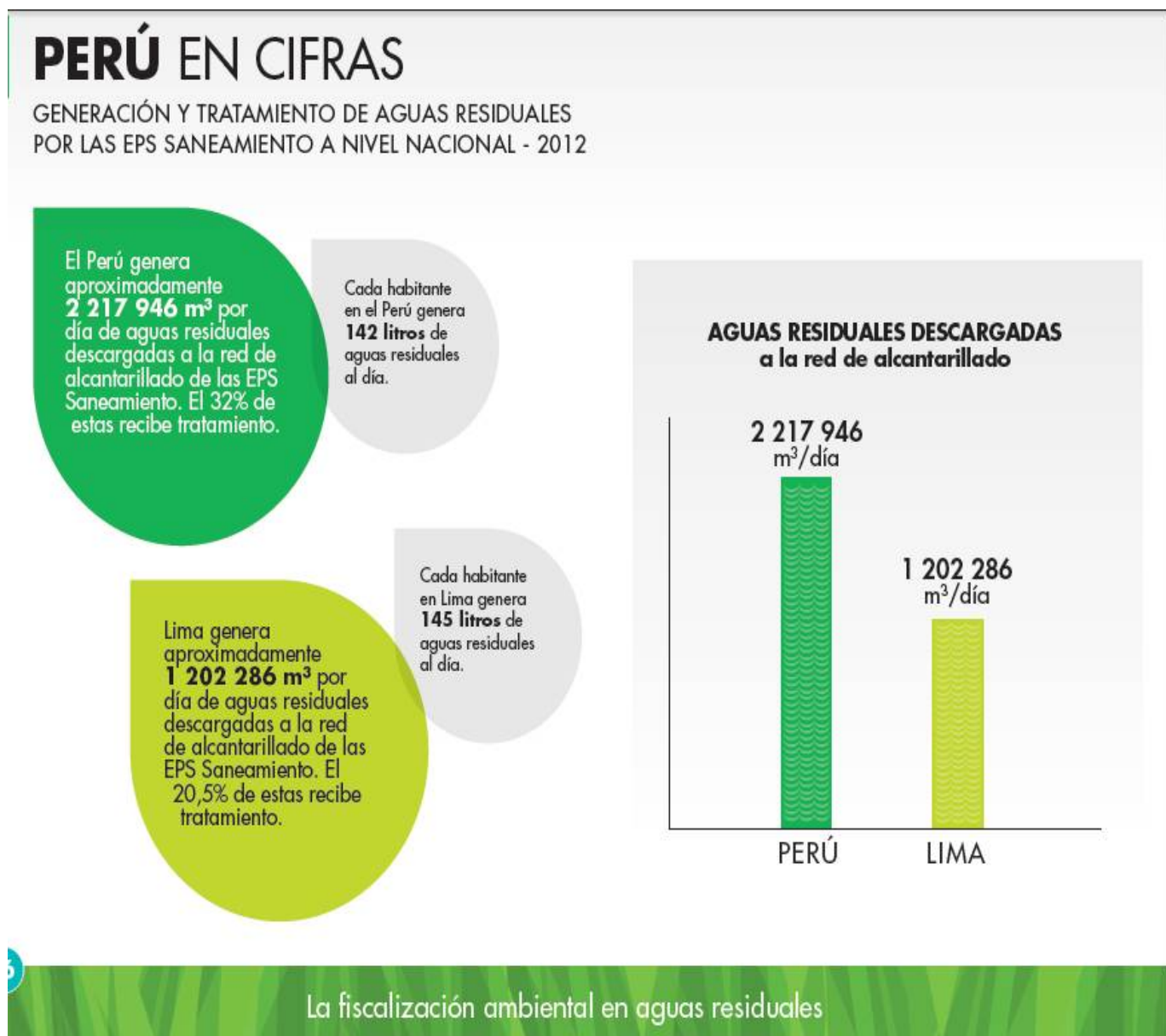
Fuente: (Metcalf& Eddy, 1991

2.1.3 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

La salud humana, el bienestar y la calidad de vida tienen vínculos determinantes con los recursos hídricos, con el saneamiento y con la disponibilidad del agua en cantidad adecuada y calidad suficiente, siendo un factor primordial del desarrollo socio-económico del lugar. La escasez de agua genera problemas de saneamiento, con riesgos de contraer enfermedades o producir impactos ambientales adversos, repercutiendo en la calidad de vida de la población.

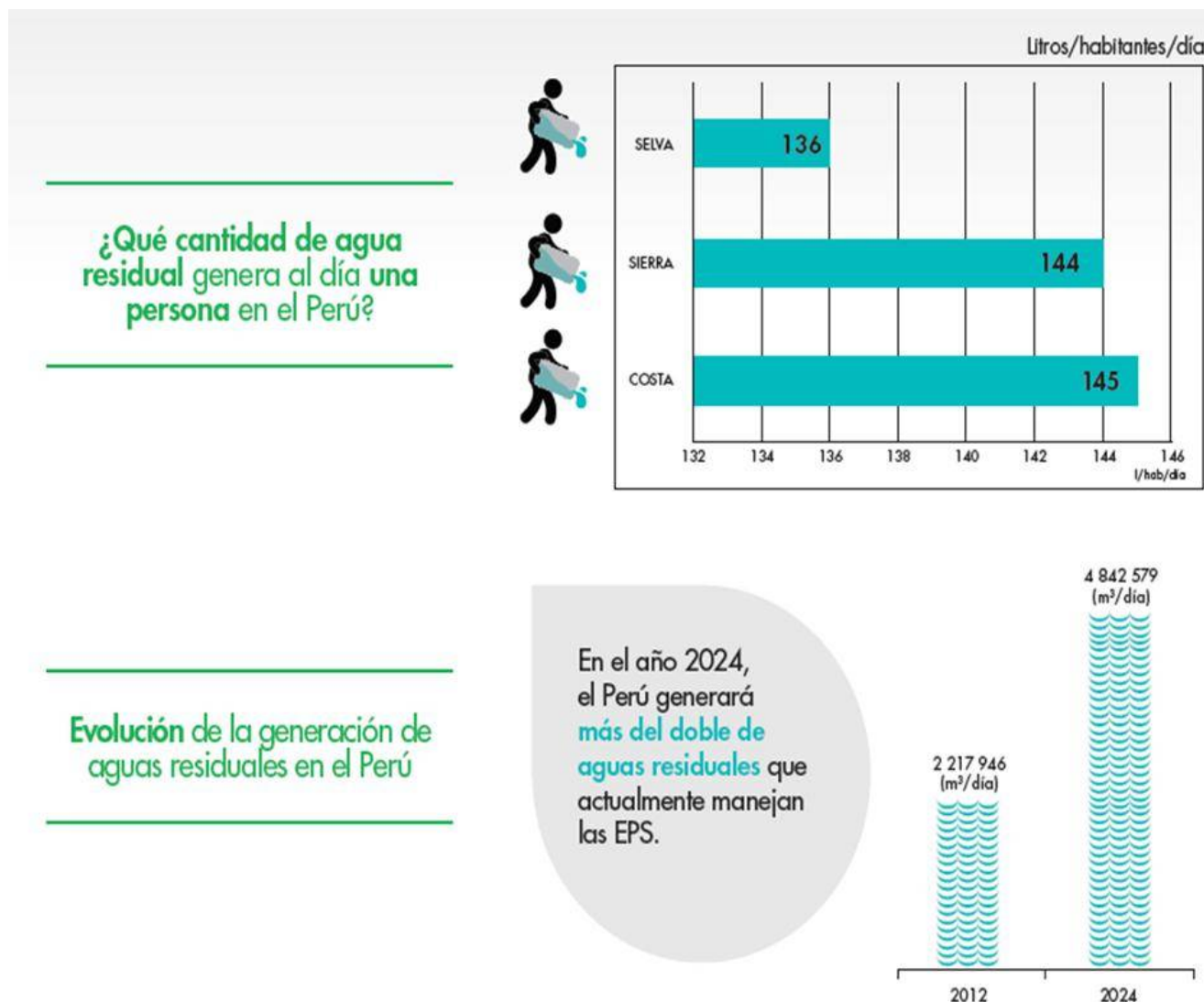
El volumen creciente de residuos orgánicos y químicos que potencialmente entran en la red de aguas superficiales, cuyo reuso sin tratamiento alguno, genera problemas de contaminación ambiental.

Figura N° 2.1. Aguas residuales descargadas a la red de alcantarillado



Fuente: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

Figura N° 2.2. Cantidad de agua residual generada al día por una persona y evolución de la generación de ARD



Fuente: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

2.2 AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

2.2.1 ANTECEDENTES DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

Su inicio data de fines de 1800 y principios del actual siglo y coincide con la época de la higiene. Esto se desarrolló como consecuencia de la relación entre contaminación de los cursos y cuerpos de agua y las enfermedades de origen hídrico. Los diversos usos que da el hombre al agua generan aguas residuales que se presentan en forma aislada o

mezcladas en diferentes concentraciones. Se originan en las viviendas familiares por:

- La preparación de alimentos, el lavado de platos, la limpieza de la casa, el lavado de la ropa e higiene personal.
- El uso del inodoro.
- El lavado de las superficies pavimentadas externas y de automóviles; en los edificios públicos por:
- La limpieza del edificio, la higiene personal, la preparación de alimentos y el lavado de vajilla en la cafetería (cuando existe).
- El uso de baños públicos.
- El lavado de superficies pavimentadas externas automóviles; en los pequeños establecimientos comerciales.

2.2.2 COMPOSICION DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

Las aguas residuales domésticas son peligrosas debido a la posible presencia de una alta población de microorganismos patógenos. Contienen, sobretudo, bacterias Escherichacoli, las que generalmente son inocuas y suelen estar presentes en los intestinos del hombre y de los animales de sangre caliente, agrupándose en colonias. Estas sirven como indicadores de contaminación fecal. Aproximadamente entre 10¹¹ y 10¹³ bacterias coli son evacuadas en las aguas residuales diariamente por una persona. El número total de bacterias, incluidos los grupos que se consideran inofensivos, es casi 10³ veces mayor. Los microorganismos están presentes en las aguas residuales en forma de virus y bacterias (como las salmonellas causantes de la tifoidea o paratifoideas) Y en forma de parásitos como por ejemplo huevos de helmintos. Estos microorganismos provienen de hospitales, de viviendas de personas infectadas, de portadores de enfermedades, etc. El agua residual tratada no es bacteriológicamente pura y, en algunos casos, es necesario esterilizarla, además de aplicarle un tratamiento mecánico-biológico. Aparte de organismos patógenos, en las aguas residuales domésticas están presentes bacterias no patógenas que descomponen la

materia orgánica mediante procesos de hidrólisis, reducción y oxidación. En esta descomposición también participan fermentadores y enzimas. Finalmente, esta agua contiene también hormonas, estimulantes y vitaminas provenientes de las excretas de personas y animales. Los valores de carga de las aguas residuales domésticas no suelen ser utilizadas al diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales. Su cálculo puede ser necesario sólo en casos específicos como el de edificaciones aisladas o plantas de tratamiento muy pequeñas.

Cuadro N° 2.3. Componentes físicos, químicos y biológicos de un agua residual

Componente	Intervalo de concentraciones		
	Alta	Media	Baja
Materia sólida, mg/l	1200	720	350
Disuelta total	850	500	250
Inorgánica	525	300	145
Orgánica	325	200	105
En suspensión	350	220	100
Inorgánica	75	55	20
Orgánica	275	165	80
Sólidos decantables, ml/ l	20	10	5
DBO₅ a 20°C, mg/L	400	220	110
Carbono Orgánico total, mg/L	290	160	80
DQO, mg/L	1000	500	250
Nitrógeno, mg/LN, total	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoníaco	50	25	12

Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
Fósforo, mg/L P, total	15	8	4
Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad, mg/L CaCO₃	200	100	50
Grasa, mg/l	150	100	50

Fuente: Metcalf& Eddy, 1991

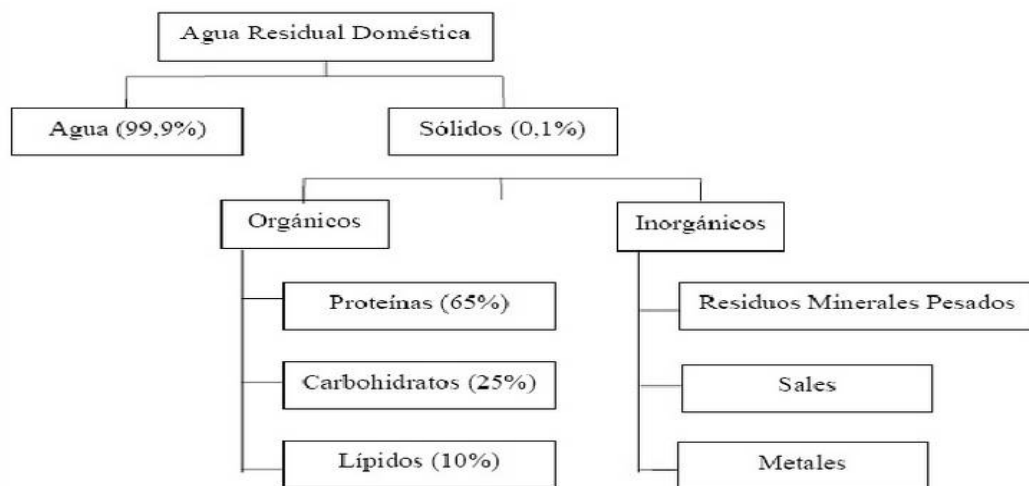
2.2.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

- **Características físicas**

Se dice que el agua residual domestica fresca y aeróbica tiene el olor del queroseno o de tierra recién revuelta. Las aguas residuales envejecidas y sépticas son bastante más ofensivas al sentido del olfato. Las frescas tienen un color gris características. Las sépticas son negras. Este color se debe a la precipitación de sulfuro de hierro. Las temperaturas de las aguas residuales oscilan, normalmente, entre 10 y 20°. En general, la temperatura del agua residual será mayor que la del suministro de agua, debido a la adición de agua tibia de los hogares y al calentamiento dentro del sistema de drenaje de la estructura.

- **Características químicas**

Como la cantidad de sustancia químicas presentes en las aguas residuales es así ilimitada, normalmente se limitara la descripción a unas cuantos tipos generales. Con frecuencia, estos tipos de sustancias se conocen mejor por el nombre de la prueba que se usa para medirlos que por lo que incluyen.



Orgánicos volátiles (COV's)

Los COV's son sustancias químicas orgánicas cuya base es el carbono y se evaporan a temperatura y presión ambiental generando vapores, que pueden ser precursores del ozono en la atmósfera. Además del carbono es posible hallar en su composición hidrógeno, flúor, oxígeno, cloro, bromo, nitrógeno o azufre. Poseen propiedades volátiles, liposolubles, tóxicas e inflamables (en sus acepciones de riesgos). Por otra parte son muy buenos disolventes y muy eficaces para la disolución de pinturas, y para el desengrase de materiales. Algunos de estos COV's son:

- Butano
- Propano
- Xileno
- Alcohol Butílico
- Metiletilcetona
- Acetona
- Etilenglicol
- Tricloroetileno
- Clorobenceno
- Limoneno

Los COV's proceden de distintas fuentes naturales y artificiales, aunque su mayor producción se realiza en actividades industriales. Algunas de los principales preparados que contienen COV's son:

- Pinturas y barnices con base disolvente
- Disolventes
- Pegamentos
- Dispersantes
- Agentes desengrasantes y limpiantes
- Entre las sustancias naturales podemos encontrarlo en:
- Disolventes biodegradables (limoneno procedente de los cítricos)
- Emisiones generadas por los vegetales

2.2.4 CALIDAD DE UN AGUA RESIDUAL DOMESTICA

La calidad en general de un agua residual, incluyendo el ARD está determinada por sus características o parámetros físicos, químicos y biológicos a partir de los cuales se determina que tan aceptable es un agua residual para determinado uso. A continuación se explican los parámetros utilizados para determinar la calidad del ARD.

2.2.4.1 CARACTERISTICAS FISICAS

Temperatura.

La temperatura de las aguas residuales es mayor que la de las aguas no contaminadas, debido a la energía liberada en las reacciones bioquímicas, que se presentan en la degradación de la materia orgánica. Las descargas calientes son otra causa de este aumento de temperatura.

Turbidez.

La turbidez, medida de la propiedad de transmisión de la luz del agua, es otro ensayo utilizado para indicar la calidad de los vertidos de aguas residuales con respecto a la materia suspendida.

Color.

El color es un indicativo de la edad de las aguas residuales. El agua residual reciente suele ser gris; sin embargo, a medida que los compuestos orgánicos son descompuestos por las bacterias, el oxígeno

disuelto en el agua residual se reduce y el color cambia a negro. En esta condición, se dice que el agua residual es séptica.

Olor.

El olor es debido a los gases producidos en la descomposición de la materia orgánica, sobre todo, a la presencia de ácido sulfhídrico y otras sustancias volátiles. El agua residual reciente tiene un olor peculiar algo desagradable, pero más tolerable que el del agua residual séptica.

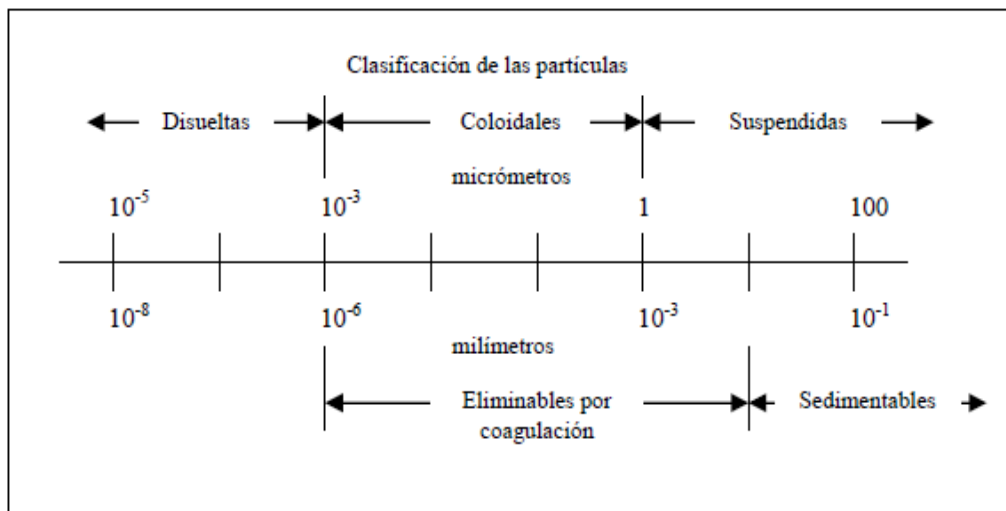
Sólidos Totales.

Los sólidos totales presentes en el agua residual se clasifican según su tamaño o presentación en sólidos suspendidos y sólidos filtrables.

Sólidos suspendidos: son las partículas flotantes, como trozos de vegetales, animales, basuras, etc., y aquellas otras que también son perceptibles a simple vista y tienen posibilidades de ser separadas del líquido por medios físicos sencillos. Dentro de los sólidos suspendidos se pueden distinguir los sólidos sedimentables, que se depositarán por gravedad en el fondo de los receptores. Estos sólidos sedimentables, son una medida aproximada de la cantidad de fango que se eliminará mediante sedimentación.

Sólidos filtrables: esta fracción se compone de sólidos coloidales y disueltos. La fracción coloidal consiste en partículas con un diámetro aproximado que oscila entre 10^{-3} y 1 micra (figura 2.3). Esta fracción no puede eliminarse por sedimentación. Los sólidos disueltos se componen de moléculas orgánicas, moléculas inorgánicas e iones que se encuentran disueltos en el agua. Por lo general, se requiere una coagulación seguida de sedimentación para eliminar estas partículas de la suspensión.

Figura. 2.3 clasificaciones de las partículas sólidas contenidas en un agua residual, según su diámetro



Fuentes: Wikipedia

2.2.4.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Las características químicas estarán dadas, principalmente, en función de los desechos que ingresan al agua servida.

Materia Orgánica.

La materia orgánica está compuesta en un 90% por carbohidratos, proteínas, grasas y aceites provenientes de excrementos y orina de seres humanos, restos de alimentos y detergentes. Estos contaminantes son biodegradables, es decir, pueden ser transformados en compuestos más simples por la acción de microorganismos naturales presentes en el agua, cuyo desarrollo se ve favorecido por las condiciones de temperatura y nutrientes de las aguas residuales domésticas. La urea, principal constituyente de la orina, es otro importante compuesto orgánico del agua residual. En razón de la rapidez con que se descompone, la urea es raramente hallada en un agua residual que no sea muy reciente.

El agua residual contiene también pequeñas cantidades de moléculas orgánicas sintéticas como agentes tensoactivos, fenoles y pesticidas usados en la agricultura.

Materia inorgánica.

Se incluyen en este grupo todos los sólidos de origen generalmente mineral, como son sales minerales, arcillas, lodos, arenas y gravas no biodegradables. En la tabla 1.1 se presenta la relación entre algunos constituyentes inorgánicos y el agua residual.

Cuadro 2.4. Relación entre algunos constituyentes inorgánicos y el agua residual

Elemento	Relación con el agua residual
Hidrogeno (pH)	El intervalo de concentración idóneo para la existencia de la mayoría de la vida biológica es muy estrecho y crítico. El agua residual con una concentración adversa de ion hidrogeno es difícil de tratar por medios biológicos. Por lo general, el Ph óptimo para el crecimiento de los organismos se encuentra 6.5 y 7.5.
Cloruros	Proceden de la disolución de suelos y rocas que los contienen y que están en contacto con el agua, intrusión del agua salada (zonas costeras), agua residual doméstica, agrícola e industrial. Suministra información sobre el grado de concentración del agua residual.
Nitrógeno	Nutriente esencial para el crecimiento de protistas y plantas. Básico para síntesis de proteínas.
Fosforo	Incrementa la tendencia de proliferación de algas en el receptor. Íntimamente ligado, igual que el nitrógeno, al problema de la eutrofización.
Azufre	Requerido en la síntesis de las proteínas y liberado en su degradación.

Fuente: Metcalf& Eddy, 1991

Gases.

Las aguas residuales contienen diversos gases con diferente concentración.

Oxígeno disuelto: Es el más importante, y es un gas que va siendo consumido por la actividad química y biológica. La presencia de oxígeno disuelto en el agua residual evita la formación de olores desagradables. La cantidad de oxígeno disuelto depende de muchos factores, como temperatura, altitud, movimientos del curso receptor, actividad biológica, actividad química.

Ácido sulfhídrico: Se forma por la descomposición de la materia orgánica que contiene azufre o por la reducción de sulfitos y sulfatos minerales. Su presencia, que se manifiesta fundamentalmente por los olores que produce, es un indicativo de la evolución y estado de un agua residual.

Anhídrido carbónico: Se produce en la fermentación de los compuestos orgánicos de las aguas residuales negras.

Metano: Se forma en la descomposición anaerobia de la materia orgánica por la reducción bacteriana del CO₂.

Otros gases: Se producen además gases malolientes, como ácidos grasos volátiles y otros derivados del nitrógeno.

2.2.4.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Estas características están definidas por la clase de microorganismos presentes en el agua, entre los cuales tenemos:

Bacterias.

Juegan un papel fundamental en la descomposición y estabilización de la materia orgánica. Pueden clasificarse, en base a su metabolismo, en heterótrofas y autótrofas. Las bacterias autótrofas son aquellas que se nutren de compuestos inorgánicos, tomando la energía necesaria para sus biosíntesis a partir de la luz (bacterias fotosintéticas: familia

Thiorhodaceae, Chlorobiaceae) o a partir de ciertas reacciones químicas (bacterias quimiosintéticas: Nitrobacter, Nitrosomonas, Hydrogenomonas, Thiobacillus). En el tratamiento biológico de las aguas residuales, las bacterias heterótrofas constituyen el grupo más importante, por su necesidad de compuestos orgánicos para el carbono celular. Las bacterias autótrofas y heterótrofas pueden dividirse, a su vez, en anaerobias, aerobias, o facultativas, según su necesidad de oxígeno.

Bacterias anaerobias: Son las que consumen oxígeno proveniente de los sólidos orgánicos e inorgánicos y la presencia de oxígeno disuelto no les permite subsistir. Los procesos que provocan son anaerobios, caracterizados por la presencia de malos olores.

Bacterias aerobias: Son aquellas que necesitan oxígeno proveniente del agua para su alimento y respiración. El oxígeno disuelto que les sirve de sustento es el oxígeno libre (molecular) del agua, y las descomposiciones y degradaciones que provocan sobre la materia orgánica son procesos aerobios, caracterizados por la ausencia de malos olores.

Bacterias facultativas: Algunas bacterias aerobias y anaerobias pueden llegar a adaptarse al medio opuesto, es decir, las aerobias a medio sin oxígeno disuelto y las anaerobias a aguas con oxígeno disuelto.

Bacterias coliformes: Bacterias que sirven como indicadores de contaminantes y patógenos. Son usualmente encontradas en el tracto intestinal de los seres humanos y otros animales de sangre caliente. Las bacterias coliformes incluyen los géneros Escherichia y Aerobacter.

Algas.

En los estanques de estabilización, son un valioso elemento porque producen oxígeno a través del mecanismo de la fotosíntesis. Las algas, al igual que sucede con otros microorganismos, requieren compuestos inorgánicos para reproducirse. A parte del anhídrido carbónico, los principales nutrientes necesarios son el nitrógeno y el fósforo. También son muy importantes vestigios de otros elementos (oligoelementos) como

hierro, cobre, etc. Las algas pueden presentar el inconveniente de reproducirse rápidamente, debido al enriquecimiento del agua (eutrofización) y crear grandes colonias flotantes originando problemas a las instalaciones y al equilibrio del sistema.

Los tipos más importantes de algas de agua dulce son: verdes (Chlorophyta), verdes móviles (Volvocales euglenophyta), verdiamarillas o marrón dorado (Chrysophyta) y verdiazules (Cyanophyta).

2.2.4.4 DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO).

Es la cantidad de oxígeno requerida para oxidar químicamente los materiales orgánicos presentes en una muestra de agua. Esta oxidación degrada el material orgánico biodegradable y no biodegradable.

2.2.4.5 DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO).

El parámetro de polución orgánica más utilizado y aplicable a las aguas residuales y superficiales es la DBO a los 5 días (DBO₅). Supone esta determinación la medida del oxígeno disuelto utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de materia orgánica biodegradable. La medida de la DBO es importante en el tratamiento de aguas residuales y para la gestión técnica de la calidad de agua porque se utiliza para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica.

Cuadro N° 2.5.Valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales

Parámetro	Unidad	Expresión	VMA para descargas al sistema de alcantarillado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	DBO ₅	500
Demanda	mg/L	DQO	1000

Química de Oxígeno (DQO)			
Sólidos Suspendidos Totales (S.S.T)	mg/L	S.S.T	500
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	A Y G	100

Fuente: Valores máximos admisibles de las descargas de Aguas Residuales SEDAPAL 2009

Cuadro Nº 2.6.valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales domesticas

PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESION	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	0.5
Boro	mg/L	B	4
Cadmio	mg/L	Cd	0.2
Cianuro	mg/L	CN	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/L	Cr ⁺⁶	0.5
Cromo total	mg/L	Cr	10
Manganeso	mg/L	Mn	4
Mercurio	mg/L	Hg	0.02
Niquel	mg/L	Ni	4
Plomo	mg/L	Pb	0.5
Sulfatos	mg/L	SO ₄ ⁻²	500
Sulfuros	mg/L	S ⁻²	5
Zinc	mg/L	Zn	10
Nitrógeno Amoniaco	mg/L	NH ⁺⁴	80
Ph		pH	6-9
Sólidos Sedimentables	mg/L/h	S.S	8.5
Temperatura	°C	T	<35

Fuente: Valores máximos admisibles de las descargas de Aguas Residuales SEDAPAL 2009

2.2.5 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

El tratamiento de las AR se divide en preliminar, primario, secundario y terciario indicando así el nivel de remoción de contaminantes que se alcanza a medida que se pasa de un tratamiento a otro. La selección de un tratamiento para un AR depende de diversos factores como las características iniciales del agua el requerimiento de la calidad del efluente y los costos y la disponibilidad de un terreno destinado para tal fin.

Cuadro N° 2.7. Tipos de tratamientos de aguas residuales

Tipo de tratamiento	Características	Ejemplos	Referencia
Preliminar	Su objetivo es eliminar cualquier elemento que pueda entorpecer alguna de las etapas siguientes del tratamiento como solidos gruesos, arena, aceites y grasas.	Rejas y cribas de barras, tamices, desmenuzadores, desarenadores, separadores de grasas y aceites, tanques de preaireación y aliviadores.	(Ramalho 1983; Ekemffelder y Grau 1992; seoanez 1996)
Primario	El objetivo del tratamiento primario es la remoción de la materia orgánica suspendida (40 a 60%), por medio de procedimientos físicos, químicos y a veces biológicos.	Fosas sépticas, tanques de doble acción, tanques de sedimentación, filtración, neutralización y flotación.	(Ramalho 1983; Diehi y Jeppsson 1998)

Secundario	Su objeto es la remoción de la materia orgánica disuelta, medida como demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que no pudo ser removida en el tratamiento primario. En este tratamiento se estimula de manera controlada el crecimiento de microorganismos degradadores de materia orgánica. El porcentaje de remoción de DBO en este tipo de tratamiento es aproximadamente del 90%	Lechos bacterianos, lodos activados, lagunas de estabilización, biodiscos filtros bacterianos, filtros percoladores, reactor de lodos de lujo ascendente (UASB)	(Gaudy y Gaudy, 1971; Seoanez,, 1996; Metcalf y Eddy 2003)
Terciario	El objetivo del tratamiento terciario, o avanzado, es remover cualquier otro elemento no deseado. Esta etapa del tratamiento esta generalmente enfocada a la remoción de nutrientes (nitrógeno y fosforo).	Cloración, ozonización, carbón activado, intercambio iónico, osmosis inversa, rizofiltración.	(Seoanez 1996; Boari et al, 1997; Eckenfelder, 2000; Metcalf y Eddy, 2003)

Fuente: Los Autores

Cuadro N° 2.8. Parametros del Agua Residual Domestica que permiten determinar el Tipo de tratamiento específico según la calidad del Agua

PARÁMETROS	CARACTERÍSTICA	TRATAMIENTO
FÍSICOS	Aceites y grasas, Color, olor, sabor, Temperatura, Turbiedad, Conductividad, solidos totales, acondicionamiento del pH, solidos gruesos (basura, arena)	Tratamiento Preliminar y tratamiento Primario
QUÍMICOS	Alcalinidad, dureza, sulfatos, nitritos y nitratos, cloruros fosfatos, materia orgánica, oxígeno disuelto, DBO, DQO, metales.	Tratamiento Secundario y tratamiento terciario
BIOLÓGICOS	Bacterias, organismos macroscópicos, organismos microscópicos, virus, nutrientes patógenos	Tratamiento Secundario y tratamiento terciario

Fuente: Los Autores

2.2.6 CANTIDAD DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.

Es igual al agua consumida del sistema de abastecimiento menos el agua utilizada para cocinar, beber, regar el césped y el jardín. Las heces y otros productos de desecho que se añaden a las aguas residuales llegan aproximadamente a solo 1.4kg por persona al día. Puede decirse que la

cantidad de aguas residuales domésticas es casi un 80% del consumo de agua. Puesto que el consumo de agua depende esencialmente de los hábitos y de las condiciones de vida, al mejorar éstos, la cantidad de aguas residuales también aumenta. El volumen de aguas residuales sufre variaciones horarias, diarias y anuales. Puede apreciarse claramente un incremento de desagües residuales al comienzo de la semana, debido al lavado de ropa, y al final de la semana, debido a la limpieza de la casa.

2.2.7 AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN EL PERÙ.

La población vierte sus aguas residuales domésticas y productivas (industriales, mineras y agrícolas) sin ningún tratamiento y Teniendo presente que el agua residual es basura líquida generada en los baños, cocinas, etc., e incluye algunas aguas sucias provenientes de industrias y comercios que son desechadas mayormente en las alcantarillas y en la sierra se considera también a las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno que drenan por dichas alcantarillas. Este elemento tiene contenidos importantes de excretas humanas (fecales y orinas) y pueden transportar numerosos microorganismos (bacterias, virus y parásitos) patógenos. No obstante, suelen ser descargadas inadecuadamente en el río y en el mar, no sólo pudiendo producir epidemias graves sino también causar la muerte de la fauna, especialmente peces, debido a que consumen oxígeno.

En el entorno urbano, el crecimiento de diversas actividades económicas, va en desmedro de la agrícola, que ya no encuentra las suficientes aguas superficiales para regar tierras y tiende a emplear aguas residuales domésticas sin tratamiento ni calidad respectiva, tornándose nocivo el riego de hortalizas y cultivos destinado para el consumo humano por la alta concentración de parásitos y coliformes fecales. Esta situación se agrava aún más en poblaciones con enfermedades infecciosas localizadas en las zonas más pobres que utilizan como única alternativa de riego sus propias aguas residuales sin tratar en cultivos. En el cuadro 2.3 se muestra la dotación de agua establecida con el reglamento nacional de edificaciones (RNE) para consumo familiar de cinco

miembros en promedio y el uso que se le da en el hogar, según información proporcionada por SEDAPAL. De este volumen, según el RNE, el 80%, se destina a desagües.

Las aguas residuales con fines de reutilización es uno de los aspectos más olvidados en las ciudades del Perú. De las aproximadamente 2600 ciudades del país, solo 61 cuentan con sistemas para el tratamiento de los desagües. Sin embargo, no existe información precisa sobre el estado de operación de estas plantas de tratamiento y mucho menos sobre el uso de los efluentes en la agricultura. Además, según la legislación vigente, el tratamiento de las aguas residuales es competencia directa de las municipalidades provinciales (ley29338, Art.5).

En el Perú las plantas de tratamiento son escasas y, por lo general, las aguas residuales domesticas son vertidas al mar, los ríos o los lagos, dando origen a una seria contaminación de las aguas por saturación de materia orgánica y por los patógenos contenidos (bacterias, virus, huevos de parásitos, etc.) las aguas residuales domesticas deben tratarse antes de ser vertidas en el ambiente, y para esto existen sistemas adecuados.

En general, los desagües se vierten a los ríos o a los cuerpos de agua superficial. Así la contaminación biológica, física y química atenta contra la ecología de las aguas superficiales y representa un riesgo para la salud de la población. Se reconoce que los métodos biológicos son los más adecuados para tratar las aguas residuales domésticos en países en desarrollo como el Perú. Se trata de aprovechar la capacidad natural de los microbios de atar y estabilizar la contaminación orgánica predominante en los desagües domésticos. De esta manera, se evita introducir compuestos químicos durante los procesos de tratamiento que pueden encarecer el costo de descontaminación. El método de tratamiento de aguas residuales es usado en el país es el de las lagunas de estabilización. A menor escala también se usan sistemas tipo tanque séptico o tanque Imhoff. Prácticamente, no existen plantas de tratamiento de aguas residuales que empleen el método denominado Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (RAFA), y operen en condiciones reales

de trabajo. El RAFA es un dispositivo de tratamiento primario de los desagües que permite reducir entre un 60% y un 80 % de materia orgánica y entre un 70 % y 80% de sólidos suspendidos totales, pero no es efectivo para eliminar los microorganismos patógenos que causan enfermedades al hombre. Para cumplir con los requisitos de la legislación peruana respecto a calidad de las aguas superficiales, se complementa el proceso de tratamiento con unidades de tratamiento secundario y, eventualmente, terciario.

En el Perú existen 2,505 sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, de los cuales el 70% son tanques sépticos, el 20% lagunas de estabilización, el 5% sistemas de lodos activados, el 2,6 % tanques imhoff (permiten un tratamiento primario de las aguas residuales) y filtros biológicos y el 0.92% otras tecnologías como humedales o rafas. De las 2,505 plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, solamente el 11% están autorizados por el Ministerio de Salud.

En la actualidad, Perú tiene un estimado de 140 mil millones de m³ de aguas residuales domésticas por año, de los cuales se reúsan alrededor de 79 mil millones de m³ al año y sólo se trata el 20% de las aguas residuales domésticas (15,8 millones de m³ por año) cuando se tiene un promedio de 79 millones de m³ de estas aguas “negras” por año destinadas al reúso.

Por ejemplo en Lima se percibe un caudal de 17.5 m³ de aguas residuales domésticas por segundo, y que hasta la fecha SEDAPAL sólo trata el 20% del caudal. En Lima las aguas residuales domésticas se reúsan para el riego de los cultivos de tallo alto como la caña y el maíz. Así como también sistemas forestales de la ciudad: parques y árboles. En provincias, como Huaral, se cultivan vegetales de tallo corto como lechuga, tomate y fresa con aguas residuales domésticas no tratadas. En la figura 2.4 se especifica el uso de estas aguas.

Es por ello que el consumo de productos agrícolas regados con aguas residuales domésticas no tratadas constituye un factor de riesgo para la

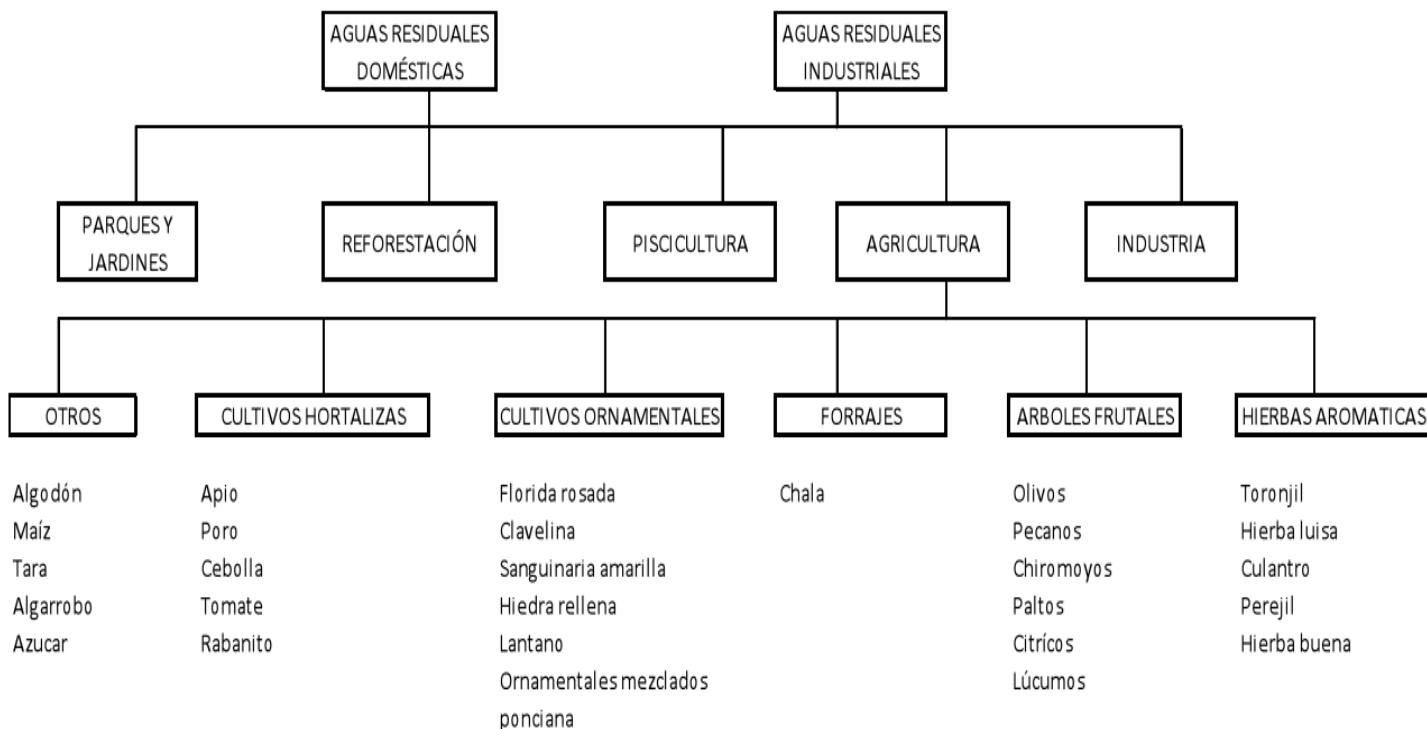
salud, porque causan enfermedades diarreicas y parasitarias, como: tifoidea, hepatitis y cólera. La contaminante en esta aguas residuales es, básicamente, la materia fecal (cuerpos microbiológicos y parasitarios) fuente directora ejecutiva de Saneamiento Básico de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA).

Cuadro N° 2.9. Consumo promedio de agua familia de cinco personas

CONCEPTO	CANTIDAD: LITROS POR DIA
Limpieza de casa	50
Beber y cocinar	20
Lavado de manos y cara	75
Uso del inodoro	175
Lavado de la ropa	225
Uso de la ducha	175
Lavado de los platos	30
Total	750
Promedio por persona	150

Fuente: SEDAPAL, Reglamento Nacional de Edificaciones

Figura N° 2.4. Uso del flujo de las aguas residuales domesticas



Fuentes: SWITCH Lima y Callao -RAVR ANA/ELABORACIÓN PROPIA

2.2.8 CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES MICROBIANOS DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA.

Los actuales tratamientos que se aplican a las aguas residuales domesticas pueden reducir mucho las concentraciones de organismos patógenos que se pueden encontrar pero aún es muy difícil asegurar la eliminación completa y continua por lo que la posibilidad de transmisión de enfermedades a través de la reutilización es factible. Microorganismos causantes de epidemias en el pasado todavía pueden encontrarse, se trata de controlar los niveles dentro de unos ciertos niveles de seguridad. Los principales agentes infecciosos para el hombre y los animales que pueden encontrarse en el agua residual bruta se pueden clasificar en tres grandes grupos: las bacterias, los parásitos (protozoos y helmintos) y los virus. En la siguiente tabla pueden encontrarse los principales agentes infecciosos que podemos encontrar en un agua residual doméstica y las enfermedades a que pueden dar lugar.

Las aguas residuales contienen una gran variedad de microorganismos:

virus, bacterias, hongos, protozoos y nematodos. Se estima que hay alrededor de 5 millones de especies de microorganismos en el medio ambiente, de los cuales menos del 5% han sido catalogadas, de los cuales 3500 son bacterias, 90000 son hongos, 100000 son protistas y 4000 son virus (cloete, 1997). Los microorganismos transforman los compuestos orgánicos, contribuyendo a la depuración de los desechos en ambientes acuáticos y terrestres.

Bacterias.

Los organismos patógenos más frecuentes en un agua residual doméstica son los pertenecientes al género *Salmonella*. Este grupo de microorganismos comprende un gran número de especies capaces de producir enfermedades en las personas y en los animales. Las tres formas distintas de salmonelosis que pueden producirse en las personas son fiebres entéricas, las septicemias y la gastroenteritis aguda. La forma más intensa de fiebre entérica por salmonelosis es la producida por la *Salmonella typhi*.

En un agua residual pueden detectarse numerosos tipos distintos de bacterias, entre las que pueden nombrarse las especies *Vibrio*, *Mycobacterium*, *Clostridium*, *Leptospira* sp y *Yersinia*. Aunque estos microorganismos patógenos pueden encontrarse en el agua residual, sus concentraciones son normalmente muy bajas para iniciar un brote epidémico.

La frecuente declaración de casos de gastroenteritis de origen hídrico sin causa conocida ha hecho sospechar que el agente responsable sea de naturaleza bacteriana. Entre las posibles causas de esta enfermedad pueden encontrarse un grupo de bacterias gram negativas consideradas normalmente como no patógenas y en especial, las socas de *Escherichia Coli* entero patógenas y diversas socas del género *Pseudomonas* que pueden afectar a los recién nacidos. Últimamente se ha considerado el papel como agente etimológico de brotes epidémicos de origen hídrico de *Campylobacter coli* en humanos.

Parásitos.

El agua residual domestica puede contener una gran variedad de protozoos y metazoos de carácter patógeno para el ser humano. El más peligroso de estos parásitos es probablemente el protozoo *Entamoeba histolytica*, agente responsable de la disentería amónica y de la hepatitis amónica. Una de las principales enfermedades hídricas es la causada por otro protozoo, el flagelado *Giardia lamblia* causante de la giardiasis que provoca trastornos intestinales, flatulencias, diarreas y malestar general. Los agentes infecciosos de estos parásitos son quistes con gran resistencia a la desinfección con cloro.

El agua residual puede contener varios helmintos parásitos. Los más importantes de estos son los gusanos intestinales, entre los que encontramos *Ascaris lumbricoidea*, las tenías *Taenia saginata*, *Trichuris trichiura*, *Strongyloides stercoralis* y los anquilostomas *Ancylostoma duodenale* y *Necator americanus*. Los ciclos biológicos de la mayoría de helmintos son complejos y requieren en algunos casos de haber estado en un huésped intermedio. El estadio infeccioso de algunos es o bien el organismo adulto o bien la larva, mientras que en otros casos los huevos o los quistes son las formas infecciosas de estos microorganismos. Tanto los huevos como las larvas son resistentes a las acciones medioambientales y pueden sobrevivir durante el proceso de desinfección de agua residual.

Virus.

Los virus son parásitos intracelulares obligados que solo son capaces de multiplicarse dentro de la célula huésped. Los virus entéricos son aquellos que se multiplican en el conducto intestinal, expulsándose en los excrementos de la persona infectada.

Los virus entéricos humanos más importantes son: los enterovirus (polio, echo y Coxsackie), los rotavirus, los reovirus, los parvovirus, los adenovirus y los virus de la hepatitis A. El virus causante de la hepatitis A

es el declarado con más frecuencia como transmisible a través del agua contaminada. El único huésped que se ha encontrado para el virus de la hepatitis A es la persona humana. Incluso varios investigadores han detectado la presencia del virus en aguas subterráneas. A pesar de todo parece ser que el agua juega un papel muy secundario en la transmisión de enfermedades virales, lo que no quiere decir que se deba subestimar este papel. En principio cualquier virus excretado y capaz de producir infección a través de su ingestión, puede ser transmitido mediante un tratamiento inadecuado del agua residual.

La supervivencia de las bacterias en el agua depende mucho de la presencia de otros microorganismos que tengan relación de predación o competencia. Muchas veces las bacterias sobreviven más en aguas limpias que en aguas sucias. Al contrario hay cierta evidencia que la supervivencia de los virus es mejor en las aguas contaminadas, presumiblemente como resultado de un efecto protector que los virus encuentran cuando son absorbidos en las partículas sólidas suspendidas en agua sucia. Las supervivencias:

- Bacteria: superiores a 50 días son raras y a 20-30°C el tiempo máximo probable es de 20 días.
- Virus: aumenta con la disminución de la temperatura. A 20-30°C sobreviven unos 2 meses y a 10°C sobreviven unos 9 meses.
- Quistes de protozoo: sobreviven mal en cualquier ambiente; máximo para *Entamoeba histolytica* en aguas contaminadas es de unos 20 días.
- Huevos de helminto: varían desde muy frágiles a los muy resistentes. El más resistente de todos el *Ascaris* puede sobrevivir más de un año.

Mecanismos de transmisión de enfermedades.

La transmisión de una enfermedad puede efectuarse bien directamente a través del contacto, la ingestión o la inhalación del agente infeccioso presente en el agua regenerada, o bien indirectamente a través del contacto con objetos previamente contaminados por el agua regenerada.

Para que una persona desarrolle la enfermedad se deben dar las circunstancias:

- 1) El agente infeccioso debe estar presente en la población que genera el agua residual y, por tanto, en sus aguas residuales.
- 2) Los agentes infecciosos deben sobrevivir a todos los procesos de tratamiento a los que se somete el agua residual.
- 3) La persona ha de entrar en contacto con el afluente de forma directa o indirecta.
- 4) Los agentes infecciosos deben estar presentes en número suficiente en el momento del contacto para llegar a producir la enfermedad.

El contacto con un agente infeccioso no siempre da lugar al desarrollo de una enfermedad, Que la enfermedad llegue o no a producirse depende de una serie de relaciones complejas entre huésped y el agente infeccioso. Entre las variables específicas de esta relación pueden nombrarse:

- 1) El número o la dosis de microorganismos ingeridos o que invaden la persona.
- 2) El número de organismos necesarios para iniciar la infección, o dosis infectiva.
- 3) La capacidad del organismo patógeno para causar la enfermedad, o patogenicidad.
- 4) El grado en el que el microorganismo puede provocar la enfermedad, o virulencia.
- 5) La susceptibilidad relativa del huésped (que varía enormemente de unas personas a otras y depende del estado de salud del individuo y del organismo patógeno en cuestión).

En la mayoría de casos, la infección microbiana tiene lugar a dosis infectivas inferiores a las necesarias para producir la enfermedad. La infección se define como una respuesta inmunológica del huésped

delante la presencia del patógeno, sin que esto signifique que se manifiesten señales clínicas de la enfermedad.

El tipo y concentración de microorganismos en una agua residual bruta depende del estado general de salud de la población, la existencia de portadores de la enfermedad entre la población y la capacidad de los agentes infecciosos a sobrevivir fuera de los huéspedes bajo diversas condiciones ambientales; esto hace ver la dificultad de proveerlos pero de manera orientativa podemos encontrar en una agua residual domestica bruta:

La presencia de enterovirus en el agua residual municipal varía mucho ya que los individuos sanos no excretan normalmente este tipo de microorganismo durante periodos prolongados de tiempo. Además no todos los virus presentes en los excrementos pueden sobrevivir en el agua, y muchos de ellos solo permanecerán durante breve tiempo en un agua residual doméstica. Las concentraciones virales del agua residual tienen una importante variación estacional, siendo el verano y al principio del otoño los periodos que se detectan con mayor fuerza.

Cuadro N° 2.10. Agentes infecciosos de las aguas residuales domésticas y sus respectivas enfermedades

	Agentes	Enfermedad
Virus	Coxsackievirus A,B	Meningitis, infecciones respiratorias.
	Virus de la polio	Poliomielitis
	Virus de la Hepatitis A	Hepatitis A
	Rotavirus, Astrovirus.	Gastroenteritis
Bacterias	Salmonella typhi	Fiebre tifoidea
	Otras salmonellas	Salmonelosis
	Shigella	Disenteria Bacilar
	E. coli toxigenico	Gastroenteritis
	Y. enterocolitica,	Cólera
	Campylobacter sp.	
	Vibrio cholerae	
Protozoarios	Entamoeba histolytica	Amebiasis
	Balantidium coli	Disenteria Balantidiana
	Guardia intestinalis	Giardiasis
	Cryptosporidium parvum	Criptosporidiosis
	Acantamoeba sp.	Meningoencefalitis Amebiana
Parásitos (helminos)	Áscaris lumbricoides	Ascariasis
	Trichuris Trichiura	Trichuriasis
	Schistosoma sp.	Esquistosomiasis
	Taenia Solium	Teniasis

Fuentes: Los autores

Cuadro N° 2.11. Microorganismos presentes en un agua residual doméstica

Microorganismo	Concentración, numero/ml.
Coliformes	0.5-1.0 * 1000000
Streptococcus fecales	5-20 * 1000
Shigella	Presencia
Salmonella	4-12
Pseudomonas aeruginosa	102
Clostridium perfringens	507
Mycobacterium tuberculosis	Presencia
Quistes de protozoos	100
Huevos de Helminths	1
Virus entéricos	1-492

Fuentes: Los autores

2.3 MICROORGANISMOS EFICACES Y SU USO EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

2.3.1 ORIGENES

EM es una combinación de microorganismos benéficos naturales que pertenecen a los géneros Lactobacillus (bacterias ácido lácticas), Saccharomices (levaduras) y Rhodopseudomonas (bacterias fotosintéticas o fototróficas).

La Tecnología de Microorganismos Eficaces™ (EM™ por sus siglas en inglés) fue desarrollada por el Profesor Teruo Higa en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, en el sur de Japón, a partir de 1982.

Tras graduarse en el Departamento de Agricultura en la Universidad de Ryukyus, se Doctoró en Investigación Agrícola en la Universidad de Kyushu. Inició su carrera docente y de investigación en la Universidad de Ryukyus en 1970. Actualmente es Professor Emeritus de dicha universidad.

Desde comienzo de los años '80 buscaba alternativas naturales frente a los pesticidas químicos para la prevención y control de enfermedades en cítricos. Mediante sus investigaciones aisló y estudió las propiedades de diversos tipos de microorganismos benéficos naturales. Desarrolló medios de cultivo apropiados y accesibles en los cuales logró la coexistencia de un consorcio de microorganismos que potencia las cualidades y beneficios de cada uno de ellos. Esa combinación de microorganismos posee una alta capacidad antioxidante, con una amplia gama de aplicaciones.

2.3.2 QUE ES LA TECNOLOGIA DE LOS MICROORGANISMOS EFECTIVOS (EM)

✓ ¿Qué es el EM?

Los Microorganismos Efectivos conocidos por su sigla en inglés **EM®**, son una mezcla de tres grupos de microorganismos completamente naturales que se encuentran comúnmente en los suelos y en los alimentos.

El EM contiene:

- **BACTERIAS DEL ACIDO LACTICO**

Estos microorganismos están contenidos en los EM® y son las más abundantes de las cuales son los Lactobacillus Plantarum, Lactobacillus Casei, Streptococcus Lactics. Estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos generados por bacterias fotosintéticas y levaduras, como parte de su metabolismo. El ácido láctico es

un componente con propiedades bactericidas que puede suprimir a los microorganismos patógenos, mientras ayuda a la descomposición de la materia orgánica, incluso en el caso de compuestos recalcitrantes como la lignina o la celulosa, ayudando evitar los efectos negativos de la materia orgánica que no puede ser descompuesta.

No se tiene gran información precisa acerca de la forma en la cual actúan las bacteria ácido lácticas en el tratamiento de las aguas contaminadas, pero teniendo en cuenta sus características, se plantea que al disminuir el pH se genera una inhibición de patógenos, sin embargo, no sólo el ácido láctico es responsable de los efectos antimicrobianos generados por los lactobacilos.

En lo que se refiere a los requerimientos de crecimiento para el grupo de las bacterias ácido lácticas, se encuentran como generalidades que estas son bacterias microaerofilicas, razón por la que debe procurarse que la incubación se realice en una atmosfera con 5% de CO₂. Por lo general, para su crecimiento se emplean una incubación de 3 días, a 37°C o hasta 5 días a 30°C, puesto que son microorganismos de crecimiento relativamente lento y sus rendimientos metabólicos dependen de la temperatura directamente.

- **LEVADURAS**

Este segundo grupo dentro de los microorganismos presentes en EM® son las levaduras tales como *saccharomyces cerevisiae*, *Candida Utilis*. Todos los miembros de *saccharomyces* emplean diversas fuentes de carbono y energía. En primer lugar se encuentran la glucosa y la sacarosa, aunque también pueden emplearse fructuosa, galactosa, maltosa y suero hidrolizado, ya que *saccharomyces* no puede asimilar lactosa. También puede utilizarse etanol como fuente de carbono. El nitrógeno asimilable debe administrarse en forma de amoníaco, urea o sales de amonio, aunque también se puede emplear mezclas de aminoácidos. Ni el nitrato ni el nitrito pueden ser asimilados

Estos microorganismos sintetizan sustancias antimicrobianas a partir de azúcares, y aminoácidos secretados por las bacterias fotosintéticas, también producen sustancias bioactivas como hormonas y enzimas que son sustancias empleadas por las bacterias ácido lácticas presentes en el EM®.

Como parte de su metabolismo fermentativo, las levaduras producen etanol en relativamente altas concentraciones, que es también reconocida como sustancia antimicrobiana. Se asume por lo tanto que al degradar los carbohidratos presentes en el Agua Residual Domestica (ARD), se producirá etanol, el cual puede funcionar como sustancia antagónica frente a microorganismos patógenos.

Así mismo, para las poblaciones de levaduras, la temperatura optima se ha establecido en 28.5 °C, dado que a mayores temperaturas disminuye el rendimiento, probablemente debido al aumento de energía de mantenimiento.

El rendimiento celular puede también afectarse por la presencia de inhibidores como SO₂, ácido aconítico y metales pesados o restos de herbicidas o bactericidas que pueden estar presentes en las melazas.

• **BACTERIAS FOTOTRÓFICAS O FOTOSINTÉTICAS**

Estos microorganismos fotosintéticos son parte de los EM® que se encuentran como *Rhodopseudomonas palustris*, *Rhodobacter* *Spaeroides*. Son microorganismos capaces de producir aminoácidos, ácidos orgánicos y sustancias bioactivas como hormonas, vitaminas y azúcares empleados por otros microorganismos, heterótrofos en general, como sustratos para incrementar sus poblaciones.

Rhodopseudomonas palustris es encontrada comúnmente en el suelo y aguas y posee un metabolismo muy, versátil al degradar y reciclar gran variedad de compuestos aromáticos, como bencénicos de varios tipos encontrados en el petróleo, lignina y sus compuestos carbonados. No sólo puede convertir CO₂ en material celular, sino también N₂ en amonio y producir H₂ gaseoso. Crece tanto en ausencia como en presencia de

oxígeno. En ausencia de oxígeno, prefiere obtener toda su energía de la luz por medio de la fotosíntesis, crece y aumenta su biomasa absorbiendo CO₂, pero también puede crecer degradando compuestos carbonados tóxicos y no tóxicos cuyo el oxígeno está presente llevando a cabo respiración.

Este microorganismo presenta un crecimiento fototautotrofico con H₂, sulfuro y tiosulfato como donadores de electrones en presencia de pequeñas cantidades de extracto de levadura. Su crecimiento fotoheterotrofico es posible con varios sustratos orgánicos como azúcares simples y complejos. El sulfato puede ser usado como la única fuente de azufre, mientras que el amonio, dinitrogeno, algunos aminoácidos, y en algunas cepas de nitrato, pueden ser usados como fuente de nitrógeno. Como factores de crecimiento requiere de p-aminobenzoato y, algunas cepas biotina. Su crecimiento óptimo ocurre a una temperatura de 30-37°C y pH 6.9.

Estos tres grupos de microorganismos no son nocivos, ni tóxicos, ni genéticamente modificados por el hombre; por el contrario son naturales, benéficos y altamente eficientes.

Cuadro N° 2.12. Microorganismos contenidos en el EM®

MICROORGANISMOS CONTENIDOS EN EL EM®					
Tipos	Especie	Sustrato	Parámetros de trabajo	Tiempos de vida	Función
Bacterias Ácido Láctico	<i>Lactobacillus plantarum.</i>	Azúcares y otros carbohidratos	la materia orgánica en suspensión o disuelta en agua, DBO	Los microorganismos contenidos en el producto activado	La degradación de la lignina y la celulosa. Descomposición de la materia orgánica.
	<i>Lactobacillus casei.</i> <i>Streptococcus lactics.</i>				
Levaduras	<i>Saccharomyces cerevisiae.</i>	fuentes de carbono y energía	temperatura óptima 28.5°C azúcares o hidratos de carbono	Tiempo de vida del em activado son de 6 meses, es viable durante 180 días a temperatura ambiente. Su duración es de aproximadamente 6 meses. El em se puede mantener almacenado hasta un año aproximadamente	Sintetizan sustancias útiles para el crecimiento de las plantas y sustancias antimicrobiales: Vitaminas A y D, enzimas como invertasas y galactosidasas, hormonas que sintetizan azúcares de cadenas simples que sirven de alimento a otros microorganismos (entre otros las Levaduras y las bacterias Ácido Lácticas).
	<i>Candida utilis.</i>				
Bacterias fotosintéticas	<i>Rhodospseudomonas plastrus.</i> <i>Rhodobacter spaeroides.</i>	Elaboran su propio alimento a partir de sustancias inorgánicas	DBO Y EL DQO		

Fuente: Los Autores

✓ ¿Cómo funciona el EM?

El EM, debido a la presencia de bacterias fotosintéticas en su composición, tiene la propiedad de neutralizar los malos olores y prevenirlos. Las bacterias fotosintéticas transforman las sustancias que producen olores desagradables (metano, mercaptano, ácido sulfhídrico, amoníaco, etc.) en ácidos orgánicos que no producen mal olor y que no son nocivos para el hombre. En ese sentido se puede emplear el EM en graseras, baños, cocinas, habitaciones con olor a humedad o a humo de tabaco, zapatos, ropas y en lugares ocupados por animales domésticos, perros u otros animales, etc.

Los Lacto bacilos o bacterias ácido lácticas producen sustancias que aceleran la descomposición de la materia orgánica, por lo cual el EM permite reducir el período de compostaje. Estos microorganismos además producen sustancias que ayudan a controlar algunos patógenos que atacan a las plantas.

Las levaduras por su parte producen sustancias que actúan como hormonas naturales y que promueven el crecimiento y el desarrollo de las plantas.

El EM induce a que la materia orgánica se descomponga rápidamente por la vía de la fermentación y no de la putrefacción. Dado que las moscas prefieren esta última para desarrollarse, el empleo de EM reduce la población de moscas. El EM posee la ventaja con respecto a los insecticidas que es totalmente seguro y no tiene ningún tipo de riesgo de intoxicación, lo que lo hace especialmente conveniente para aquellos locales donde se manipulan alimentos o donde frecuentan los niños o personas irresponsables.

Las funciones básicas del EM TM son 2:

a) Exclusión competitiva de microorganismos patógenos, mediante la competencia por la materia orgánica que sirve de alimento y la producción de sustancias que controlan directamente las poblaciones de microorganismos patógenos.

b) Producción de sustancias benéficas como vitaminas, enzimas, aminoácidos y antioxidantes, a través de un proceso de descomposición anaeróbica parcial.

De ahí que las aplicaciones del EM TM son múltiples:

- **Agricultura:** Mejora la microflora del suelo. Promueve el crecimiento de las plantas y suprime enfermedades.
- **Animales en general:** Como probiótico y antioxidante; preventivo de enfermedades.
- **Medio ambiente:** Como ayuda para recuperar aguas contaminadas y acelerador de la descomposición de residuos sólidos, eliminación de malos olores y moscas.
- **Utilización de EM®:** En el tratamiento de aguas residuales

2.3.3 BENEFICIOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

✓ Eliminación de patógenos

La competencia por los nutrientes, la liberación de sustancias enzimáticas que secuestran minerales o vitaminas necesarias para el crecimiento de los patógenos impide su crecimiento en un medio colonizado por EM®. Mejoramiento en un 99,96%

✓ Mejoramientos de parámetros en la calidad de agua como

- DBO (65,83%)
- DQO (68,11%)
- Turbidez (100%)
- Sólidos totales (93,98%)
- Grasas y Aceites (no se tiene dato alguno sobre el mejoramiento en grasa y aceites)
- Patógenos (Coniformes, E. Coli, Salmoneras, 99,96%)
- Olores (100%)

EM® transforma la materia orgánica liberando y sintetizando sustancias y compuestos como: aminoácidos, enzimas, vitaminas, sustancias bioactivas, hormonas y minerales solubles, que hacen al agua apta para su vertido o utilización.

✓ **Reducción de olores ofensivos**

Reduce olores ya que es un claro favorecedor de nitrificación desnitrificación, que elimina el nitrógeno, incluyendo el amoniacal, que frecuentemente es el responsable de malos olores. Además EM® utiliza el ácido sulfhídrico y el metilmercaptano asociados a malos olores (putrefacción), como receptores finales de cargas de la cadena respiratoria.

✓ **Mejora la calidad de agua efluente final**

La aplicación de EM® mejora la calidad de agua del final como físico, químico y microbiológico.

✓ **Reducción de lodo**

La concentración de lodo aumenta por el uso de EM®, por lo que automáticamente se reduce el volumen de lodo.

✓ **Reutilización de lodo**

Generalmente el lodo que sale de la planta de tratamiento de aguas residuales, no tiene uso agrícola, pero el lodo tratado con EM® tiene mayor concentración de nutrientes y microorganismos por lo que se puede utilizar como abono o sustrato para uso agrícola.

✓ **Disminución de costos**

A través de una mejor oxidación biológica, se reduce sustancialmente sus costos de mantenimiento de la planta. Además la aplicación de EM® puede lograr la reducción de productos químicos (coagulantes y desinfectantes), por ejemplo, aumentara la concentración de lodo por lo que no es necesario usar una solidificadora y también reduce coliformes con lo cual puede eliminar el uso de cloro.

✓ **Forma de operación más sostenible con el ecosistema**

2.3.4 PRINCIPALES MICROORGANISMOS CONTENIDOS EN EL (EM®)

- **Bacterias Fotosintéticas (Rhodopseudomonasspp):**

Grupo de microorganismos independientes y autosuficientes, los cuales 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 bioactivas y azúcares, los cuales promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas.

- **Bacterias Acidolácticas (lactobacillusspp):**

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 e incrementa la rápida descomposición de la materia orgánica.

- **Levaduras (saccharomycesspp):**

Las levaduras sintetizan sustancias antimicrobiales 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.

Figura N° 2.5. Los tres grupos de microorganismos componentes del EM®



Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Bacteria>

2.3.5 USO DE LOS MICROORGANISMOS EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL

Se pueden utilizar para descomponer contaminantes en aguas residuales, este tipo de tratamiento se denomina tratamiento biológico del agua, durante este proceso los microorganismos descomponen la materia orgánica, nitratos y fosfatos.

- **Eliminación de materia orgánica**

La purificación biológica del agua se lleva a cabo para disminuir la carga de compuestos orgánicos disueltos, los microorganismos, principalmente las bacterias, realizan la descomposición de estos compuestos. Existen dos categorías principales de tratamiento biológico: tratamiento aeróbico y tratamiento anaeróbico. El tratamiento aeróbico del agua significa la descomposición de materia orgánica que necesita oxígeno durante su proceso de descomposición. El tratamiento anaeróbico del agua significa descomposición de materia orgánica por medio de microorganismos que no utilizan oxígeno. En los sistemas aeróbicos del agua es aireada con aire comprimido (en algunos casos con solamente oxígeno),, mientras que los sistemas anaeróbicos funcionan bajo condiciones libres de oxígeno.

- **Eliminación de Amoníaco y Nitratos**

La eliminación de amonio y nitratos es bastante compleja, es un proceso de tratamiento del agua que necesita conversión tanto aeróbica como anaeróbica para eliminar los contaminantes. En la fase de conversión aeróbica hay dos especies bacterianas implicadas. Primero las bacterias nitrosomonas convierten el amoníaco en nitrito, segundo,, las bacterias nitrobacter convierten los nitritos en nitratos. Estos dos procesos juntos son comúnmente conocidos como el proceso de nitrificación. Después de esto, las bacterias anaeróbicas entran en acción, las bacterias convierten los nitratos en nitrógeno gaseoso atmosférico, este proceso se llama desnitrificación. La desnitrificación es realizada con muchas bacterias anaeróbicas, tales como *Achromobacter*, *Bacillus* y *Pseudomonas*, la primera fase de la

desnitrificación es el proceso inverso a la nitrificación, vuelve a transformar el nitrato en nitrito, la segunda fase de la desnitrificación transforma el nitrito en nitrógeno gas, este gas puede ser liberado a la atmósfera sin causar daños ambientales.

- **Eliminación de Fosfatos**

Los fosfatos pueden ser eliminados de las aguas residuales por bacterias aeróbicas (oxígeno-dependiente), llamada *Acinetobacter*. Esta bacteria acumula polifosfato en tejidos celulares, *Acinetobacter* puede absorber una mayor cantidad de fosfatos de la que necesita para su síntesis celular, la cantidad extra de fosfatos es almacenada en las células en forma de polifosfato.

El almacenamiento de polifosfato hace que las *Acinetobacter* sean capaces de sobrevivir temporalmente en circunstancias anaeróbicas, cuando las *Acinetobacter* residen en una zona anaeróbica en las aguas residuales, absorbe ácidos grasos y los almacena como sustancia de reserva. Durante este proceso, los polifosfatos se descomponen para obtención de energía, haciendo que se liberen fosfatos en la zona aeróbica. Cuando los *Acinetobacter* entran en la zona aeróbica absorben fosfatos y los almacenan en forma de polifosfato en los tejidos celulares. Esto hace que el contenido en fosfatos del agua residual disminuya.

2.3.6 VARIABLES

2.3.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

- Tiempo de residencia del microorganismo eficaces en el agua residual (tiempo en días)
- Concentración en microorganismos eficaces.

2.3.6.2 VARIABLE DEPENDIENTE

- Parámetros de calidad del agua residual luego del tratamiento a un tiempo específico.

CAPÍTULO III

3.1 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.1 UBICACIÓN

El proyecto se realizó de las lagunas de oxidación específicamente en el distrito de Pátapo que se encuentra situado en la costa norte del Perú en la parte sur este de la región Lambayeque. La zona donde se ubica Pátapo está entre los 78 msnm. Tiene una estación meteorológica a 5°28'37" latitud sur y 80°37'24" longitud oeste. Esta estación reporta promedios de los últimos años para temperatura media anual de 24.2°C cuyo clima es semicálido y escasas precipitaciones.

3.1.2 LUGAR DE EJECUCIÓN

El desarrollo experimental se llevó a cabo en los laboratorios de control de calidad de la empresa prestadora de servicios de saneamiento de Lambayeque (EPSEL S.A.) de la provincia de Chiclayo y en los laboratorios de microbiología y química de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, los datos obtenidos fueron ejecutados y elaborados por los autores del trabajo de investigación.

3.1.3 ESTABLECIMIENTO DEL ESTUDIO

Con el objetivo de determinar el efecto de los microorganismos eficaces (EM®) en las aguas residuales domesticas se decidió realizar cuatro tratamientos uno sin dosis de EM® y los otros tres con la dosis EM®.

Para realizar la experiencia se utilizó dos bidones de plástico (PVC) de 20 litros. Se trabajó en uno para la activación de los microorganismos eficaces y en el otro bidón para almacenar los 10 litros en total del muestreo.

Este material es un recipiente hermético de fondo plano 10 ½ pulg y altura de 14 ½ pulg el cual tiene una capacidad total de almacenamiento de 20 lt como se indica en la figura 3.1, la cual presenta un orificio en la parte superior por donde se realiza el ingreso de la muestra ARD y del

EM® activado mezclándose y guardándose hasta la culminación de periodo de análisis; también presenta una llave localizada en la parte inferior en un costado del recipiente para realizar la debida extracción de la muestra.

Se agregó 10 ml de EM® activado en la muestra de 10 litros de agua de muestreo y se guardó herméticamente y bien tapado sin que le de los rayos solares, en un ambiente oscuro por un promedio de mes y medio en el laboratorio físico químico de la universidad Pedro Ruiz gallo se guardó a temperatura ambiente solo se abría para sacar un litro cada dos semanas para la realización de los análisis correspondiente.

El seguimiento se realizó durante dos meses. Se evaluó con una dosis de EM Activado: 1/1000.

3.1.4 ACTIVACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS EFICACES

El proceso de activación de los microorganismos eficaces (EM®) para poder ser utilizados en el tratamiento de aguas residuales domesticas es el siguiente:

- Se llenó el recipiente de plástico con agua libre de cloro (90%): 4.5 L.
- Microorganismos eficaces (5%): 0.25L.
- Melaza de caña o azúcar (5%): 0.25L.
- Agitar (solución homogénea).
- Cerrar para evitar entrada de aire.
- Temperatura ambiente.
- De 7 a 15 días de fermentación.
- Extracción de gas.
- Activado (pH por debajo de 3.5 y olor agridulce).
- Utilizable durante los 35 días siguientes después de la activación.

3.1.5 CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.

Se recolecto muestras compuestas, cada una equivalía a 5 muestras simples, obtenidas en un lapso de tiempo de 3 horas durante el día, originando un total de 5 litros de agua residual domestica de acuerdo a las fechas de recolección de muestras señaladas en el cuadro 3.1; estas muestras eran recolectadas en recipientes de un litro cada una para luego ser almacenadas todas en el tanque de investigación a seguir, cerrada herméticamente y conservada en refrigeración leve.

Estas cinco repeticiones fueron tomadas de tres puntos de muestreo como se indica en el cuadro 3.2 (un litro por cada repetición), dando un total de cinco litros en un día, solamente fueron tomadas las muestras en dos fechas como se indica en cuadro 3.1.

Inicialmente se realizó una caracterización microbiológica y fisicoquímico del ARD proveniente de las lagunas de oxidación del distrito de Pátapo, del cual se obtuvieron las muestras para el estudio del ARD, con la finalidad de determinar las cargas iniciales tanto de los microorganismos como de los parámetros fisicoquímicos a monitorear.

3.1.6 PUNTOS DE MUESTREO.

Los puntos de muestreo requeridos están situados en la población Patapeña que se encuentran en los alrededores de la población, la cual tiene 4 canaletas en donde se depositan todas las ARD vertidas de cada vivienda esto genera la proliferación gérmenes de malos olores, enfermedades que son dañinos para la salud, debido a esto y considerando que el objetivo es determinar la eficiencia del sistema en periodos determinados para la reducción y eliminación de los olores desagradable para lograr un ambiente agradable para la población. Los puntos donde se recolectan las muestras se aprecian en la figura 3.2.

3.1.7 NÚMERO Y TIPO DE MUESTRAS.

El tipo de muestra que se realizó en este estudio fue de tipo compuesta porque se recolectó muestras en intervalos de tiempo regulares y de volumen fijo que en este caso fue de un litro y en tres puntos de muestreo en horas promedio, originando una muestra de 10 litros total de agua residual doméstica para proporcionar el estudio minucioso recolectando la información de las características medias de una muestra a lo largo del tiempo.

Fueron cinco muestras cada una de un litro y en fechas distintas como se indica en el cuadro 3.1, obtenidas en un lapso de tiempo de cada tres horas entre las 7:00 am a 7 PM ya que a esa hora se desecha más cantidad de ARD. Estas muestras se recolectaron en tres puntos de muestreo, se almacenaron 10 litros de la cual se utilizaron cuatro muestras cada una de un litro para su respectivo análisis como se menciona en el cuadro 3.1 los parámetros analizados.

3.1.8 TOMA DE MUESTRAS.

Las muestras se tomaron en la semana 0 (cero) antes de dosificarlos y a los 15, 30 y 45 días después de la dosificación de EM® (Microorganismo eficaces) tanto para la recolección de muestra, como para el análisis del tratamiento para todo el muestreo se utilizó guantes, mascarillas, lentes, guardapolvo y botas para evitar el contacto directo con el ARD. En el siguiente cuadro 2.1 puede observarse la frecuencia y los parámetros analizados en cada muestreo

3.1.9 ANÁLISIS DE MUESTRA.

En cada muestreo medimos la temperatura para saber con exactitud a que temperatura se encontraba (temperatura ambiente) para luego aplicar la dosis de EM® y determinamos el olor subjetivamente clasificándolo por su intensidad (desde suave hasta muy fuerte), cuya característica determinativa de putrefacción o fermentación. El color también fue determinado subjetivamente y se tomaron fotos de cada

muestra para su debida comparación entre ellas de acuerdo al sistema de recolección de muestra que se realizó.

Los análisis de cada parámetro que se escogió como DBO, DQO, solidos totales, nitratos, cloruros, ph, coliformes totales y termotolerantes fueron realizados en los laboratorios de control de calidad en EPSEL de Chiclayo y para su debido tratamiento se utilizaron los métodos que se menciona en este capítulo en la parte de métodos de análisis.

Debido a que no se cuenta con tecnología y equipos disponibles en los laboratorios de la universidad, se opta por realizar solamente análisis de muestra que se pueden determinar con los pocos materiales que contamos al alcance; de los cuales se ha mencionado en este capítulo los análisis que se escogieron para determinar la eficiencia a dicha concentración con que se logró medir, en cuanto afecto o no el uso de EM® en el agua residual doméstica. A veces por razones logísticas y económicas se realiza el tratamiento solo de las características más importantes, es por ello que solo hemos escogido solamente aquellas características a realizar para el análisis, porque en si existen infinidad de características en el análisis de agua residuales domesticas pero son costosas o no se cuenta con los reactivos necesarios o equipos para poder realizarlos.

Para la determinación de los análisis, se promediaron los resultados obtenidos de las tres repeticiones.

3.1.10 METODOS DE ANÁLISIS.

La mayoría de los análisis a las muestras obtenidas de los descargues de alcantarillado fueron realizados en los laboratorios de control de calidad en EPSEL S.A. de la ciudad de Chiclayo, para su debido desarrollo se utilizaron los siguientes métodos:

- **Método Volumétrico.**

Se realiza mediante la titulación lo que me permite medir el volumen de un reactivo titulante que reacciona con una cantidad medida de muestra.

- **Método winkler Modificado.**

El agua residual doméstica se diluyó con una cantidad de oxígeno disuelto y nutriente, para lo cual se debe mantener durante cinco días a una temperatura constante de 20 °C y luego medir el consumo de oxígeno.

- **Método Gravimétrico**

Nos indica la medición de la muestra original y separar a partir de ella uno de los componentes más estables como precipitado. Gracias a este método se logró medir y determinar los sólidos sedimentables.

- **Método Instrumental.**

Para este método el tipo de medición es la espectrofotometría que consiste en la emisión y absorción atómica; la cual conlleva a calentar la muestra a alta temperatura y descomponer los átomos e iones que absorben y emiten radiaciones visibles o ultravioletas. Se utilizan estos métodos solamente para bajas concentraciones de elementos metálicos, tanto en análisis cualitativos como cuantitativos. Para el análisis cuantitativo de metales y nitratos se realizó con este método.

- **Determinación del número más probable (NMP) para el recuento de coniformes.**

En el análisis de muestra se utiliza la técnica de fermentación en varios tubos de ensayo, esto se logra mediante la dilución hasta su debida extinción, dichas concentraciones de bacterias coliformes totales suelen expresarse como número más probable por 100 ml (NMP/100 ml).

Para determinar el número más probable está basado en la aplicación de distribución de POISSON para valores extremos encontrados en el análisis de número de resultados positivos y negativos obtenidos en ensayos de diferentes fracciones de la muestra de volúmenes iguales.

El número más probable de coliformes en la muestra es solo una

estimación estadística de la concentración, con este procedimiento del método de fermentación en tubos múltiples involucra tres etapas las cuales son presunción, confirmación y terminación de prueba.

3.1.11 PROCEDIMIENTO.

Para determinar en cuanto influyo los EM® en el ARD se procedió a realizar el siguiente mecanismo desde el punto de la toma de muestra hasta la activación de EM® y su respectivo análisis para la determinación de las características del agua afectadas más frecuente durante el proceso llevando así un respectivo control a cada parámetro estudiado. Los análisis realizados a los parámetros a estudiar se realizaron como ya ha sido mencionado en los laboratorios de la UNIVERSIDAD PEDRO RUIZ GALLO de la ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA y en EPSEL.

- Primero se procedió a la activación de EM®. Se siguió la metodología ya explicada para la activación de microorganismo. Se empleó un bidón de 20 L y se preparó 5 L de EM® activado con relación de agua sin cloro (90 %), EM® en liquido (5 %) y melaza (5 %), el volumen de EM® utilizados fue de 0.25 L y de melaza fue 0.25 L con lo cual se obtuvo 5 L de EM® activado. Después fue adicionada a la muestra de ARD del bidón con 10 L de ARD y lograr ver los cambios que se van suscitando. Para la activación se utilizó agua potable filtrada con carbón activado para eliminar el cloro presente y adecuar así la activación de los microorganismos.

Existen 3 tipos de concentraciones utilizables de EM® la baja (1:10000) que es para aguas menos contaminadas, la media (1:5000) es para aguas con contaminación normal y la alta (1:1000) que es para que exceden el rango de contaminación que es nuestro caso debido al estudio que estamos realizando que son aguas desechadas por todas las personas que tienen un alto contenido de contaminación cuya concentración es de (1:1000). Nuestro proveedor de EM® nos capacitó sobre el uso de EM® en ARD.

- El 9 de octubre se recolecto la muestra de las lagunas (10 litros) y pasado los 15 días de activación se recogió la segunda muestra (10

litros); las cuales se mezclaron y se utilizó 10 litros para el estudio, para su respectivo análisis quincenalmente y la evaluación culminó el 4 de diciembre.

- Las muestras tomadas de las lagunas de oxidación de Pátapo se les realizó el debido monitoreo en un determinado tiempo. Después de haber adicionado el EM® activado se monitoreaba en la mañana, en la tarde y en la noche para ver si había alteraciones en sus características organolépticas.
- Luego se realizaron los análisis fisicoquímicos y microbiológicos a dicha agua para la primera semana que es la semana 0, y así sucesivamente se le realizó cada dos semanas a la muestra del bidón se tomaban un litro por cada dos semanas: la semana 2, la semana 4 y la semana 6.

3.1.12 MATERIALES Y EQUIPOS

- Placas Petri
- Microscopio
- Termómetro
- Vaso de precipitación
- Tubos de ensayo
- Balanza analítica
- Balanza electrónica
- Pipetas
- Matraz Erlenmeyer
- Probeta graduada
- Estufa
- mascarilla
- Equipo extractor de gases
- Guantes
- Bombilla de succión
- Monitor extractor de gases
- Lentes de seguridad
- Zapatos de seguridad

- Agitador
- Crisoles refractarios
- Gradilla metálica
- Pinza para carga y descarga de crisoles
- Bureta
- Soporte universal
- Pizetas
- Conductímetro
- Láminas de cobre y portaobjetos
- Guardapolvo
- Escobilla de cerda

REACTIVOS

- Microorganismos Eficaces EM®
- Melaza
- Ácido Sulfúrico 0,01 N
- Fenolftaleína
- Anaranjado de metilo
- Nitrato de Plata 0,01 N
- Cromato de Potasio al 5 %
- Reactivo Ortotolidina
- Naftilamina
- Ácido Sulfanílico
- Nitrito de Sodio 0,10 mg/l
- Agua destilada
- Reactivo de Nessler
- Cloruro de Bario
- Reactivo acondicionador
- Sulfato Férrico
- Amonio al 10%
- Cloruro de sodio 0,010 N
- Fluoruro de Sodio

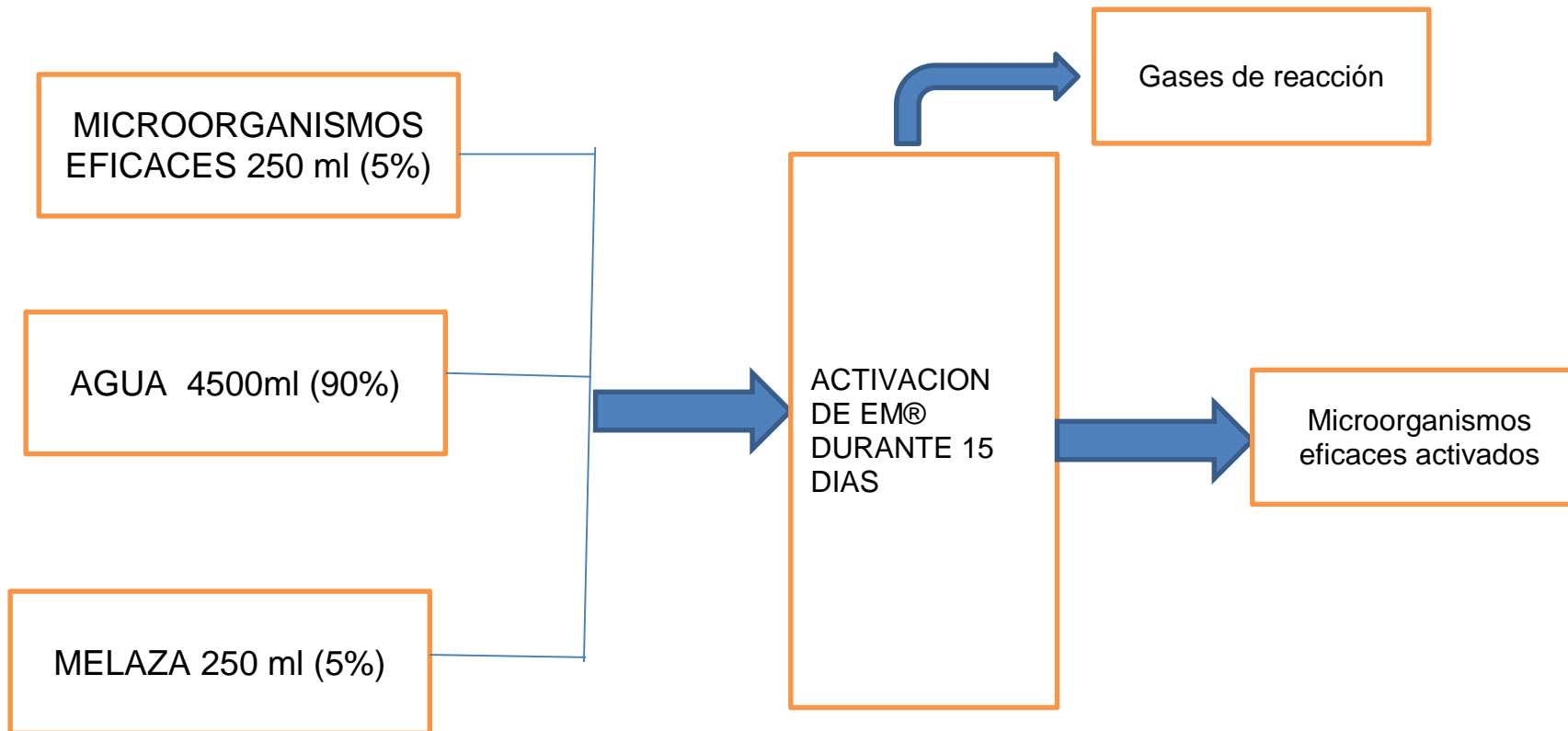
3.1.13 PARÁMETROS CONTROLADOS

Las aguas residuales se determinan por su composición física y química, pero existen parámetros preestablecidos para fijar los principales componentes que ayudan a la caracterización de las agua. Asimismo, “el reglamento de la ley de recursos hídricos” D.S. N° 001-2010-AG de Perú sugiere la consideración de ciertos parámetros para la evaluación de sistemas de tratamiento de aguas residuales. Los parámetros analizados con el tratamiento de microorganismos eficaces son los siguientes

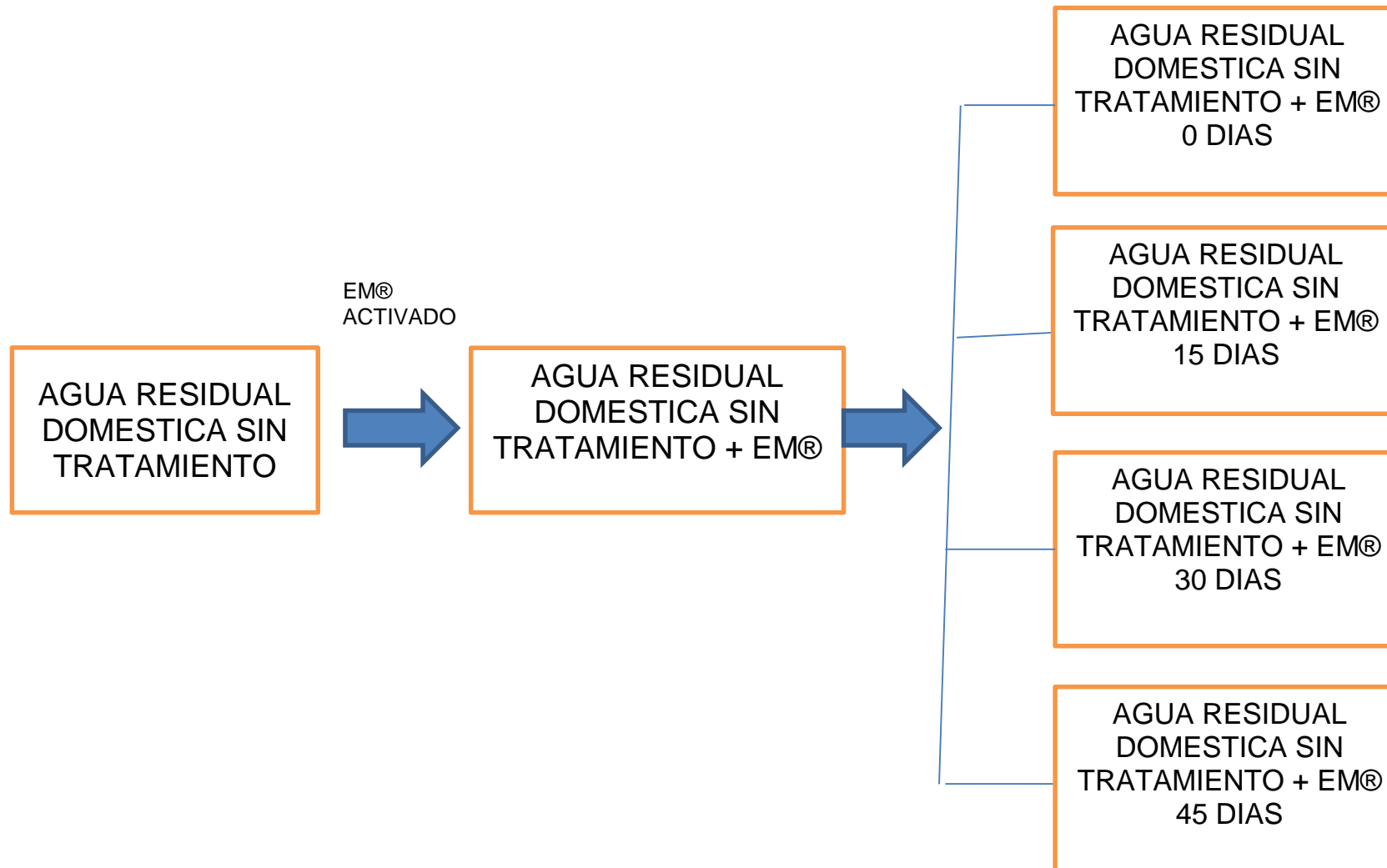
- pH
- Cloruros
- Nitratos
- Dureza total
- DBO
- DQO
- Coliformes Totales, NMP/100ml
- Coliformes Termotolerantes, NMP/100ml

En la cuadro 3.1 se especifica el parámetro evaluado con respecto al método estándar de análisis.

3.1.14 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA ACTIVACION DE LOS MICROORGANISMOS EFICACES



3.1.15 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCEDIMIENTO



Cuadro N° 3.1.Parametro evaluado con su respectivo método estándar de análisis

PARÀMETRO	METODO
pH	Electrométrico
Cloruros	Volumétrico
Dureza total	Cuantificación y titulación
Nitratos	Método instrumental
DBO	Método winkler modificado
DQO	Dicromato Potásico
Coliformes totales	Método de fermentación (NMP)

Fuente: Los Autores

Cuadro N° 3.2.Cronologia de muestreo

Muestreo	Fecha
Primera	09.10.2014
Segunda	23.10.2014

Fuente: Los Autores

Cuadro N° 3.3.Puntos del muestreo

Puntos del Muestreo	Localización
X1	Entrada a la laguna
X2	Laguna
X3	Salida de la laguna

Fuente: Los Autores

Cuadro N° 3.4.Frecuencia de muestreo y parámetros analizados

Parámetros	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4
DBO, DQO, ph, cloruros, olor, color, coliformes totales y coliformes termoestables	SI	SI	SI	SI

Fuentes: Los autores

Figura N° 3.1. Laguna de Oxidación de Pátapo



Fuentes: Los autores

Figura N° 3.2. Frascos para muestreos



Fuentes: Los autores

Figura N° 3.3. Recipiente de activación y recolección



Fuentes: Los autores

CAPÍTULO IV

4.1 RESULTADOS DE LAS MUESTRAS

Los objetivos principales son evaluar el efecto de EM® sobre la calidad de agua residual domestica del distrito de Pátapo logrando así la reducción del contenido de microorganismos patógenos y la eliminación del potencial de putrefacción y generación de olores. En estos tres aspectos los resultados de este experimento fueron positivos. También se realizaron los diferentes análisis de calidad de agua residual doméstica en los Laboratorios de Química y Microbiología de la UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALO, de la entidad prestadora de servicios EPSEL: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), nitratos, cloruros, dureza total, Color, Olor, Potencial de Hidrogeno (PH), y cloruros, coliformes.

En la tabla 4.1 se muestran las diferencias que existieron en cuanto a la evolución de los olores generados por las ARD en cada análisis. Aunque estos resultados son absolutamente subjetivos, representan uno de los más importantes resultados. Los olores generados por la putrefacción son uno de los principales impactos de la descarga de ARD y fueron evaluados precisamente de manera en que se detectan.

Al referirse a los resultados observados en un experimento con aguas residuales domésticas de acuerdo al color según el tabla 4.2 se muestran las diferencias que existieron en cuanto a la evolución del color generado por las ARD en cada análisis, el color verde oscuro, sumado además a una capa de espuma superficial y a una gran cantidad de larvas de moscas, son signos de que había putrefacción y consecuente mal olor.

- **Olor**

Tabla 4.1. Olor percibido en los respectivos tratamientos

Control	Semana 0	Semana 2	Semana 4	Semana 6	Comentario
Sin EM®	Mas fuerte	X	X	X	Olor de materia en pudrición
Con EM®	X	Menos fuerte	Suave	Más suave	Olor de materia fermentada

Fuente: Los Autores

- **Color**

Tabla 4.2. Color observado en los respectivos tratamientos

	Semana 0	Semana 2	Semana 4	Semana 6
Sin EM®	Verde pardo	X	X	X
Con EM®	X	amarillo-grisáceo	Gris claro	Transparente

Fuente: Los Autores

- pH

Tabla 4.3. pH del agua residual domestica tratada con microorganismos eficaces

Parámetro PH				
Muestra	Sin Tratamiento	Con tratamiento		
	Semana 0	Semana 2	Semana 4	Semana 6
1	8.02	7.70	7.78	7.75
2	8.02	7.63	7.75	7.67
3	8.02	7.91	7.94	7.96

Fuente: Los autores

- Cloruros (mg/L)

Tabla 4.4. Cloruros del agua residual domestica tratada con microorganismos eficaces (1ml/Lt)

Parámetro Cloruros				
Muestra	Sin Tratamiento	Con Tratamiento		
	Semana 0	Semana 2	Semana 4	Semana 6
1	224.93	174.95	184.94	154.95
2	224.93	192.54	202.49	172.51
3	224.93	174.83	184.80	154.83

Fuente: Los autores

- **Dureza Total (mg/L)**

Tabla 4.5. Dureza total del agua residual domestica tratada con microorganismos eficaces (1ml/Lt)

Parámetro Dureza Total				
Muestra	Sin Tratamiento	Con Tratamiento		
	Semana 0	Semana 2	Semana 4	Semana 6
1	220.75	198.85	186.49	181.13
2	220.75	216.44	204.08	198.72
3	220.75	198.73	186.37	181.05

Fuente: Los autores

- **Nitratos (mg/L)**

Tabla 4.6.Nitratos del agua residual domestica tratada con microorganismos eficaces (1ml/Lt)

Parámetro Nitratos				
Muestra	Sin Tratamiento	Con Tratamiento		
	Semana 0	Semana 2	Semana 4	Semana 6
1	36.78	14.86	9.90	7.43
2	36.78	11.77	6.81	4.34
3	36.78	15.66	10.7	8.23

Fuente: Los autores

- **DBO (mg/L)**

Tabla 4.7. DBO del agua residual domestica tratada con microorganismos eficaces (1ml/Lt)

Parámetro DBO				
Muestra	Sin Tratamiento	Con Tratamiento		
	Semana 0	Semana 2	Semana 4	Semana 6
1	120	80	60	40
2	120	83	53	45
3	120	78	56	38

Fuente: Los autores

- **DQO (mg/L)**

Tabla 4.8.DQO del agua residual domestica tratada con microorganismos eficaces (1ml/Lt)

Parámetro DQO				
Muestra	Sin Tratamiento	Con Tratamiento		
	Semana 0	Semana 2	Semana 4	Semana 6
1	162	108	81	54
2	162	106	79	52
3	162	102	77	49

Fuente: Los autores

- **Coliformes totales (NMP/100ml)**

**Tabla 4.9.DQO del agua residual domestica tratada con
microorganismos eficaces**

Parámetro Coliformes Totales				
Muestra	Sin Tratamiento	Con Tratamiento		
	Semana 0	Semana 2	Semana 4	Semana 6
1	5000000	2400	2300	2000
2	5000000	3400	2900	2400
3	5000000	3000	2600	2200

Fuente: Los autores

- **Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)**

**Tabla 4.10. DQO del agua residual domestica tratada con
microorganismos eficaces**

Parámetro Coliformes Termotolerantes				
Muestra	Sin Tratamiento	Con Tratamiento		
	Semana 0	Semana 2	Semana 4	Semana 6
1	5000000	200	190	170
2	5000000	300	290	260
3	5000000	250	230	200

Fuente: Los autores

Nota: Sin tratamiento con Microorganismos EM®.

Tratamiento con 1ml de Microorganismos EM® por litro.

Semana 0:



Semana 2,4 y 6:

Figura N° 4.1. Comparación del color de las muestras



Fuentes: Los autores

CAPÍTULO V

5.1 DISCUSION DE LOS RESULTADOS

➤ OLOR:

En el caso del olor de la muestra con tratamiento de EM®, cuando se caracteriza como suave, más suave en las semanas 4 y 6, es muy diferente del olor más fuerte, menos fuerte que se cita en las semanas 0 y 2. Este olor presente en la semana 0 se refiere al olor muy fuerte ARD; olor característico que se detecta cerca de una alcantarilla a desagüe. En cambio las ARD que se trataron con EM®, inmediatamente entraron en un proceso de fermentación que se podía apreciar claramente en el olor. Este olor se describe como menos fuerte, suave y más suave ya que resultaba de la intensa fermentación que se estaba dando.

La materia orgánica, produce olor cuando la descomponen microorganismos de tipo putrefactivo; al aplicar EM, empiezan a predominar los fermentativos, que eliminarán el olor, ya que segregan ácidos orgánicos, enzimas, antioxidantes y quelatos metálicos. El amoníaco (el gran responsable del olor característico de los procesos de descomposición orgánica), es una sustancia alcalina débil, que es neutralizada por dichos ácidos; las enzimas y los antioxidantes, en acción sinérgica, tienen un efecto amortiguador que reduce el olor; los quelatos metálicos, reaccionan con sustancias olorosas de manera instantánea, convirtiéndolas en inodoras.

➤ COLOR:

En el caso del color de la muestra se refleja la evolución que se ha logrado con respecto al tratamiento que se le dio a cada muestra, desde el punto cero que se le realizó el respectivo análisis a la muestra. Se logra observar un color verde pardo y a diferencia de las muestras con tratamiento de EM®, se aprecia como el color característico que presentaba iba disminuyendo al transcurso de cada dos semanas, a un color final transparente lo cual nos dio entender el progreso que se logró con la dosis de utilización de EM® aplicado al ARD, lo cual se obtuvo la disminución de partículas sólidas en suspensión logrando un efecto positivo a lo que se requería evaluar.

➤ **PH:**

De acuerdo a la tabla 4.3 el pH del Agua Residual Domestica que en un inicio tenía 8.02 disminuyó ligeramente a 7.79 al ser tratada con microorganismos eficaces. La evolución del pH presenta tres fases: Durante la fase mesófila inicial se observa una disminución del pH debido a la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica más lábil, produciéndose una liberación de ácidos orgánicos. Eventualmente, esta bajada inicial del pH puede ser muy pronunciada si existen condiciones anaeróbicas, pues se formarán aún más cantidad de ácidos orgánicos. En una segunda fase se produce una progresiva alcalinización del medio, debido a la pérdida de los ácidos orgánicos y la generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas. Y en la tercera fase el pH tiende a la neutralidad debido a la formación de compuestos húmicos que tienen propiedades tampón.

➤ **CLORUROS:**

De acuerdo a la tabla 4.4 la concentración de Cloruros Total promedio presentes en el Agua Residual Domestica que en un inicio tenía 224,93 mg/L reduciéndose ligeramente a 160,76 mg/L al ser tratada con microorganismos eficaces, obteniendo una eficiencia de remoción del sistema de 28,53%.

➤ **DUERZA TOTAL:**

De acuerdo a la tabla 4.5 la concentración de Dureza Total promedio presentes en el Agua Residual Domestica fue de 220,75 mg/L reduciéndose ligeramente a 186,97 mg/L al ser tratada con microorganismos eficaces.

➤ **NITRATOS:**

De acuerdo a la tabla 4.6 la concentración de Nitratos Total promedio presentes en el Agua Residual Domestica fue de 36,78 mg/L reduciéndose ligeramente a 6,67 mg/L al ser tratada con microorganismos eficaces, obteniendo una eficiencia de remoción del sistema de 81,87%.

➤ **DBO5:**

De acuerdo a la tabla 4.7 el DBO5 promedio del Agua Residual Domestica que en un inicio tenía 120 mg/L se redujo ligeramente a 41 mg/L al ser tratada con microorganismos eficaces, obteniendo una eficiencia de remoción del sistema de 65,83%.

El DBO o Demanda Biológica de Oxígeno es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable existente en un agua residual. Es por tanto una medida del componente orgánico que puede ser degradado mediante procesos biológicos

➤ **DQO:**

De acuerdo a la tabla 4.8 el DQO promedio del Agua Residual Domestica que en un inicio tenía 162 mg/L se redujo ligeramente a 51,66 mg/L al ser tratada con microorganismos eficaces, obteniendo una eficiencia de remoción del sistema de 68,10%.

El DQO o Demanda Química de Oxígeno es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar toda la materia orgánica y oxidable presente en un agua residual. Es por tanto una medida representativa de la contaminación orgánica de un efluente siendo un parámetro a controlar dentro de las distintas normativas de vertidos y que nos da una idea muy real del grado de toxicidad del vertido

El DBO representa la cantidad de materia orgánica biodegradable y la DQO representa tanto la materia orgánica biodegradable como la no biodegradable.

Es necesario, por tanto, controlar estos parámetros para asegurar una buena calidad de vertido a la vez que cumplimos con las normativas legales sin crear alteraciones medioambientales poniendo en peligro nuestro ecosistema. Para reducir la DBO de un vertido lo más adecuado son los procesos biológicos dentro de los cuales nos encontramos con distintas alternativas.

Los procesos aerobios se basan en microorganismos que en presencia de oxígeno transforman la materia orgánica en gases y en nueva materia celular que usan para su propio crecimiento y reproducción.

Otro tipo de procesos a utilizar en la degradación de la materia orgánica son los procesos anaerobios, en este caso en ausencia total de oxígeno. Mediante estos tratamientos se obtienen gases que pueden ser aprovechados para uso energético como el metano.

➤ **COLIFORMES TOTALES:**

De acuerdo a la tabla 3.9 la concentración de coliformes totales promedio del Agua Residual Domestica que en un inicio tenía $5.00E+06$ NMP/100mL se redujo ligeramente a 2200 NMP/ML al ser tratada con microorganismos eficaces, obteniendo una eficiencia de remoción del sistema de 99,96%.

La acidez tiene una importancia crucial en cuanto al combate de microorganismos patógenos. La escherichia coli se desarrolla óptimamente con pH entre 6 y 7 y su mínimo es 4.4. Los análisis de coliformes confirman lo anterior dicho ya que en el tratamiento de em, el desarrollo de los coliformes, tanto totales como fecales se vio favorecido por un pH ideal.

➤ **COLIFORMES TERMOTOLERANTES:**

De acuerdo a la tabla 3.9 la concentración de coliformes termotolerantes promedio del Agua Residual Domestica que en un inicio tenía $5.00E+06$ NMP/100mL se redujo ligeramente a 210 NMP/ML al ser tratada con microorganismos eficaces, obteniendo una eficiencia de remoción del sistema de 99,99%.

CAPÍTULO VI

6.1 CONCLUSIONES

1. La adición de microorganismos eficaces EM® en las aguas residuales domesticas de las lagunas de oxidación de Pátapo redujo la cantidad de la demanda química de oxígeno (68,11%), demanda biológica de oxígeno (65,83%), cloruros (28,53%), nitratos (81,87%), dureza total (15,30%), coliformes totales (99,96%), pasado mes y medio desde su aplicación. No es mejor a otros métodos ya que este tratamiento con EM® se limita con la presencia de metales y en el análisis de la dureza total.
2. Se observa mayor efecto de variación en los parámetros de calidad de las muestras evaluadas en las semanas 4 a semana 6 del tratamiento con EM®.
3. De acuerdo a la comparación con los resultados obtenidos antes y después del tratamiento se observó cómo se logró la disminución eficientemente mínima de materia orgánica y la disminución de olores desagradables con lo cual deducimos en forma general que para el conjunto de los parámetros analizados que en el comportamiento de sus datos influyo con más tiempo.
4. Con base en los resultados obtenidos y análisis realizado se propone, que las aguas residuales descargadas por la comunidad Patapeña a las lagunas de oxidación cuenten con tratamiento con microorganismos eficaces logrando mejoras en la calidad de vida de las personas, animales, de todo ser vivo que habita a sus alrededores, adecuando el medio ambiente que permitan mitigar la contaminación por olores desagradables y moscas o plagas.

CAPÍTULO VII

7.1 RECOMENDACIONES

1. Recomendamos su uso de EM® a dicha concentración, porque reduce positivamente el DBO, DQO, CLORUROS, NITRATOS, COLOR, OLOR, DUREZA TOTAL, COLIFORMES y es una buena alternativa para reducir en forma drástica los contaminantes presentes en el ARD de la población Patapeña.
2. Aconsejable esterilizar todos los instrumentos a utilizar para el análisis que son empleadas para la medición de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con el fin de obtener resultados que sean favorables y confiables desde el punto de vista analítico y estadístico.
3. El agua que es empleada a estudio debe ser una ARD que no haya sido tratada con EM® para lograr resultados más certeros y positivos acerca del efecto de EM® en el ARD.
4. Siendo la principal debilidad de este estudio la falta de ensayos y análisis, la principal recomendación es que se experimente un poco más con análisis completos de ARD. Nosotros por falta de equipos, reactivos y razones económicas no se logró ampliar aún más el estudio; es extenso este estudio a realizar se debe analizar cada característica por completo y lograr un buen estudio ya que toda ARD presenta infinidad de características a estudiar. de manera que se cubran todos los rincones analizados al ARD sin excepciones.
5. Promover la sensibilización social en el tema agua y otros servicios Ambientales. Tener en cuenta que la educación ambiental, tanto formal Como informal, es un eje importante para el éxito de un proceso.
6. Es recomendable, en estudios posteriores, la minuciosa selección de las variables a tratar, de manera que se hagan muestreos más frecuentes, con más determinaciones y que se obtengan más datos a bajo costos. Necesariamente se recomienda la medición de olor, color, DBO, PH, temperatura, nitratos, amonio, solidos sedimentables, aceites, grasas, sulfuros y contenido de coliformes fecales.

GLOSARIO

GLOSARIO

- **Demanda bioquímica de Oxígeno**

Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20 °C).

- **Demanda química de Oxígeno**

Medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidante sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio.

- **Aguas residuales domésticas (ARD)**

Son las provenientes de las actividades domésticas de la vida diaria como lavado de ropa, baño, preparación de alimentos, limpieza, etc. Estos desechos presentan un alto contenido de materia orgánica, detergentes y grasas. Su composición varía según los hábitos de la población que los genera.

- **Aguas lluvias (ALL)**

Son las originadas por el escurrimiento superficial de las lluvias que fluyen desde los techos, calles, jardines y demás superficies del terreno. Los primeros flujos de ALL son generalmente muy contaminados debido al arrastre de basura y demás materiales acumulados en la superficie. La naturaleza de esta agua varía según su procedencia: zonas urbanas, rurales, semi rurales y aún dentro de estas zonas se presentan enormes variaciones según el tipo de actividad o uso del suelo que se tenga.

- **Residuos líquidos industriales (RLI)**

Son los provenientes de los diferentes procesos industriales. Su composición varía según el tipo de proceso industrial y aún para un mismo

proceso industrial, se presentan características diferentes en industrias diferentes. Los RLI pueden ser alcalinos o ácidos, tóxicos, coloreados, etc, su composición refleja el tipo de materias primas utilizado dentro del proceso industrial.

- **Aguas residuales agrícolas (ARA)**

Son las que provienen de la escorrentía superficial de las zonas agrícolas. Se caracterizan por la presencia de pesticidas, sales y un alto contenido de sólidos en suspensión. La descarga de esta agua es recibida directamente por los ríos o por los alcantarillados.

- **Desbaste**

Consiste habitualmente en la retención de los sólidos gruesos del agua residual mediante una reja, manual o autolimpiable, o un tamiz, habitualmente de menor paso o luz de malla. Esta operación no solo reduce la carga contaminante del agua a la entrada, sino que permite preservar los equipos como conducciones, bombas y válvulas, frente a los depósitos y obstrucciones provocados por los sólidos, que habitualmente pueden ser muy fibrosos: tejidos, papeles, etc.

- **La digestión anaeróbica**

La digestión anaeróbica es un proceso bacteriano que se realiza en ausencia del oxígeno. El proceso puede ser la digestión termofílica en la cual el fango se fermenta en tanques en una temperatura de 55 °C o mesofílica, en una temperatura alrededor de 36 °C. Sin embargo permitiendo tiempo de una retención más corta, así en los pequeños tanques, la digestión termofílica es más expansiva en términos de consumo de energía para calentar el fango.

- **Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento(EPS Saneamiento)**

Es aquella empresa o institución pública, municipal o mixta, constituida con el exclusivo propósito de brindar servicios de saneamiento en el ámbito urbano. Es quien produce, distribuye y comercializa el agua potable, y quien

se encarga de la recolección, tratamiento y disposición final de las aguas servidas, la recolección de las aguas provenientes de las lluvias y la disposición sanitaria de excretas.

- **Entidad de Fiscalización Ambiental (EFA)**

Entidad pública de ámbito nacional, regional o local que tiene atribuida alguna o toda las acciones de fiscalización ambiental, en sentido amplio. Excepcionalmente, y por disposición legal, puede ser considerada EFA aquel órgano de línea de la entidad que se encuentre facultado para realizar funciones de fiscalización ambiental.

- **Estándar de Calidad Ambiental (ECA)**

Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.

- **Límite Máximo Permisible (LMP)**

Es la medida de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al efluente o una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

- **Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)**

Es un organismo público técnico especializado, con personería jurídica de derecho público interno, se encuentra adscrito al MINAM y se encarga de la fiscalización, supervisión, evaluación, control y sanción en materia ambiental, así como de la aplicación de incentivos. Es el ente rector del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas y/o Municipales**

Infraestructura y procesos que permiten la depuración de aguas residuales domésticas y/o municipales.

- **Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental(SINEFA)**

Creado mediante Ley N° 29325, modificada por la Ley N° 30011, con la finalidad de articular las funciones de fiscalización ambiental a nivel nacional, regional y local.

- **Valores Máximos Admisibles (VMA)**

Valor de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos, que caracterizan a un efluente no doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado sanitario, que al ser excedido causa daño inmediato o progresivo a las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias y equipos de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, y tiene influencias negativas en los procesos de tratamiento de las aguas residuales.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1.0 LIBROS

- [1] **METCALF AND EDDY**, Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización, 3ª Ed, Mc Graw-Hill, 1995.
- [2] **METCALF & EDDY. INC.** Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. 3º ed. Madrid: McGRAW – HILL, vol. 1, 1998. 505p. Traducido de la 3º ed. En ingles de WASTEWATER ENGINEERING; Treatment, disposal reuse.p.1.
- [3] **RON CRITES, GEORGES TCHOBANOGLIOUS**; Sistema de Manejo de Aguas Residuales; Ed. Mc Graw Hill, Pág. 2º Tomo (601-602), 2000.
- [4] **R. SILVIA, Y A. SILVIA.** Utilización de microorganismos eficaces, para el tratamiento de aguas negras domesticas por el método de lodos activados. Fundación MoKichiOkada. 25-30.
- [5] **SAWYER, C; MoCARTY,, P; PARKIN, G.** 2000. Química para ingeniería ambiental. Cuarta edición, McGRAW HILL. Bogotá,, CO. 713pp.
- [6] **T. HIGA. 1997.** Manual sobre el uso de los microorganismos eficaces (EM1) y EM BOKASHI en la agricultura natural. Fundación MokitiOkada, Centro de Pesquisas – Ipeuna. Brazil.45: 32-41.

1. REVISTAS

- [1] **Revista de Agua y Saneamiento:** Experiencia en el Perú. Lima. Octubre 2008.
- [2] **Revista del Comité de Agua y Saneamiento.** Lima, 26 (26).Abril 2008.
- [3] **Revista del FONAM – PERU.** Elaborado por el Fondo Nacional del Ambiente, Diciembre 2010.
- [4] **Revista de Sedapal.** Valores máximos admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales en el sistema de alcantarillado sanitario D.S. Nº 021-2009-Vivienda.

- [5] **Manual Práctico de Uso de EM-** Primera Edición. Julio de 2009, Editora BID.
- [6] **Revista de OEFA –** Organismo de Evaluación Y Fiscalización Ambiental. Primera Edición. Abril del 2011.

2. TESIS

- [1] **CARDONA GOMEZ JUANITA Y GARCIA GALINDO LUISA ALEJANDRA.** “evaluación del efecto de microorganismos eficaces sobre la calidad de un agua residual doméstica”, Universidad Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Carrera de Microbiología Industrial 2008, Bogotá.
- [2] **RAMIREZ MARTINEZ MAURICIO ANDRES.** “Tecnología de microorganismos efectivos (EM) aplicada a la agricultura y medio ambiente sostenible”, Universidad Industrial de Santander Escuela de Ingeniería Química 2006, Bucaramanga.
- [3] **ZAMBRANO ALCIVAR EDISON BIENVENIDO Y ZAMORA MENDOZA JOSE LUIS.** “Utilización de microorganismo eficientes en aguas residuales de la planta de procesamiento de almidón de yuca “LUISAN” CANUTO-CHONE-MANABI”, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de MANABI MANUEL FELIX LOPEZ 2012, México.

3. LINKOGRAFIA

- <https://es.scribd.com/doc/23172627/aguas-domesticas>
- <http://cdigital.udem.edu.co/TESIS/CD-ROM65652011/08.Capitulo2.pdf>
- http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/hammeken_a_a_m/capitulo2.pdf
- <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6087/5/CAPITULO%202.pdf>
- <http://mie.esab.upc.es/arr/T18E.htm>
- <http://www.sedapal.com.pe>

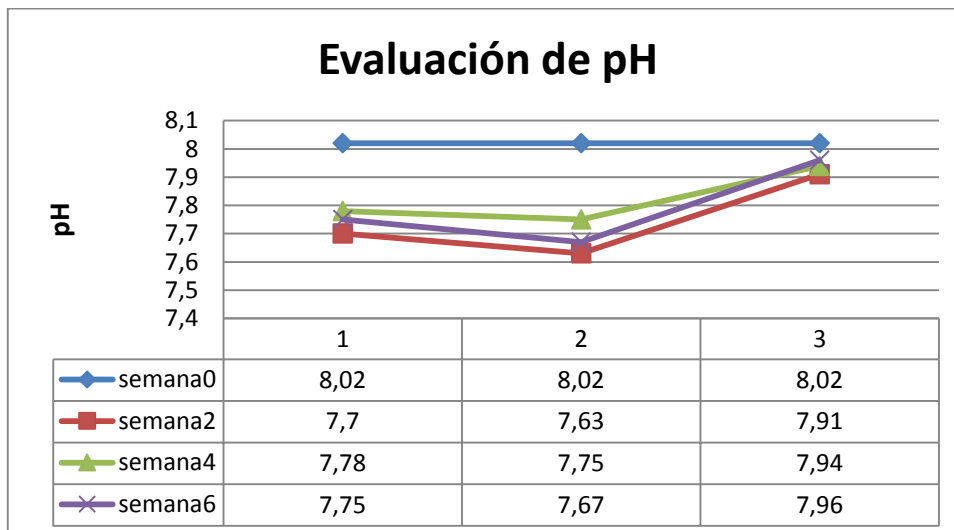
- http://www.emuruguay.org/PDF/Microorganismos_Eficaces_EM_Presentacion_breve.pdf
- <https://es.scribd.com/doc/234783480/Microorganismos-Beneficos-y-Efectivos-Teruo-Higa>
- <https://es.scribd.com/doc/140322815/Aguas-Residuales>
- http://cybertesis.unac.edu.pe/bitstream/unac/210/1/baca_nm.pdf
- <https://es.scribd.com/doc/109976684/Aguas-Residuales>
- http://tecnologiaem.com/pdf/ficha_agua.pdf
- <http://www.sedapal.com.pe/recomendaciones>
- <http://mie.esab.upc.es/arr/T18E.htm>
- <http://cdam.minam.gob.pe/publielectro/calidad%20ambiental/normasrecursoagua.pdf>
- <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan2/01163/01163-I-01.pdf>
- www.ecotecnologias.com.ve
- <http://www.analizacalidad.com/aguas.pdf>
- www.aguamarket.com
- www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/DeLaLaveSepOct02.pdf
- <http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/handle/123456789/1085#descarga>
- http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/marchand_p_e/tesis_completo.pdf
- http://eris.ingenieria.usac.edu.gt/tesis_eris/is/IS_0264.pdf
- http://eris.ingenieria.usac.edu.gt/tesis_eris/is/IS_0262.pdf
- <http://tesis.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/55/1/GestionProcesosDescontaminacion.pdf>
- http://www.em-la.com/archivos-deusuario/base_datos/estabilizacion_lodos_septicos.pdf
- <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis204.pdf>
- <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1039/1/T3265.pdf>

APÉNDICE

APÉNDICE 1

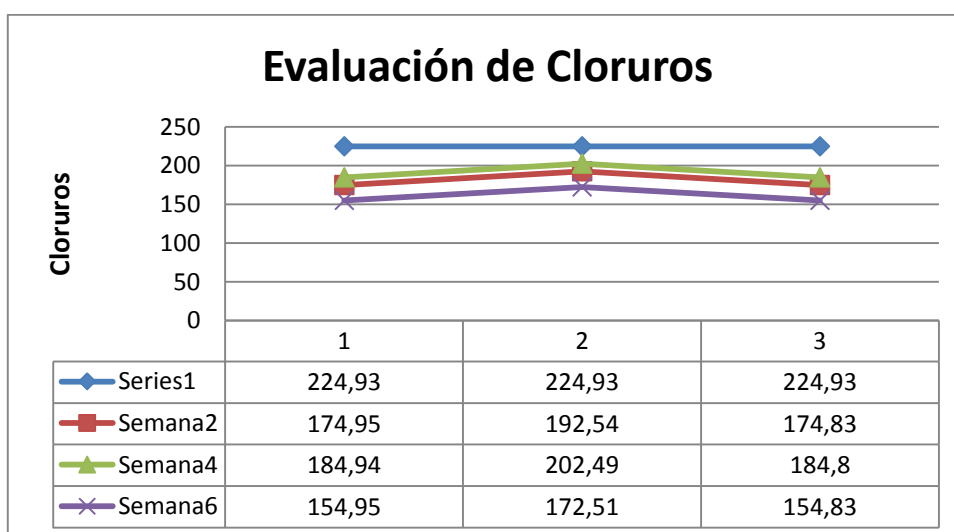
- Gráficas de evaluación de Parámetro del agua residual domestica tratada con microorganismos eficaces

Grafica A. Evaluación de PH del Agua Residual Doméstica



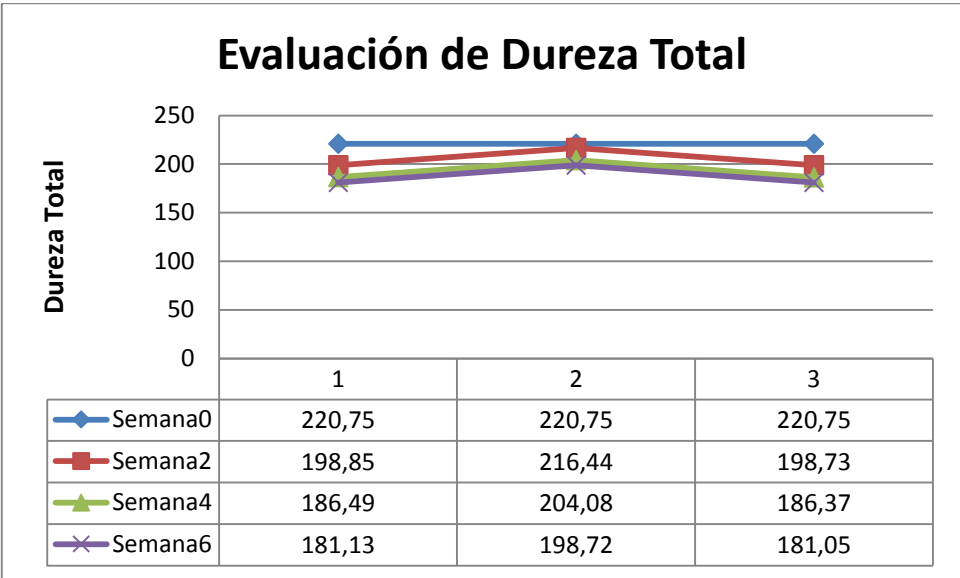
Fuente: Los Autores

Grafica B. Evaluación de cloruros del Agua Residual Doméstica



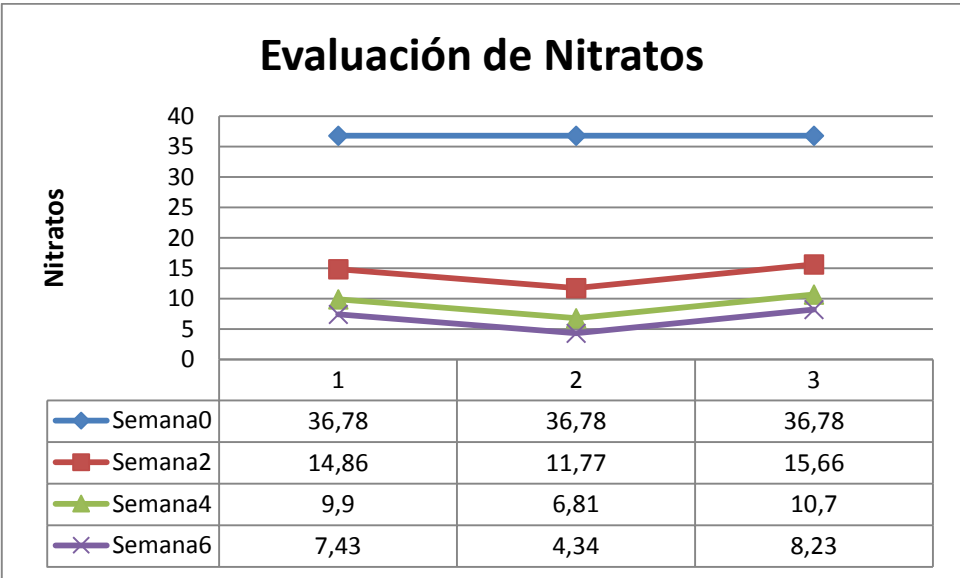
Fuente: Los Autores

Grafica C. Evaluación de la dureza total del Agua Residual Doméstica



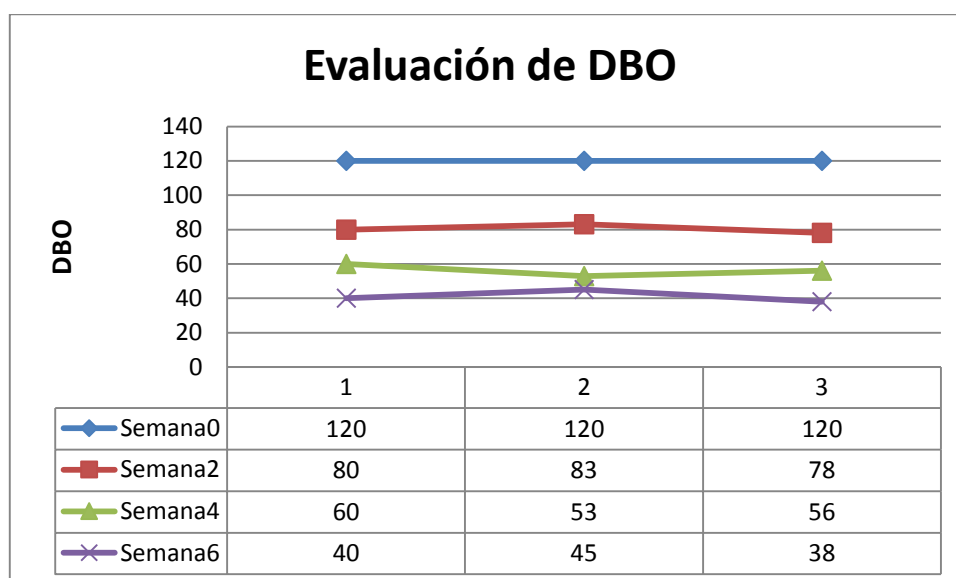
Fuente: Los Autores

Grafica D. Evaluación de nitratos del Agua Residual Doméstica



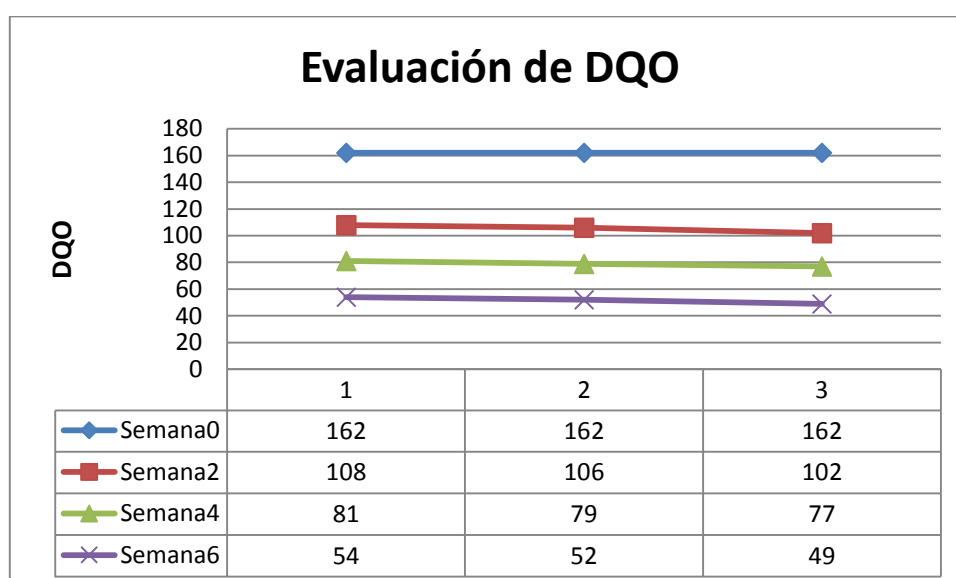
Fuente: Los Autores

Grafica E. Evaluación de DBO del Agua Residual Doméstica



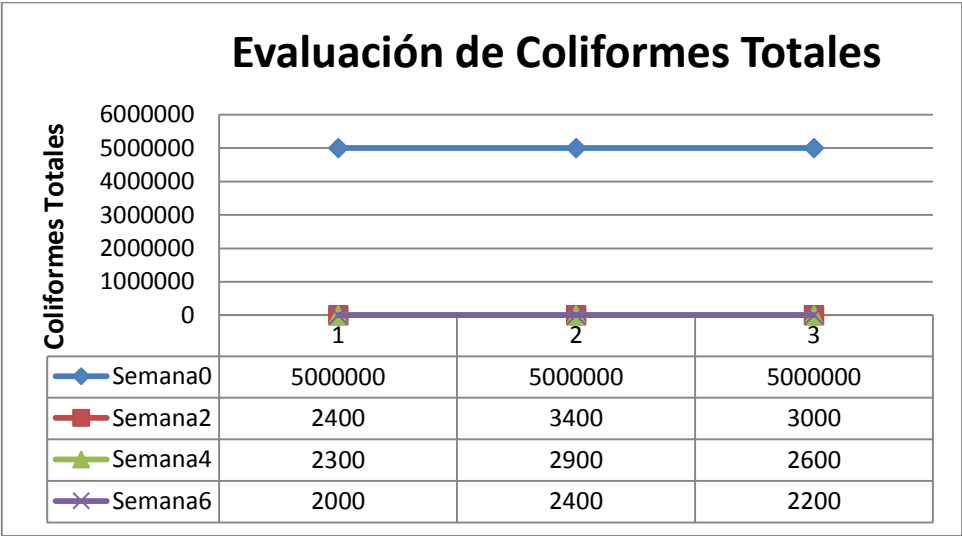
Fuente: Los Autores

Grafica F. Evaluación de DQO del agua Residual Doméstica



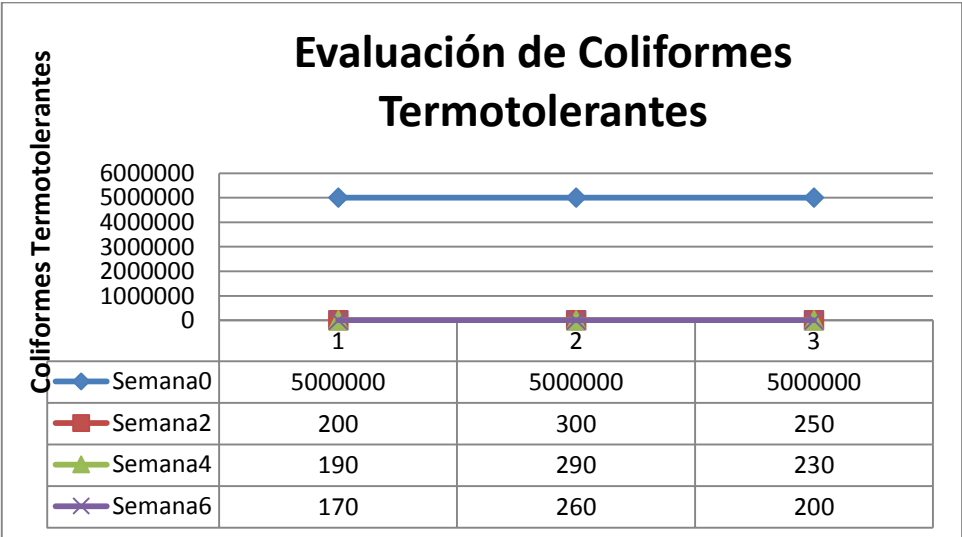
Fuente: Los Autores

Grafica G. Evaluación de coliformes totales del agua residual Doméstica



Fuente: Los Autores

Grafica H. Evaluación de coliformes totales termotolerantes del Agua Residual Doméstica



Fuente: Los Autores

APÉNDICE 2

VALORES ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS Y ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CADA PARÁMETRO

➤ INFLUENCIA DEL EM® EN EL ARD CON RESPECTO AL PH DEL AGUA

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO

Tabla A. Valores estadísticos descriptivos: de la influencia del EM® en el ARD con respecto al pH del Agua

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación típica</i>	<i>Error típico</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Semana 0	4.000	8.020	0.000	0.000	8.020	8.020
Semana 2	4.000	7.747	0.146	0.084	7.630	7.910
Semana 4	4.000	7.823	0.102	0.059	7.750	7.940
Semana 6	4.000	7.793	0.150	0.086	7.670	7.960
Total	16.000	7.846	0.147	0.057	7.630	8.020

Fuente: Tabla 3.1

ANÁLISIS DE VARIANZA

Tabla B. Análisis de varianza de la influencia del EM® en el ARD con respecto al pH del Agua

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>gl</i>	<i>media cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>
Entre grupos	0.130	3.000	0.043	3.211	0.083
Dentro de los grupos	0.108	8.000	0.014		
Total	0.238	11.000			

Fuente: Tabla A

Con una significancia del 95%, nos arroja un valor de $p=0.083$, esto significa que no existe diferencia entre los promedios de PH de acuerdo a los ensayos realizados; esto quiere decir que la dosis de EM® adicionado al ARD no afectan el valor del PH del ARD analizada.

➤ **INFLUENCIA DEL EM® EN EL ARD CON RESPECTO A CLORUROS DEL AGUA**

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO

Tabla C. Valores estadísticos descriptivos: de la influencia del EM® en el ARD con respecto a Cloruros del Agua

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación típica</i>	<i>Error típico</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Semana 0	4.000	224.930	0.000	0.000	224.930	224.930
Semana 2	4.000	180.773	10.190	5.883	174.830	192.540
Semana 4	4.000	190.743	10.173	5.873	184.800	202.490
Semana 6	4.000	160.763	10.173	5.873	154.830	172.510
Total	16.000	189.303	25.401	4.408	154.830	224.930

Fuente: Tabla 3.2

ANÁLISIS DE VARIANZA

Tabla D. Análisis de varianza de la influencia del EM® en el ARD con respecto a Cloruros del Agua

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>gl</i>	<i>media cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>
Entre grupos	6475,876	3,000	2158,625	27,779	0,000
Dentro de los grupos	621,658	8,000	77,707		
Total	7097,535	11,000			

Fuente: Tabla C

Con una significancia del 95%, nos arroja un valor de $p < 0.05$, por lo tanto si existe diferencia entre los promedios de cloruros de acuerdo a los ensayos realizados; esto quiere decir que la dosis de EM® adicionado al ARD tiene una influencia significativa sobre la concentración de cloruros del ARD analizada.

➤ **INFLUENCIA DEL EM® EN EL ARD CON RESPECTO A LA DUREZA TOTAL DEL AGUA**

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO

Tabla E. Valores estadísticos descriptivos: de la influencia del EM® en el ARD con respecto a la Dureza Total del Agua

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación típica</i>	<i>Error típico</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Semana 0	4.000	220.750	0.000	0.000	220.750	220.750
Semana 2	4.000	204.673	10.190	5.883	198.730	216.440
Semana 4	4.000	192.313	10.190	5.883	186.370	204.080
Semana 6	4.000	186.967	10.179	5.877	181.050	198.720
Total	16.000	201.176	15.521	4.411	181.050	220.750

Fuente: Tabla 3.3

ANÁLISIS DE VARIANZA

Tabla F. Análisis de varianza de la influencia del EM® en el ARD con respecto a la Dureza Total del Agua

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>gl</i>	<i>media cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>
Entre grupos	2027,474	3,000	675,825	8,684	0,007
Dentro de los grupos	622,592	8,000	77,824		
Total	2650,067	11,000			

Fuente: Tabla E

Con una significancia del 95%, nos arroja un valor de $p < 0.05$, por lo tanto si existe diferencia entre los promedios de dureza total de acuerdo a los ensayos realizados; esto quiere decir que la dosis de EM® adicionado al ARD tiene una influencia significativa sobre la concentración de la dureza total del ARD analizada.

➤ **INFLUENCIA DEL EM® EN EL ARD CON RESPECTO A NITRATOS DEL AGUA**

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO

Tabla G. Valores estadísticos descriptivos: de la influencia del EM® en el ARD con respecto a Nitratos del Agua

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación típica</i>	<i>Error típico</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Semana 0	4.000	36.780	0.000	0.000	36.780	36.780
Semana 2	4.000	14.097	2.054	1.186	11.770	15.660
Semana 4	4.000	9.137	2.054	1.186	6.810	10.700
Semana 6	4.000	6.667	2.054	1.186	4.340	8.230
Total	16.000	16.670	12.537	0.890	4.340	36.780

Fuente: Tabla 3.4

ANÁLISIS DE VARIANZA

Tabla H. Análisis de varianza de la influencia del EM® en el ARD con respecto a Nitratos del Agua

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>gl</i>	<i>media cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>
Entre grupos	1703,556	3,000	567,852	179,415	0,000
Dentro de los grupos	25,320	8,000	3,165		
Total	1728,876	11,000			

Fuente: Tabla G

Con una significancia del 95%, nos arroja un valor de $p < 0.05$, por lo tanto si existe diferencia entre los promedios de Nitratos de acuerdo a los ensayos realizados; esto quiere decir que la dosis de EM® adicionado al ARD tiene una influencia significativa sobre la concentración de Nitratos del ARD analizada.

➤ **INFLUENCIA DEL EM® EN EL ARD CON RESPECTO AL DBO DEL AGUA**

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO

Tabla I. Valores estadísticos descriptivos: de la influencia del EM® en el ARD con respecto al DBO del Agua

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación típica</i>	<i>Error típico</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Semana 0	4.000	120.000	0.000	0.000	120.000	120.000
Semana 2	4.000	80.333	2.517	1.453	78.000	83.000
Semana 4	4.000	56.333	3.512	2.028	53.000	60.000
Semana 6	4.000	41.000	3.606	2.082	38.000	45.000
Total	16.000	74.417	31.237	1.391	38.000	120.000

Fuente: Tabla 3.5

ANÁLISIS DE VARIANZA

Tabla J. Análisis de varianza de la influencia del EM® en el ARD con respecto al DBO del Agua

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>gl</i>	<i>media cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>
Entre grupos	10669,583	3,000	3556,528	449,246	0,000
Dentro de los grupos	63,333	8,000	7,917		
Total	10732,917	11,000			

Fuente: Tabla I

Con una significancia del 95%, nos arroja un valor de $p < 0.05$, por lo tanto si existe diferencia entre los promedios del DBO de acuerdo a los ensayos realizados; esto quiere decir que la dosis de EM® adicionado al ARD tiene una influencia significativa sobre la concentración del DBO del ARD analizada.

➤ **INFLUENCIA DEL EM® EN EL ARD CON RESPECTO AL DQO DEL AGUA**

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO

Tabla K. Valores estadísticos descriptivos: de la influencia del EM® en el ARD con respecto al DQO del Agua

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación típica</i>	<i>Error típico</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Semana 0	4.000	162.000	0.000	0.000	162.000	162.000
Semana 2	4.000	105.333	3.055	1.764	102.000	108.000
Semana 4	4.000	79.000	2.000	1.155	77.000	81.000
Semana 6	4.000	51.667	2.517	1.453	49.000	54.000
Total	16.000	99.500	42.624	1.093	49.000	162.000

Fuente: Tabla 3.6

ANÁLISIS DE VARIANZA

Tabla L. Análisis de varianza de la influencia del EM® en el ARD con respecto al DQO del Agua

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>gl</i>	<i>media cuadratica</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>
Entre grupos	19945,667	3,000	6648,556	1352,249	0,000
Dentro de los grupos	39,333	8,000	4,917		
Total	19985,000	11,000			

Fuente: Tabla K

Con una significancia del 95%, nos arroja un valor de $p < 0.05$, por lo tanto si existe diferencia entre los promedios del DQO de acuerdo a los ensayos realizados; esto quiere decir que la dosis de EM® adicionado al ARD tiene una influencia significativa sobre la concentración del DQO del ARD analizada.

APÉNDICE 3

- **Datos adicionales del análisis físico, químico y microbiológico del agua residual domestico**

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

1. ANÁLISIS DE PH

✓ **Objetivo**

Determinación potenciométrica del pH del agua con un pHmetro equipado con electrodo de vidrio.

✓ **Material**

- Electrodo combinado de vidrio específico para determinaciones de pH
- Frasco lavador
- pH metro
- vasos de pírex de 50 ml

✓ **Metodología**

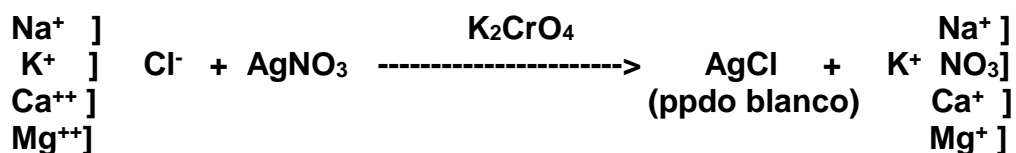
- Después de lavar el electrodo con agua destilada y secarlo, sumergirlo en el ARD.
- Situar el cursor “temperatura” en la posición correspondiente a la temperatura del ARD.
- Situar el selector en posición pH. Una vez estabilizada, la lectura indica el pH del problema. Finalizada la lectura, retornar el selector a 0.
- El pH indica el carácter más ácido o más alcalino de un agua.

2. ANALISIS DE CLORUROS

✓ Principios

Para analizar los cloruros, la muestra, a un pH neutro o ligeramente alcalino, se titula con nitrato de plata (AgNO_3), usando como indicador cromato de potasio (K_2CrO_4).

El cloruro de plata AgCl , precipita cuantitativamente primero, al terminarse los cloruros, el AgNO_3 reacciona con el K_2CrO_4 formando un precipitado rojo ladrillo de Ag_2CrO_4 .



- ✓ El pH óptimo para llevar a cabo el análisis de cloruros es de 7.0 a 8.3, ya que cuando tenemos valores de pH mayores a 8.3, el ión Ag^+ precipita en forma de $\text{Ag}(\text{OH})$; cuando la muestra tiene un pH menor que 7.0, el Cromato de potasio se oxida a Dicromato, afectando el viraje del indicador.

✓ Interferencias

- Las interferencias más comunes son el: color y el pH.
- El pH se ajusta en el intervalo de 7.0 a 8.3.
- Si existen bromuros y yoduros, éstos son titulados junto con los cloruros ocasionando resultados falsos.

✓ **Procedimiento**

- Colocar 5 ml. de la muestra de ARD en un matraz erlenmeyer de 125 ml.
- Ajustar el PH entre 7.0 a 8.3 se añaden:
- 2 gotas de Na_2CO_3 0.1 N.
- 2 gotas de fenolftaleína (0.25 %), tiene que producirse un color rosa.
- Se añaden las gotas de H_2SO_4 0.1 N necesarias hasta que vire a incoloro.
- Agregar 3 gotas K_2CrO_4 al 5 %.
- Titular con AgNO_3 0.01 N hasta el vire de amarillo a rojo ladrillo.

✓ **Cálculos**

$$\text{mg/l de Cl} = \frac{V * N * 1000}{\text{ml de muestra}}$$

Dónde:

V = ml de AgNO_3

N = Normalidad del AgNO_3

3. ANÁLISIS DE DUREZA TOTAL

✓ **Generalidades**

La dureza es una característica química del agua que está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio.

La dureza es indeseable en algunos procesos, tales como el lavado doméstico e industrial, provocando que se consuma más jabón, al producirse sales insolubles.

Grandes cantidades de dureza son indeseables por razones antes expuestas y debe ser removida antes de que el agua tenga uso apropiado para las industrias de bebidas, lavanderías, acabados metálicos, teñido y textiles. La dureza es caracterizada comúnmente por el contenido de calcio y magnesio y expresada como carbonato de calcio equivalente.

Interpretación de la Dureza:

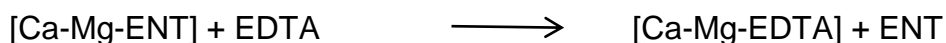
Dureza como CaCO_3	Interpretación
0-75	Agua suave
5-150	Agua poco dura
150-300	Agua dura
>300	Agua muy dura

✓ Principio

Este método está basado en la cuantificación de los iones calcio y magnesio por titulación con el EDTA y su posterior conversión a Dureza Total expresada como CaCO_3 .

La muestra de agua que contiene los iones calcio y magnesio se le añade el buffer de PH 10, posteriormente, se le agrega el indicador eriocromo negro T(ENT), que hace que se forme un complejo de color púrpura, enseguida se procede a titular con EDTA (Sal disódica) hasta la aparición de un color azul.

Reacciones:



✓ **Interferencias**

En la tabla se encuentran la lista de la mayor parte de las sustancias que interfieren. Sí existen más de una sustancia interferentes, los límites dados en la tabla pueden variar. La turbidez se elimina por filtración.

<u>Interferencias</u>	<u>Con. máx. sin interferir</u>
Aluminio-----	20 ppm
Cadmio-----	*
Cobalto-----	100 ppm
Cobre-----	50 ppm
Fierro(+3)-----	50 ppm
Fierro (+2)-----	50 ppm
Plomo-----	*
Manganeso-----	1 ppm
Níquel-----	100 ppm
Zinc-----	*
Polifosfatos-----	10 ppm

* Si están presentes son titulados como dureza.

✓ **Procedimiento**

- Colocar 50 ml de la muestra de ARD en un matraz erlenmayer de 250 ml
- Agregar 5 gotas de buffer PH 10
- Añadir 3 gotas de eriocromo negro T
- Titular con EDTA (sal disódica) 0.01 N
- Vire de púrpura a azul

✓ **Cálculos**

$$\text{mg/l CaCO}_3 = \frac{V * 1000}{\text{ml de la muestra}}$$

Dónde:

V = ml gastados de EDTA

N = Normalidad del EDTA

50 ml de muestra

Cálculos para Dureza Total: Expresada como ppm de CaCO_3

4. ANÁLISIS DE NITRATOS**✓ Objetivo**

Determinar la cantidad de nitratos en las muestras de ARD.

✓ Generalidades

La determinación del ión nitrato en agua es importante para evaluar el grado de contaminación. La eficiencia de un proceso de purificación de agua se puede juzgar por la cantidad de ión nitrato en agua.

✓ Metodología

Si las muestras contienen sólidos suspendidos o la turbiedad es mayor que 1UNT se debe filtrar, preferentemente a través de filtros de membrana de 0.5μ o usar carbón activado.

Tomar 10 ml de muestra de ARD, adicionar 0.6 ml de brucina para nitratos y agitar vigorosamente y dejar reposar por 1 hora .si hay presencia de nitratos tomara un color rojizo o rosado de lo contrario permanecerá incolora.

✓ Procedimiento

Se prepararon las soluciones:

- Solución de 0.8 g de ácido sulfanílico en 28 ml de ácido acético glacial y se diluyó la solución en 100 ml de agua.
- Solución de 0.5 g de 1 naftilamina en 28 ml de ácido acético glacial y se diluyó la solución a 100 ml con agua.
- Se disolvió 14 g de acetato de sodio trihidratado en agua y se diluyó a 50 ml.

- Se pesó con exactitud 0.494 g de nitrato de sodio grado reactivo, disolvimos la sal en agua y se diluyó a un litro en un matraz. Pipeteamos 10 ml de esta solución en otro matraz de 1 litro y diluimos hasta la marca.
- Esta solución contiene 0.0010 mg de nitrógeno/ml.
- En 6 tubos de ensayo pipeteamos 0, 1, 2, 3, 4y 5, ml de solución estándar de nitrato.
- Preparamos otros dos matraces, uno para el blanco y el otro para el ARD.
- En uno de estos matraces pipeteamos una alícuota de la muestra de ARD.
- Luego se ajustó el volumen de cada matraz a 50 ml con agua destilada.
- Se añadió a cada matraz 1 ml de solución de ácido sulfanílico y se dejó reposar durante 5 minutos.
- Después se adicionó a cada matraz un ml de solución de 1 naftilamina y 1 ml de acetato de sodio.
- Por último diluimos cada solución hasta la marca.
- Utilizando el blanco como referencia y cualquiera de las soluciones de nitrato que se preparó, medimos la absorbancia a una longitud de onda de 520nm.
- Graficamos Absorbancia Contra Longitud de onda y unimos los puntos para formar una curva.
- Usando esa longitud de onda, medimos la absorbancia de cada una de las soluciones estándar y de la muestra desconocida.

5. ANÁLISIS DE DBO

✓ Fundamento

Esta prueba determina los requerimientos relativos de oxígeno de aguas residuales, efluentes y aguas contaminadas, para su degradación biológica. Expresa el grado de contaminación de un agua residual por materia orgánica degradable por oxidación biológica.

✓ **Principios del proceso.**

El agua residual contiene una cierta flora bacteriana, que tras un tiempo de incubación, actúa degradando la materia orgánica contenida en el agua residual. Si cierta cantidad del agua a analizar se introduce en un recipiente, y éste se cierra herméticamente, se crea un sistema que contiene el agua a analizar, con su flora bacteriana y aire, el cual contiene un 21% de oxígeno. En un tiempo determinado, los microorganismos consumen todo o parte del oxígeno contenido en el sistema al degradar la materia orgánica, liberando una cierta cantidad de anhídrido carbónico gaseoso. Suponiendo que se inhibe la nitrificación y que se retira del sistema el CO_2 gaseoso producido, la depresión que se registra en el sistema se deberá exclusivamente al descenso de la presión parcial del oxígeno, como consecuencia del consumo de oxígeno en la oxidación biológica de la materia orgánica. A continuación se describe la determinación de DBO con un periodo de incubación de cinco días (DBO_5) en biómetros diseñados a tal efecto (WTW- Oxitop). Estos biómetros están dotados de tapones con dispositivos de lectura de la presión parcial de los frascos. La captación del CO_2 gaseoso producido se efectúa por reacción con OHNa , que ha de disponerse al comienzo del ensayo en una cápsula diseñada a tal efecto, en el sistema.

✓ **Reactivos.**

- Disolución de alliltiurea: Disolver 5 g de alliltiurea reactivo en un litro de agua destilada. Esta disolución se utilizará como inhibidor de la nitrificación.
- Sosa cáustica (OHNa) en perlas^{6.4}.

✓ **Procedimiento.**

- Se introduce una varilla agitadora (imán) en el interior del biómetro.

- Se añade el inhibidor de la nitrificación en una proporción equivalente a 20 gotas de la disolución de alliltiourea por litro de muestra.
- Se ponen dos perlitas de OHNa en la cápsula diseñada a tal efecto.
- Se añade un volumen de muestra determinado en el biómetro. El volumen a utilizar depende del rango de DBO esperado, y está especificado en las instrucciones de uso del biómetro.
- Se coloca la cápsula conteniendo OHNa sobre la parte superior del biómetro, una vez que la muestra esté estable y no se observen burbujas de aire.
- Se cierra el biómetro con el correspondiente tapón-registrador, y se pone la lectura a cero.
- Se introduce el biómetro en cámara a 25°C y se enciende el agitador magnético. Se mantiene agitación suave constante durante todo el ensayo.
- Se realiza la lectura a los cinco días, siguiendo el procedimiento de lectura de la casa fabricante del biómetro. La DBO₅ final del agua analizada, expresada en mg de O₂ por litro de muestra, será la lectura obtenida en el biómetro multiplicada por el factor de dilución del ensayo. La correspondencia: factor de dilución a volumen de muestra introducido en el biómetro se indica en las instrucciones de uso del biómetro.

6. ANÁLISIS DE DQO.

✓ Fundamento.

La demanda química de oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno consumido por las materias existentes en el agua, que son oxidables en condiciones operatorias definidas. La medida corresponde a una estimación de las materias oxidables presentes en el agua, ya sea su origen orgánico o inorgánico. La determinación de DQO debe realizarse rápidamente después de la toma de muestras, para evitar la oxidación natural.

En caso contrario, la muestra podría conservarse un cierto tiempo si se acidifica con ácido sulfúrico hasta $\text{pH} = 2-3$. Sin embargo, esta opción deja de ser fiable en presencia de cloruros.

✓ **Principio del método del Dicromato Potásico.**

En condiciones definidas, ciertas materias contenidas en el agua se oxidan con un exceso de dicromato potásico, en medio ácido y en presencia de sulfato de plata y de sulfato de mercurio. El exceso de dicromato potásico se valora con sulfato de hierro y amonio.

✓ **Reactivos.**

- Sulfato de mercurio (Hg_2SO_4), para evitar interferencias de los haluros.
- Dicromato potásico ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 0,25 N: Disolver 12,2588 g de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ previamente secado 24h en estufa a 105°C , en 1 litro de agua destilada.
- Solución de sulfato de plata en ácido sulfúrico: Disolver 5 g de Ag_2SO_4 en 540 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado (densidad 1.84).
- Solución de sulfato de hierro y amonio 0,25 N $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ o SAL DE MOHR: Disolver 98,04 g de $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada. Añadir 20 ml de H_2SO_4 concentrado, enfriar y enrasar a 1 litro con agua destilada. La solución debe estandarizarse diariamente, para determinar exactamente su normalidad, frente a la solución de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0.25N.
- Indicador de DQO o solución de ferroína: Disolver 1,485 g de 1,10 fenantrolina ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \times \text{H}_2\text{O}$) y 0,695 g de sulfato de hierro heptahidrato en agua destilada, y llevar a volumen de 100 ml.
- Valoración de la sal de MOHR: Diluir en un matraz erlenmeyer de 100 ml de capacidad, 10 ml de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,25 N con agua destilada, hasta aproximadamente 100 ml. Añadir 30 ml de ácido

sulfúrico concentrado y enfriar. Añadir unas 5 gotas del indicador ferroína y valorar hasta viraje a rojo violáceo con sal de MOHR.

✓ **Cálculos:**

$$f = [\text{Volumen de Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2 \text{ 0.25 N utilizado} \times 0.25] / \text{Volumen de sal de MOHR consumido en la valoración.}$$

✓ **Procedimiento**

- Se enciende la placa calefactora.
- Se pesan 0.44 g de HgSO_4 en matraz para reflujo de 100 ml. La cantidad propuesta de HgSO_4 es suficiente en la mayoría de los casos, para eliminar las posibles interferencias por Cl en la muestra.
- Se colocan unas bolitas de vidrio en el matraz para favorecer la ebullición.
- Se añaden 20 ml de muestra.
- Se añaden lentamente 30 ml de la solución de sulfato de plata en ácido sulfúrico, con una pipeta de vertido, mezclando bien para disolver el HgSO_4 , y enfriar.
- Se añaden 12.5 ml de solución de dicromato potásico 0.25 N y se mezclan bien todos los productos añadidos.
- Sobre el matraz se dispone el elemento refrigerante (condensador del reflujo), y se somete a reflujo durante 2 hr.
- El conjunto se deja enfriar; el condensador del reflujo se lava con agua destilada, y después se separa el matraz del refrigerante.
- La muestra oxidada se diluye hasta 75 ml con agua destilada y se deja enfriar hasta temperatura ambiente.
- Se añaden unas 5 gotas del indicador ferroína.
- Se procede a valorar el exceso de dicromato con la sal de Mohr. El punto final de análisis se toma cuando el color varía bruscamente de azul verdoso a pardo rojizo. Este método resulta eficaz para muestras que tengan una DQO entre 50 y 800 mg/l. Para niveles

superiores diluir el agua problema y para contenidos menores aplicar otro método.

✓ **Cálculos**

DQO (mg de oxígeno/litro) = $[(A-B) \times N \times 8000] / \text{Volumen (ml) de muestra.}$

A= Volumen (ml) de sal de Mohr gastado en el blanco.

B= Volumen (ml) de sal de Mohr gastado en la muestra. N= Normalidad de la sal

7. ANÁLISIS DE COLIFORMES TOTALES

✓ **Conteo de bacterias coliformes**

- Tener a disposición 3 tubos de prueba estériles, y en cada uno de ellos colocar 9 ml de agua estéril mediante una pipeta de 5 ml estéril y cerca al mechero de gas.
- Tener a disposición la muestra de ARD cerca al mechero de gas, coger 1 ml de agua y trasvasarlo a primer tubo mezclar y homogenizar de esta forma estamos consiguiendo la dilución 10^{-1} .
- De la dilución 10^{-1} y cerca al mechero de gas trasvasar 1 ml al segundo tubo mezclar y homogenizar de esta forma estamos consiguiendo la dilución 10^{-2} .
- De la dilución 10^{-2} y cerca al mechero de gas transvasar 1 ml al segundo tubo mezclar y homogenizar de esta forma estamos consiguiendo la dilución 10^{-3} .
- Tomar 9 tubos y colocarle una campana de Durham (parte de arriba de la ampollas) y agregarle caldo brila.
- Tomar tres tubos y agregarle 1 ml del tubo 10^{-1} , así lo mismo con 3 tubos más, agregar 1 ml del tubo 10^{-2} y finalmente agregar del tubo 10^{-3} 1 ml más a otros tres tubos. (Llevarlos a la incubadora)

✓ **Muestra lectura resulta:**

- Utilizando la tabla del número más probable (MNP) de microorganismos por 100ml.
- Muestra lectura es:

Esta lectura nos indica que el resultado del análisis resulto positivo de bacterias coliformes indicando en el MNP .Teniendo una densidad poblacional bacteriana total de Gérmenes/ml.

ANEXOS

ANEXO 1: FOTOGRAFÍAS DE LA PARTE EXPERIMENTAL

✓ *Recolección de muestra y adición de EM®*



✓ *Determinación de PH*



✓ ***Determinación de cloruros***



✓ ***Determinación de dureza total***



✓ ***Determinación de nitratos***



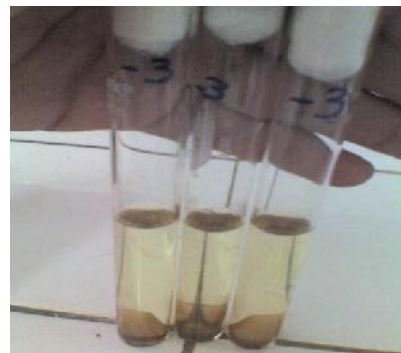
✓ **Determinación de DBO**



✓ **Determinación de DQO**



✓ **Determinación de Coliformes Totales**



ANEXO 2: HOJA DE SEGURIDAD DE EM®



Hoja de Seguridad

Nombre del producto:	Microorganismos Eficaces™
Especificaciones del producto	
Clasificación: Producto único o mezcla de productos	Producto único
Composición:	Material orgánico fermentado
Composición de microorganismos:	Bacterias acidolácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras
Clasificación de peligrosidad o daños	
Nombre de la clasificación:	No aplica
Peligrosidad:	No es inflamable
Daño:	No
Efectos al ambiente:	Ninguno
Medidas de emergencia	
En caso de contacto con los ojos:	Lavar con agua limpia
En caso de contacto con la piel:	Lavar con agua limpia
En caso de ser absorbido:	No hay necesidad de asistencia/En caso de sentirse mal, buscar asistencia médica
En caso de ser ingerido:	No hay necesidad de asistencia/En caso de sentirse mal, buscar asistencia médica
Medidas en caso de incendio	
Alejar de la fuente de incendio:	Seguir medidas generales
Medidas en caso de derrame	
Para cantidades pequeñas:	Limpiar con un paño
Para grandes cantidades:	Lavar con agua
Medidas para manejo del producto y almacenamiento	
Manejo:	Evitar manejo brusco como caídas o golpes. Evitar derrames. No acercar directamente a la membrana mucosa.
Almacenamiento:	No congelar Evitar luz solar
Datos físicos y químicos	
Vista general:	Líquido amarillo - marrón claro
Gravedad:	1
Densidad:	1
pH:	3.3
Solidificación:	0° C
Información de peligrosidad	
Inflamable:	No
Estabilidad y reacción:	Estable con manejo adecuado
Nota en caso de abandono	
En caso de abandono eliminar a través del sistema de alcantarado con tanque séptico	
Nota para transporte	
Igual que manejo	
Otros	Contacto: http://www.em-la.com/

ANEXO 3: COMO HACER MICROORGANISMOS EFICIENTES



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA
DIRECCIÓN REGIONAL CENTRAL OCCIDENTAL



Cómo hacer microorganismos eficientes?

Ing. Juan Carlos Moya,
Coordinador de Producción Sostenible regional
Central Occidental, MAG

Los microorganismos eficientes, como inoculante microbiano, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementando la producción de los cultivos y su protección; además conserva los recursos naturales, generando una agricultura sostenible.



Microorganismos actuando naturalmente en el suelo de montaña.

Efectos benéficos:

Efectos en las condiciones físicas del suelo: mejora la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua. De esta manera se disminuye la frecuencia de riego, tornando los suelos capaces de absorber 24 veces más las aguas lluvias, evitando la erosión, por el arrastre de las partículas.

Efectos en la microbiología del suelo: suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo por competencia. Incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen.



En una pítanga de 20 litros se ponen 1 litro de suero de leche y agua de lluvia.

Receta:

- 1 litro de leche
- 2 litros de melaza.
- 100 grs. de levadura.

Se mezcla todo y se deja reposar 10-15 días en un recipiente tapado con una tela y asegurado con un hule, con el fin de que salgan los gases y no entren las moscas.

Algunos recomiendan para potencializar los microorganismos benéficos, ponerle un puñado de tierra de la capa superficial y orgánica de suelo de un ecosistema natural donde no haya habido intervención (suelo de montaña) y se sumerge en la solución en una media panty de mujer, como si fuera una bolsa de té.

Después de pasado ese tiempo se debe colar, para luego usar.

- Dosis agrícolas: un litro por bomba de 15 litros.
- Dosis como abono foliar: 1 cc en un litro de agua cada 15 días.
- Dosis en el hogar en inodoros: 20 cc cada 15 días.
- Dosis en el hogar para desagüe y pilas: 20 cc en un litro de agua cada 15 días.

Para mayor información puede comunicarse con el Ing. Juan Carlos Moya, al teléfono 2446-8880 de el ASA del MAG en San Ramón.

CONTACTO: Ing. Ricardo Goyenaga C. / Correo Electrónico: rgoyenagac@gmail.com
Dirección: ASA Heredia, costado oeste estadio Eladio Rosabal Cordero / Telefax 2237-6997.

ANEXO 4: MARCO LEGAL DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN EL PERÚ

Cuadro 5. Marco Legal y Normativo

Constitución Política del Perú	31/10/1993	Base del ordenamiento jurídico nacional.
Ley de Reforma sobre Descentralización	Ley N° 27680	Las municipalidades promueven, apoyan y reglamentan la participación vecinal en el desarrollo local.
Ley General de Salud	Ley N° 26842	El abastecimiento del agua, alcantarillado, disposición de excretas, reuso de aguas servidas y disposición de residuos sólidos quedan sujetos a las disposiciones que dicta la Autoridad de Salud competente, la que vigilará su cumplimiento.
Ley General del Ambiente	Ley N° 28611	El estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de reutilización considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria de reuso, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizan.
Aprueban los ECA para Agua	Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM	Aprueban estándares de calidad ambiental para agua publicado en el Diario El Peruano el 31 de Junio de 2008.
Aprueban disposiciones para la implementación de los ECAs para Agua	Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM	Aprueban disposiciones para la implementación de los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para agua. A partir del 01 de Abril del 2010.
Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR Domésticas o Municipales	Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM	Cumplimiento de los límites máximos permisibles de PTAR. (Ver cuadro 4)
Ley Marco para la Inversión Privada	D.L. N° 757	Garantiza la libre iniciativa y las inversiones privadas en todos los sectores de la actividad económica y en cualquiera de las formas empresariales o contractuales permitidas por la Constitución y las Leyes.
Ley Orgánica de Gobiernos Regionales	Ley N° 27902	Regula la participación de los Alcaldes Provinciales y la Sociedad Civil en los Gobiernos Regionales y fortalecer el proceso de Descentralización y Regionalización
Ley de Creación, Organización y Funciones del MINAM	D.L. N° 1013	Crea el Ministerio del Ambiente y establece su ámbito sectorial, y regula la estructura orgánica, competencias y funciones del mismo.
Ley Orgánica de Municipalidades	Ley N° 27972	Establece normas sobre la creación, origen, naturaleza, autonomía, organización, finalidad, tipos, competencias, clasificación y régimen económico de las municipalidades.
Ley del Procedimiento Administrativo General	Ley N° 27444	Regula las actuaciones de la función administrativa del Estado y el procedimiento administrativo común desarrollados en las entidades.
Ley de Recursos Hídricos	Ley N° 29338 (2009)	Regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta.

Resolución Jefatural N°0291-2009-ANA	R.J. N° 0291-2009-ANA	Disposiciones referidas al otorgamiento de autorizaciones de vertimientos y de reusos de aguas residuales tratadas.
Resolución Jefatural N°0351-2009-ANA	R.J. N° 0351-2009-ANA	Modifican R.J. N° 0291-2009-ANA referente al otorgamiento de autorizaciones de vertimientos y reusos de aguas residuales tratadas.
Aprobación del TUPA del MINSA y sus Órganos Desconcentrados	Decreto Supremo N° 013-2009-SA	Unifica y estandariza los procedimientos administrativos que se siguen antes las distintas instancias del MINSA, sus órganos desconcentrados y organismos públicos descentralizados.
Ley del Sistema Nacional de evaluación del impacto ambiental	Ley N° 27446	Creación del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA) y establecimiento de un proceso uniforme que comprenda los requerimientos, etapas, y alcances de las evaluaciones del impacto ambiental de proyectos de inversión.
Ley General de Servicios de Saneamiento y su Texto único ordenado del Reglamento	Ley N° 26338	Regula la prestación de los servicios de saneamiento en los ámbitos rural y urbano.
Código Penal	D. Leg. N° 635 (03-04-91)	Concreta los postulados de la moderna política criminal, sentando la premisa que el Derecho Penal es la garantía para la viabilidad posible en un ordenamiento social y democrático de derecho.
Norma procesal penal ambiental	Ley N° 26631	Para efecto de formalizar denuncia de la legislación ambiental.

Fuente: Elaborado por FONAM, 2010.

Cuadro N° 6 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
DBO	mg/L	100
DQO	mg/L	200
pH	Unidad	6.5 – 8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	< 35

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM

**ANEXO 5: DECRETO DE APROBACIÓN DE LÍMITES PERMISIBLES
PARA EL AGUA RESIDUAL DOMESTICA TRATADA**

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 d) 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 Permisible 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 3º.- 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 4º.- 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.

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	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

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

RESOLUCIÓN MINISTERIAL Nº 036-2010-MINAM

Lima, 16 de marzo de 2010

CONSIDERANDO:

Que, mediante Decreto Legislativo Nº 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 Nº 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 2º de la Constitución Política del Perú;

Que, el artículo 3º 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 5º de la mencionada Ley, las Entidades Públicas deben identificar al funcionario responsable de la elaboración de los Portales de Internet;

Que, mediante Resolución Ministerial Nº 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 Secretaría 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

ANEXO 6: ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Sub Categoría A. Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

Entiéndase como aquellas aguas, que por sus características de calidad reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

(...)

Sub Categoría B. Aguas superficiales destinadas para recreación

Son las aguas superficiales destinadas al uso recreativo, que en la zona costera marina comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea y que en las aguas continentales su amplitud es definida por la autoridad competente

(...)

Categoría 2: Actividades de Extracción y Cultivo Marino Costeras y Continentales

Sub Categoría C1. Extracción y cultivo de moluscos bivalvos en aguas marino costeras

(...)

Sub Categoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras

(...)

Sub Categoría C3. Otras Actividades en aguas marino costeras

Entiéndase a las aguas destinadas para actividades diferentes a las precisadas en las subcategorías C1 y C2, tales como infraestructura marina portuaria, de actividades industriales y de servicios de saneamiento.

Sub Categoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas

Entiéndase a los cuerpos de agua destinadas a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales

Subcategoría D1: Vegetales de Tallo Bajo y Alto.

Entiéndase como aguas utilizadas para el riego de plantas, frecuentemente de porte herbáceo y de poca longitud de tallo (tallo bajo), tales como plantas de ajo, lechuga, fresa, col, repollo, apio, arvejas y similares) y de plantas de porte arbustivo o arbóreo (tallo alto), tales como árboles forestales, frutales, entre otros.

Sub Categoría D2: Bebida de Animales.

(...)

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Están referidos a aquellos cuerpos de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento y que cuyas características requieren ser protegidas.

(...).

Sub Categoría E1: Lagunas y Lagos

Comprenden todas las aguas que no presentan corriente continua, de origen y estado natural y léntico incluyendo humedales.

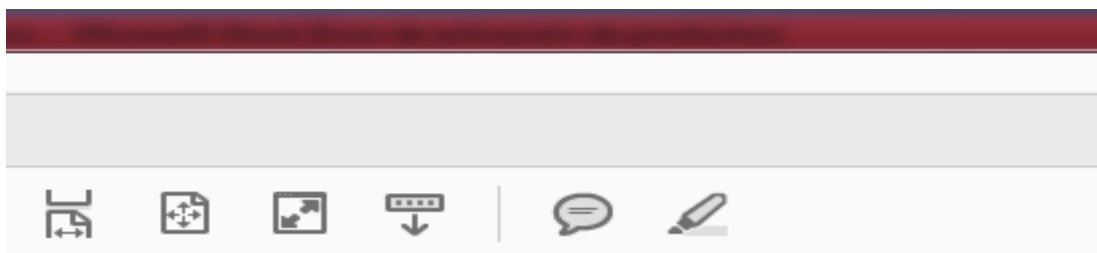
Sub Categoría E2: Ríos

(...).

Sub Categoría E3: Ecosistemas Marino Costeros

(...)

Marino.- Entiéndase como zona del mar comprendida desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional."



Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los diecinueve días del mes de diciembre del año dos mil quince.

OLLANTA HUMALA TASSO
Presidente de la República

JUAN MANUEL BENITES RAMOS
Ministro de Agricultura y Riego

MANUEL PULGAR-VIDAL OTALORA
Ministro del Ambiente

ROSA MARÍA ORTIZ RÍOS
Ministra de Energía y Minas

ANÍBAL VELÁSQUEZ VALDIVIA
Ministro de Salud

TABLA N° 01.- PARÁMETROS Y VALORES CONSOLIDADOS.

CATEGORÍA 1 - A

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado

FÍSICOS - QUÍMICOS

Aceites y grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Unidad de Color verdadero escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de origen antropogénico.		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de Material Flotante de origen antrópico	Ausencia de Material Flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ ⁻)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (Valor Mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5

ORGÁNICOS				
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
Hidrocarburos de petróleo emulsionado o disuelto (C10 - C28 y mayores a C28)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	(c)	1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodichlorometano	mg/L	0,06	**	**
<u>Compuestos Orgánicos Volátiles</u>				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado
Triclorometano	mg/L	0,07	0,07	**
<u>BTEX</u>				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
<u>Hidrocarburos Aromáticos</u>				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
<u>Organofosforados:</u>				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
<u>Organoclorados</u>				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
DDT	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	Retirado
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
<u>Carbamatos:</u>				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
<u>Policloruros Bifenilos Totales</u>				
PCB's	mg/L	0,0005	0,0005	**

MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	50	5 000	50 000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Microcistina-LR</i>	mg/L	0,001	0,001	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos, en todos sus estadios evolutivos) (d)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

- (a) 100 (Para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)
- (b) Después de la filtración simple
- (c) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodiclorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula: