

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**Capacidad de remoción de enteroparásitos de dos  
sistemas de tratamiento biológico de aguas residuales  
domésticas. Ayacucho, 2017 – 2018.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
BIÓLOGO, EN LA ESPECIALIDAD DE MICROBIOLOGÍA**

**Presentado por el:  
Bach. HUAMAN BENDAÑO, Michael**

**AYACUCHO – PERÚ  
2020**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**  
**Bach. Michael HUAMÁN BENDAÑO**  
**R.D. Nº. 071-2020-UNSCHE-FCB-D**

A los nueve días del mes de octubre del año dos mil veinte, siendo las seis de la tarde, se reunieron a través de la plataforma virtual Google Meet, los docentes miembros del jurado calificador conformado por: Dr. Saturnino Martín Tenorio Bautista (Presidente); Dr. Víctor Luís Cárdenas López (Miembro-jurado); Blgo. César Justo Rodolfo Vargas (Miembro-jurado); Dr. Saúl Alonso Chuchón Martínez (Miembro-asesor), Mg. María Ruth Navarro Torres (miembro-4<sup>to</sup> jurado), actuando como secretario docente el Mg. Walter Wilfredo Ochoa Yupanqui, para recepcionar la sustentación de tesis titulada: **“Capacidad de remoción de enteroparásitos de dos sistemas de tratamiento biológico de aguas domésticas. Ayacucho-2017”**, presentado por el Bach. Michael Huamán Bendaño; previa verificación de la documentación exigida, el presidente autorizó el inicio del acto académico precisando que el sustentante dispone de cuarenticinco minutos, conforme lo establece el reglamento de grados y títulos de la Facultad de Ciencias Biológicas. Finalizada la sustentación, el presidente invitó a los miembros del jurado a participar con observaciones, aclaraciones y preguntas relacionadas al tema; el asesor se comprometió cumplir con las correcciones y sugerencias realizadas. Concluida esta etapa, el presidente invitó al sustentante y a los asistentes abandonar la sala virtual a fin de proceder a la deliberación y calificación correspondiente. El jurado ha tomado el acuerdo de modificar el título a: **“Capacidad de remoción de enteroparásitos de dos sistemas de tratamiento biológico de aguas domésticas, Ayacucho 2017-2018”**, seguidamente procedieron a la calificación, alcanzando los siguientes resultados:

MIEMBROS DEL JURADO EVALUADOR	EXPOSICIÓN	RESPUESTA A PREGUNTAS	PROMEDIO
Dr. Víctor Luis Cárdenas López	18	18	18
Blgo. César Justo Rodolfo Vargas	17	17	17
Dr. Saúl Alonso Chuchón Martínez	18	18	18
Mg. María Ruth Navarro Torres	18	17	18
		<b>PROMEDIO</b>	<b>18</b>

El sustentante alcanzó el promedio de 18 (dieciocho) aprobatorio. Acto seguido, el presidente invitó al sustentante y publico reingresar a la sala virtual para dar a conocer el resultado de la evaluación; finalizando el presente acto académico siendo las ocho de la noche, firmando al pie del presente en señal de conformidad.



Dr. Saturnino Martín Tenorio Bautista  
Presidente



Dr. Víctor Luis Cárdenas López  
Miembro – Jurado



Blgo. César Justo Rodolfo Vargas  
Miembro - Jurado



Dr. Saúl Alonso Chuchón Martínez  
Miembro - Asesor



Mg. María Ruth Navarro Torres  
Miembro – Cuarto jurado



Mg. Walter Wilfredo Ochoa Yupanqui  
Secretario - Docente



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA


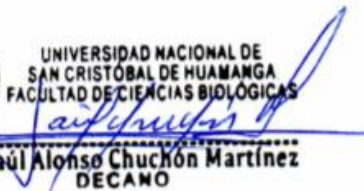
DECANATURA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS N° 014-  
2021-FCB-D

Yo, SAÚL ALONSO CHUCHÓN MARTÍNEZ, Decano de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **“Capacidad de remoción de enteroparásitos de dos sistemas de tratamiento biológico de aguas residuales domésticas. Ayacucho, 2017 – 2018”**, presentado por el Bach. MICHAEL HUAMÁN BENDAÑO; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 24%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-C.

En tal sentido, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se acompaña el INFORME FINAL DE TURNITIN correspondiente.

Ayacucho, 02 de julio del 2021.

  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
  
Dr. Saúl Alonso Chuchón Martínez  
DECANO

# Capacidad de remoción de enteroparásitos de dos sistemas de tratamiento biológico de aguas residuales domésticas. Ayacucho, 2017 – 2018

*por* Michael Huaman Bendaño

---

**Fecha de entrega:** 02-jul-2021 06:36a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1614916136

**Nombre del archivo:** A\_huam\_n\_benda\_o\_michael\_pregrado-2021\_TURNITIN.docx (571.49K)

**Total de palabras:** 13718

**Total de caracteres:** 73060

# Capacidad de remoción de enteroparásitos de dos sistemas de tratamiento biológico de aguas residuales domésticas.

Ayacucho, 2017 – 2018

## INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	7%
2	<a href="http://www.sunass.gob.pe">www.sunass.gob.pe</a> Fuente de Internet	4%
3	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	3%
4	<a href="http://parasitosishumanas-keii.blogspot.com">parasitosishumanas-keii.blogspot.com</a> Fuente de Internet	3%
5	<a href="http://www.scielo.br">www.scielo.br</a> Fuente de Internet	2%
6	<a href="http://dokumen.site">dokumen.site</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://www.iproga.org.pe">www.iproga.org.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	1%

9	<a href="http://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
10	<a href="http://www.scielo.org.pe">www.scielo.org.pe</a> Fuente de Internet	1 %
11	<a href="http://www.sedaayacucho.pe">www.sedaayacucho.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://bvsper.paho.org">bvsper.paho.org</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://www.unsch.edu.pe">www.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://idoc.pub">idoc.pub</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Para mis padres, mis hijos y mi esposa

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, *Alma mater*, por acogerme en sus aulas durante mi formación profesional y haberme forjado académica y humanísticamente, generando en mi un espíritu de superación.

A todos los profesores de la Escuela Profesional de Biología, por compartir sus conocimientos, enseñanzas y transmitirme los valores y el optimismo en el transcurso de mi formación profesional.

Al Dr. Saúl Alonso Chuchón Martínez, por sus enseñanzas, apoyo, asesoramiento y paciencia en el desarrollo de la presente tesis.

Al Mg. Rilder Nemesio Gastelú Quispe, por su apoyo incondicional en el desarrollo de la presente investigación.

A los Blgos. César Anaya Huarcaya y Rudecindo Huincho Rodríguez, profesionales que laboran en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “La Totorá” del SEDA, por las facilidades brindadas.



## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xvii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Marco conceptual	10
2.2.1. Prevalencia de enteroparasitosis en el Perú	10
2.2.2. Transmisión de enteroparásitos	10
2.2.3. Descripción de los principales helmintos de la región Ayacucho	11
2.2.4. Planta de tratamiento de aguas residuales la Totora	16
2.2.5. Descripción de los principales componentes de la PTAR La Totora	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. Tipo de investigación	21
3.2. Ubicación de zona de estudio	21
3.3. Población	21
3.4. Muestra	21
3.4.1. Puntos de muestreo	21
3.4.2. Frecuencia de muestreo, cantidad y volúmenes de muestras	22
3.5. Procedimiento de muestreo	22
3.6. Determinación de enteroparásitos	23
3.7. Protocolo del método de Bailenger modificado	23
3.8. Proceso de cálculo del número de enteroparásitos	24
3.9. Identificación de géneros y/o especies de enteroparásitos	25
3.10. Capacidad de remoción	25
IV. RESULTADOS	27
V. DISCUSIÓN	43
VI. CONCLUSIONES	53
VII. RECOMENDACIONES	55
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS	61

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tamaño del sistema de lagunas de la PTAR La Totora.	20
Tabla 2. Número y porcentaje de enteroparásitos observados en aguas afluentes y efluentes de los filtros percoladores de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totora. Ayacucho, 2017-2018.	29
Tabla 3. Número y porcentaje de enteroparásitos observados en aguas afluentes y efluentes de las lagunas facultativas de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totora. Ayacucho, 2017-2018.	30
Tabla 4. Número y porcentaje de enteroparásitos observados en aguas afluentes y efluentes de los filtros percoladores y las lagunas facultativas de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totora. Ayacucho, 2017-2018.	31
Tabla 5. Volumen de muestra, sedimento y sedimento observado al microscopio y número de enteroparásitos en aguas afluentes y efluentes de filtros percoladores de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totora. Ayacucho, 2017-2018.	32
Tabla 6. Volumen de muestra, sedimento y sedimento observado al microscopio y número de enteroparásitos en aguas afluentes y efluentes de lagunas facultativas de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totora. Ayacucho, 2017-2018.	33
Tabla 7. Número promedio de enteroparásitos, de los diez muestreos, en aguas afluentes y efluentes de los filtros percoladores de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totora. Ayacucho, 2017-2018.	34
Tabla 8. Número promedio de enteroparásitos de los diez muestreos, en aguas afluentes y efluentes de las lagunas facultativas de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totora. Ayacucho, 2017-2018.	35
Tabla 9. Porcentaje de remoción de enteroparásitos, en los diez muestreos, de los filtros percoladores de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totora. Ayacucho, 2017-2018.	38

Tabla 10.	Porcentaje de remoción de enteroparásitos, en los diez muestreos, de las lagunas facultativas de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totorá. Ayacucho, 2017-2018.	39
Tabla 11.	Valores transformados del porcentaje de remoción de enteroparásitos, en los diez muestreos, de los filtros percoladores y de las lagunas facultativas de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totorá. Ayacucho, 2017-2018.	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Esquema de los procesos unitarios en la PTAR Totorá.	17
Figura 2. Número promedio de enteroparásitos en aguas afluentes y efluentes de los filtros percoladores de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totorá. Ayacucho, 2017-2018.	36
Figura 3. Número promedio de enteroparásitos en aguas afluentes y efluentes de las lagunas facultativas de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totorá. Ayacucho, 2017-2018.	37
Figura 4. Porcentaje del promedio de remoción de enteroparásitos de los filtros percoladores y lagunas facultativas de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totorá. Ayacucho, 2017-2018.	40
Figura 5. Caja de porcentaje de remoción de enteroparásitos, obtenido mediante la prueba de T, en los diez muestreos, de los filtros percoladores y de las lagunas facultativas de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totorá. Ayacucho, 2017-2018.	42

## ÍNDICE DE ANEXOS

		Pág.
Anexo 1.	Número de enteroparásitos cuantificados en 20 µL de aguas residuales afluentes y efluentes, del muestreo 1, de los filtros percoladores de la PTAR La Totora – Ayacucho, 2017 -2018.	63
Anexo 2.	Número de enteroparásitos cuantificados en 20 µL de aguas residuales afluentes y efluentes, del muestreo 2, de los filtros percoladores de la PTAR La Totora – Ayacucho, 2017 – 2018.	64
Anexo 3.	Número de enteroparásitos cuantificados en 20 µL de aguas residuales afluentes y efluentes, del muestreo 3, de los filtros percoladores de la PTAR La Totora – Ayacucho, 2017 – 2018.	65
Anexo 4.	Número de enteroparásitos cuantificados en 20 µL de aguas residuales afluentes y efluentes, del muestreo 4, de los filtros percoladores de la PTAR La Totora – Ayacucho, 2017 – 2018.	66
Anexo 5.	Número de enteroparásitos cuantificados en 20 µL de aguas residuales afluentes y efluentes, del muestreo 5, de los filtros percoladores de la PTAR La Totora – Ayacucho, 2017 -2018.	67
Anexo 6.	Número de enteroparásitos cuantificados en 20 µL de aguas residuales afluentes y efluentes, del muestreo 6, de los filtros percoladores de la PTAR La Totora – Ayacucho, 2017 – 2018.	68
Anexo 7.	Número de enteroparásitos cuantificados en 20 µL de aguas residuales afluentes y efluentes, del muestreo 7, de los filtros percoladores de la PTAR La Totora – Ayacucho, 2017 – 2018.	69
Anexo 8.	Número de enteroparásitos cuantificados en 20 µL de aguas residuales afluentes y efluentes, del muestreo 8, de los filtros percoladores de la PTAR La Totora – Ayacucho, 2017 – 2018.	70
Anexo 9.	Número de enteroparásitos cuantificados en 20 µL de	71

	aguas residuales afluentes y efluentes, del muestreo 9, de los filtros percoladores de la PTAR La Totora – Ayacucho, 2017 – 2018.	
Anexo 10.	Número de enteroparásitos cuantificados en 20 µL de aguas residuales afluentes y efluentes, del muestreo 10, de los filtros percoladores de la PTAR La Totora – Ayacucho, 2017 – 2018.	72
Anexo 11.	Prueba T de datos modificados del porcentaje de remoción de enteroparásitos, en los diez muestreos, de los filtros percoladores y de las lagunas facultativas de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totora. Ayacucho, 2017-2018.	73
Anexo 12.	Metodología de Bailenger modificado para la identificación y cuantificación de enteroparásitos en aguas afluentes y efluentes de los filtros percoladores y lagunas facultativas de la PTAR La Totora – Ayacucho.	74
Anexo 13.	Fotografía de tesista y asesor en demostración de proceso de decantación de muestra de agua residual procedente de la PTAR “La Totora”. Ayacucho, 2017-2018.	75
Anexo 14.	Fotografía de tubos con muestra procesada mostrando las 3 fases luego de su centrifugación para el conteo de enteroparásitos en muestras de agua residual procedente de la PTAR La Totora”. Ayacucho, 2017-2018.	76
Anexo 15.	Microfotografía de huevo de <i>Hymenolepis sp.</i> (40X), en muestra de agua residual procedente de la PTAR La Totora. Ayacucho, 2017 – 2018.	77
Anexo 16.	Microfotografía de larva de <i>Strongyloides sp.</i> (40X), en muestra de agua residual procedente de la PTAR La Totora. Ayacucho, 2017 – 2018.	78
Anexo 17.	Microfotografía de huevo de <i>Trichuris sp.</i> (40X), en muestra de agua residual procedente de la PTAR La Totora. Ayacucho, 2017 – 2018.	79
Anexo 18.	Microfotografía de huevo de <i>Uncinaria</i> (40X), en muestra de agua residual procedente de la PTAR La Totora. Ayacucho, 2017 – 2018.	80

Anexo 19.	Microfotografía de quiste de <i>Giardia lamblia</i> (40X), en muestra de agua residual procedente de la PTAR La Totora. Ayacucho, 2017 – 2018.	81
Anexo 20.	Fotografía de tesista en proceso de muestreo de agua afluyente de filtro percolador de la PTAR La Totora. Ayacucho, 2017 – 2018.	82
Anexo 21.	Fotografía de tesista en proceso de muestreo de agua efluente de filtro percolador de la PTAR La Totora. Ayacucho, 2017 – 2018.	83
Anexo 22.	Fotografía de tesista en proceso de muestreo de agua efluente de filtro percolador de la PTAR La Totora. Ayacucho, 2017 – 2018.	84
Anexo 23.	Clasificación taxonómica de helmintos enteroparásitos identificados en aguas residuales en proceso de tratamiento en la PTAR La Totora. Ayacucho, 2017 – 2018.	85
Anexo 24.	Clasificación taxonómica de protozoarios enteroparásitos identificados en aguas residuales en proceso de tratamiento en la PTAR La Totora. Ayacucho, 2017 – 2018.	86
Anexo 25.	Matriz de consistencia.	87

## RESUMEN

El objetivo general fue evaluar la capacidad de remoción de enteroparásitos de dos sistemas de tratamiento biológico de aguas residuales domésticas. Ayacucho, 2017 – 2018; y como objetivos específicos: evaluar la capacidad de remoción de enteroparásitos del sistema de tratamiento biológico por lagunas facultativas y filtros percoladores de aguas residuales domésticas; y, determinar cuál de los dos procesos de tratamiento biológico de aguas residuales domésticas es más eficiente en la remoción de los mismos. La muestra estuvo constituida por dos litros de agua residual en los afluentes y de tres litros en los efluentes, de los sistemas de tratamiento biológico (filtros percoladores y lagunas facultativas) existentes en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales La Totora de la ciudad de Ayacucho, las que se obtuvieron cada 15 días entre los meses de junio a octubre de 2017 y febrero a junio de 2018. Muestreo probabilístico simple; los muestreos, en la primera etapa correspondientes a los filtros percoladores, fueron realizados cada 15 días, a partir del mes de junio hasta octubre de 2017 (10 muestreos); los muestreos, en la segunda etapa correspondientes a las lagunas facultativas, fueron realizados cada 15 días, a partir del mes de febrero hasta junio de 2018 (10 muestreos). En cada muestreo se obtuvieron 8 muestras provenientes de los siguientes: una muestra afluente de filtros percoladores y cuatro de sus efluentes, una muestra afluente de las lagunas facultativas y dos de sus efluentes. Considerando que se realizaron 10 muestreos, en total fueron sometidas a estudio 80 muestras de aguas residuales. Para la determinación de los géneros y/o especies y cuantificación de huevos, quistes y larvas de enteroparásitos se siguió el protocolo establecido en el método de Bailenger modificado por Bouhoum y Shawartzbrod (1989) y validado por Rachel M, Ayres y D. Ducan Mara<sup>29</sup>. Los resultados obtenidos fueron: La capacidad de remoción de huevos, quistes y larvas de formas parasitarias de los filtros percoladores fue del 70,27%; en promedio global, sus efluentes contienen 328,79/L de enteroparásitos; la capacidad de remoción de huevos, quistes y larvas de formas parasitarias de las lagunas facultativas fue del 97,66%; en promedio global, sus efluentes contienen 28,49/L de enteroparásitos; y, las lagunas facultativas de la planta de tratamiento de aguas residuales “La Totora” tienen mayor capacidad de remoción en comparación a los filtros percoladores, logrando remover un 27,39% más de huevos, quistes y larvas de formas parasitarias.

**Palabras clave:** Enteroparásitos, remoción, aguas residuales, filtros percoladores, lagunas facultativas.



## I. INTRODUCCIÓN

El incremento de instalaciones de conducción y tratamiento de desagües y residuos sólidos en los centros urbanos generan grandes volúmenes de aguas residuales domésticas y desechos sólidos que, si son sometidos a tratamientos adecuados, pueden ser reutilizadas en diversas actividades del hombre, evitándose así la contaminación del ecosistema y disminuyendo la propagación de enfermedades infecciosas<sup>1</sup>.

La degradación del agua es crítica en varias regiones del país y se debe principalmente a la contaminación por desagües municipales que dañan los diversos cuerpos de agua receptores. Esto genera la proliferación de enfermedades y el deterioro, muchas veces, irreversible del ambiente<sup>2</sup>.

El hombre para afrontar la problemática del deterioro del agua con desagües domésticos somete a su purificación en plantas de tratamiento de aguas residuales, utilizando diversos procesos unitarios biológicos, que buscan remover sus contaminantes, entre ellos a los enteroparásitos, así proteger al cuerpo receptor que casi en todas las realidades son utilizadas con diversos fines pero principalmente para irrigación<sup>3</sup>.

El riego de plantas con agua residual sin haber sido sometido a un tratamiento adecuado podría causar problemas de salud pública, debido principalmente a que estas suelen contener altas cantidades de bacterias, virus y parásitos, muchas de ellas patógenas<sup>3,4</sup>. La presencia de enteroparásitos se convierte en un problema de salud pública si se usan el agua residual en diversas actividades humanas<sup>5</sup>.

En los monitoreos rutinarios del tratamiento de aguas residuales se consideran principalmente parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, dejando de lado a los enteroparásitos, por lo que, en la mayor parte de plantas de tratamiento de aguas residuales en el mundo, en nuestro país y en la región no se hacen estos

estudios, desconociéndose la capacidad de eliminación o remoción de estos organismos patógenos que alcanzan los diversos componentes de una planta de purificación.

Por las consideraciones indicadas en líneas arriba, en la presente investigación, se ha considerado como:

**Objetivo general**

Evaluar la capacidad de remoción de formas parasitarias de dos sistemas de tratamiento biológico de aguas residuales domésticas. Ayacucho, 2017 – 2018.

**Objetivos específicos**

1. Evaluar la capacidad de remoción de formas parasitarias por lagunas facultativas de aguas residuales domésticas.
2. Evaluar la capacidad de remoción de formas parasitarias por filtros percoladores de aguas residuales domésticas.
3. Determinar cuál de los dos procesos de tratamiento biológico de aguas residuales domésticas es más eficiente en la remoción de enteroparásitos.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

La mayor parte de los enteroparásitos se transmiten porque éstos están contaminando el medio ambiente, en esta problemática, el agua, el suelo y los alimentos tienen roles preponderantes. Si las materias fecales humanas no son dispuestas de forma adecuada, los huevos y quistes de los enteroparásitos quedan en el entorno de las habitaciones o llegan a cuerpos de agua o plantas cultivadas regadas con desagües<sup>3</sup>. Esta situación es tan grave que se ha calculado que el 4% de defunciones en todo nuestro planeta están relacionados al agua, aguas residuales y la limpieza e higiene<sup>5</sup>.

El tipo de proceso utilizado en la purificación de las aguas residuales determina el nivel sanitario del efluente y por lo que define también los posibles usos. Las tecnologías que actualmente son utilizadas en las plantas de tratamiento de aguas residuales existentes en el Perú son el resultado de una serie de combinaciones de diversos procesos de tratamiento. El 73% de las PTAR incluyen dentro de sus procesos unitarios, una laguna, desde una única laguna facultativa para tratamiento primario, hasta sistemas de dos o más lagunas facultativas secundarias que trabajan en serie, o sistemas combinados de lagunas anaerobias con facultativas y de tratamiento terciario, hasta combinaciones de lagunas facultativas con aireadas y de pulimento. El sistema más común es la combinación de lagunas facultativas, primarias y secundarias, que poseen el 48% de las PTAR que someten a purificación una cuarta parte del volumen de aguas residuales sometidas a tratamiento, seguido por lagunas primarias que alcanzan otros 28% de las PTARs y solamente purifica el 5% del volumen total nacional. A pesar que, el tratamiento por lodos activados representa solo el 5% de las PTARs, alcanza a procesar el 9% del volumen del agua sometida a tratamiento, es una tecnología que está siendo aplicada rápidamente principalmente centros urbanos de mayor densidad<sup>1</sup>.

El reuso sin control y en grandes volúmenes de aguas servidas sin tratamiento previo en la irrigación de cultivos está relacionado con las altas tasas de morbimortalidad causada por patologías como la gastroenteritis y la disentería. En la costa de nuestro país, Perú, se ha calculado que existe más de 4 000 hectáreas de suelos agrícolas irrigadas con desagües sin previo tratamiento, áreas de terreno cuya cantidad que puede llegar a 11 200 ha si se considera la utilización total de desagües evacuados por los centros urbanos ubicados en la costa del Perú<sup>7</sup>.

La ANA<sup>1</sup>. 2016, informa que la agricultura ha encontrado en los desagües una buena alternativa para disponer de agua y nutrientes, pero, este uso de estas aguas permite plantear interrogantes relacionados a los peligros y riesgos de eliminar y reusar aguas contaminadas. ¿Cuál es el grado que esta problemática está generando un impacto negativo en la salud humana y el entorno ambiental? ¿Se atiende el manejo de estos riesgos de forma correcta y oportuna? ¿Los agricultores, consumidores de las plantas irrigadas con estas aguas y las autoridades involucradas en este problema son conscientes de estos riesgos? De no ser así, ¿quiénes son los más perjudicados?

La ANA<sup>1</sup>. 2016, menciona que es notorio que cuando las aguas municipales se eliminan sin previo tratamiento a los cuerpos receptores, estos se contaminan con gran cantidad de microorganismos patógenos, generando un riesgo alto para la salud humana. El deficiente tratamiento de los residuos líquidos o desagües hace que las enfermedades gastroentéricas se propaguen, como por ejemplo las diarreas, la enterocolitis, la fiebre tifoidea, la fiebre paratifoidea, el cólera, la amebiasis, disenterías, giardiasis, la hepatitis infecciosa, entre otras.

La ANA<sup>1</sup>. 2016, indica que existe una relación directa entre los agentes patógenos presentes en los desagües utilizados en la irrigación de plantas comestibles con los casos de enfermedades entéricas predominantes en la población. Así se señalan a los protozoarios como *Entamoeba histolytica* (causante de amebiasis), *Giardia lamblia* (causante de giardiosis y gastroenteritis), *Cryptosporidium* (que provoca la criptosporidiosis), *Microsporidia* (que genera cuadros de diarrea); y entre los helmintos parásitos: *Ascaris lumbricoides* (causante de la Ascariosis), *Trichuris trichiura* (causante de Tricuriasis), *Ancylostoma sp.* (generador de infección por anquilostomas), *Strongyloides stercoralis* (que produce la Estrongiloidiasis) y la *Taenia sp.* (Teniasis).

Ortiz y col<sup>7</sup>., 2011; investigaron la prevalencia de huevos de helmintos en agua residual cruda, agua residual tratada y lodo, provenientes de un sistema de tratamiento del Municipio El Rosal, Colombia; para el estudio obtuvieron 30 muestras de aguas servidas y 10 muestras de lodos, en un lapso de 10 semanas. Las muestras fueron procesadas según el método BAILENGER, y la técnica descrita en la Norma Oficial Mexicana (NOM). Todas las muestras de aguas servidas crudas contenían huevos de helmintos enteroparásitos, hallándose mínimamente un huevo viable por 1000 ml de desagüe sometido a tratamiento en el 90% de muestras. En el 90% de las muestras de efluentes (aguas residuales previamente tratadas) se hallaron huevos, evidenciándose que el 70% de muestras presentaban por lo menos un huevo de helminto parásito viable. Todas las muestras de lodos sometidos a estudio presentaron helmintos, encontrándose al menos un huevo de helminto viable en el 100% de muestras. Los autores arribaron a la conclusión que el reuso de estas aguas en la irrigación de plantas de tallo corto y consumo crudo, y el uso de los lodos cloacales como material de abono agrícola, significan un alto riesgo para la salud pública. Los lodos solo deben ser usados para el abonamiento de plantas de tallo alto o no comestibles como las forestales<sup>7</sup>.

Jacobo y col<sup>8</sup>., 2014; en la investigación titulada “Monitoreo de huevos de helmintos en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en la Comarca Lagunera México”, señalan que las normas mexicanas y de otros países establecen los parámetros de calidad sanitaria que deben de cumplir este tipo de aguas para su uso en la agricultura, indicando que un parámetro biológico de gran importancia son la presencia de huevos de helmintos. En la Norma Oficial Mexicana (NOM-001- ECOL-1996) se establece que para el uso de estas aguas en la irrigación no restringida, el límite máximo es de un huevo de helminto/1000 ml y para la irrigación restringida de cinco huevos/1000 ml, respectivamente. La detección y numeración de los huevos y quistes de enteroparásitos en las muestras fue realizado por el método difásico de sedimentación y flotación en base al protocolo de Bailenger método recomendado por la OMS y oficializada por la NOM-001-ECOL-1996. Los enteroparásitos hallados mayoritariamente en las muestras analizadas fueron pertenecientes a los géneros de *Taenia* y *Ascaris*, en un 81,25% y 100% respectivamente; estos son helmintos parásitos intestinales, cestodos y nemátodos, respectivamente. Evidenciaron que el número de huevos es mayor en la planta de tratamiento III con un valor promedio

de 45 huevos/1000 mililitros, esta planta dispone de un tratamiento por lagunas de oxidación que tienen una capacidad de remoción eficiente de estos parásitos. Estos resultados evidencian que todas las muestras obtenidas de diversos puntos y en tiempos diferentes de estudio no cumplen con los parámetros definidos en las normas sanitarias mexicanas<sup>8</sup>.

Castro y col.<sup>9</sup>, 2008; investigaron la presencia de patógenos en desagües municipales en Obregón - México. Los investigadores midieron la cantidad de microorganismos indicadores de contaminación fecal y microorganismos patógenos emergentes, en muestras de aguas residuales sometidas a tratamiento como en muestras de aguas tomadas del canal, con la que se mezclan. Realizaron mezclas hipotéticas entre estos dos tipos de aguas con la intención de medir el impacto del mezclado relacionado con la cantidad de microorganismos. Los resultados evidenciaron altas cantidades de quistes de *Giardia* y ooquistes de *Cryptosporidium*<sup>9</sup>.

Calabuig y Ansola<sup>10</sup>, 2011; investigaron el uso de sistemas de humedales artificiales en la remoción de organismos patógenos en agua servida urbana y de actividad de crianza ganadera (Universidad León. España). Con el plan principal de calcular la eficiencia de eliminación de organismos patógenos, principalmente de *Giardia*, *Cryptosporidium*, helmintos, microorganismos indicadores de contaminación fecal y componentes físicoquímicos del agua residual doméstica mediante un humedal artificial plantado con *Iris pseudacorus* y *Salix atrocinerea*. Los estudios evidenciaron que el sistema remueve eficientemente los microorganismos de interés sanitario. Se estableció que hay diferencias significativas entre cantidad de organismos detectados durante las diferentes estaciones del año, además se evidenció que ocurre una disminución paulatina en zonas cercanas a la salida del sistema. El humedal demostró tener una capacidad eficiente de remoción de huevos de helmintos durante todo el año en las que se realizaron los estudios. La cantidad de quistes de *Giardia* y *Cryptosporidium* fue mínima, no observándose ninguno de ellos en muestras del efluente del sistema de tratamiento. Los huevos de helmintos hallados durante el estudio fueron menor de un huevo/10 L, y una ausencia total de estos en los efluentes del del humedal<sup>10</sup>.

Lenina y col<sup>11</sup>., 2014; realizaron una investigación referida a la importancia de la vigilancia sanitaria de los parásitos relacionados con el grado de contaminación del agua relacionado al uso (La Habana, Cuba). Manifiestan que dentro del

grupo de los patógenos los parásitos son de importancia especial porque se caracterizan por su alta resistencia al efecto adverso de factores ambientales, además, porque se encuentran relacionados con los altos niveles de morbi-mortalidad en la población de los países en vías de desarrollo, principalmente en la población infantil. La presencia de huevos de helmintos parásitos representa un riesgo alto para la salud pública, debido al uso del agua residual para riego o los biosólidos como abono en la agricultura. Algunos quistes de protozoarios, como por ejemplo los de *Giardia* y *Cryptosporidium* son difíciles de eliminar del agua de bebida, esto debido a su pequeñez y su resistencia a los principales desinfectantes usados<sup>11</sup>.

Polo<sup>12</sup>, 2014; realizó la investigación con el objetivo de evidenciar la presencia o ausencia (P/A) de formas parasitarias en los campos agrícolas dedicados a la producción hortalizas, principalmente de *Lactuca sativa* “lechuga” irrigadas con aguas contaminadas con desagües (San Juan de Pasto Nariño, Colombia). Demostró que el 95,25% de las muestras presentaban *Entamoeba sp.*, el 71,43 % presentaron ooquistes de *Isospora sp.*, el 61,90% con larvas de fase III de *Strongyloides stercoralis*, en el 28,57% con huevos de *Toxocara sp.*; y, el 4,76 % con quistes de *Eimeria sp.* Entre los factores evaluados, se demostró la existencia de una relación directa con el nivel de contaminación de las aguas de riego provenientes de acequia y el mal manejo de aguas servidas. Los quistes, huevos y larvas de enteroparásitos encontrados provienen de animales y humanos, que representan ser los principales reservorios, así como también otros están presentes en el ambiente<sup>12</sup>.

Valbuena y col.<sup>13</sup>, 2002. En la investigación titulada “Detección de helmintos intestinales y bacterias indicadoras de contaminación en aguas residuales, tratadas y no tratadas” señalan que la existencia de huevos de helmintos enteroparásitos en aguas contaminadas es el principal problema de salud pública, en particular al dar uso el agua residual doméstico. Los resultados demuestran que existen huevos de *Ascaris sp.* y *Ancylostomas* en todas las muestras de agua residual sin tratamiento analizadas. La existencia de estos huevos helmintos se explica porque en Venezuela, en particularmente en el Estado Zulia, fue demostrado que existe una alta tasa de prevalencia de parasitosis intestinal entre sus pobladores, considerados, por esa misma razón, como endémicos de esta jurisdicción<sup>15</sup>. Con respecto a la eliminación de los huevos de helmintos parásitos, en el caso *Ascaris sp.*, el porcentaje de remoción

o eliminación fue entre el 29 a 92,4%. La eliminación de los huevos de los *Ancylostomas* fue también variable, entre el 23 a 65,5%. Estos resultados dan muestra que el tratamiento por lagunas, durante el tiempo en que se realizó esta investigación, no se removió eficientemente estos contaminantes, debido a la alta variabilidad del número de organismos presentes<sup>13</sup>.

En la investigación titulada “Evaluación del comportamiento de dos pantanos artificiales instalados en serie con *Phragmites australis* para el tratamiento de aguas residuales domésticas” se informa que el porcentaje de eliminación de las formas parasitarias en el sistema de tratamiento fue del 62%. Se logró alcanzar una remoción, por etapas, de 51% en el pantano con movimiento horizontal y de 23% para el pantano de movimiento vertical<sup>2</sup>.

Pérez-Cordón y col.<sup>14</sup>, 2008. En el artículo publicado de la investigación titulada “Detección de parásitos intestinales en agua y alimentos de Trujillo, Perú”, informan que en el estudio de muestras de aguas subterráneas y acequias destinadas a riego de cultivos para consumo humano permitió evidenciar la presencia de los siguientes quistes de protozoos enteroparásitos: *Giardia lamblia*, *Entamoeba coli*, *Cyclospora cayetanensis*, *Blastocystis hominis*, *Cryptosporidium spp.* y *Balantidium coli*.

Villantoy<sup>15</sup>, 2008; desarrolló la investigación en el que determinó la capacidad de remoción de formas parasitarias de la PTAR “Ichpico” ubicada en Huanta – Ayacucho - Perú. En la investigación fueron sometidos a análisis 40 muestras de agua residual, en las que se detectaron y cuantificaron las formas parasitarias, mediante el método protocolizado y modificado por Bailenger. Las formas parasitarias identificadas pertenecientes al grupo de protozoos fueron: *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolytica*, *Balantidium coli*, *Entamoeba coli*, *Chilomastix mesnili*, *Isoospora belli*, *Iodamoeba butschlii*; y además los huevos y larvas de los helmintos: *Hymenolepis sp.*, *Strongyloides stercoralis*, *Taenia sp.*, Uncinarias, *Fasciola hepática*, *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura* y *Enterobius vermicularis*. Las formas parasitarias cuantificadas, en promedio, fueron: en total, quistes de protozoarios de 121,78/L y huevo de helmintos de 258,63/L (380,41/L sumados ambos grupos de organismos). Los valores obtenidos evidencian que la capacidad de remoción o eliminación total promedio de formas parasitarias fue, para protozoarios del 99,36% y para helmintos fue del 99,56%. Concluye que el efluente no cumple con lo establecido en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua para agua de riego y bebida de animales (categoría 3), determinado en el DS N° 02 del Ministerio del Ambiente<sup>15</sup>.



Elme<sup>16</sup>, 2008; en el informe de la investigación en el que determinó la remoción de enteroparásitos de la PTAR “La Totora” ubicada en la ciudad de Ayacucho – Perú; manifiesta que se sometieron a estudio de 48 muestras de desagüe obtenidas en tres puntos, con el objetivo de identificar y cuantificar las formas parasitarias, para el análisis de las muestras desarrolló el método de sedimentación con solución formol-éter. Las formas parasitarias identificadas fueron: *Trichuris trichiura*, *Ascaris lumbricoides*, *Hymenolepis nana*, *Strongyloides stercoralis*, *Hymenolepis diminuta*, *Taenia sp.*, Uncinarias, *Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli*, *Endolimax nana*, *Balantidium coli*, *Giardia lamblia*, *Blastocystis hominis* y *Iodameba butschlii*. Los valores obtenidos indican que la remoción fue, para protozoos de 99,05% y para helmintos de 98,37%. El investigador concluye que los efluentes de la PTAR “La Totora” no cumple con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua categoría 3: agua destinada para el riego de vegetales y bebida de animales; por lo que no deben ser utilizados en esas actividades<sup>16</sup>.

El reuso de aguas servidas en la agricultura se convierte en un riesgo para la salud, porque en la población se presenta una alta prevalencia de infecciones gastro-entéricas, estas aguas servidas cargan una alta cantidad y diversidad de organismos patógenos, entre ellos helmintos parásitos que generan problemas sanitarios al llegar por las aguas de irrigación contaminadas con desagües domésticos<sup>7,8</sup>. Los helmintos parásitos afectan mayormente a los niños, generando problemas diarreicos, anemia, desnutrición y predisposición a desarrollar otras enfermedades infecciosas, y como consecuencia la ocurrencia de bajo rendimiento escolar y graves alteraciones orgánicas y de naturaleza mental<sup>17,18,19</sup>.

De acuerdo con Stott y col.<sup>20</sup>, 1997. Se plantea que en un servicio de agua potable convencional en un área endémica para casos de parasitosis, en la cual aproximadamente el 10% de las personas estaban infectadas con *Trichuris*, *Ascaris* y *Ancylostoma* en el que cada persona produce un volumen de 100 litros de aguas servidas por día, este podría contener cerca de 200 huevos por litro de *Ascaris sp.*, 6 huevos por litro de *Trichuris sp.* y 25 huevos por litro de *Ancylostoma sp.*<sup>20</sup>.

En los últimos decenios el aumento del reuso de aguas residuales destinados al riego agrícola ha incrementado el riesgo de la transmisión de agentes causantes de enfermedades tales como *A. lumbricoides* y *T. trichiura*<sup>21</sup>, debido básicamente

a los largos tiempos de viabilidad de los huevos de estos enteroparásitos en el agua y el ambiente en general<sup>22</sup>.

Es indiscutible que el manejo y tratamiento de manera adecuada de las aguas servidas constituyen la decisión más preponderante para la protección de la salud y el ambiente, esto porque se dispone a un cuerpo receptor o se utiliza para la actividad de irrigación en la agricultura, áreas verdes o forestal. Sin embargo, los diseños y la consecuente construcción de las plantas de tratamiento se han centrado en la eliminación o retiro de partículas sólidas y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), los cuales son importantes para proteger el cuerpo receptor desde el punto de vista ambiental y sus usos posteriores. Hoy en día es de conocimiento claro la necesidad de eliminar los organismos patógenos, para los vertimientos en cuerpos receptores y para el uso en diversas actividades, sin embargo, todavía no se considera este criterio en el diseño de las PTAR. Este defecto dificulta lograr que las plantas de tratamiento de aguas residuales ya construidas y en funcionamiento cumplan con la capacidad de remoción de organismos patógenos que la normatividad exige, para disponer a cuerpos receptores o usarlos para alguna actividad productiva. Por otro lado, está a la espera incluir la eliminación de formas parasitarias, que por desgracia tanto en la formulación de los proyectos como en las exigencias de las normativas no lo priorizan, aun cuando la OMS desde la década de los ochenta del siglo pasado señaló que estos constituyen un riesgo para la salud si estas son usadas<sup>1</sup>.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Prevalencia de enteroparasitosis en el Perú**

En la población peruana los valores de la prevalencia de enteroparasitosis llegan a valores muy altos, tal como lo evidencian los informes de las investigaciones recientemente realizados. Estos altos niveles de prevalencia son el resultado de los niveles bajos de vida y de las pésimas condiciones de saneamiento, hábitos higiénicos y costumbres alimentarios<sup>23</sup>.

### **2.2.2. Transmisión de enteroparásitos**

Numerosas investigaciones han evidenciado que los organismos patógenos presentes en los suelos agrícolas y en las aguas de riego de vegetales pueden sobrevivir por más de dos meses, tiempo más que suficiente para que puedan llegar aún en forma viable al hospedero<sup>3</sup>. Este problema de contaminación y transmisión de enfermedades parasitarias no solo afecta a los países del tercer mundo. Estudios realizados en países del primer mundo indican que la gran

parte de los cuerpos de aguas superficiales presentan también niveles de contaminación con parásitos que deben ser tenidos en cuenta en los procesos de potabilización de agua<sup>4,23</sup>. Se calcula que el 60% de los casos de giardiasis ocurridos en Estados Unidos de Norteamérica fueron transmitidos por vía hídrica<sup>24</sup>.

### **2.2.3. Descripción de los principales helmintos de la región Ayacucho**

#### **a) *Ascaris lumbricoides*:**

Se trata de un nemátodo de cuerpo rosado a blanquecino, alargado con la parte anterior del cuerpo en romo y el lado posterior ahusado. La cabeza está provista de tres labios bastante diferenciados, en el centro de ellos existe una boca pequeña de morfología triangular. Se trata del helminto nemátodo más grande que parasita al humano, presentan dimorfismo sexual, así los gusanos hembras alcanzan a medir de 20 a 35 cm de largo y de 3 a 6 mm de diámetro y el extremo posterior del cuerpo termina en una estructura muy ahusada. Los machos, son más pequeños, de 15 a 30 cm de largo y 2 a 4 mm de diámetro, el extremo posterior posee una curvatura hacia la cara ventral del cuerpo del animal<sup>25</sup>.

Los huevos fértiles de *A. lumbricoides* son ovoides y anchos, alcanzan a medir entre 45 a 70  $\mu\text{m}$  de longitud y 35 a 50  $\mu\text{m}$  de ancho, con coloración marrón intenso, cubiertos por una cápsula muy gruesa y translúcida, conformada a su vez, por otras tres membranas: 1: vitelina o interna, 2: media translúcida y gruesa, químicamente derivadas de glucógeno y 3: externa mamelonada, químicamente albuminoide y casi siempre de un color café a dorado; al ser expulsadas con las heces, interiormente, muestran una masa uniforme de gránulos de lecitina, con el transcurso del tiempo, en condiciones adecuadas de humedad y bajo sombra se desarrolla el embrión que llega a formar una larva móvil de primer estadio, en este estado ya es un huevo larvado o embrionado que representa la forma infectante<sup>25</sup>.

Los huevos infértiles son de formas ovoides de 88 a 94  $\mu\text{m}$  de tamaño, no poseen la membrana vitelina e internamente muestran una masa heterogénea de gránulos, refringentes y desorganizados<sup>25</sup>.

Tanto los huevos fértiles como los infértiles, ocasionalmente pueden carecer de capa mamelonada, convirtiéndose, de este modo, en huevos decorticados<sup>25</sup>.

#### **b) *Trichuris trichiura*:**

Se trata de un gusano de color blanquecino con nombre derivado de la palabra griega *thrikhos* que se traduce como pelo. Es un organismo en forma de látigo, con sus tres quintas partes anteriores del cuerpo delgadas donde está dispuesto

la boca y el estilete. Las dos quintas partes posteriores del cuerpo del gusano es más ancha y permite determinar el sexo del helminto. El gusano hembra mide de 3,5 a 5,0 cm de largo con la parte terminal roma, el gusano macho es más pequeño comparando con la hembra, de 3,0 a 4,5 cm de largo, con el extremo terminal curvado completamente a manera de un bucle y posee una espícula de apariencia lanceolada, que se proyecta a través de una vaina retráctil a manera de pene y de extremo bulboso, y está recubierta de numerosas espinillas curvas y pequeñas<sup>25</sup>.

El huevo del parásito presenta una forma abarilada, de 50 a 54  $\mu\text{m}$  de largo por 20 a 23  $\mu\text{m}$  de ancho, aparte de la membrana vitelina posee una triple cubierta, la capa externa se impregna de bilis coloreándose de café, dispone de dos prominencias intralaminares bipolares sin teñir que aparentan tapones mucoidales. Generalmente al ser expulsados con las heces no están segmentados y requieren de buenas condiciones de temperatura y humedad para que forme el embrión y la larva generando un huevo embrionado e infectante<sup>25</sup>.

**c) *Strongyloides stercoralis*:**

Con una larva rabadiforme con dimensiones de 250  $\mu\text{m}$  de largo y 17  $\mu\text{m}$  de diámetro, con una faringe que ocupa hasta la tercera parte del cuerpo y con característica rabadiforme con de un esófago musculoso diferenciado en tres partes: procorpus cilíndrico, istmo angosto y bulbo. Con boca bastante pequeña y un primordio genital de 4  $\mu\text{m}$  de largo, considerado grande, características que le diferencian de la larva rabadiforme de uncinaria; estas estructuras se visibilizan al teñirse con lugol<sup>25</sup>.

La larva filariforme y con movimiento muy rápido y direccionado en solución salina, es el estadio infectante, y le permite llegar al hospedero. Es una larva muy delgada y larga, de 400 a 700  $\mu\text{m}$  de largo y 12 a 20  $\mu\text{m}$  de diámetro. Con boca ubicada en la parte anterior del cuerpo, este órgano es pequeño y permanece cerrada que le impide alimentarse, a la que le sigue un esófago que llega a ocupar hasta casi el 40% del cuerpo del gusano; el otro extremo del cuerpo finaliza en una muesca, característica que permite diferenciarla de la uncinaria en la que su extremo distal termina en punta. Con el lugol se resalta la muesca<sup>25</sup>.

Sus huevos se asemejan al de las uncinarias y tanto de las formas parasitarias como las de vida libre son visualmente indistinguibles. Suelen ser expulsados de

forma individual o en filas a manera de rosario, pegados por una mucosidad, elipsoide, en cuanto al tamaño de 40 a 70  $\mu\text{m}$ , recubiertos por una delgada membrana y ocasionalmente de aspecto irregular por presentar moco adherido a ella, presenta un blastómero de aspecto translúcido e irregular. Con lugol se tiñen de amarillo pálido<sup>25</sup>.

**d) Uncinarias:**

Es parte de la familia Ancylostomatidae, con su característica particular de poseer órganos cortantes. Las especies parásitas son: *Necator americanus* y *Ancylostoma duodenale*, los huevos expulsados con las heces son morfológicamente indistinguibles. Nemátodo, de color blanquecino, con el extremo anterior curvado hacia el dorso a manera de gancho, razón de la denominación como uncinaria que proviene del vocablo uncus que significa gancho<sup>25</sup>.

El parásito macho de 8 mm de largo y 0,5 mm de diámetro, con el extremo posterior que termina en una prolongación digitiforme cuticular, llamada bursa copulatrix (bolsa copulatrix); la hembra de 12 mm de largo y 0,5 mm de diámetro, con el extremo terminal de forma ahusada. El extremo anterior del parásito adulto presenta una cápsula bucal con órganos cortantes, con la cual se fija a la mucosa y es la característica que permite diferencias a las dos especies, el *Ancylostoma duodenale* con cuatro dientes y el *Necator americanus* con un par de placas<sup>25</sup>.

Estos parásitos producen huevos grisáceos, ovalados, de 60 a 70  $\mu\text{m}$  de largo y de 30 a 40  $\mu\text{m}$  de ancho, rodeado por una membrana delgada; interiormente contiene una blástula con numerosos blastómeros; según el estado de desarrollo se puede apreciar un espacio claro entre la blástula y la membrana o puede estar lleno de blastómeros. Ocasionalmente y según del tiempo de permanencia en el intestino del hospedero se puede observar un huevo larvado y hasta eclosionados presentes en las heces recién emitidas<sup>25</sup>.

**e) Las tenías:**

Los Cestodos gusanos, de cuerpos aplanados dorso ventralmente, en forma acintada razón por lo que se les denomina como tenías. Todas las especies parásitas y se ubican en el intestino delgado, órganos vecinos o conductos accesorios de animales vertebrados, la excepción es una especie perteneciente al orden Pseudophyllidea. Casi en su totalidad son hermafroditas, se desarrollan siguiendo un ciclo de vida heteroxeno, exceptuándose a *Hymenolepis nana* que

desarrolla ambos tipos de ciclos (heteroxeno y monoxeno). El ciclo involucra tres estadios: huevo, larva y adulto<sup>25</sup>.

El adulto, con cuerpo aplanado dorso ventralmente, de coloración blanquecina a gris, presentan el escólex (cabeza), cuello y estróbila o cuerpo y todo el gusano está recubierto por un tegumento. Con escólex en la porción anterior del cuerpo, es una estructura de fijación al intestino del hospedero y con forma muy diversa. Los gusanos del orden Pseudophyllidea poseen dos hendiduras o botrias y los del orden Cyclophyllidea poseen cuatro ventosas musculosas, algunas especies poseen un rostello ubicado en la corona del escólex y pueden presentar o carecer de ganchos que se disponen en círculos que rodean al rostello<sup>25</sup>.

Al escólex le continúa el cuello, compuesto por células no especializadas que al diferenciarse originan las proglótides que forman parte de la estróbila o cuerpo del gusano. Las próglotides se diferencian en tres regiones: inmaduras, las más próximas al cuello; maduras con el sistema reproductor completo tanto masculino como femenino; y, grávidas repletas de huevos que es la región terminal del cuerpo<sup>19</sup>.

Los cestodos carecen de sistema digestivo, por lo que el tegumento está recubierto de pequeñas microvellosidades llamadas microtricos, y cumplen la función absorbente, mecánica, táctil y quimiorreceptora. Con varias capas de músculos por debajo del tegumento (longitudinal, dorsal y radial) al que les sigue una estructura parenquimatosa esponjosa, que es el soporte de todos los sistemas estructurales del gusano. Dispone de un sistema excretor y osmorregulador cuya unidad estructural y fisiológica está representado por el protonefridio, con un sistema nervioso conformado por un par de ganglios y dos troncos cerebrales que conforman el este sistema nervioso central, de éste emergen numerosas ramificaciones nerviosas que inervan todo el cuerpo del parásito<sup>25</sup>.

Todas las tenias son hermafroditas, cada proglótide dispone dos o cuatro órganos sexuales tanto masculino y femenino, en el que puede ocurrir la autofertilización, sin embargo lo más común es que transferencia de células sexuales masculinas ocurra entre órganos sexuales ubicados en dos proglótides distintas de la misma estróbila<sup>25</sup>.

Los huevos de las tenias pueden ser de dos tipos: 1 que pertenecen al orden Pseudophyllidea y algunos otros órdenes, estructuralmente son semejantes a los huevos de los trematodos, dispuestos de opérculo y en el momento de la postura ya contiene un embrión interiormente pero que aún no está bien desarrollado; los

huevos de tipo 2 corresponden al orden Cyclophyllidea, en este caso los huevos al momento de la postura ya son larvados. Del huevo emerge el embrión hexacanto u oncosfera, que completa su desarrollo en los tejidos y órganos del hospedero intermediario hasta alcanzar estadios larvales o metacestodos<sup>25</sup>.

**f) *Taenia solium* o *Taenia saginata*:**

Los huevos de *T. saginata* y *T. solium* son morfológicamente idénticos al ser observados al microscopio óptico en muestras de heces, por tanto, en este estadio del parásito no permite la identificación de especie<sup>25</sup>.

Morfológicamente producen huevos redondeados a algo ovalados, de coloración café intenso, recubiertos por una cápsula gruesa y radiada, que aparenta un neumático, con dimensiones de 30 a 40  $\mu\text{m}$  de diámetro. El huevo posee una delgada membrana hialina de origen embrionario que lo rodea completamente, seguido por una oncosfera o embrión hexacanto completamente desarrollado y con frecuencia contienen seis ganchos<sup>25</sup>.

La visualización del huevo al microscopio es mucho más fácil con solución salina, debido a que con el lugol se tiñe de un color café intenso, lo que dificulta la observación de sus componentes internos<sup>25</sup>.

**g) *Hymenolepis nana*:**

Cuando las proglótides grávidas se destruyen en la cavidad intestinal del hospedero, se liberan al material fecal, huevos hialinos, de morfología esférica de 30 a 50  $\mu\text{m}$  de tamaño, rodeado por una membrana delgada, bien definida, bastante separada de la membrana interna. Internamente el huevo posee una oncosfera o el embrión hexacanto con tres pares de ganchos, distribuidos en forma paralela, que no siempre son distinguibles. La oncosfera está recubierta por una envoltura gruesa con dos ensanchamientos polares, de estos emergen dos pares de filamentos polares<sup>25</sup>.

**h) *Hymenolepis diminuta*:**

En este caso el huevo de estos helmintos es más grande y prácticamente esférico, de 60 a 79  $\mu\text{m}$  de diámetro mayor por 72 a 86  $\mu\text{m}$  de diámetro inferior; como captan la bilis, en la preparación con solución fisiológica, al microscopio, se observa de una tonalidad de café intenso. Rodeado por una membrana externa ligeramente amarillenta y una membrana interna muy pegada, el espacio de separación entre esta membrana y la oncosfera está ocupada por una matriz gelatinosa. En el interior la oncosfera ubicada central o excéntricamente está cubierta por una membrana, la que presenta dos engrosamientos que carecen

de filamentos polares y presentan tres pares de ganchos lanceolados dispuestos en una conformación de abanico, no siempre se visualizan los seis ganchos<sup>25</sup>.

#### **2.2.4. La planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) La Totorá**

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la ciudad de Ayacucho se llama “La Totorá”, y está ubicada al norte de la ciudad, a unos 3,50 km del centro de la ciudad. Planimétricamente se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas:

NORTE: 585,654 E – 8 547,489 N; SUR: 585,762 E – 8 546,611 N; ESTE: 585,996 E – 8 547,037 N y OESTE: 585,442 E – 8 547,220 N

La PTAR “La Totorá” está ubicada entre las cotas: 2606 msnm a 2617 msnm<sup>26</sup>.

La planta “La Totorá” fue construida en 1974 para una población aproximada de 60 000 habitantes; años después fue reestructurada y ampliada; desde diciembre del año 2004 inició su funcionamiento con una capacidad de tratamiento de 274 L/seg a 435 L/seg<sup>26</sup>.

La PTAR “La Totorá” actualmente evacúan efluentes que cumplen con la normatividad definida en los Límites Máximos Permisibles (LMP) para plantas de tratamiento de aguas servidas domésticas, y también cumplen con los Estándares de Calidad de Agua, evaluados en aguas del cuerpo receptor, el río Alameda<sup>26</sup>.

#### **Procesos unitarios de la PTAR “La Totorá”<sup>26</sup>**

Una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas se compone de las siguientes fases y procesos unitarios correspondientes:

##### **i. Pre tratamiento (tratamiento mecánico):**

Compuesto por una unidad de desbaste: rejillas de limpieza automática y/o manual.

Unidad de desarenación: desarenador de flujo horizontal.

##### **ii. Tratamiento primario (tanques sedimentadores tipo Imhoff):**

Compuesto por sistemas de sedimentación de lodos y separación de la parte líquida, los lodos son digeridos anaeróbicamente generando los biosólidos y el componente líquido continúa a un proceso de tratamiento secundario.

##### **iii. Tratamiento secundario (biológico):**

Filtros percoladores, cada uno con unidades de sedimentación secundaria.

Lagunas facultativas.



#### iv. Tratamiento terciario (avanzado):

Lagunas de maduración o terciarias o de pulimento (desinfección con cloro).

#### v. Tratamiento de lodos:

Lodos primarios son digeridos a temperatura ambiente en cámaras de tanques Imhoff y deshidratados en lechos de secado con y sin techo.

Lodos secundarios: degradación a temperatura ambiente y deshidratación en sedimentadores lagunares.

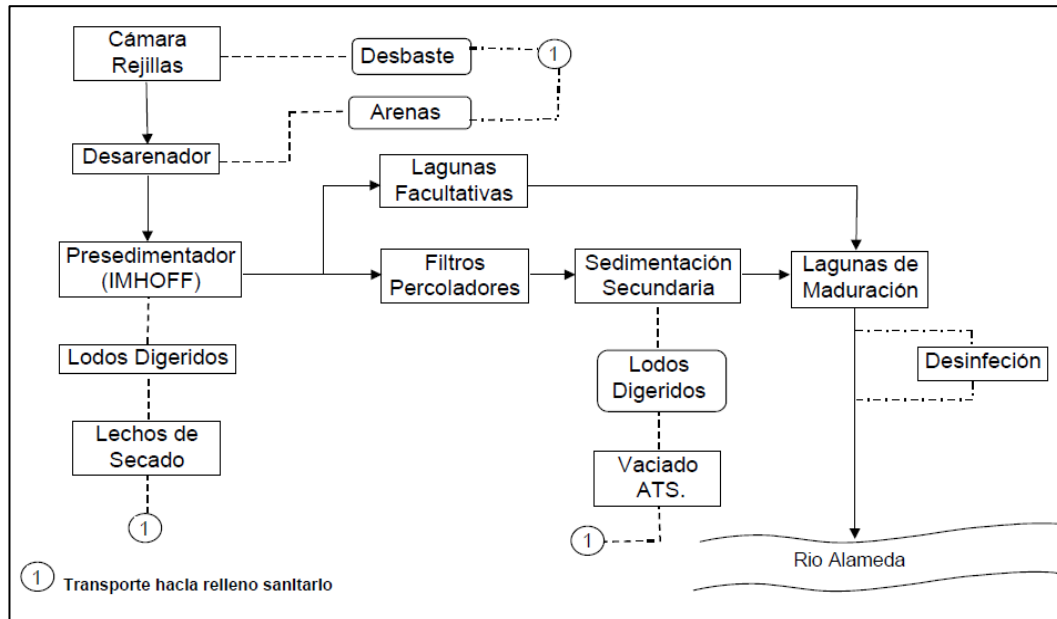


Figura 1. Esquema de los procesos unitarios en la PTAR "La Totorá"<sup>26</sup>

#### 2.2.5. Descripción de los principales componentes de la PTAR "La Totorá"<sup>26</sup>

##### a) Tratamiento Primario (Tanques Imhoff):

En esta unidad se produce la sedimentación de los sólidos sedimentables y la reducción de la carga orgánica que tiene el agua residual. La zona de sedimentación con tasa de aplicación superficial de  $1 \text{ m}^2/\text{m}/\text{h}$ . Con un tiempo de retención en el rango de 1 a 2,5 h.

Las estructuras de tratamiento primario (tanques Imhoff) están conformados de cuatro tanques nuevos con un área de 30,50 por 17,80 m de dimensiones internas, los que se adicionan al área de 30,10 por 12 m de dimensiones internas de los dos tanques pre-existentes. Los caudales, para el 2010, evacuados a cada uno de los tanques son los siguientes:

- Para los tanques Imhoff pre-existente: 66 L/seg
- Para los tanques Imhoff nuevos: 101 L/seg

- Área de sedimentación: 474 m<sup>2</sup> (dos tanques Imhoff pre-existentes) y de 1 464 m<sup>2</sup> (cuatro tanques Imhoff nuevos).
- Área total de tratamiento = 1 938 m<sup>2</sup>

Volumen disponible para la acumulación de lodos son:

- Dos tanques Imhoff existentes = 1 574 m<sup>3</sup>
- Cuatro tanques Imhoff nuevos = 6192 m<sup>3</sup>
- Volumen total disponible = 7 766 m<sup>3</sup>

Se ha calculado que para el año 2010 se generarán una cantidad de lodos de 122 m<sup>3</sup>/d con 4,5% de sólidos, teniendo para ello un volumen total disponible, actualmente, para la acumulación de biosólidos de hasta 7 766 m<sup>3</sup> que contrasta a un volumen requerido estimado de 6 683 m<sup>3</sup>.

Los efluentes de los tanques Imhoff pre-existentes (I y II) y de los tanques Imhoff nuevos II, IV y V son conducidos en conjunto a los filtros percoladores, el efluente del tanque Imhoff VI alimenta las lagunas de estabilización facultativas I y II.

Para la evacuación de los biosólidos se dispone, por cada tanque, dos tuberías de purga de PVC DN 250 que desembocan en cajas de revisión comunes a cada dos tanques. De aquí, por operación de las compuertas planas deslizantes DN 250 (GEIGER) ubicadas en las cajas mencionadas, se evacúan los lodos a través de una tubería de PVC DN 300 hacia los lechos de deshidratación con techo.

La disposición final de los lodos es para uso como fertilizante orgánico para terrenos agrícolas, programas de reforestación o se disponen en un relleno sanitario.

#### **b) Biofiltros y sedimentadores secundarios:**

La planta dispone de cuatro filtros percoladores (FP) o biofiltros, con capacidad para absorber cargas y caudales correspondientes al año 2010, puede recibir el efluente total del tratamiento primario. La sedimentación secundaria de flocs ocurre en estanques construidos para tal efecto llamadas lagunas de sedimentación integradas (AT).

El biofiltro es un biorreactor con lecho de contacto fijo, en el cual se establece y se desarrolla una biopelícula en la superficie del lecho filtrante (piedra volcánica). En toda la columna del filtro percolador ocurre la degradación de la materia orgánica, que en función a la sucesión poblacional microbiana que habitan las distintas zonas del biofiltro se genera una pendiente degradativa. A causa de

esto son diferentes las capacidades de remoción de materia orgánica a la columna del biofiltro. En la región superior de la columna ocurre una rápida degradación de materiales putrescibles, la cual decrece según el avance hacia el fondo del filtro percolador.

Los biofiltros de la PTAR “La Totorá” presentan las siguientes características:

- Diámetro interno del filtro percolador: 32,00 m
- Altura ocupada por material de relleno (piedra volcánica): 4,50 m
- Volumen disponible por en el filtro percolador: 3,585 m<sup>3</sup>
- Carga orgánica del filtro percolador: 0,40 kg/m<sup>3</sup> d
- Área de filtración, por filtro percolador: 798 m<sup>2</sup>
- Tasa hidráulica: 0,61 m/h
- Número de brazos rociadores rotativos instalados: 4
- Revoluciones cada brazo (recomendado) (n): > 50/h
- Capacidad de arrastre: 3 mm

El movimiento (ascenso) de aire a través de la columna del biofiltro ocurre a través de ventanas de ventilación de 40/40 cm ubicadas en la pared confinante del filtro y por orificios de 30/30 cm ubicados en base inferior de la caja central. Totalizando, se dispone de un área de ventilación de 10,20 m<sup>2</sup>, que implica una superficie abierta de un m<sup>2</sup> por cada 78 m<sup>2</sup> de superficie del lecho. Los efluentes son conducidos a los sedimentadores con el propósito de sedimentar la biomasa microbiana producida, en exceso, en el biofiltro.

La sedimentación secundaria ocurre en cuatro lagunas sedimentadoras integradas.

Con estos componentes el volumen total promedio alcanza los 9 600 m<sup>3</sup> de estos 3 980 m<sup>3</sup> corresponden a volumen muerto.

- Área de agua disponible: 5 300 m<sup>2</sup>
- Tasa de aplicación mínima: 0,60 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> h
- Tiempo de retención: 2,30 h
- Longitud del vertedero de salida: 18 m
- Carga hidráulica sobre vertedero de salida: 34 m<sup>3</sup>/m h
- Contenido de sólidos sedimentables: 4 %
- Volumen diario de lodos generados: 94,50 m<sup>3</sup>/d

**c) Lagunas facultativas:**

Está conformado por lagunas facultativas (preexistentes) y lagunas de maduración o pulimento. Las lagunas son estanques construidos para el

tratamiento de aguas residuales domésticas por procesos biofísicos naturales de interacción entre los microorganismos ambientales y la materia orgánica contenida en las aguas residuales, tienen como objetivo concentrar lodos biológicos (biosólidos) por sedimentación y digerirlos anaeróbicamente en el fondo del sistema lagunar, y las condiciones ideales para la ocurrencia del proceso fotosintético por algas unicelulares y cianobacterias mediante un adecuado balance de oxígeno molecular en los estratos superficiales de la laguna.

**Tabla 1.** Tamaño del sistema de lagunas de la PTAR “La Totora”<sup>26</sup>.

Laguna	Espejo de agua		Fondo		Largo	Ancho	Vol.
	Cota msnm	Área m <sup>2</sup>	Cota msnm	Área m <sup>2</sup>	L m	W m	V m <sup>3</sup>
1	2 627,70	19 220	2 625,70	15 930	344	56	35 100
2	2 624,70	16 411	2 622,50	13 330	341	49	29 700

Las lagunas facultativas tienen un tirante de agua de dos metros de profundidad y 0,50 m de borde libre, y taludes de 1:2 (V: H), a excepción del talud comprendido entre la laguna facultativa 2 y laguna de maduración 1 que por la diferencia de altura entre estas dos poseen un talud de 1:3 (V: H).

Las dos lagunas facultativas existentes difieren ligeramente en volumen para agua retenida, por lo tanto, las eficiencias de remoción también son ligeramente diferentes.

Según el diseño, los principales parámetros de monitoreo son los siguientes:

- Caudal hacia las lagunas facultativas 1 y 2: 55,40 L/seg y 4.787 m<sup>3</sup>/d, respectivamente.
- Carga superficial recomendada por diseño: = 250 x 1.05 (T-20°C) 196 kg/ha d
- Carga afluente hacia una laguna facultativa: 366 kg/d
- Carga en la laguna facultativa 1: 191 kg/ha d
- Carga en la laguna facultativa 2: 223 kg/ha d
- Tiempo de retención de la laguna facultativa 1: 14,6 d
- Tiempo de retención de la laguna facultativa 2: 12,4 d

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Básica – descriptiva (comparativa).

#### **3.2. Ubicación de zona de estudio**

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales La Totorá, está ubicada en el noreste de la ciudad de Ayacucho, en el distrito de Jesús Nazareno, provincia de Huamanga, región Ayacucho; de coordenadas UTM 585 753,64m E y 8 546 794,12m N, a una altitud de 2 633 m.s.n.m.

#### **3.3. Población**

La población en el presente estudio lo constituyó todo el agua residual que fueron sometidas a tratamiento biológico (biofiltro o filtros percoladores y lagunas facultativas) existentes en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “La Totorá” de la ciudad de Ayacucho – Perú.

#### **3.4. Muestra**

La muestra para la presente investigación estuvo constituida por dos litros de agua residual en los afluentes y tres litros en los efluentes de los sistemas de tratamiento biológico (filtros percoladores y lagunas facultativas) existentes en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales La Totorá de la ciudad de Ayacucho, las que se obtuvieron cada 15 días entre los meses de junio a octubre de 2017 y febrero a junio de 2018.

##### **3.4.1. Puntos de muestreo**

Las aguas residuales fueron muestreadas en los siguientes puntos:

Afluente de filtros percoladores

Afluente de las lagunas facultativas 1 y 2.

Efluentes de los filtros percoladores: biofiltro 1, biofiltro 2, biofiltro 3 y biofiltro 4.

Efluente de la laguna facultativa 1

Efluente de la laguna facultativa 2

### **3.4.2. Frecuencia de muestreo, cantidad y volúmenes de muestras**

Muestreo probabilístico simple.

Los muestreos, en la primera etapa se tomaron de aguas afluentes y efluentes de los filtros percoladores, fueron realizados cada 15 días, a partir del mes de junio hasta octubre de 2017, haciendo un total de 10 muestreos; los muestreos, en la segunda etapa correspondientes a las lagunas facultativas, fueron realizados cada 15 días, a partir del mes de febrero hasta junio de 2018, haciendo un total de 10 muestreos.

En cada muestreo se obtuvieron 8 muestras provenientes de los siguiente: una muestra afluente de filtros percoladores, una muestra afluente de las lagunas facultativas, cuatro muestras efluentes de los filtros percoladores, una muestra efluente de la laguna facultativa 1 y una muestra efluente de la laguna facultativa 2. Considerando que se realizaron 10 muestreos, en total fueron sometidas a estudio 80 muestras de aguas residuales.

Los volúmenes de las muestras fueron los siguientes:

Afluente de filtros percoladores: 2 litros

Afluente de las lagunas facultativas 1 y 2: 2 litros

Efluentes (4) de los filtros percoladores: 3 litros cada uno

Efluente de la laguna facultativa 1: 3 litros

Efluente de la laguna facultativa 2: 3 litros

### **3.5. Procedimiento de muestreo**

La obtención de muestras se realizó en las mañanas, entre 8:30 a 9:30 a.m. Para el muestreo el personal estuvo provisto con todas las medidas de bioseguridad: guardapolvo, guantes, mascarilla, etc.

Se dispusieron de frascos de polietileno de boca ancha con tapa rosca y contratapa de 2,0 litros de capacidad y de baldes de plástico con tapa hermética de 5 litros de capacidad; estos materiales fueron previamente lavados, desinfectados y secados.

Una vez ubicado en el punto de muestreo, con la ayuda de una varilla en cuyo extremo estuvo sujeto firmemente un recipiente de plástico se tomó volúmenes pequeños (250 a 300 ml) de muestra los que fueron vertidos a los frascos o baldes de muestreo hasta alcanzar el volumen deseado.

Una vez alcanzado los volúmenes deseados en el frasco o balde, éste fue tapado y trasladado de inmediato al laboratorio de Microbiología Ambiental de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de

Huamanga, el traslado fue realizado en condiciones ambientales. El tiempo transcurrido desde la toma de muestra hasta su el laboratorio de Microbiología Ambiental de la UNSCH nunca superaron las dos horas.

### **3.6. Determinación de formas parasitarias:**

Para la determinación de los géneros o especies de las formas parasitarias y la cuantificación de los huevos, quistes y larvas se siguió el método de Bailenger, modificado por Bouhoum y Shawartzbrod (1989), y validada por Rachel M, Ayres y D. Ducan Mara<sup>27</sup>. Esta técnica fue adaptada para el análisis de muestras de aguas servidas y fue el mejor método comparado otros para el estudio de este tipo de muestras, tiene la capacidad de concentrar y recuperar la mayor diversidad de huevos de helmintos, incluyendo *Trichuris*, *Ascaris*, *Taenia*, *Hymenolepis* y *Toxocara*<sup>27</sup>. Para esta investigación se hizo una adecuación del método de Bailenger modificado, en la cual se prescindió de la cámara McMaster, remplazándolo con una lámina porta objetos común en el cual se colocó, con ayuda de una pipeta automática, y analizó un volumen conocido de muestra (20µL), luego se cubrió con una laminilla y se dejó en reposo po una hora antes del análisis respectivo.

### **3.7. Protocolo del método de Bailenger modificado:**

- a. Las muestras de aguas residuales, contenidas en valdes con tapa hermética, se dejaron en reposo por un periodo de 24 horas, para permitir la sedimentación de todo sólido sedimentable, incluido las formas parasitarias de protozoos y helmintos (huevos, quistes y larvas).
- b. Finalizado el reposo, se decantó el sobrenadante por succión, manteniendo el sedimento en un volumen aproximado de 60 a 70 ml. En cada etapa se anotaron los volúmenes exactos de sedimento, esto para realizar los cálculos del número de formas parasitarias existentes<sup>27</sup>.
- c. Diez ml de sedimento fue vertido a un tubo de prueba, el cual se centrifugó a 2 500 rpm por un lapso de 15 minutos.
- d. Se decantó, en seguida se agregó la solución amortiguadora aceto- acético de pH 4,5 en un volumen igual al del sedimento dispuesto en el tubo de prueba.
- e. En seguida se añadió una solución éter en una cantidad equivalente al doble de la solución amortiguadora. Manualmente se agitó vigorosamente el tubo por un lapso de tres minutos.

- f. Se centrifugó a 2 500 rpm por 15 minutos, al retirar el tubo de la centrífuga, el contenido se fraccionó formando tres fases distintas; en el fondo del tubo, los escombros poco grasosos y fragmentos pesados, incluyendo los huevos, larvas y quistes, en la fase intermedia la solución amortiguadora de un color claro y en la parte superior una capa de material grasoso mezclado con la solución éter de color amarillo oscuro.
- g. Se registró el volumen del sedimento que contiene las formas parasitarias, se descartó los componentes de las dos fases superiores (por succión), seguidamente se agregó una solución de sulfato de zinc en cinco volúmenes del sedimento de la muestra, se registró el volumen del producto final (x. ml). Manualmente se agitó vigorosamente el tubo y se dejó en reposo por una hora.
- h. En seguida se tomó una alícuota de 0,02 ml, con ayuda de una pipeta automática y se transfirió al portaobjetos para cubrirlo finalmente con la laminilla.
- i. La lámina preparada fue examinada al microscopio con los objetivos de menor y mayor aumento, se contaron todo los huevos, larvas y quistes de enteroparásitos visualizados todos los campos microscópicos recorriendo todo el área de la laminilla.

### 3.8. Proceso de cálculo del número de enteroparásitos:

El número final de formas parasitarias en las muestras de aguas residuales fue calculado utilizando las siguientes ecuaciones:

$$Ni = \frac{A \times X}{B} \qquad Nt = \frac{C \times Ni}{D} \qquad NL = \frac{Nt}{VM}$$

Dónde:

Ni: número inicial de enteroparásitos en el sedimento del tubo.

A: volumen de sedimento centrifugado en el tubo en (mL).

X: número de enteroparásitos contados en el portaobjeto.

B: volumen de la muestra observada al portaobjeto en (0,02 mL)

Nt: número total de enteroparásitos por muestra.

C: volumen de sedimento total de la muestra del recipiente (mL).

D: volumen de sedimento utilizado para centrifugar (12 mL).

NL: número total de enteroparásitos por litro de muestra

VM: volumen total de muestra (L)



### **3.9. Identificación de géneros y/o especies de enteroparásitos:**

Para la identificación de las formas parasitarias (huevos, larvas y quistes) se utilizaron manuales de parasitología,<sup>29, 30</sup> así como atlas y esquemas para comparar las diferentes morfologías y estructuras de las especies presentes en la muestra.

### **3.10. Cálculo de la capacidad de remoción:**

Se calculó en base a la diferencia del número total de huevos, quistes y larvas de enteroparásitos entre el afluente y efluente de cada unidad biológica de tratamiento. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ REMOCIÓN} = \frac{C(\text{AFLUENTE}) - C(\text{EFLUENTE})}{C(\text{AFLUENTE})} \times 100$$

## **IV. RESULTADOS**

**Tabla 2.** Número y porcentaje de enteroparásitos observados en aguas afluentes y efluentes de los filtros percoladores de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totora. Ayacucho, 2017-2018.

Formas parasitarias	Muestreos										Total	%
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
<i>Strongyloides sp</i> (huevo)	23	14	13	8	9	2	3	2	2	2	78	15,51
<i>Strongyloides sp</i> (larva)	8	7	14	9	15	11	7	6	5	7	89	17,69
<i>Fasciola sp</i> (huevo)	1	1	5	0	0	0	0	1	0	0	8	1,59
<i>Trichuris sp</i> (huevo)	7	7	6	3	3	3	2	2	2	3	38	7,55
<i>Ascaris sp</i> (huevo)	2	4	2	1	1	4	2	3	3	2	24	4,77
<i>Hymenolepis sp</i> (huevo)	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0,40
Uncinarias (huevo)	5	4	7	2	1	2	5	3	4	1	34	6,76
<i>Entamoeba sp</i> (quiste)	14	25	19	13	21	18	16	20	13	11	170	33,80
<i>Giardia sp</i> (quiste)	9	9	5	1	6	4	4	5	7	10	60	11,93
Total	69	71	71	38	56	44	40	42	36	36	503	100,00

**Tabla 3.** Número y porcentaje de enteroparásitos observados en aguas afluentes y efluentes de lagunas facultativas de la PTAR “La Titora”. Ayacucho, 2017-2018.

Formas parasitarias	Muestras										total	%
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
<i>Strongyloides sp</i> (huevo)	4	2	0	4	1	1	1	0	1	0	14	7,29
<i>Strongyloides sp</i> (larva)	1	2	2	2	3	1	4	2	0	1	18	9,38
<i>Fasciola sp</i> (huevo)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,52
<i>Trichuris sp</i> (huevo)	2	2	1	2	2	0	2	2	2	2	17	8,85
<i>Ascaris sp</i> (huevo)	1	1	4	2	1	1	1	1	0	2	14	7,29
<i>Hymenolepis sp</i> (huevo)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,52
Uncinarias (huevo)	2	0	2	1	3	4	2	1	0	3	18	9,38
<i>Entamoeba sp</i> (quiste)	12	12	6	6	8	6	6	11	5	5	77	40,10
<i>Giardia sp</i> (quiste)	2	2	5	2	1	4	5	2	4	5	32	16,67
Total	24	22	20	19	19	18	21	19	12	18	192	100,00

**Tabla 4.** Número y porcentaje de enteroparásitos observados en aguas afluentes y efluentes de los filtros percoladores y lagunas facultativas de la PTAR “La Totorá”. Ayacucho, 2017-2018.

Formas parasitarias	Número de formas parasitarias contabilizadas		Total	Porcentaje
	Filtros percoladores	Lagunas facultativas		
<i>Strongyloides sp</i> (huevo)	78	14	92	13,24
<i>Strongyloides sp</i> (larva)	89	18	107	15,40
<i>Fasciola sp</i> (huevo)	8	1	9	1,29
<i>Trichuris sp</i> (huevo)	38	17	55	7,91
<i>Ascaris sp</i> (huevo)	24	14	38	5,47
<i>Hymenolepis sp</i> (huevo)	2	1	3	0,43
Uncinarias (huevo)	34	18	52	7,48
<i>Entamoeba sp</i> (quiste)	170	77	247	35,54
<i>Giardia sp</i> (quiste)	60	32	92	13,24
<b>Total</b>	<b>503</b>	<b>192</b>	<b>695</b>	<b>100,00</b>

**Tabla 5.** Volumen de muestra, sedimento y sedimento observado al microscopio y número de enteroparásitos en afluentes y efluentes de filtros percoladores de la PTAR “La Totorá”. Ayacucho, 2017-2018.

Muestreo	AFL. de filtros percoladores				efluente filtro percolador 1				Efluente filtro percolador 2				Efluente filtro percolador 3				Efluente filtro percolador 4			
	M (L)	D	S	Nº	M	D	S	Nº	M	D	S	Nº	M	D	S	Nº	M	D	S	Nº
		(mL)	(mL)	(mL)		H-Q-L	(mL)	(mL)		(mL)	H-Q-L	(mL)		(mL)	(mL)	H-Q-L		(mL)	(mL)	(mL)
1	2	60	1,47	5,00	3	60	1,60	5,00	3	65	1,30	5,00	3	65	1,27	4,00	3	60	1,33	3,70
2	2	65	1,47	7,70	3	65	1,53	3,00	3	60	1,67	3,30	3	65	1,83	4,30	3	70	2,00	5,00
3	2	70	1,73	8,00	3	65	1,33	4,30	3	70	1,40	3,70	3	65	1,40	3,70	3	70	1,27	4,00
4	2	60	1,37	5,70	3	60	1,27	2,70	3	70	1,10	1,30	3	65	1,33	1,70	3	70	1,40	1,40
5	2	60	1,20	6,70	3	70	1,27	3,30	3	70	1,23	4,00	3	65	1,00	2,70	3	70	1,20	2,30
6	2	65	2,37	4,70	3	60	1,47	3,00	3	65	1,47	2,30	3	70	1,37	2,30	3	60	1,27	2,30
7	2	65	1,20	4,70	3	60	1,23	2,30	3	60	1,43	2,30	3	60	1,20	2,00	3	60	1,40	2,00
8	2	65	1,20	5,30	3	70	1,20	3,00	3	70	1,20	2,00	3	60	1,23	1,30	3	60	1,47	2,00
9	2	65	1,53	5,30	3	65	1,33	0,70	3	60	1,27	2,30	3	60	1,33	2,00	3	60	1,57	1,70
10	2	65	1,43	6,00	3	65	1,23	2,70	3	60	1,50	1,70	3	60	1,33	0,70	3	65	1,37	1,00
Promedio	2	64	1,50	5,91	3	64	1,35	3,00	3	65	1,36	2,79	3	64	1,33	2,47	3	65	1,43	2,54

**Tabla 6.** Volumen de muestra, sedimento y sedimento observado al microscopio y número de enteroparásitos en afluentes y efluentes de lagunas facultativas de la PTAR “La Totorá”. Ayacucho, 2017-2018.

Muestreo	AFL. Lagunas facultativas				EFL. Laguna facultativa 1				EFL. Laguna facultativa 2			
	muest (L)	D (mL)	Sedim. (mL)	Nº H-Q-L	Muest (L)	D (mL)	Sedim. (mL)	Nº H-Q-L	Muest (L)	D (mL)	Sedim. (mL)	Nº H-Q-L
1	2	60	1,80	6,30	3	60	1,50	1,30	3	65	1,43	0,30
2	2	60	1,70	7,00	3	65	1,13	0,30	3	65	1,23	0,30
3	2	70	1,47	6,00	3	65	1,23	0,00	3	65	1,20	0,70
4	2	70	1,60	7,00	3	65	1,20	0,00	3	65	1,43	0,00
5	2	65	1,27	6,00	3	65	1,37	0,30	3	60	1,13	0,00
6	2	65	1,33	5,70	3	60	1,20	0,30	3	60	1,40	0,00
7	2	70	1,47	6,70	3	60	1,20	0,00	3	70	1,17	0,30
8	2	70	1,47	5,30	3	70	1,40	0,70	3	70	1,10	0,00
9	2	70	1,53	3,70	3	60	1,23	0,30	3	70	1,03	0,00
10	2	65	1,17	5,70	3	65	1,20	0,30	3	60	1,27	0,00
Promedio	2	66.5	1,48	5,94	3	63.5	1,27	0,35	3	65	1,24	0,16

MUEST: volumen total de agua residual muestreada

D: volumen del decantado

SEDIM: volumen del sedimento del tubo

Nº: número de huevos, quistes y larvas cuantificadas en 20 µL

\*: Volumen de sedimento sometido a centrifugación (12 mL)

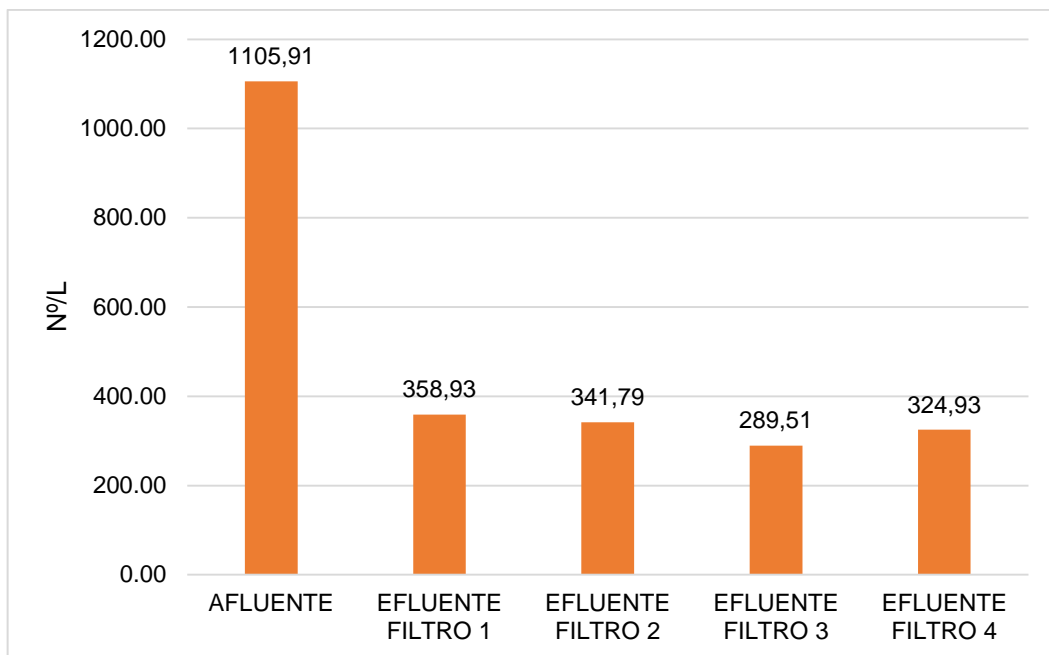
**Tabla 7.** Número promedio de enteroparásitos, de los diez muestreos, en aguas afluentes y efluentes de los filtros percoladores de la PTAR “La Tora”. Ayacucho, 2017-2018.

Muestreo	Número de enteroparásitos (Nº/L)				
	Afluente	Efluente filtro 1	Efluente filtro 2	Efluente filtro 3	Efluente filtro 4
1	918,75	666,67	586,81	458,61	410,08
2	1414,88	414,38	459,25	710,40	972,22
3	1730,00	516,30	503,61	467,64	493,89
4	976,13	285,75	139,03	204,12	190,56
5	1005,00	407,46	478,33	243,75	268,33
6	1392,38	367,50	305,23	306,35	243,42
7	705,00	235,75	274,08	200,00	233,33
8	795,00	350,00	233,33	133,25	245,00
9	1013,63	84,05	243,42	221,67	222,42
10	1072,50	299,81	212,50	77,58	123,68
Promedio	1105,91	358,93	341,79	289,51	324,93

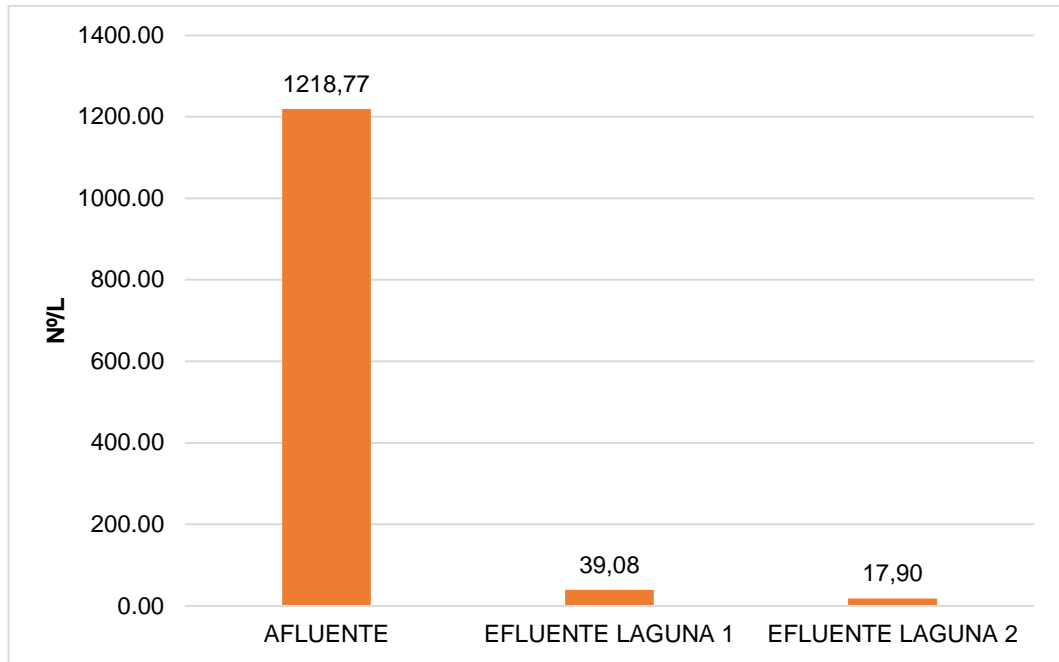


**Tabla 8.** Número promedio de enteroparásitos de los diez muestreos, en afluentes y efluentes de lagunas facultativas de la PTAR “La Titora”. Ayacucho, 2017-2018.

Muestreo	Número de enteroparásitos (Nº/L)		
	Afluente	Efluente laguna 1	Efluente laguna 2
1	1417,50	162,50	38,73
2	1487,50	30,60	33,31
3	1286,25	0,00	75,83
4	1633,33	0,00	0,00
5	1031,88	37,10	0,00
6	1026,59	30,00	0,00
7	1436,31	0,00	34,13
8	1136,19	95,28	0,00
9	825,56	30,75	0,00
10	903,09	32,50	0,00
Promedio	1218,77	39,08	17,90



**Figura 2.** Número promedio de enteroparásitos en aguas afluentes y efluentes de los filtros percoladores de la PTAR “La Totorá”. Ayacucho, 2017-2018.



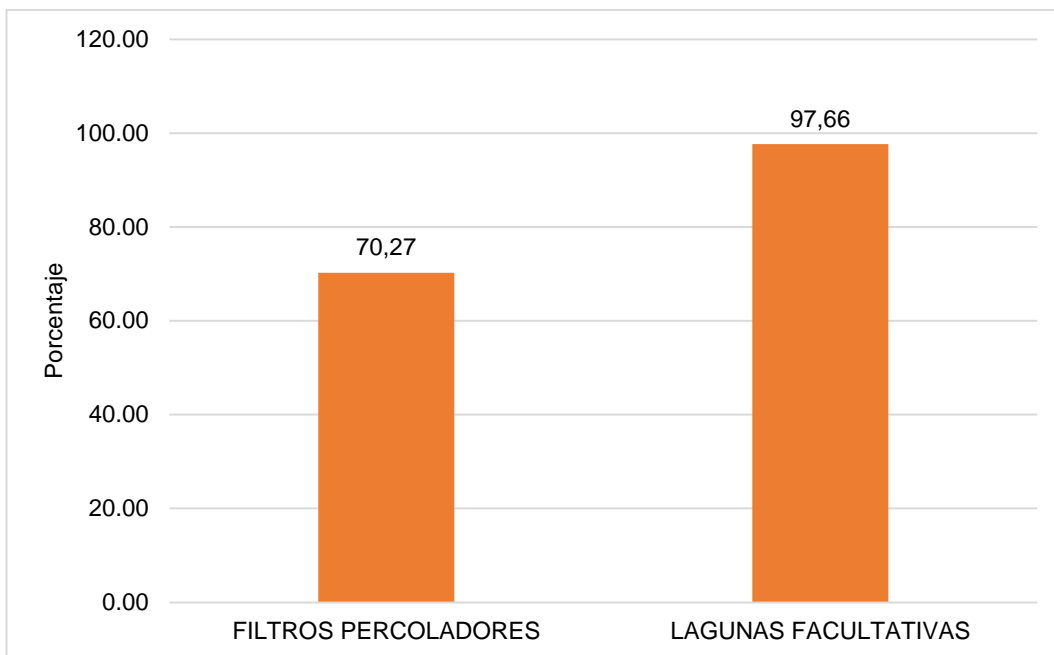
**Figura 3.** Número promedio de enteroparásitos en afluentes y efluentes de lagunas facultativas de la PTAR “La Totorá”. Ayacucho, 2017-2018.

**Tabla 9.** Porcentaje de remoción de enteroparásitos, en los diez muestreos, de los filtros percoladores de la PTAR “La Totorá”. Ayacucho, 2017-2018.

Muestreo	Número promedio de enteroparásitos (Nº/L)		Porcentaje de remoción
	Afluente	Efluente	
1	918,75	530,54	42,25
2	1414,88	639,06	54,83
3	1730,00	495,36	71,37
4	976,13	204,86	79,01
5	1005,00	349,47	65,23
6	1392,38	305,62	78,05
7	705,00	235,79	66,55
8	795,00	240,40	69,76
9	1013,63	192,89	80,97
10	1072,50	178,39	83,37
Promedio	1105,91	328,79	70,27

**Tabla 10.** Porcentaje de remoción de enteroparásitos, en los diez muestreos, de lagunas facultativas de la PTAR “La Titora”. Ayacucho, 2017-2018.

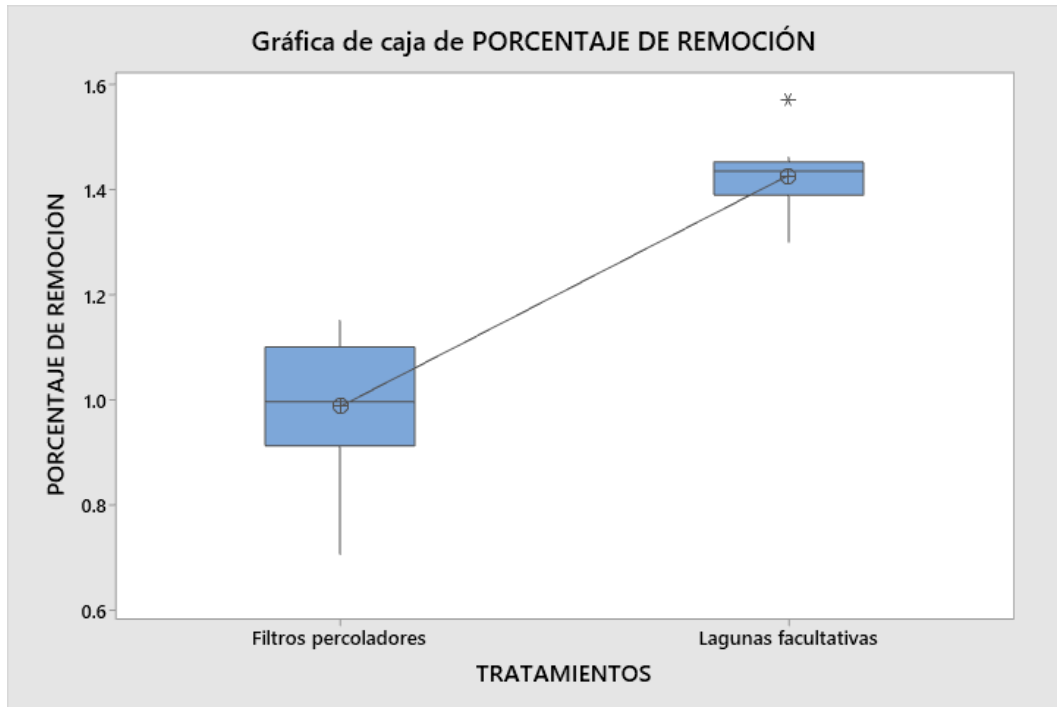
Muestreo	Número promedio de enteroparásitos (Nº/L)		Porcentaje de remoción
	Afluente	Efluente	
1	1417,50	100,61	92,90
2	1487,50	31,96	97,85
3	1286,25	37,92	97,05
4	1633,33	0,00	100,00
5	1031,88	18,55	98,20
6	1026,59	15,00	98,54
7	1436,31	17,06	98,81
8	1136,19	47,64	95,81
9	825,56	15,38	98,14
10	903,09	16,25	98,20
Promedio	1218,77	28,49	97,66



**Figura 4.** Porcentaje del promedio de remoción de enteroparásitos de los filtros percoladores y lagunas facultativas de la PTAR “La Totorá”. Ayacucho, 2017-2018.

**Tabla 11.** Valores transformados del porcentaje de remoción de enteroparásitos, en los diez muestreos, de los filtros percoladores y de lagunas facultativas de la PTAR “La Totorá”. Ayacucho, 2017-2018.

Filtros percoladores		Lagunas facultativas	
Porcentaje de remoción	$\arcsen\sqrt{p}$	Porcentaje de remoción	$\arcsen\sqrt{p}$
42,250	0,708	92,900	1,301
54,830	0,834	97,850	1,424
71,370	1,006	97,050	1,398
79,010	1,095	100,000	1,571
65,230	0,940	98,200	1,436
78,050	1,083	98,540	1,450
66,550	0,954	98,810	1,461
69,760	0,989	95,810	1,365
80,970	1,119	98,140	1,434
83,370	1,151	98,200	1,436



**Figura 5.** Caja de porcentaje de remoción de enteroparásitos, obtenido mediante la prueba de T, en los diez muestreos, de los filtros percoladores y de lagunas facultativas de la PTAR “La Totorá”. Ayacucho, 2017-2018.



## V. DISCUSIÓN

En las tablas 2,3 y 4 podemos observar las especies de formas parasitarias (huevos, quistes y larvas de enteroparásitos) halladas afluentes y efluentes de los filtros percoladores y lagunas facultativas de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totorá - Ayacucho, las especies reportadas fueron *Strongyloides sp* (huevo), *Strongyloides sp* (larva), *Fasciola sp* (huevo), *Trichuris sp* (huevo), *Ascaris sp* (huevo), *Hymenolepis sp* (huevo), Uncinarias (huevo), *Entamoeba sp* (quiste) y *Giardia sp* (quiste).

Al respecto Toranzos, J.<sup>32</sup> (1991), manifiesta que las aguas residuales domésticas son portadoras de una gran diversidad de flora bacteriana de origen fecal. Carrington y col.<sup>33</sup>. (1991) y Zapata y col.<sup>34</sup> (1991), señalan que además son receptoras de formas parasitarias de protozoos y de helmintos. Muchos de estos microorganismos son agentes etiológicos de enfermedades de importancia en Salud Pública.

Rose y col.<sup>35</sup>. (1988); Jakubowski y col.<sup>36</sup> (1991); Rose y Gerba (1991) y Chávez y col.<sup>37</sup> (1994); manifiestan que entre los protozoos encontrados en las aguas residuales se tienen a *Giardia duodenalis* (Lambi, 1859; Alexeieff, 1914) causante de diarreas en niños y adultos a nivel mundial y a la *Entamoeba histolytica* (Schaudinn, 1903) causante de la disentería amebiana. Por otro lado, Shuval y col.<sup>38</sup>. 1985; Sánchez<sup>40</sup> 1991; y, Howard y col.<sup>40</sup> 2001; indican que además en las aguas servidas domésticas se pueden encontrar quistes del protozoario no patogénico *Entamoeba coli* (Gras, 1879; Casagrandi y Barbagallo, 1895) y es cotidiano hallar huevos de diversos helmintos parásitos como *Taenia saginata* (Goeze, 1782; Weinland, 1858), *Taenia solium* (Linnaeus, 1758), *Necator americanus* (Stiles, 1902; Stiles, 1906), *Ascaris lumbricoides* (Linnaeus, 1758), *Trichuris trichiura* (Linnaeus, 1771; Stiles, 1901) y *Rodentolepis nana* (von Siebold, 1852; Spasskii, 1954), entre otros.

Iannacone, J.<sup>41</sup> (2002) en su investigación “Remoción de formas parasitarias intestinales en una laguna facultativa de estabilización en Lima, Perú”, manifiesta que las formas parasitarias encontradas, por la técnica de concentración de flotación de Faust, en cada una de las cuatro fases del tratamiento de las aguas municipales fueron *G. duodenalis*, *E. coli*, *Isospora belli* y *A. lumbricoides*. Las formas parasitarias intestinales registradas por la técnica de sedimentación de Ritchie en los diferentes puntos de muestreo en la laguna de oxidación de San Martín de Porres, Lima, Perú, fueron: *G. duodenalis*, *E. coli*, *Taenia sp.*, *H. nana*, *A. lumbricoides* y *T. trichiura*.

Cabezas, C<sup>42</sup>. (2018), en el informe de su trabajo de investigación titulado “Remoción de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos en las plantas de tratamiento de aguas residuales de los distritos de Huanta y Luricocha, Ayacucho 2017”, manifiesta que los géneros y/o especies de formas parasitarias identificadas en los afluentes y efluentes de las PTAR “Puca Puca” e “Ichpico” del distrito de Huanta y la PTAR “Aycas” del distrito de Luricocha, en los años 2017 y 2018 fueron: en los afluentes se identificaron: *Trichuris trichiura*, *Ascaris lumbricoides*, *Strongyloides stercoralis*, *Uncinarias*, *Entamoeba coli*, *Giardia lamblia*, *Hymenolepis diminuta* e *Hymenolepis nana*.

Villantoy<sup>15</sup>, 2008; realizó una investigación donde determinó la capacidad de remoción de enteroparásitos de la PTAR “Ichpico” del distrito de Huanta. Los enteroparásitos identificados fueron: *Isospora belli*, *Chilomastix mesnili*, *Iodamoeba butschlii*, *Giardia lamblia*, *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*, *Balantidium coli* y los helmintos: *Trichuris trichiura*, *Ascaris lumbricoides*, *Strongyloides stercoralis*, *Fasciola hepática*, *Hymenolepis sp.*, *Taenia sp.*, *Uncinarias*, y *Enterobius vermicularis*.

Elme<sup>16</sup>, 2008; desarrolló la investigación para determinar la remoción de enteroparásitos de la PTAR “La Totorá” de la ciudad de Ayacucho. Los enteroparásitos identificados fueron: protozoarios como *Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli*, *Balantidium coli*, *Endolimax nana*, *Giardia lamblia*, *Iodamoeba butschlii*, *Blastocystis hominis* y los siguientes helmintos: *Hymenolepis nana*, *Hymenolepis diminuta*, *Taenia sp.*, *Trichuris trichiura*, *Ascaris lumbricoides*, *Strongyloides stercoralis* y *Uncinarias*.

Las formas parasitarias halladas y reportadas por los investigadores citados en los párrafos anteriores corroboran los resultados obtenidos en la presente investigación, indicándonos que la presencia de formas parasitarias es un reflejo de las condiciones de saneamiento deficientes en nuestro medio. Tal como lo

indica APT W<sup>43</sup>. (1987) la enteroparasitosis es uno de los problemas de salud pública más prevalentes en países del tercer mundo; del mismo Elliot A, Cáceres I<sup>44</sup>. (1994) indican que sobre todo afecta a la población de estratos socioeconómicos bajos (pobres), con deficiencias de saneamiento básico como en la disponibilidad de agua potable y sistema de desagüe.

En las tablas 2, 3 y 4 podemos observar la cantidad y porcentaje de enteroparásitos halladas en aguas afluentes y efluentes de los filtros percoladores y lagunas facultativas de la planta de tratamiento de aguas residuales La Titora-Ayacucho, reportándose que los quistes de *Entamoeba sp*, Larvas de *Strongyloides sp*, huevos de *Strongyloides sp* y quistes de *Giardia sp*. fueron las formas parasitarias que más frecuentemente fueron identificadas con un número de 247 (35,54%), 107 (15,40%), 92 (13,24%) y 92 (13,24%), respectivamente; y las formas parasitarias que menos frecuentemente fueron identificadas fueron *Fasciola sp* e *Hymenolepis sp* con un número de 9 (1,29%) y 3 (0,43%), respectivamente.

Binnie, 1971; Yáñez 1980, (citados por León<sup>45</sup> 1995), manifiestan que en nuestro país (Perú), en aguas residuales de la ciudad de Tacna, se detectaron los siguientes parásitos: *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, *Ascaris lumbricoides*, *Hymenolepis nana*, *Isospora hominis*, *Strongyloides stercoralis*, *Trichuris trichiura*, *Isospora belli*. En Lima, en las lagunas San Juan de Miraflores, se reportó la presencia de *G. lamblia*, *E. coli*, *E. histolytica*, *Iodamoeba butschlii*, *A. lumbricoides*, *H. nana*, *T. trichiura*, *S. stercoralis* y *Dyphyllobotrium*. Castro, 1990, citado por León<sup>45</sup> 1995 informa que en muestras de desagües de los distritos San Juan de Miraflores, Callao y San Martín de Porres, de Lima-Perú se observaron que los protozoos más frecuentemente hallados fueron: *Giardia lamblia* (30,7%) y *Entamoeba coli* (47,3%), y entre los helmintos más frecuentes, *Ascaris lumbricoides* (29,7%).

Cabezas, C<sup>42</sup>. (2018), en el informe de su trabajo de investigación titulado "Remoción de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos en las plantas de tratamiento de aguas residuales de los distritos de Huanta y Luricocha, Ayacucho 2017", manifiesta que los enteroparásitos identificados frecuentemente en afluentes de las tres PTAR fueron: *Ascaris lumbricoides* (30,2%) y *Trichuris trichiura* (26,9%), y las menos reportadas fueron: *Giardia lamblia* (4,8%) y *Entamoeba coli* (5,1%). En los efluentes de las PTAR "Puca Puca" e "Ichpico" se identificaron huevos de *Ascaris lumbricoides* como la única especie de

enteroparásitos helmintos; a diferencia de la PTAR “Aycas” donde se identificaron huevos de especies como: *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, larvas de *Strongyloides stercoralis*, y quistes de *Giardia lamblia*, siendo *Ascaris lumbricoides* con mayor frecuencia (36,1%).

Los resultados obtenidos están relacionados con el comportamiento del grado y prevalencia del parasitismo entérico de la población que genera sus aguas residuales, en este caso particular el de la ciudad de Ayacucho; esta afirmación está respaldado por los resultados de investigaciones de prevalencia de enteroparásitos en nuestro medio, así Juscamaita y Ango<sup>46</sup> (2000) y Vilcamiche y col<sup>47</sup>. (2000) reportan que en población huamanguina la prevalencia de *Giardia lamblia* varía entre 27,00 y 37,18% en preescolares y escolares, respectivamente; por otro lado Bedriñana y Ango<sup>48</sup> (2000), informan que en el Distrito de San Juan Bautista de la ciudad de Ayacucho (perteneciente a la población huamanguina) las prevalencias fueron del 28,4% para *Trichuris trichiura*, 13,7% para *Ascaris lumbricoides* y 11,4% para *Hymenolepis nana* (= *Vampirolepis nana*). En 500 personas del Distrito de Quinua provincia de Huamanga, los enteroparásitos más frecuentes fueron *A. lumbricoides* 49,7%, *G. lamblia* 24,8% e *H. nana* 11,7%. Mallma y col<sup>49</sup>., (2000) reportan que en Cora-Cora perteneciente a la Provincia de Parinacochas, el 96,05% de niños entre 2 y 10 años están parasitados por alguna especie de enteroparásito, la tasa de prevalencia para *G. lamblia* y *Entamoeba histolytica* es de 30,22% y 20,89%, respectivamente, seguido por *H. nana* (= *V. nana*) y *A. lumbricoides*. Villavicencio y col<sup>50</sup> (2000), en Cajamarca, reportaron que los enteroparásitos más frecuentes fueron *E. coli* 30,72%, *G. intestinalis* (= *G. lamblia*) 12,95% y otros.

Cárdenas<sup>51</sup> (2010) investigó sobre enteroparásitos transmitidos por alimentos en escolares del nivel primario de la Institución Educativa Pública “Abraham Baldelomar”, Carmen Alto - Ayacucho, en 216 escolares, reportó una prevalencia de enteroparasitismo de 77,8%, los parásitos identificados fueron: *Giardia lamblia* 18,3%, *Entamoeba coli* 48,1%, *Iodamoeba butschlii* 10,8%, *Hymenolepis nana* 13,4%, *Ascaris lumbricoides* 5,2% y *Trichuris trichiura* 3,8%. Romero<sup>52</sup> (2011) en el trabajo de investigación, frecuencia de enteroparásitos y factores asociados en escolares de la Institución Educativa 38984-23/MX-P del Asentamiento Humano “Los Ángeles de la Paz-Yanama” Ayacucho, de 207 escolares, 184 presentaron enteroparásitos (88,89%); siendo el biparasitismo la asociación más frecuente (58,62%); *Hymenolepis nana*, *Trichuris trichiura* y

*Ascaris lumbricoides* fueron las especies de helmintos parásitos más frecuentes con 14,98%, 8,70% y 8,21% respectivamente y entre los protozoarios parásitos, *Giardia lamblia* 43,48% y *Blastocystis hominis* 62,8 %. Osorio<sup>53</sup> (2014) en la investigación titulada Enteroparasitosis y factores epidemiológicos en escolares del nivel primario de la I. E. P. "Túpac Amaru II", del Centro Poblado de San Juan de Urubamba, Distrito de Ayacucho. 2013, reportando que la frecuencia de enteroparasitismo en la población estudiada fue de 91,25% (146/160) y que los enteroparásitos más frecuentes fueron *Entamoeba coli* 46,55%; *Giardia lamblia* 19,40%; *Iodamoeba Butschlii* 16,38%; *Blastocystis hominis* 9,91%; *Hymenolepis nana* 4,31%; *Ascaris lumbricoides* 3,02% y *Trichuris trichiura* 0,43%. La mitad de los escolares presentaron monoparasitismo y el aproximadamente un tercio de ellos biparasitismo.

Iannacone, J<sup>41</sup>. (2002) manifiesta que los protozoos *G. duodenalis* y *E. coli* se encontraron generalmente en mayor cantidad que los huevos del nemátodo *A. lumbricoides* en cada una de los cuatro puntos de muestreos en la laguna de estabilización. El orden del porcentaje de remoción en orden descendente de cada una de las formas parasitarias del crudo a la laguna terciaria fue: *A. lumbricoides* > *I. belli* > *G. duodenalis* > *E. coli*.

En la tabla 7 (Figura 2) se observan el número promedio (Nº/L) de enteroparásitos, de los diez muestreos, en aguas afluentes y efluentes de los filtros percoladores de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totorá. Ayacucho, 2017-2018; la cantidad promedio (de 10 muestreos) de formas parasitarias (huevos, quistes y larvas) en aguas afluentes de los filtros percoladores fue de 1 105,91/L, dentro de un rango de 705,00/L a 1 730,00/L; el efluente del filtro percolador 1 como promedio fue de 358,93/L dentro de un rango de 84,05/L a 666,67/L; el efluente del filtro percolador 2 como promedio fue de 341,79/L dentro de un rango de 139,03/L a 586,81/L; el efluente del filtro percolador 3 como promedio fue de 289,51/L dentro de un rango de 77,58/L a 710,40/L; y, el efluente del filtro percolador 4 como promedio fue de 324,93/L dentro de un rango de 123,68/L a 972,22/L.

Shuval y otros investigadores (1978), citado por León<sup>45</sup> (1995) han calculado la concentración de huevos de helmintos en aguas residuales. Si se toma como base un sistema convencional de abastecimiento de agua en el que cada persona produce 100 litros de agua residual por día y se asume una producción de huevos por los parásitos según Craig y Faust (1970), citado por León<sup>45</sup> (1995) en un área endémica en la cual el 10% de la población está infectada con

*Ascaris*, *Trichuris* y *Ancylostoma*, se calcula que en un litro de agua residual podrían existir cerca de 200 huevos de *Ascaris*, 25 huevos de *Ancylostoma* y 6 huevos de *Trichuris*. En el desagüe municipal de una zona endémica de la India, Lakshminarayana y Abdallupa (1972), citada por León<sup>45</sup> (1995) reportan por litro 200 huevos de uncinaria y cerca de 1 000 huevos de *Ascaris*.

Valbuena y col<sup>13</sup>. (2002), en el informe del trabajo de investigación “Detección de helmintos intestinales y bacterias indicadoras de contaminación en aguas residuales, tratadas y no tratadas” en Venezuela, reportan que hallaron 156,9 huevos/L y 26,7 huevos/L de *Ascaris sp.* y Ancylostomideos, respectivamente. Por otro la Iannacone<sup>41</sup> (2002), en el informe de su investigación “Remoción de formas parasitarias intestinales en una laguna facultativa de estabilización en Lima, Perú”, reporta que en aguas residuales cuantificó entre 56 a 62,5, en promedio, de formas parasitarias por litro de agua.

Como podemos observar, la cantidad de formas parasitarias en las aguas residuales de la planta de tratamiento La Totorá – Ayacucho, varía, en promedio, en un rango de 705,00 a 1 730,00 por litro, estos valores se encuentran dentro de valores reportados por otros investigadores; sin embargo, existen valores bastante diversos, que pueden ser tan bajos como 56/L o más de 1 000/L, esto podría deberse a que en las diversas investigaciones realizadas se han utilizado técnicas diferentes; esta afirmación es aseverado por Malicki y col, 2001; Nelson y Darby, 2001 y Paulino y col 2001, citados por Iannacone<sup>41</sup>, 2002; indican que varios autores han señalado la importancia de la estandarización de las técnicas de conteo de quistes de protozoos y de los huevos de helmintos, como la sedimentación, la desorción, la centrifugación y la flotación; pues debido a la técnica cuantitativa parasitológica empleada, se pudieran obtener resultados diversos, pudiendo observarse variaciones entre 30 al 75% en los resultados finales.

La tabla 8 (Figura 3) nos muestra los valores del número promedio de enteroparásitos, de los diez muestreos, en aguas afluentes y efluentes de las lagunas facultativas de la planta de tratamiento de aguas residuales “La Totorá”. Ayacucho, 2017-2018; los valores reportados se hallan dentro de los márgenes reportados por otros investigadores citados en los párrafos anteriores.

En la tabla 9 podemos apreciar los valores del porcentaje de remoción de enteroparásitos, en los diez muestreos, de los filtros percoladores de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totorá. Ayacucho, 2017-2018; en la que podemos observar que, en promedio, el menor porcentaje de remoción de las

formas parasitarias fue de 42,25% y el porcentaje mayor de 83,37%, con un promedio global de 70,27% (Figura 4). En la Tabla 10 podemos apreciar los valores del porcentaje de remoción de huevos, quistes y larvas de formas parasitarias (enteroparásitos), en los diez muestreos, de las lagunas facultativas de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totorá. Ayacucho, 2017-2018; en la que podemos observar que, en promedio, el menor porcentaje de remoción de las formas parasitarias fue de 92,90% y el porcentaje mayor de 100,00%, con un promedio global de 97,66% (Figura 4). Estos valores nos indican que las lagunas facultativas tienen una mayor capacidad de remoción de estas formas parasitarias (Figura 4), observándose, que en promedio, las lagunas facultativas tienen la capacidad de remoción de 27,39% más.

Al respecto León<sup>45</sup>, 1995, menciona que la capacidad de remoción de las lagunas facultativas es mayor al de los de biofiltros (filtros percoladores), indicando que las lagunas de estabilización tienen la capacidad de remover entre 1 a 3 órdenes de magnitud de huevos de helmintos y de 1 a 4 órdenes de magnitud de quistes de protozoarios, en comparación a los biofiltros que remueven de 0 a 2 órdenes de magnitud de huevos de helmintos y de 0 a 1 órdenes de magnitud de quistes de protozoarios enteroparásitos. Estas afirmaciones corroboran lo hallado en la presente investigación.

Una laguna de estabilización (facultativa o no) es una estructura simple para embalsar aguas residuales con el objeto de mejorar sus características, principalmente sanitarias. Las lagunas de estabilización son construidas con poca profundidad (2 a 4 m) y tienen períodos de retención relativamente largos, por lo general de varios días. Cuando las aguas residuales se descargan en lagunas de estabilización, ocurre de manera espontánea el fenómeno de autodepuración o estabilización natural, esto se da mediante fenómenos de tipo físico, químico, bioquímico y biológico. Este fenómeno ocurre en casi todas las aguas estancadas con alto contenido de materia orgánica biodegradable (León<sup>45</sup>, 1995). La remoción o eliminación de las formas parasitarias en lagunas de estabilización se obtiene por la sedimentación de los quistes de protozoarios y huevos de helmintos. Los factores que influyen en el tiempo de sedimentación de los parásitos son el movimiento de las aguas, el flujo no uniforme, y la presencia de detergentes y material flotante, entre otros. Mara y Silva, 1989 y Paulino y col. 2001, citado por Iannacone<sup>41</sup>, 2002, mencionan que la eficiencia en la remoción de formas parasitarias se encuentra influenciada por la

temperatura y por el tiempo de retención de las aguas residuales en cada una de las fases de tratamiento, en este caso en lagunas de estabilización.

Valbuena y col<sup>13</sup>. 2002. Menciona con relación a la remoción de los huevos de helmintos, en el caso *Ascaris* sp., exceptuando los muestreos 5, 8 y 9 en los cuales hubo mayor número de estos parásitos a la salida que a la entrada, el porcentaje de remoción estuvo entre 29 y 92,4%. La remoción de los *Ancylostomas*, fue igualmente variable, entre 23 y 65,5%. Estos datos demuestran que el sistema de lagunas, no eliminó eficientemente este tipo de microorganismos. Por otro lado, Iannacone<sup>41</sup>, 2002, reporta una remoción del 97,48% al 97,91% en una laguna facultativa de la ciudad de Lima – Perú, señalando además que, aunque en general el tamaño de la forma parasitaria no estuvo relacionado linealmente con el porcentaje de remoción total, sino solo una relación logarítmica por el método de sedimentación; se puede observar en un menor porcentaje de remoción total para los quistes de protozoos en comparación con los huevos de helmintos.

Se han realizado muchas investigaciones referentes al tiempo necesario para la remoción de los parásitos en las lagunas de estabilización. Wachs (1961), citado por León<sup>45</sup>, 1995, informa una remoción efectiva de los quistes de *Entamoeba histolytica* en 20 días. Arceivala (1970), citado por León<sup>45</sup>, 1995, en la India, informa la obtención de efluentes libres de parásitos en lagunas de estabilización divididas en tres celdas y un tiempo de retención de 6 días. Sin embargo, mencionan la presencia de un número significativo de larvas rabdiformes de *Ancylostoma duodenale*. En las lagunas de estabilización de San Juan de Miraflores de Lima, Perú, se ha verificado que se puede remover el 100% de huevos de helmintos y quistes de protozoos con período de retención entre 8 a 15 días, siendo 10 días el período recomendado por la OMS. Existen estudios que indican que las condiciones de anaerobiosis destruyen los huevos de uncinarias; ello sugiere que la inclusión de anaerobiosis, condición que ocurre en los estratos inferiores de las lagunas, reforzaría la efectividad del tratamiento, obteniéndose un efluente libre de parásitos (Kazuyoshi, 1972), citado por León<sup>45</sup>, 1995.

Cabezas, C<sup>42</sup>. (2018), manifiesta que los porcentajes de remoción total de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos en las PTAR “Puca Puca” e “Ichpico” del distrito de Huanta y “Aycas” del distrito de Luricocha, fueron: 98,4%; 95,2% y 78,1% de remoción de enteroparásitos para las PTAR “Puca Puca”, “Ichpico” y



“Aycas”, respectivamente. Por otro lado Villantoy<sup>15</sup> (2008), en su investigación “Capacidad de remoción de enteroparásitos en la PTAR de “Ichpico” del distrito de Huanta”, menciona que los resultados tienen un nivel de significancia estadística alto, indicando que el número promedio de enteroparásitos difieren en cada punto de muestreo, esta diferencia es porque el investigador realizó la prueba de variabilidad en diferentes puntos de muestreos de una sola PTAR y a sí mismo en los cuatro puntos de muestreo obtuvo una remoción para protozoarios del 99,36% y para helmintos del 99,56% y en promedio obtuvo una capacidad de remoción del 99,5%.

Del mismo modo, Elme<sup>16</sup> (2008), en la investigación “Capacidad de remoción de enteroparásitos de la PTAR “La Totorá” en la ciudad de Ayacucho” señala que la remoción promedio fue, para protozoarios de 99,05% y para helmintos de 98,37% y en promedio, para ambos grupos de parásitos, obtuvo una remoción de 98,8%; del mismo modo, Prado (1987), en la investigación “Cuantificación de enteroparásitos y estudio de viabilidad de *Ascaris lumbricoides*, en afluentes y efluentes de la PTAR de “Alameda” Huanta”, manifiesta que el porcentaje de remoción de los enteroparásitos fue: para protozoarios 83,11% y para helmintos 76,8%; en promedio de remoción de 80,0%.

Iannacone<sup>41</sup> (2002), en la investigación “Determinación de las formas parasitarias intestinales en laguna facultativas de estabilización, en San Martín Porras, Lima, Perú”; manifiesta que la eliminación media global de las formas parasitarias fue la siguiente: 69,37% en agua cruda, en estanque primario 48,34% y desde estanque secundario a primario 85,45% desde el estanque secundario al terciario el 97,69% y desde el agua cruda al fondo terciario no hubo diferencias significativas en el desempeño cuantitativo.

Peinador y Morillo<sup>54</sup> (1999), en el informe de investigación titulado “Determinación de la eficiencia de remoción de huevecillos de helmintos y quistes de protozoarios patógenos que tienen los diferentes sistemas de tratamiento de agua residual Costa Rica de 1999”, indican que la PTAR evaluada cuenta con una eficiencia de remoción del 100% de formas parasitarias en todos los sistemas lagunares.

En la tabla 11 podemos observar los valores transformados del porcentaje de remoción de enteroparásitos, en los diez muestreos, de los filtros percoladores y de las lagunas facultativas de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totorá. Ayacucho, 2017-2018; las transformaciones de los datos fueron

realizados mediante  $\arcsen\sqrt{p}$  puesto que los datos del porcentaje de remoción de las lagunas facultativas no mostraron una distribución normal, luego de la transformación de datos éstos fueron sometidos a la prueba T de Student y la prueba de normalidad de Anderson-Darling para los datos transformados, además de prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

La figura 5 muestra la caja de porcentaje de remoción, obtenido mediante la prueba de T de Student (ver anexo 11), de huevos, quistes y larvas de formas parasitarias (enteroparásitos), en los diez muestreos, de las lagunas facultativas y filtros percoladores de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totorá. Ayacucho, 2017-2018; en el que podemos observar que hay suficiente evidencia estadística para afirmar que las lagunas facultativas presentan un porcentaje de remoción significativamente mayor ( $t=-9.03$ ,  $gl=18$ ,  $p=0.000$ ) en comparación a los filtros percoladores. La diferencia estadística significativa es corroborado por León<sup>45</sup>, 1995, quien menciona que la capacidad de remoción de las lagunas facultativas es mayor al de los de biofiltros (filtros percoladores).

Al respecto la ANA<sup>1</sup> (2016) menciona que en el componente de tratamiento se propone que este proceso se adecúe al uso de las aguas residuales, lo que implica priorizar la remoción de patógenos para proteger la salud pública, en lugar de remover la materia orgánica y los nutrientes que sí son aprovechados por la agricultura. Las lagunas de estabilización constituyen la tecnología más apropiada para lograr este objetivo, además de requerir solo el 20% de la inversión y el 10% de los costos de operación que demandan otras tecnologías.

## VI. CONCLUSIONES

1. La capacidad de remoción de enteroparásitos de lagunas facultativas de la planta de tratamiento de aguas residuales “La Totora” (2017-2018) fue del 97,66%; en promedio global, sus efluentes contienen 28,49/L de enteroparásitos.
2. La capacidad de remoción de enteroparásitos de los filtros percoladores de la planta de tratamiento de aguas residuales “La Totora” (2017-2018) fue del 70,27%; en promedio global, sus efluentes contienen 328,79/L de enteroparásitos.
3. Las lagunas facultativas de la planta de tratamiento de aguas residuales “La Totora” tienen mayor capacidad de remoción en comparación a los filtros percoladores, logrando remover un 27,39% más de enteroparásitos, con valor de  $p= 0,000$  para la prueba de T de Student, indicando significancia estadística.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. En las evaluaciones del contenido de formas parasitarias de aguas residuales deben considerarse además el estudio de la viabilidad de estos.
2. La remoción de huevos y larvas de helmintos y protozoarios enteroparásitos deben ser evaluados a nivel de toda la planta de tratamiento.
3. El Laboratorio de Microbiología Ambiental debe ser equipado con centrifugas con mayor capacidad de volumen a centrifugar, el hecho de centrifugar en volúmenes pequeños incrementa el riesgo de contaminación del personal investigador.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA. 2016. Manual de Buenas Prácticas para el Uso Seguro Y Productivo De Las Aguas Residuales Domésticas. Autoridad Nacional del Agua. Ministerio de Agricultura y Riego. Perú.
2. Quipuzco. L. 2002. Evaluación del comportamiento de dos pantanos artificiales instalados en serie con *Phragmites australis* para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. 2002; 5(10): 52-57
3. Prüs A, Kay D, Fewtrell L, Bartram J. Estimating the burden of disease from water, sanitation, and hygiene at a global level. Environ Health Perspect. 2002; 110(5): 537- 542.
4. Feachem RG, Bradley DJ, Garelick H, Mara DD. Sanitation and disease: health aspects of excreta and wastewater management. New York: John Wiley & Son; 1983.
5. Carmena D, Aquinagalde X, Zigorraga C, Fernández-Crespo JC, Ocio JA. Presence of Giardia cysts and Cryptosporidium oocyst in drinking water supplies in northern Spain. J Appl Microbiol. 2007; 102(3): 619-29.
6. Castro de Esparza ML, Sáenz R. Evaluación de riesgos para la salud por el uso de aguas residuales en agricultura. Volumen I: Aspectos microbiológicos. Lima: CEPIS/OPS; 1990.
7. Ortiz C, López MC y Rivas F. Prevalencia de helmintos en la planta de aguas residuales del municipio El Rosal, Cundinamarca. Rev salud pública. 2012;14 (2): 296–304.
8. Jacobo F. VGP. Monitoreo huevos de helmintos en planta de tratamiento de agua residual en la Comarca Lagunera. 2014.
9. Castro L, et al. Patógenos emergentes como restricción para el reuso de las aguas residuales municipales tratadas de Cd . Obregón, Sonora. 2009; 5 (1):9-21.
10. Calabuig L y Ansola D. Aplicación de humedales construidos en la reducción de patógenos y otros contaminantes en agua residual urbana y ganadera: Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental. 2011; 150 (8): 8 -10.
11. Lenina D, Menocal T, Isabel Y, y Sánchez C. Importancia de la vigilancia sanitaria de los parásitos en la calidad del agua, según su uso. Rev Cuba Hig y Epidemiol. 2014; 52 (2):196–209.
12. Polo G. Determinación de enteroparásitos en lechuga (*Lactuca sativa*) en las fincas dedicadas a su producción en el Municipio San Juan de Pasto - Nariño. República de Colombia. 2014; 66 (7).
13. Valbuena, D., Díaz-Suárez, O., Botero, L., y Cheng, R. 2002. Detección de helmintos intestinales y bacterias indicadoras de contaminación en aguas residuales, tratadas y no tratadas. Universidad del Zulia. Venezuela. Interciencia, Vol. 27 N° 12. Pag. 710 – 714.
14. Pérez-Cordón, María J. Rosales, Renzo A. Valdez, Franklin Vargas-Vásquez, Ofelia Cordova. Detección de parásitos intestinales en agua y alimentos de Trujillo, Perú. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2008; 25(1): 144-48.
15. Villantoy E. Capacidad de remoción de enteroparásitos de planta de tratamiento de aguas residuales "Ichpico" [Tesis para obtener título profesional de biólogo] Huanta. Tesis Biblioteca-UNSCH. 2008.
16. Elme W. Remoción de enteroparásitos en la planta de tratamiento de aguas residuales "La Tatora" [Tesis para obtener título profesional de biólogo]. Ayacucho Tesis Biblioteca - UNSCH. 2008

17. Pifano F (1978) Algunos aspectos de la patogénesis y clínica de las helmintiasis del hombre transmitidas por el suelo (geohelmintiasis), *Gaceta Médica de Caracas* LXXXVI: 305-318.
18. Crompyon D (1988) the prevalence of *Ascaris*. *Parasitology Today* 4: 162-169.
19. Markell E, Voge M, David J (1990) *Parasitología médica*. 6ta edición Interamericana McGraw-Hill. 219 pp.
20. Stott R, Jenkins T, Shabana M, May E (1997) A survey of the Microbial Quality of Wastewater in Ismailia, Egypt and the implications for wastewater reuse. *Water Sci. Technol.* 35 (11): 211-217.
21. Ayres RM, Stott R, Mara DD, Lee DL (1992) Wastewater Reuse in Agriculture and the risk of intestinal nematodes infection. *Parasitology Today* 8: 32-35.
22. Ghiglietti R, Rossi P, Ramsan M, Colombi A (1995) Viability of *Ascaris suum*, *Ascaris lumbricoides* and *Trichuris muris* eggs to alkaline pH and different temperatures. *Parasitologia* 37: 229-232.
23. Davelois K, Córdova O, Cubas R, Escalante, H, Reyes J. Frecuencia de protozoos y helmintos intestinales en manipuladores de alimentos en la Ciudad de Trujillo, La Libertad-Perú. *Rebiol* 1997; 17(1-2): 31-36.
24. Craun GF, Nwachuku N, Calderon RL, Craun MF. Outbreaks in drinking-waters systems, 1991-1998. *J Environ Health.* 2002; 65(1): 16-23.
25. Montoya, M. Alzate, J. Laboratorio virtual de parásitos humanos. Facultad de Medicina. Universidad de Antioquía. Colombia.  
[http://medicina.udea.edu.co/parasitologia/Gral\\_Helminth.html](http://medicina.udea.edu.co/parasitologia/Gral_Helminth.html)
26. EPSASA S.A Ayacucho Plan Maestro Optimizado 2015 – 2044. 2014. Gerencia General Comisión de Gestión del Plan Maestro Optimizado EPSASA S.A. Ayacucho. Perú.
27. Ayres R, y Mara D. Análisis de aguas residuales para su uso en agricultura. Organización Mundial de la Salud. Ginebra 1997.
28. Palomino C. Calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas de consumo humano y de riego del distrito de Luricocha de la provincia de Huanta - Ayacucho 2016 - 2017. [Tesis para obtener título profesional de biólogo]. Tesis Biblioteca UNSCH-2018.
29. Botero M. *Parasitosis Humanas*. Tercera ed. Medellín Colombia: Corporación para investigaciones Biológicas; 1998. 32.
30. Becerril MA. *Parasitología Médica*. Tercera Edición, México: Mc.Graw. Hill; 2011. 33.
31. Matta H. Enteroparásitos en hortalizas regadas con afluentes y efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales Huanta [Tesis para obtener título profesional de biólogo]. Tesis Biblioteca UNSCH-2001.
32. Toranzos, G.A. 1991. Current and possible alternate indicators of fecal contaminations in Tropical waters: a short review. *Environ. Toxicol. Water Qual.*, New York, 6: 121- 130
33. Carrington, E.G.; E.B. Pike; O. Auty & R. Morris. 1991. Oestruction of faecal bacteria , enteroviruses and ova of parasites in wastewater sludge by aerobic thermophilic and anaerobic mesophilic digestion. *Water Sei. Tech.* Amsterdam, 24: 377-380.
34. Zapata, S.M.; F.T. Torrico & M.A. M. Solano. 1991. Estudio microbiológico de aguas residuales hospitalarias de la ciudad de Cochabamba. Universidad Mayor de San Simón (Cochabamba, BO). Facultad de Medicina. Salud Ambiental, un desafío hacia el año 2000. La Paz, ABIS, 12p.
35. Rose, J.B. & G.E. Gerber A. 1991. Use of risk assessment for development of microbial standards. *Water Sei. Tech.*, Amsterdam, 24: 29-34.

36. Jakubowski I, W.; J.L. Sykora; E.A. Sorber; L.A. Casson & P.O. Gavaghan. 1991. Determining giardiasis prevalence by examination of sewage. *Water Sei. Tech.*, Amsterdam, 24: 173- 178.
37. Chavez, V.; P. Huapaya ; Y. Espinoza; A. Huamán & O. Kanashiro. 1994. Prevalencia de enteroparásitos y desnutrición infantil en un Centro Educativo del distrito del Rímac - Lima (1993). *Rev. Per. Med. Trop. U.N.M. S.M.*, Lima, 8: 81- 85.
38. Shuval, H.I.; Y. Perez & F. Badri. 1985. Epidemiological evidence for helminth and cholera transmission by vegetables irrigated with wastewater; Jerusalem a case study. *Water Sei. Tech.*, Amsterdam, 17: 433-442.
39. Sánchez, M.e.A. 1991. Estudio de factibilidad para el tratamiento de aguas residuales mediante lagunas de oxidación. Lima, CEPIS, OPS/OMS Ed., 336p.
40. Howard, S.E.; E.A. O'Connell & M.S. Chan. 2001. Methods for estimation of association between multiple species parasite infection. *Parasitology*, Cambridge, 122: 233-241.
41. Iannaccone J, Benites MJ, Chirinos L. Prevalencia de infección por parásitos intestinales en escolares de primaria de Santiago de Surco, Lima, Perú. *Parasitol Latinoam.* 2006; 61(1-2): 54-62.
42. Cabezas, C. 2018. Remoción de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos en las plantas de tratamiento de aguas residuales de los distritos de Huanta y Luricocha, Ayacucho 2017. Tesis, Facultad de Ciencias Biológicas – UNSCH.
43. APT W. Helminthiasis intestinales humanas en América Latina. Prevalencia actual y sus factores contribuyentes. *Parasitol al día* 1987; 11:155-166.
44. Elliot A, Cáceres I. Introducción a la parasitología médica del Perú. 3era ed. Lima: Martegraf; 1994.
45. León, S. 1995. Tratamiento de aguas residuales; objetivos y selección de tecnologías en función al tipo de reuso. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. OPS. Lima – Perú.
46. Juscamaita CC, Ango AH. Asociaciones parasitarias frecuentes en niños menores de 5 años con desnutrición y aparentemente sanos - Ayacucho. Libro de Resúmenes del IV Congreso Peruano de Parasitología; 2000 Set 22-24, Lima, Perú. Lima: Sociedad Peruana de Parasitología; 2000. p. 17.
47. Vilcamiche Z, Romero S, Ango H. Giardiasis en niños de 4 a 12 años de edad y su relación con algunos factores epidemiológicos. Ayacucho 1996. Libro de Resúmenes del IV Congreso Peruano de Parasitología; 2000 Set 22-24, Lima, Perú. Lima: Sociedad Peruana de Parasitología; 2000. p. 21.
48. Brediñana IF, Ango AH. Enteroparasitismo en pre-escolares y escolares San Juan Bautista (2750 msnm)-Ayacucho. Libro de Resúmenes del IV Congreso Peruano de Parasitología; 2000 Set 22-24, Lima, Perú. Lima: Sociedad Peruana de Parasitología; 2000. p. 23.
49. Mallma M, Ramos H, Saravia C, Cartagena L. enteroparásitos en niños de 2 - 10 años de la localidad del distrito de Cora-Cora, provincia de Parinacochas - Ayacucho. Libro de Resúmenes del IV Congreso Peruano de Parasitología; 2000 Set 22-24, Lima, Perú. Lima: Sociedad Peruana de Parasitología; 2000. p. 71.
50. Villavicencio Z, Bornay F, Delgado E, Meseguer I. Prevalencia de parasitosis intestinal en la provincia de Cajamarca, Perú. Libro de Resúmenes del IV Congreso Peruano de Parasitología; 2000 Set 22-24, Lima, Perú. Lima: Sociedad Peruana de Parasitología; 2000. p. 29.

51. Cárdenas, K. Parásitos Transmitidos por Alimentos en escolares de la institución Educativa Pública Abraham Valdelomar del Distrito de Carmen Alto. Tesis Biología. UNSCH. Ayacucho Perú; 2010.
52. Romero, R. Frecuencia de Enteroparásitos y factores Asociados en escolares de la Institución Educativa 38984-P/Mx. del AA.HH. "Los Ángeles de la Paz - Yanama". Tesis Biología. UNSCH. Ayacucho Perú; 2011.
53. Osorio, C. 2014. Enteroparasitosis y factores epidemiológicos en escolares del nivel primario de la Institución Educativa Pública "Túpac Amaru II", del Centro Poblado de San Juan de Urubamba, Distrito de Ayacucho. 2013. Tesis de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNSCH.
54. Peinador M y Murillo J. Enteroparásitos: detección y vigilancia en aguas residuales de Costa Rica durante 1999. Rev Costarric Salud Pública 2000;9 (17): 26 - 32.



## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Número de enteroparásitos cuantificados en 20 µL de aguas residuales afluentes y efluentes, del muestreo 1, de los filtros percoladores de la PTAR La Totorá – Ayacucho, 2017 -2018.

	<b>Muestreo 1</b>														
	<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>		
	<b>CD1</b>	<b>CD2</b>	<b>CD3</b>	<b>F1A</b>	<b>F1B</b>	<b>F1C</b>	<b>F2A</b>	<b>F2B</b>	<b>F2C</b>	<b>F3A</b>	<b>F3B</b>	<b>F3C</b>	<b>F4A</b>	<b>F4B</b>	<b>F4C</b>
Vol. Inicial (litros)	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Vol. Frasco/sedimento (ml)	60	65	70	60	65	65	70	70	70	65	60	60	60	70	65
Vol. Tubo/sedimento (ml)	1,4	1,5	1,5	1,7	1,5	1,6	1,3	1,2	1,4	1,3	1,3	1,2	1,5	1,1	1,4
Vol. Muestra observada (µL)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
<i>Strongyloides sp</i> (huevo)	2	3	1	4	0	2	4	1	2	2	0	1	1	0	0
<i>Strongyloides sp</i> (larva)	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	2	0	1
<i>Fasciola sp</i> (huevo)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichuris sp</i> (huevo)	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
<i>Ascaris sp</i> (huevo)	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hymenolepis sp</i> (huevo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uncinarias (huevo)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0
<i>Entamoeba sp</i> (quiste)	3	0	1	1	1	1	0	2	1	0	0	2	0	1	1
<i>Giardia sp</i> (quiste)	2	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	2
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>5.3</b>			<b>5</b>			<b>5</b>			<b>4</b>			<b>3.7</b>		

**Anexo 2.** Número de enteroparásitos cuantificados en 20 µL de aguas residuales afluentes y efluentes, del muestreo 2, de los filtros percoladores de la PTAR La Totorá – Ayacucho, 2017 - 2018.

	<b>Muestreo 2</b>														
	<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>		
	<b>CD1</b>	<b>CD2</b>	<b>CD3</b>	<b>F1A</b>	<b>F1B</b>	<b>F1C</b>	<b>F2A</b>	<b>F2B</b>	<b>F2C</b>	<b>F3A</b>	<b>F3B</b>	<b>F3C</b>	<b>F4A</b>	<b>F4B</b>	<b>F4C</b>
Vol. Inicial (litros)	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Vol. Frasco/sedimento (ml)	65	70	60	65	65	70	60	60	70	70	65	65	65	60	60
Vol. Tubo/sedimento (ml)	1,9	1,1	1,4	2,1	1,2	1,3	2,3	1,4	1,3	2,6	1,5	1,4	2,3	1,9	1,8
Vol. Muestra observada (µL)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
<i>Strongyloides sp</i> (huevo)	4	1	2	1	1	0	2	0	0	1	0	1	1	0	0
<i>Strongyloides sp</i> (larva)	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1
<i>Fasciola sp</i> (huevo)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichuris sp</i> (huevo)	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1
<i>Ascaris sp</i> (huevo)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
<i>Hymenolepis sp</i> (huevo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uncinarias (huevo)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
<i>Entamoeba sp</i> (quiste)	3	3	2	2	1	2	0	1	2	1	1	2	2	2	1
<i>Giardia sp</i> (quiste)	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>4</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>7.7</b>			<b>3</b>			<b>3.3</b>			<b>3.7</b>			<b>5</b>		

**Anexo 3.** Número de enteroparásitos cuantificados en 20 µL de aguas residuales afluentes y efluentes, del muestreo 3, de los filtros percoladores de la PTAR La Totorá – Ayacucho, 2017 - 2018.

	<b>Muestreo 3</b>														
	<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>		
	<b>CD1</b>	<b>CD2</b>	<b>CD3</b>	<b>F1A</b>	<b>F1B</b>	<b>F1C</b>	<b>F2A</b>	<b>F2B</b>	<b>F2C</b>	<b>F3A</b>	<b>F3B</b>	<b>F3C</b>	<b>F4A</b>	<b>F4B</b>	<b>F4C</b>
Vol. Inicial (litros)	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Vol. Frasco/sedimento (ml)	70	70	65	65	70	60	65	65	70	70	70	70	60	60	65
Vol. Tubo/sedimento (ml)	1,7	2,1	1,4	1,2	1,4	1,4	1,7	1,1	1,4	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,3
Vol. Muestra observada (µL)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
<i>Strongyloides sp</i> (huevo)	1	2	0	2	2	0	1	2	0	1	0	1	1	0	0
<i>Strongyloides sp</i> (larva)	3	3	2	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0
<i>Fasciola sp</i> (huevo)	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichuris sp</i> (huevo)	0	0	2	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1
<i>Ascaris sp</i> (huevo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Hymenolepis sp</i> (huevo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uncinarias (huevo)	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1
<i>Entamoeba sp</i> (quiste)	2	3	1	1	1	1	0	1	1	0	2	1	1	2	2
<i>Giardia sp</i> (quiste)	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>8</b>			<b>4,3</b>			<b>3,7</b>			<b>3,7</b>			<b>4</b>		

**Anexo 4.** Número de enteroparásitos cuantificados en 20 µL de aguas residuales afluentes y efluentes, del muestreo 4, de los filtros percoladores de la PTAR La Totorá – Ayacucho, 2017 - 2018.

	<b>Muestreo 4</b>														
	<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>		
	<b>CD1</b>	<b>CD2</b>	<b>CD3</b>	<b>F1A</b>	<b>F1B</b>	<b>F1C</b>	<b>F2A</b>	<b>F2B</b>	<b>F2C</b>	<b>F3A</b>	<b>F3B</b>	<b>F3C</b>	<b>F4A</b>	<b>F4B</b>	<b>F4C</b>
Vol. Inicial (litros)	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Vol. Frasco/sedimento (ml)	60	60	70	65	65	60	70	60	60	60	70	75	75	60	65
Vol. Tubo/sedimento (ml)	1,1	1,6	1,4	1,4	1,1	1,3	1,2	1,1	1	1,4	1,2	1,4	1,5	1,4	1,3
Vol. Muestra observada (µL)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
<i>Strongyloides sp</i> (huevo)	1	2	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	1	0
<i>Strongyloides sp</i> (larva)	2	1	1	1	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Fasciola sp</i> (huevo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichuris sp</i> (huevo)	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Ascaris sp</i> (huevo)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hymenolepis sp</i> (huevo)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uncinarias (huevo)	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Entamoeba sp</i> (quiste)	2	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	2
<i>Giardia sp</i> (quiste)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>5,7</b>			<b>2,7</b>			<b>1,3</b>			<b>1,7</b>			<b>1,3</b>		

**Anexo 5.** Número de enteroparásitos cuantificados en 20 µL de aguas residuales afluentes y efluentes, del muestreo 5, de los filtros percoladores de la PTAR La Totorá – Ayacucho, 2017 -2018.

	<b>Muestreo 5</b>														
	<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>		
	<b>CD1</b>	<b>CD2</b>	<b>CD3</b>	<b>F1A</b>	<b>F1B</b>	<b>F1C</b>	<b>F2A</b>	<b>F2B</b>	<b>F2C</b>	<b>F3A</b>	<b>F3B</b>	<b>F3C</b>	<b>F4A</b>	<b>F4B</b>	<b>F4C</b>
Vol. Inicial (litros)	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Vol. Frasco/sedimento (ml)	65	65	65	65	70	60	70	65	65	60	60	70	70	65	65
Vol. Tubo/sedimento (ml)	1	1,2	1,3	1,1	1,4	1,3	1	1,4	1,3	0,9	1,1	1	1,2	1,1	1,3
Vol. Muestra observada (µL)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	3	20	20	20
<i>Strongyloides sp</i> (huevo)	2	2	0	0	0	1	0	1	0	2	0	1	0	0	0
<i>Strongyloides sp</i> (larva)	3	1	2	3	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0
<i>Fasciola sp</i> (huevo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichuris sp</i> (huevo)	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Ascaris sp</i> (huevo)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hymenolepis sp</i> (huevo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uncinarias (huevo)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Entamoeba sp</i> (quiste)	3	1	3	1	1	1	1	1	2	2	0	1	1	1	2
<i>Giardia sp</i> (quiste)	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>6,7</b>			<b>3,3</b>			<b>3.7</b>			<b>2,7</b>			<b>2,3</b>		

**Anexo 6.** Número de enteroparásitos cuantificados en 20 µL de aguas residuales afluentes y efluentes, del muestreo 6, de los filtros percoladores de la PTAR La Totorá – Ayacucho, 2017 - 2018.

	<b>Muestreo 6</b>														
	<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>		
	<b>CD1</b>	<b>CD2</b>	<b>CD3</b>	<b>F1A</b>	<b>F1B</b>	<b>F1C</b>	<b>F2A</b>	<b>F2B</b>	<b>F2C</b>	<b>F3A</b>	<b>F3B</b>	<b>F3C</b>	<b>F4A</b>	<b>F4B</b>	<b>F4C</b>
Vol. Inicial (litros)	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Vol. Frasco/sedimento (ml)	60	70	70	65	60	70	70	65	60	60	60	70	70	60	70
Vol. Tubo/sedimento (ml)	2,1	1,4	1,5	1,6	1,5	1,3	1,6	1,3	1,5	1,5	1,2	1,4	1,4	1,1	1,3
Vol. Muestra observada (µL)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	3	20	20	20
<i>Strongyloides sp</i> (huevo)	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Strongyloides sp</i> (larva)	2	1	0	2	1	0	1	1	0	2	1	0	0	0	0
<i>Fasciola sp</i> (huevo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichuris sp</i> (huevo)	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Ascaris sp</i> (huevo)	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hymenolepis sp</i> (huevo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uncinarias (huevo)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Entamoeba sp</i> (quiste)	2	1	2	0	0	2	0	2	1	0	0	3	2	2	1
<i>Giardia sp</i> (quiste)	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>4,7</b>			<b>3</b>			<b>2,3</b>			<b>2,3</b>			<b>2,3</b>		

**Anexo 7.** Número de enteroparásitos cuantificados en 20 µL de aguas residuales afluentes y efluentes, del muestreo 7, de los filtros percoladores de la PTAR La Totorá – Ayacucho, 2017 - 2018.

	<b>Muestreo 7</b>														
	<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>		
	<b>CD1</b>	<b>CD2</b>	<b>CD3</b>	<b>F1A</b>	<b>F1B</b>	<b>F1C</b>	<b>F2A</b>	<b>F2B</b>	<b>F2C</b>	<b>F3A</b>	<b>F3B</b>	<b>F3C</b>	<b>F4A</b>	<b>F4B</b>	<b>F4C</b>
Vol. Inicial (litros)	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Vol. Frasco/sedimento (ml)	70	70	60	65	65	65	70	70	60	65	60	70	65	60	60
Vol. Tubo/sedimento (ml)	1,1	1,4	1,1	1,4	1,2	1,1	1,4	1,7	1,2	1,4	1,1	1,1	1,7	1,2	1,3
Vol. Muestra observada (µL)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	3	20	20	20
<i>Strongyloides sp</i> (huevo)	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Strongyloides sp</i> (larva)	1	2	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
<i>Fasciola sp</i> (huevo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichuris sp</i> (huevo)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Ascaris sp</i> (huevo)	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hymenolepis sp</i> (huevo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Uncinarias (huevo)	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Entamoeba sp</i> (quiste)	1	2	2	0	1	1	1	1	2	1	1	1	0	1	1
<i>Giardia sp</i> (quiste)	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>4,7</b>			<b>2,3</b>			<b>2,3</b>			<b>2</b>			<b>2</b>		



**Anexo 8.** Número de enteroparásitos cuantificados en 20 µL de aguas residuales afluentes y efluentes, del muestreo 8, de los filtros percoladores de la PTAR La Totorá – Ayacucho, 2017 - 2018.

	<b>Muestreo 8</b>														
	<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>		
	<b>CD1</b>	<b>CD2</b>	<b>CD3</b>	<b>F1A</b>	<b>F1B</b>	<b>F1C</b>	<b>F2A</b>	<b>F2B</b>	<b>F2C</b>	<b>F3A</b>	<b>F3B</b>	<b>F3C</b>	<b>F4A</b>	<b>F4B</b>	<b>F4C</b>
Vol. Inicial (litros)	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Vol. Frasco/sedimento (ml)	65	70	70	60	65	65	70	70	70	70	60	60	60	65	65
Vol. Tubo/sedimento (ml)	1	1,2	1,4	1,2	1,3	1,1	1,3	1,2	1	1,1	1,4	1,2	1,3	1,1	2
Vol. Muestra observada (µL)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	3	20	20	20
<i>Strongyloides sp</i> (huevo)	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Strongyloides sp</i> (larva)	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Fasciola sp</i> (huevo)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichuris sp</i> (huevo)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Ascaris sp</i> (huevo)	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hymenolepis sp</i> (huevo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uncinarias (huevo)	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Entamoeba sp</i> (quiste)	2	3	2	1	2	0	0	1	3	0	1	1	2	1	1
<i>Giardia sp</i> (quiste)	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>5,7</b>			<b>3</b>			<b>2</b>			<b>1,3</b>			<b>2</b>		

**Anexo 9.** Número de enteroparásitos cuantificados en 20 µL de aguas residuales afluentes y efluentes, del muestreo 9, de los filtros percoladores de la PTAR La Totora – Ayacucho, 2017 - 2018.

	<b>Muestreo 9</b>														
	<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>		
	<b>CD1</b>	<b>CD2</b>	<b>CD3</b>	<b>F1A</b>	<b>F1B</b>	<b>F1C</b>	<b>F2A</b>	<b>F2B</b>	<b>F2C</b>	<b>F3A</b>	<b>F3B</b>	<b>F3C</b>	<b>F4A</b>	<b>F4B</b>	<b>F4C</b>
Vol. Inicial (litros)	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Vol. Frasco/sedimento (ml)	70	60	60	60	65	70	70	60	60	70	65	65	70	70	70
Vol. Tubo/sedimento (ml)	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4	1,1	1,4	1,3	1,1	1,6	1,4	1	1,7	1,6	1,4
Vol. Muestra observada (µL)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	3	20	20	20
<i>Strongyloides sp</i> (huevo)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Strongyloides sp</i> (larva)	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Fasciola sp</i> (huevo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichuris sp</i> (huevo)	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ascaris sp</i> (huevo)	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Hymenolepis sp</i> (huevo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uncinarias (huevo)	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Entamoeba sp</i> (quiste)	2	2	3	0	0	0	1	0	2	1	1	0	0	1	0
<i>Giardia sp</i> (quiste)	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>5,3</b>			<b>0,7</b>			<b>2,3</b>			<b>2</b>			<b>1,7</b>		

**Anexo 10.** Número de enteroparásitos cuantificados en 20 µL de aguas residuales afluentes y efluentes, del muestreo 10, de los filtros percoladores de la PTAR La Totorá – Ayacucho, 2017 - 2018.

	<b>Muestreo 10</b>														
	<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>			<b>Repeticiones</b>		
	<b>CD1</b>	<b>CD2</b>	<b>CD3</b>	<b>F1A</b>	<b>F1B</b>	<b>F1C</b>	<b>F2A</b>	<b>F2B</b>	<b>F2C</b>	<b>F3A</b>	<b>F3B</b>	<b>F3C</b>	<b>F4A</b>	<b>F4B</b>	<b>F4C</b>
Vol. Inicial (litros)	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Vol. Frasco/sedimento (ml)	60	70	65	65	70	70	60	60	70	65	65	70	65	60	70
Vol. Tubo/sedimento (ml)	1,5	1,5	1,3	1,2	1,4	1,1	1,8	1,4	1,3	1,4	1,2	1,4	1,5	1,2	1,4
Vol. Muestra observada (µL)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	3	20	20	20
<i>Strongyloides sp</i> (huevo)	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Strongyloides sp</i> (larva)	1	1	0	1	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Fasciola sp</i> (huevo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichuris sp</i> (huevo)	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Ascaris sp</i> (huevo)	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hymenolepis sp</i> (huevo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uncinarias (huevo)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Entamoeba sp</i> (quiste)	2	2	1	2	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Giardia sp</i> (quiste)	1	2	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>6</b>			<b>2,7</b>			<b>1,7</b>			<b>0,7</b>			<b>1</b>		

**Anexo 11.** Prueba T de datos modificados del porcentaje de remoción de enteroparásitos, en los diez muestreos, de los filtros percoladores y de las lagunas facultativas de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totorá. Ayacucho, 2017-2018.

**Prueba T**

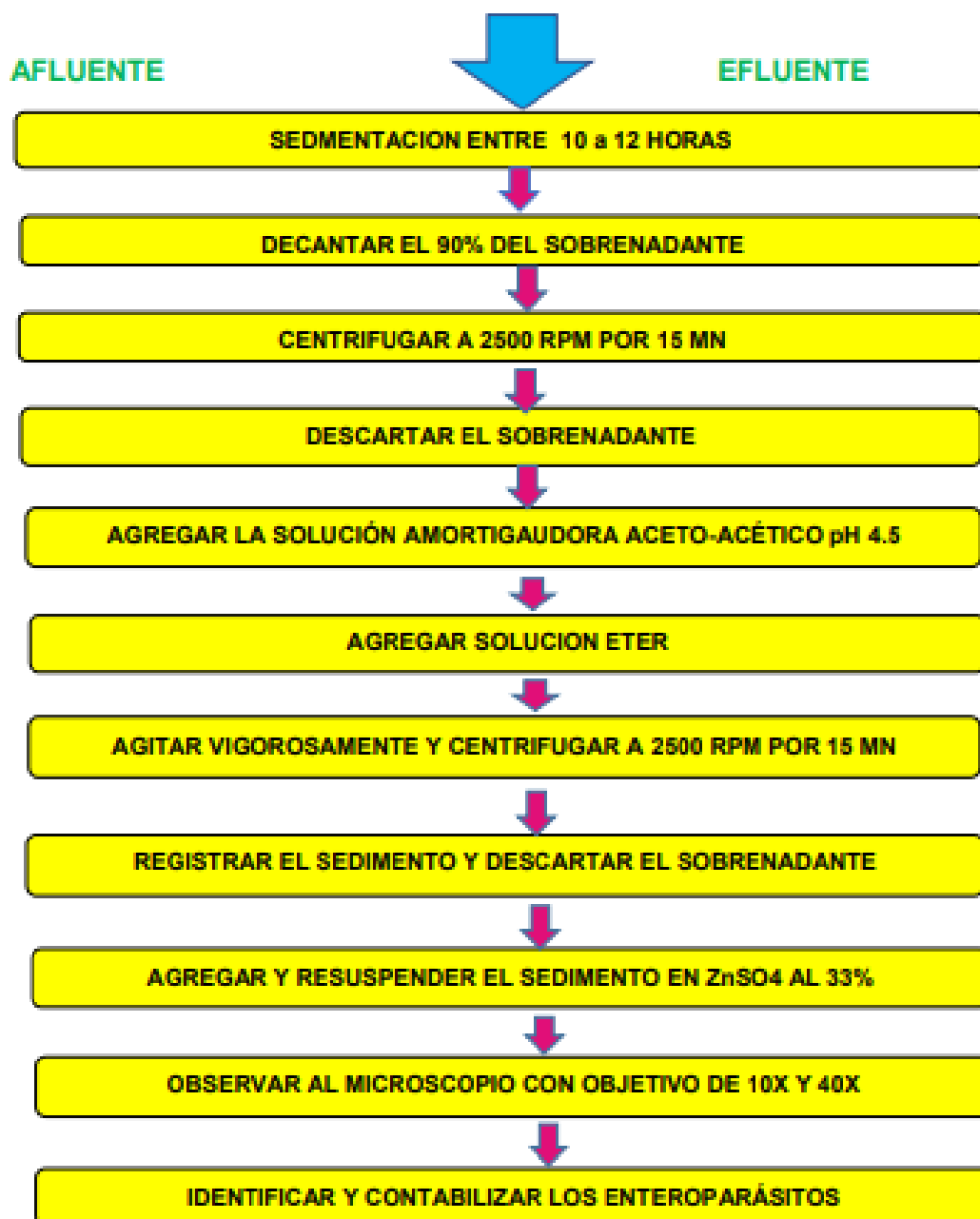
**Estadísticos descriptivos: Porcentaje de remoción**

<b>Tratamientos</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Est.</b>	<b>Error estándar de la media</b>
Filtros percoladores	10	0,988	0,138	0,044
Lagunas facultativas	10	1,4276	0,0693	0,022

**Prueba**

<b>Valor T</b>	<b>GL</b>	<b>Valor p</b>
-9,03	18	0,000

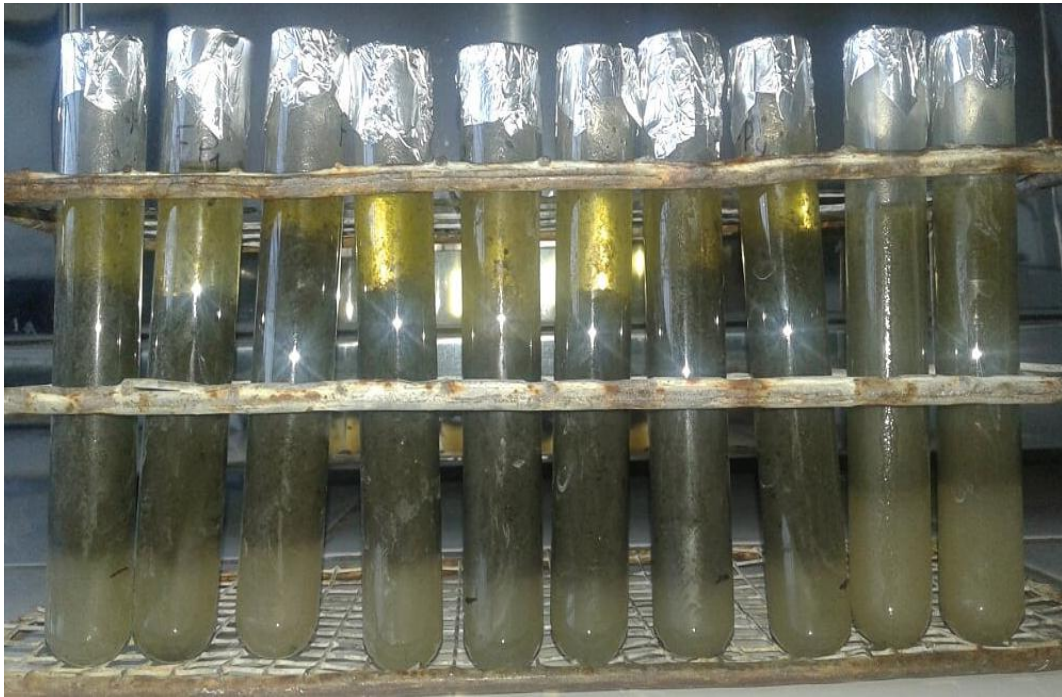
**Anexo 12.** Metodología de Bailenger modificado para la identificación y cuantificación de enteroparásitos en aguas afluentes y efluentes de los filtros percoladores y lagunas facultativas de la PTAR La Totora – Ayacucho.



**Anexo 13.** Fotografía de tesista y asesor en demostración de proceso de decantación de muestra de agua residual procedente de la PTAR “La Titora”. Ayacucho, 2017-2018.



**Anexo 14.** Fotografía de tubos con muestra procesada mostrando las 3 fases luego de su centrifugación para el conteo de enteroparásitos en muestras de agua residual procedente de la PTAR La Titora”. Ayacucho, 2017-2018.



**Anexo 15.** Microfotografía de huevo de *Hymenolepis sp.* (40X), en muestra de agua residual procedente de la PTAR La Tatora. Ayacucho, 2017 – 2018.

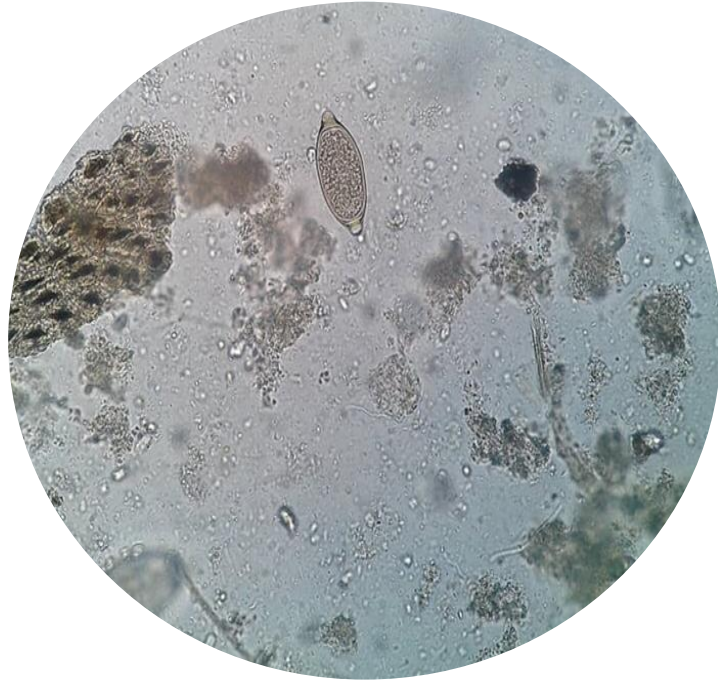




**Anexo 16.** Microfotografía de larva de *Strongyloides sp.* (40X), en muestra de agua residual procedente de la PTAR La Totorá. Ayacucho, 2017 – 2018.



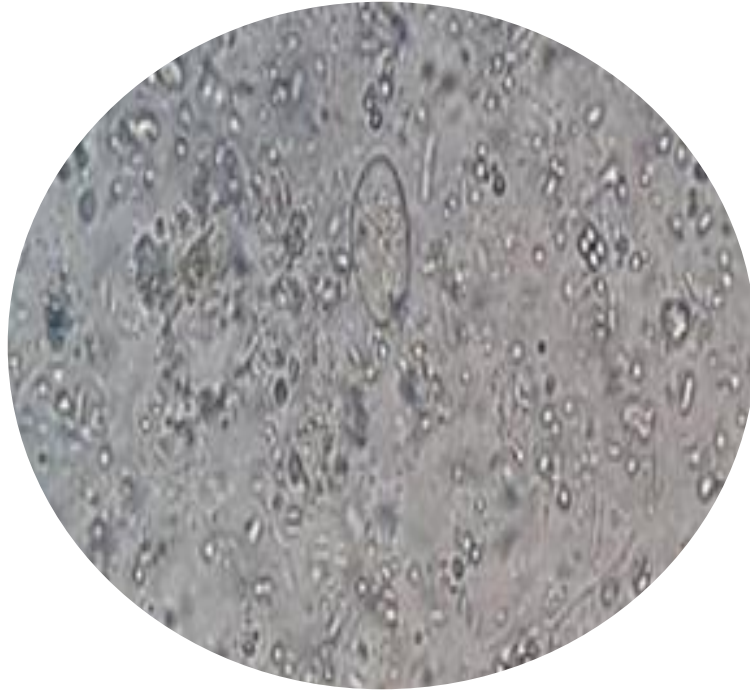
**Anexo 17.** Microfotografía de huevo de *Trichuris* sp. (40X), en muestra de agua residual procedente de la PTAR La Totora. Ayacucho, 2017 – 2018.



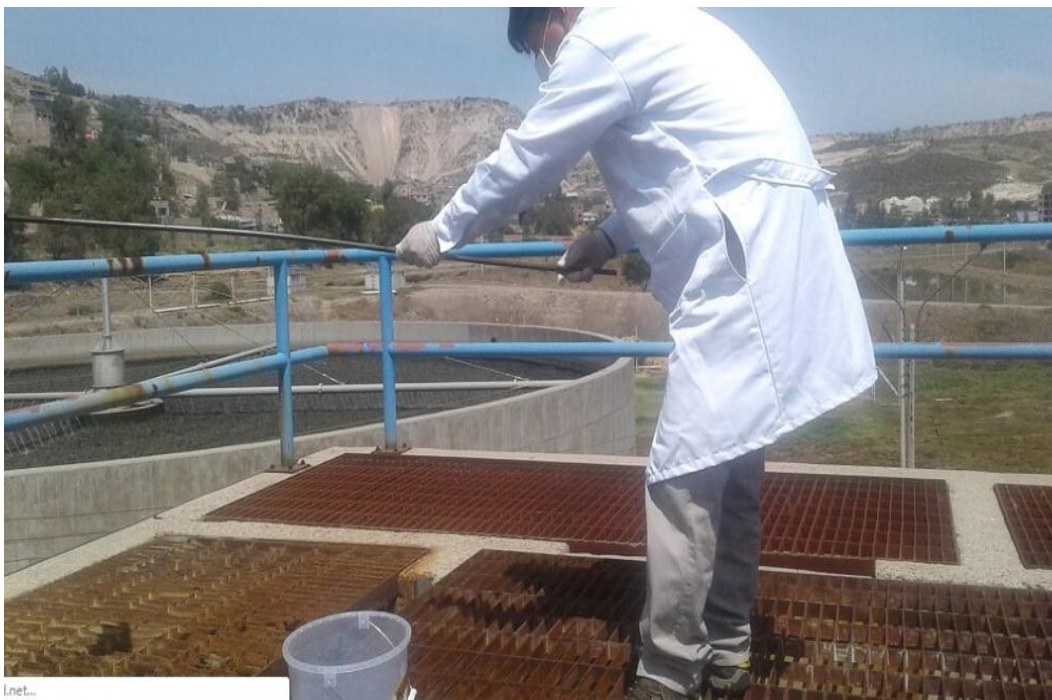
**Anexo 18.** Microfotografía de huevo de Uncinaria (40X), en muestra de agua residual procedente de la PTAR La Titora. Ayacucho, 2017 – 2018.



**Anexo 19.** Microfotografía de quiste de *Giardia lamblia* (40X), en muestra de agua residual procedente de la PTAR La Tatora. Ayacucho, 2017 – 2018.



**Anexo 20.** Fotografía de tesista en proceso de muestreo de agua afluyente de filtro percolador de la PTAR La Titora. Ayacucho, 2017 – 2018.





**Anexo 21.** Fotografía de tesista en proceso de muestreo de agua efluente de filtro percolador de la PTAR La Titora. Ayacucho, 2017 – 2018.



**Anexo 22.** Fotografía de tesista en proceso de muestreo de agua efluente de filtro percolador de la PTAR La Titora. Ayacucho, 2017 – 2018.



**Anexo 23.** Clasificación taxonómica de helmintos enteroparasitos identificados en aguas residuales en proceso de tratamiento en la PTAR La Totorá. Ayacucho, 2017 – 2018

<b>Reino</b>	<i>Animalia</i>	<i>Animalia</i>	<i>Animalia</i>	<i>Animalia</i>	<i>Animalia</i>	<i>Animalia</i>	<i>Animalia</i>
<b>Phylum</b>	<i>Nematoda</i>	<i>Platyhelminthes</i>	<i>Nematoda</i>	<i>Nematoda</i>	<i>Platyhelminthes</i>	<i>Nematoda</i>	<i>Nematoda</i>
<b>Clase</b>	<i>Secernentea</i>	<i>Trematoda</i>	<i>Adenophorea</i>	<i>Secernentea</i>	<i>Cestoda</i>	<i>Secernentea</i>	<i>Secernentea</i>
<b>Orden</b>	<i>Rhabditida</i>	<i>Echinostomida</i>	<i>Trichocephalida</i>	<i>Ascaridida</i>	<i>Cyclophyllidea</i>	<i>Strongiloidea</i>	<i>Strongiloidea</i>
<b>Familia</b>	<i>Strongyloididae</i>	<i>Fasciolidae</i>	<i>Trichuridae</i>	<i>Ascarididae</i>	<i>Hymenolepididae</i>	<i>Ancylostomatidae</i>	<i>Ancylostomatidae</i>
<b>Género</b>	<i>Strongyloides</i>	<i>Fasciola</i>	<i>Trichuris</i>	<i>Ascaris</i>	<i>Hymenolepis</i>	<i>Ancylostoma</i>	<i>Necator</i>
<b>Especie</b>	<i>Strongyloides stercoralis</i>	<i>Fasciola hepatica</i>	<i>Trichuris trichiura</i>	<i>Ascaris lumbricoides</i>	- <i>Hymenolepis nana</i> - <i>Hymenolepis diminuta</i>	<i>Ancylostoma duodenales</i>	<i>Necator americanus</i>



**Anexo 24.** Clasificación taxonómica de protozoarios enteroparasitos identificados en aguas residuales en proceso de tratamiento en la PTAR La Totorá. Ayacucho, 2017 – 2018

<b>REINO</b>	<i>Protozoa</i>	<i>Protozoa</i>
<b>PHYLUM</b>	<i>Sarcomastigophora</i>	<i>Sarcomastigophora</i>
<b>CLASE</b>	<i>Lobosa</i>	<i>Zoomastigophorea</i>
<b>ORDEN</b>	<i>Amoebida</i>	<i>Giardiina</i>
<b>FAMILIA</b>	<i>Entamoebidae</i>	<i>Hexamitidae</i>
<b>GÉNERO</b>	<i>Entamoeba</i>	<i>Giardia</i>
<b>ESPECIE</b>	- <i>Entamoeba coli</i> - <i>Entamoeba histolytica</i>	<i>Giardia lamblia</i>

## Anexo 25. Matriz de consistencia

**Título:** Capacidad de remoción de enteroparásitos de dos sistemas de tratamiento biológico de aguas residuales domésticas. Ayacucho, 2017– 2018.

PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES E INDICADORES	MARCO TEÓRICO	METODOLOGÍA
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿Cuál será la capacidad de remoción de enteroparásitos de dos sistemas de tratamiento biológico de aguas residuales domésticas. Ayacucho, 2017– 2018?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál será la capacidad de remoción de enteroparásitos del sistema de tratamiento biológico por lagunas facultativas de aguas residuales domésticas. Ayacucho, 2017 – 2018?</li> <li>• ¿Cuál será la capacidad de remoción de enteroparásitos del sistema de tratamiento biológico por filtros percoladores de aguas residuales domésticas. Ayacucho, 2017 – 2018?</li> <li>• ¿Cuál de los dos procesos de tratamiento biológico de aguas residuales domésticas es más eficiente en la remoción de enteroparásitos. Ayacucho, 2017 - 2018?</li> </ul>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b> La capacidad de remoción de enteroparásitos del sistema de tratamiento biológico por lagunas facultativas es eficiente, en cambio, el sistema de tratamiento biológico por filtros percoladores es deficiente.</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La capacidad de remoción de enteroparásitos del sistema de tratamiento biológico por lagunas facultativas es eficiente.</li> <li>• La capacidad de remoción de enteroparásitos del sistema de tratamiento biológico por filtros percoladores es deficiente.</li> <li>• La capacidad de remoción de enteroparásitos por el sistema de tratamiento biológico por lagunas facultativas es eficiente en comparación al tratamiento biológico por filtros percoladores</li> </ul>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b> Evaluar la capacidad de remoción de enteroparásitos de dos sistemas de tratamiento biológico de aguas residuales domésticas. Ayacucho, 2017 – 2018.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar la capacidad de remoción de enteroparásitos del sistema de tratamiento biológico por lagunas facultativas de aguas residuales domésticas. Ayacucho, 2017 – 2018.</li> <li>• Evaluar la capacidad de remoción de enteroparásitos del sistema de tratamiento biológico por filtros percoladores de aguas residuales domésticas. Ayacucho, 2017 – 2018.</li> <li>• Determinar cuál de los dos procesos de tratamiento biológico de aguas residuales domésticas es más eficiente en la remoción de enteroparásitos. Ayacucho, 2017 – 2018.</li> </ul>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b> Tipo de tratamiento biológico</p> <p><b>Indicador</b> Filtro percolador Laguna facultativa</p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b> Capacidad de remoción de enteroparásitos.</p> <p><b>Indicador</b> Porcentaje de enteroparásitos removidos</p>	<p><b>ANTECEDENTES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevalencia de enteroparasitosis en el Perú</li> <li>• Transmisión de enteroparásitos.</li> <li>• Descripción de los principales helmintos parásitos de la región Ayacucho</li> <li>• Planta de Tratamiento de Aguas residuales Totorá.</li> <li>• Filtros percoladores</li> <li>• Lagunas facultativas.</li> </ul>	<p><b>Tipo de investigación:</b> Descriptiva o no experimental.</p> <p><b>Nivel de investigación:</b> Básica – comparativo.</p> <p><b>Método de investigación</b> Deductivo.</p> <p><b>Diseño</b> Transversal</p> <p><b>Muestreo</b> Aleatorio.</p> <p><b>Técnica</b> Numeración de enteroparásitos por método Bailenger modificado</p>