

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



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 PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO EN LA ESPECIALIDAD DE MICROBIOLOGÍA

Presentado por el:
Bach. CABEZAS RIMACHI, César Augusto

AYACUCHO – PERÚ
2018

A Dios, a mis padres
Alejandro y Teodora

AGRADECIMIENTOS

A mi *Alma Mater*, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga a la Escuela Profesional de Biología, a sus docentes en especial del Área Académica de Microbiología Ambiental, maestros que contribuyeron en mi formación, a aquellas figuras a seguir que incentivaron mi deseo de adquirir nuevos conocimientos gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que nos transmitieron en el desarrollo de nuestra formación profesional y personal.

Mi sincero agradecimiento a la Empresa de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Ayacucho S.A SEDA, Sucursal Huanta y al Gerente de dicha institución Blgo. Heisser Hugo Matta Villacrez, por su motivación y por brindarme permiso para el ingreso a las plantas de tratamiento de aguas residuales del distrito de Huanta para realizar el muestreo respectivo.

Al Dr. Saúl Alonso Chuchón Martínez por su participación como asesor, por su constante apoyo, dedicación, preocupación y atención que fueron fundamentales en la realización del presente trabajo de tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Definición de aguas residuales	9
2.3. Planta de tratamiento agua residual (PTAR)	12
2.4. Enteroparásitos (parásitos intestinales)	15
2.5. Descripción de las plantas de tratamiento de aguas residuales de los distritos de Huanta y Luricocha	19
2.6. Normativas para el vertimiento y rehúso de las aguas residuales	23
2.7. Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales	26
2.8. Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM	26
2.9. Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos. "Artículo 79°.Vertimientos de aguas residuales	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1. Ubicación de zona de estudio	31
3.2. Puntos de muestreos	31
3.3. Población	32
3.4. Muestra	32
3.5. Sistema de muestreo	32
3.6. Transporte	33
3.7. Procesamiento de muestras	33
3.9. Análisis estadístico	35
3.8. Tipo de investigación	35
IV. RESULTADOS	37

V. DISCUSIÓN	43
VI. CONCLUSIONES	53
VII. RECOMENDACIONES	55
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS	61

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Relación entre algunos constituyentes inorgánicos del agua residual.	11
Tabla 2. Principales enteroparásitos del hombre que pueden ser transmitidas por la utilización de aguas contaminadas sin tratar.	18
Tabla 3. Emisarios de Huanta para la conducción del caudal de agua residual.	19
Tabla 4. Sistema de tratamiento de aguas residuales. PTAR Ichpico Huanta.	21
Tabla 5. Instituciones vinculadas en la gestión de las descargas y rehúso de las aguas residuales en el Perú, según criterios de alcance e intervención.	24
Tabla 6. Límites Máximos Permisibles para efluentes de PTAR. DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM.	26
Tabla 7. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua Categoría 3. Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos para riego de vegetales y bebidas de animales D.S. N° 015-2015-MINAM.	27
Tabla 8. Identificación y número total de huevos, quistes y larvas de enteroparásitos en las aguas afluentes y efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales Puca Puca y Ichpico del distrito de Huanta y Aycas del distrito de Luricocha, noviembre 2017 a marzo 2018.	38
Tabla 9. Promedio del número de huevos, quistes y larvas de enteroparásitos, en cada muestreo y total, en las aguas afluentes y efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales Puca Puca y Ichpico del distrito de Huanta y Aycas del distrito de Luricocha, noviembre 2017 a marzo 2018.	39
Tabla 10. Valores de porcentaje de remoción, promedios por muestreos y total de huevos, quistes y larvas de enteroparásitos en las aguas de las plantas de tratamiento de aguas residuales Puca Puca y Ichpico del distrito de Huanta y Aycas del distrito de Luricocha, noviembre 2017 a marzo 2018.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Etapas de la línea de agua, ordenadas secuencialmente de izquierda a derecha, en el tratamiento de las aguas residuales urbanas.	14
Figura 2. Vista panorámica de la planta de tratamiento de agua residual de Puca Puca Huanta.	20
Figura 3. Vista panorámica de la planta de tratamiento de agua residual de Ichpico Huanta.	22
Figura 4. Vista panorámica de la planta de tratamiento de agua residual Luricocha.	23
Figura 5. Diagrama sobre vertimiento de aguas residuales tratadas Artículo 79° de la Ley de Recursos Hídricos.	28
Figura 6. Diagrama sobre rehúso de aguas residuales tratadas Artículo 148 de la Ley de Recursos Hídricos.	29
Figura 7. Valores promedios de número de huevos, quistes y larvas de enteroparásitos en las aguas afluentes y efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales Puca Puca y Ichpico del distrito de Huanta y Aycas del distrito de Luricocha, noviembre 2017 a marzo 2018.	40
Figura 8. Porcentaje de remoción promedio de huevos, quistes y larvas de enteroparásitos en las aguas de las plantas de tratamiento de aguas residuales Puca Puca y Ichpico del distrito de Huanta y Aycas del distrito de Luricocha, noviembre 2017 a marzo 2018.	42

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Metodología de Bailenger modificado para la identificación y cuantificación de huevos, quistes y larvas de enteroparásitos en aguas afluentes y efluentes de las PTARs de los distritos de Huanta y Luricocha, noviembre de 2017 a marzo de 2018.	63
Anexo 2. Tesista (en la izquierda), con el asesor (a la derecha) y gerente de SEDA Ayacucho Sucursal Huanta en la planta de tratamiento de agua residual Ichpico de la provincia de Huanta – Ayacucho 2018.	64
Anexo 3. Huevos de enteroparásitos identificadas las aguas afluentes y efluentes en observaciones microscópicas a objetivo de 40x, encontradas en las PTARs de los distritos de Huanta y Luricocha, noviembre de 2017 a marzo de 2018.	65
Anexo 4. Quistes y larvas de enteroparásitos identificadas las aguas afluentes y efluentes en observaciones microscópicas a objetivo de 40x, encontradas en las PTARs de los distritos de Huanta y Luricocha, noviembre de 2017 a marzo de 2018.	66
Anexo 5. Reactivos empleados en el presente trabajo de investigación (Tampón Aceto acético 1L, solución Éter 1L, Sulfato de zinc al 33% de 1L), noviembre de 2017 a marzo de 2018.	67
Anexo 6. Tesista realizando muestreos de agua residual en afluente y efluente en la PTAR Puca Puca del distrito de Huanta, noviembre de 2017 a marzo de 2018.	68
Anexo 7. Tesista realizando muestreos de agua residual en afluente y efluente en la PTAR Ichpico del distrito de Huanta, noviembre de 2017 a marzo de 2018.	69
Anexo 8. Tesista realizando muestreos de agua residual en afluente y efluente en la PTAR Aycas del distrito de Luricocha, noviembre de 2017 a marzo de 2018.	70

Anexo 9.	Tesista procesando muestras (filtración del sobrenadante de aguas residuales de afluentes y efluentes de las PTARs de los distritos de Huanta y Luricocha), en laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, noviembre de 2017 a marzo de 2018.	71
Anexo 10.	Muestreador de plástico de boca ancha con capacidad de dos litros para la toma de muestras de aguas residuales empleados en el presente trabajo de investigación, noviembre de 2017 a marzo de 2018.	72
Anexo 11.	Instituciones vinculadas en la gestión de las descargas y rehúso de las aguas residuales en el Perú, según criterios de alcance e intervención.	73
Anexo 12.	Resultados de análisis de varianza Prueba no paramétrica Kruskal-Wallis para ver las diferencias estadísticas en remociones de enteroparásitos en las aguas de las PTARs de los distritos de Huanta y Luricocha, noviembre de 2017 a marzo de 2018.	74
Anexo 13.	Mapa de ubicación de zonas establecidas para el estudio de las PTARs de Puca Puca, Ichpico del distrito de Huanta y Aycas del distrito de Luricocha, noviembre de 2017 a marzo de 2018.	75
Anexo 14.	Matríz de consistencia.	76

RESUMEN

Un mal manejo en el tratamiento de las aguas residuales y la descarga directa sin previo tratamiento a los cuerpos naturales de las aguas generan un gran problema en la salud pública de las poblaciones ya que estas aguas son aprovechadas para actividades de agricultura y ganadería como ocurre en muchas ciudades de nuestro país como en el caso del distrito de Huanta y Luricocha, conduciendo así a la población a riesgo de contagio por enfermedades parasitarias y su prevalencia, todo ocasionado por consumo de aguas contaminadas. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la capacidad de remoción de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos de las plantas de tratamiento de aguas residuales de los distritos de Huanta y Luricocha en los meses de noviembre de 2017 a marzo de 2018. En cada obtención de muestras se colectó un litro para aguas afluentes y ocho litros para aguas efluentes; este procedimiento se siguió cada 15 días por 5 meses (10 muestras); obteniéndose 20 muestras por planta de tratamiento de agua residual y un total de 60 muestras. Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Microbiología Ambiental de la UNSCH para su procesamiento respectivo. La técnica utilizada para la detección y numeración de enteroparásitos fue la de Bailenger modificado por Bouhoum y Shawartzbrod (1989) y validado por Rachel M, Ayres y D. Ducan Mara. La capacidad de remoción de enteroparásitos fue de 98,4%; 95,2% y 78,1% para las PTARs de Puca Puca, Ichpico y Aycas, respectivamente. Los huevos, quistes y larvas de enteroparásitos halladas en aguas afluentes de las tres PTARs fueron: *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Strongyloides stercoralis*, *Uncinarias*, *Giardia lamblia*, *Entamoeba coli*, *Entamoeba hystolitica*, *Hymenolepis nana* e *Hymenolepis diminuta*. En aguas efluentes de las PTARs de Puca Puca e Ichpico solo se encontraron huevos de *Ascaris lumbricoides*, y en efluentes de la PTAR de Aycas se encontraron huevos de *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura* y *Strongyloides stercoralis* además de quistes de *Giardia lamblia*. En cuanto al número de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos, en aguas afluentes se contabilizaron, en promedio, 334,1; 366,9 y 411,1 por litro de agua para las PTARs de Puca Puca, Ichpico y Aycas, respectivamente; y en aguas efluentes de 6,3; 15,9 y 85,8 de huevos, larvas y quistes por litro para las PTARs de Puca Puca, Ichpico y Aycas, respectivamente. Se concluyen que las PTARs de los distritos de Huanta y Luricocha analizadas no remueven con mayor oportuno los huevos, larvas y quistes de enteroparásitos y como estas aguas son utilizadas para riego no cumplen con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua categoría 3 en lo referente al número de huevos de enteroparásitos normado según el Decreto supremo N° 015 - 2015-MINAM.

Palabras claves: Remoción, PTARs, enteroparásitos.

I. INTRODUCCIÓN

La descarga directa sin previo tratamiento de las AR a los cuerpos receptores como: ríos, lagos, quebradas, canales de irrigación, generan un gran problema de contaminación no solo de los diversos ecosistemas existentes sino también en nuestras actuales fuentes de agua, tanto superficiales como subterráneas, lo que amenaza la sostenibilidad y la salud de la población¹. Hoy en día es un gran problema el tema de manejo y vertimiento de las aguas residuales no solo en las grandes ciudades si no también estos problemas se generan en provincias ya que en poblaciones rurales muchas veces no hay un buen manejo de estas AS por falta de compromiso de las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS), este tema es importante incluir como parte de los objetivos de la gestión municipal o regional en las municipalidades un plan de “rehúso de las ART cumpliendo con los parámetros establecidos por los autoridades competentes en manejo de AR”, en tal sentido este recurso hídrico se pueda aprovechar en actividades agrícolas y en otros fines². Así mismo en nuestras regiones como en Ayacucho se han construido varias PTARs pero en muchos lugares no están a cargo de las EPS, por la cual no realizan un buen manejo en el tratamiento de las AR y en muchos casos tienen funcionamientos ilegales y producto de ello no remueven adecuadamente los microorganismos patógenos como: huevos, larvas y quistes de enteroparásitos, incluyendo bacterias y virus. Y estas aguas son vertidas sin ningún permiso alguna a los canales de regadillos, ríos y quebradas; en las cuales las poblaciones de estas zonas por desconocimiento aprovechan estas aguas para actividades de agricultura, ya sea para riego de plantas de tallo corto y de tallo largo como sucede en valles de las partes bajas del distrito de Huanta y Luricocha, estos problemas traen consigo la aparición y prevalencia de parásitos intestinales todo esto ocasionado por consumo de aguas contaminadas, y por tanto las ART

ineficientemente y vertidas a un cuerpo receptor significa un gran problema en la salud pública.

El distrito de Huanta cuenta con dos PTARs, la PTAR Ichpico, fue construida para una población menor, en la actualidad la capacidad del caudal está con sobrecarga, debido al incremento de la población, y la segunda es la PTAR de Puca Puca, cuenta con amplia infraestructura que su funcionamiento se inició en setiembre 2017. Así mismo el distrito de Luricocha cuenta con una PTAR que funciona en la parte baja de la ciudad en la comunidad denominada Aycas, el PTAR se encuentra en pésimas condiciones en cuanto se refiere a la infraestructura y con tratamiento inadecuado, estas AS tanto de los distritos de Huanta y Luricocha son vertidos a riachuelos, a canaletas de regadillos; en las cuales las poblaciones cercanas por necesidad utilizan estas aguas para irrigar los campos agrícolas desconociendo que podría ser un riesgo para la salud (con la aparición de enfermedades relacionadas con parásitos intestinales) y para aquellos que consumen hortalizas regadas con estas aguas. Es por estas razones el presente trabajo de investigación se realizó con los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar la capacidad de remoción de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos de las plantas de tratamiento de aguas residuales de los distritos de Huanta y Luricocha en los meses de noviembre de 2017 a marzo de 2018.

Objetivos específicos

- Identificar los géneros y/o especies de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos presentes en las aguas afluentes y efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales de los distritos de Huanta y Luricocha, durante los meses de noviembre de 2017 a marzo de 2018.
- Cuantificar la presencia de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos en las aguas afluentes y efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales de los distritos de Huanta y Luricocha, durante los meses de noviembre de 2017 a marzo de 2018.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

a. Antecedentes internacionales

Ortiz *et al*, 2011; realizaron un estudio de prevalencia de enteroparásitos cuyo objetivo de la investigación fue determinar la prevalencia de huevos de helmintos en lodos, agua residual cruda y tratada, provenientes de un sistema de tratamiento de aguas residuales del municipio el Rosal, Cundinamarca Colombia. Donde se tomaron 30 muestras de agua residual, y 10 de lodos en la Planta El Rosal, durante 10 semanas. Las muestras de aguas y lodos se procesaron siguiendo los métodos de BAILENGER, y el método de la Norma Oficial Mexicana, respectivamente. La viabilidad de los huevos se determinó por el método de Victórica & Galván y la Norma Oficial Mexicana. El 100% de las muestras de agua residual sin tratar evidenció presencia de huevos, encontrándose al menos un huevo viable de helminto/litro de agua residual tratada en el 90% de las mismas. El 90% de las aguas residuales tratadas fueron positivas para la presencia de huevos, encontrándose que el 70% presentaba al menos un huevo viable. Todas las muestras de agua residual cruda que se vierten directamente a la quebrada fueron positivas a helmintos, igual situación se encontró al momento de realizar la prueba de viabilidad. Todo el lodo fue positivo para helmintos, encontrándose que en el 100% de estos, al menos un huevo fue viable. Los investigadores concluyeron que el uso de estas aguas para riego de hortalizas, y el uso de estos lodos como abono, representa un riesgo potencial para la salud pública. Los lodos solo pueden ser usados en actividades forestales, siempre y cuando no estén en contacto con humanos³.

Jacobo *et al*, 2014; en el estudio de monitoreo de huevos de helmintos en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en la Comarca Lagunera México, indican que el 77% del agua se utiliza en la agricultura; de esta agua cerca del

80% se obtiene de los mantos acuíferos generando agricultura de riego. La Comisión Nacional del Agua reportó a nivel nacional un caudal de aguas residuales municipales de $242\text{m}^3\text{ s}^{-1}$ del cual $206\text{m}^3\text{s}^{-1}$ son captados por las redes de alcantarillado; sin embargo, de este volumen solo es tratado $74,4\text{m}^3\text{ s}^{-1}$; es decir, solo el 36% del volumen captado. Las normas mexicanas e internacionales muestran parámetros de calidad que debe poseer este tipo de agua para poder ser empleada en uso agrícola siendo los huevos de helminto un parámetro biológico de gran importancia. La NOM-001- ECOL-1996 establece que para riego no restringido el límite es de un huevo por litro y para riego restringido es de cinco huevos por litro. Los autores realizaron un análisis parasitológico empleando el método difásico de sedimentación/flotación basado en la técnica del examen coprológico de Bailenger metodología propuesta por la OMS e incluida en la NOM-001-ECOL-1996. Los parásitos que se encontraron con mayor frecuencia en los muestreos realizados son del genero *Taenia spp.* y *Ascaris lumbricoides* en un 81,25% y 100% respectivamente, estos dos parásitos pertenecen al grupo de los helmintos intestinales donde se incluyen los nemátodos y los cestodos. Los resultados muestran que la concentración de huevos es mayor en PTAR 3 con una media de 45 h L^{-1} , esta posee un sistema de tratamiento de Lagunas de Oxidación que muestra una remoción incompleta de estos parásitos. Estos datos permiten indicar que el 100% de los sitios muestreados y a diferentes tiempos de evaluación se encuentran fuera de los parámetros establecidos por las normas mexicanas⁴.

Castro *et al*, 2008; realizaron un estudio de patógenos emergentes en aguas residuales municipales en ciudad de Obregón México. Donde mencionan que las aguas residuales tratadas son una alternativa de bajo costo en la irrigación de cultivos agrícolas; sin embargo, su uso puede ser restringido por la calidad microbiológica. Las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales (PTARM) de la ciudad de Obregón generan alrededor de $1\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ de aguas residuales tratadas (ART), las cuales se pretende usar en el riego agrícola mezclándolas con agua de canal (AC). En este trabajo se midió la concentración de algunos microorganismos indicadores y patógenos emergentes, tanto en el ART como en el AC con la que se pretende mezclar. Se hicieron simulaciones de mezclas hipotéticas de ART con AC para tratar de medir el impacto de la mezcla en relación con la concentración de microorganismos. Los autores realizaron mezclados reales y se determinó la concentración de microorganismos. Los

resultados indican altas concentraciones de coliformes fecales en el ART, así como de quistes de *Giardia sp.*, y ooquistes de *Cryptosporidium sp.* También se detectó la presencia del virus de la hepatitis A (HAV) en el ART y en las mezclas ART-AC. La metodología usada no permite determinar la viabilidad de los quistes y ooquistes, así como del virus detectado. Se recomienda que el ART sea usado en cultivos agrícolas no restringidos sin mezclarse con el agua de canal, hasta conocer la viabilidad de los quistes y ooquistes, así como del virus detectado⁵.

Calabuig y Ansola, 2011; realizaron un trabajo mediante la aplicación de humedales construidos (ecosistemas artificiales) en la reducción de patógenos y otros contaminantes en agua residual urbana y ganadera, Universidad León España .El objetivo de este estudio es determinar la eficiencia de eliminación de organismos patógenos (quistes de *Giardia*, ooquistes de *Cryptosporidium* y huevos de helmintos), microorganismos indicadores, y parámetros físico-químicos de agua residual urbana mediante un humedal construido de tipo mosaico jerarquizado de ecosistemas artificiales plantada con *Iris pseudacorus* y *Salix atrocinerea* (MJEA®) a escala real. Los estudios realizados en el sistema de depuración a escala real demostraron que el (MJEA®) elimina eficientemente los microorganismos indicadores y patógenos. Se observó diferencias significativas en la cantidad de microorganismos detectados durante los periodos de verano, otoño, invierno y primavera y se registró una reducción gradual en los puntos de muestreos próximos a la salida. El sistema de depuración mostró una eficiente eliminación de los huevos de Helmintos durante todas las estaciones en las que se llevaron a cabo los muestreos. El número de quistes de *Giardia sp* y ooquistes de *Cryptosporidium* encontrados durante todos los periodos de muestreo fue mínimo, observándose ausencia total de estos en el efluente del sistema de depuración. Los microorganismos indicadores tales como: *E. coli* y coliformes totales mostraron una eliminación de más del 90% y para *Streptococcus* fecales se observó una eliminación del 74,7% durante el periodo de primavera. Los géneros de huevos de helmintos encontrados durante los periodos de muestreo fueron *Trichostrongylus*, *Coccidium* y *Trichuris*, observándose menos de un huevo/10 L siendo cero huevos/L a la salida del humedal⁶.

Gallego *et al*, 2011; realizaron un trabajo sobre prevalencia de helmintos intestinales en aguas de consumo, y pozas subterráneas en la Comunidad 18 de

mayo Municipio Francisco Linares Alcántara Venezuela, en el presente investigación se evaluó la presencia de helmintos intestinales en agua de consumo humano en 10 casas y el análisis fisicoquímico y parasitológico del agua del pozo profundo para consumo humano, Con muestras de 20 litros por duplicado, tanto de las viviendas como del pozo, se aplicó la técnica de concentración por floculación, para luego realizar observación directa con solución salina y lugol. Se observó que en el 60% de las viviendas evaluadas hubo la presencia de huevos de helmintos encontrando: huevos de *Anquilostomideos* sp. (30%), *Trichuris trichiura* (20%) y *Ascaris lumbricoides* (10%). En el pozo no se evidenció la presencia de helmintos intestinales y su análisis fisicoquímico estuvo dentro de los valores referenciales a excepción del cloro que no mostró su presencia en el análisis, lo cual es indicativo de que no está recibiendo el adecuado tratamiento. Las infecciones parasitarias causadas por helmintos pueden adquirirse mediante el consumo de agua y alimentos contaminados con huevos fértiles o larvas infectantes L3, en tal sentido es importante verificar su presencia en el agua y supervisar las condiciones de integridad de la red de distribución hacia las viviendas⁷.

Hernández *et al*, 2014; realizaron la evaluación de coliformes fecales (en aguas residuales, suelo y plantas) y helmintos en aguas residuales en el módulo II del Distrito de Riego 028, Tulancingo, Hidalgo México, El análisis bacteriológico y de helmintos se hizo acorde con las metodologías señaladas en la NMX-AA-003-1980, NOM-001-SEMARNAT-1996, PROY NMX-AA-042-SCFI-2008 y en la sección 9810 APHA. Se determinaron 16 sitios de muestreo de aguas en los canales de riego y se tomaron 54 muestras, tanto de suelo como de plantas. Las concentraciones más altas de coliformes fecales fueron 2×10^{10} NMP·100 mL⁻¹ de agua, 10^9 NMP·100 g⁻¹ de suelo, 10^9 NMP·100 g⁻¹ de raíz y 3×10^9 NMP·100 g⁻¹ de tallo. 11 de los 16 sitios de muestreo tuvieron helmintos. Se sugiere tratar las aguas residuales antes de su uso, para evitar problemas de salud entre los usuarios⁸.

Menocal y Caraballo, 2014; realizaron un estudio de importancia de la vigilancia sanitaria de los parásitos en la calidad de agua, según su uso en Habana Cuba, donde mencionan que el agua contaminada puede transmitir infinidad de patógenos con comportamientos y resistencias diversas. Dentro de los patógenos a determinar los parásitos son de especial relevancia pues se destacan por su alta resistencia a los diversos factores ambientales además se

encuentran relacionados con altos índices de morbilidad y mortalidad en los países en desarrollo, especialmente en la población infantil. El objetivo de este trabajo es destacar la importancia de la vigilancia sanitaria de los parásitos en la calidad del agua según su uso y en su relación con el ambiente. Los huevos de helmintos son el principal riesgo a la salud debido al uso seguro del agua residual o lodos en la agricultura. Los quistes de los protozoarios como *Giardia sp.* y *Cryptosporidium sp.* Son difíciles de eliminar del agua de consumo sin tratar, debido a su pequeño tamaño y resistencia a oxidantes usados comúnmente como el cloro. Aunque no se recomienda su monitoreo de rutina en el agua, sí es necesario realizar investigaciones para detectar su presencia y establecer normativas propias adecuadas a nuestras condiciones⁹.

Polo, 2014; realizó un estudio para determinar la presencia o ausencia de enteroparásitos en las fincas dedicadas a producción hortalizas lechuga (*Lactuca sativa*) regadas con aguas contaminadas en Municipio San Juan de Pasto-Nariño Colombia. Tuvo como objetivo realizar pruebas de piloto con muestras de lechuga, para posteriormente hacer un estudio transversal doble ciego de tipo descriptivo, en el cual se tomaron 105 muestras de un total de 21 predios en el periodo de junio a diciembre de 2013, las muestras se extrajeron en X y se procesaron de manera individual. De las muestras procesadas se encontró contaminación del 95,25% con quistes de *Entamoeba sp.*, 71,43 % ooquistes de *Isoospora sp.*, 61,90% con larvas (L3) de *Strongyloides stercoralis*, 28,57% huevos de *Toxocara sp.*; y 4,76% ooquistes de *Eimeria sp.* En los factores de riesgo analizados se encontró relación con contaminación de aguas de riego provenientes de acequias, y mal manejo de aguas residuales. Los parásitos encontrados provienen de fuentes animales y humanas como sus principales reservorios, y otros están presentes en el medio ambiente. El desconocimiento de la seguridad sanitaria en los alimentos, la falta de recursos económicos, y la desidia hacia el agricultor hace que los agentes parasitarios contaminen las hortalizas con más facilidad¹⁰.

b. Antecedentes locales

Villantoy, 2008; realizó una investigación para determinar la capacidad de remoción de enteroparásitos de la planta de tratamiento de agua residual de Ichpico del distrito de Huanta. Los objetivos fueron: determinar la capacidad de remoción de enteroparásitos de la planta de tratamiento, identificar enteroparásitos presentes en las aguas afluentes, intermedios y efluentes de la

planta de tratamiento, cuantificar la presencia de enteroparásitos en las aguas afluentes, intermedios y efluentes de la planta de tratamiento, determinar si el agua residual tratada cumple con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del agua. Metodología los análisis se desarrollaron en el laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; donde se analizaron 40 muestras de agua residual, para la detección y cuantificación de enteroparásitos, se aplicó el método modificado de Bainlinger. Resultados. los enteroparásitos identificados en la Planta de tratamientos de aguas residuales fueron: *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, *Balantidium coli*, *Isospora belli*, *Chilomastix mesnili*, *Iodamoeba butschlii*; y los siguientes helmintos: *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Strongyloides stercoralis*, *Hymenolepis sp*, *Taenia sp*, *Uncinarias*, *Fasciola hepática*, y *Enterobius vermicularis*. Los enteroparásitos cuantificados en valor promedio fueron: total de la planta quiste de protozoarios 121,78/L y huevo de helmintos 258,63/L los resultados indican que La capacidad total de remoción promedio de enteroparásitos de la planta de tratamiento de aguas residuales de Ichpico Huanta, fue para protozoarios de 99,36% y de helmintos fue de 99,56%. Y según las evaluaciones hechas determinaron que las aguas de efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Ichpico no cumple con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua del Anexo I categoría 3: riego de vegetales de tallo corto y largo; y para bebida de animales, normado en el Decreto supremo N° 002 MINAM¹¹.

Elme, 2008; realizó una investigación para determinar la remoción de enteroparásitos de la planta de tratamiento de agua residual La Totorá de la ciudad de Ayacucho. Los análisis se realizaron en el laboratorio de microbiología de la UNSCH; donde se analizaron 48 muestras de agua residual de tres puntos de muestreo, para la identificación y cuantificación de enteroparásitos, se utilizó el método de sedimentación con formol-éter. El tipo de investigación fue descriptiva. Calculándose el porcentaje de remoción de los enteroparásitos aplicando la siguiente fórmula. % Remoción = $[(C \text{ afluente} - C \text{ efluente}) / C \text{ efluente}] \times 100$. Los enteroparásitos identificados en la planta de tratamiento de agua residual “La Totorá” fueron los siguientes protozoarios *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*, *Endolimax nana*, *Giardia lamblia*, *Balantidium coli*, *Iodamoeba butschlii*, *Blastocystis hominis* y los siguientes helmintos: *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Strongyloides stercoralis*, *Hymenolepis nana*,

Hymenolepis diminuta, *Taenia sp.* Y *Uncinarias*. Los resultados indican que la capacidad de remoción promedio de enteroparásitos de la planta de tratamiento de agua residual La Totora. Ayacucho, fue para protozoarios de 99,05% y de helmintos fue de 98,37%. se concluyó que las aguas del efluente de la planta de tratamiento La Totora no cumple con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del agua categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, por lo tanto, no debe ser utilizado en el riego de vegetales de tallo corto y largo, y para bebida de animales¹².

2.2. Definición de aguas residuales

Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado¹³.

2.2.1. Clasificación de las aguas residuales

a. Aguas residuales industriales

Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial y entre otras¹³.

b. Aguas residuales municipales

Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado¹³.

c. Aguas residuales domésticas

Son las aguas de origen principalmente residencial (desechos humanos, baños, cocina) y otros usos similares que en general son recolectadas por sistemas de alcantarillado en conjunto con otras actividades (comercial, servicios e industria). Estas aguas tienen un contenido de sólidos inferior al 1%. Si bien su caudal y composición es variable, pueden tipificarse ciertos rangos para los parámetros más característicos¹⁴.

2.2.2. Las características físicas, químicas y biológicas de aguas residuales

2.2.2.1. Características físicas

a. Temperatura

La temperatura de las aguas residuales es mayor que la de las aguas no contaminadas, debido a la energía liberada en las reacciones bioquímicas, que

se presentan en la degradación de la materia orgánica. Las descargas calientes son otra causa de este aumento de temperatura¹⁴.

b. Turbidez

La turbidez, medida de la propiedad de transmisión de la luz del agua, es otro ensayo utilizado para indicar la calidad de los vertidos de aguas residuales con respecto a la materia suspendida¹⁴.

c. Color

El color es un indicativo de la edad de las aguas residuales. El agua residual reciente suele ser gris; sin embargo, a medida que los compuestos orgánicos son descompuestos por las bacterias, el oxígeno disuelto en el agua residual se reduce y el color cambia a negro. En esta condición, se dice que el agua residual es séptica¹⁴.

d. Olor

El olor es debido a los gases producidos en la descomposición de la materia orgánica, sobre todo, a la presencia de ácido sulfhídrico y otras sustancias volátiles. El agua residual reciente tiene un olor peculiar algo desagradable, pero más tolerable que el del agua residual séptica¹⁴.

e. Sólidos totales

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

Sólidos suspendidos: son las partículas flotantes, como trozos de vegetales, animales, basuras, etc., y aquellas otras que también son perceptibles a simple vista y tienen posibilidades de ser separadas del líquido por medios físicos sencillos.

Sólidos filtrables: esta fracción se compone de sólidos coloidales y disueltos. La fracción coloidal consiste en partículas con un diámetro aproximado que oscila entre 10⁻³ y 1 micrómetro¹⁴.

2.2.2.2. Características químicas

Las características químicas estarán dadas, principalmente, en función de los desechos que ingresan a las aguas servidas tales como materia orgánica y materia inorgánica¹⁴.

a. Materia orgánica

La materia orgánica está compuesta en un 90% por carbohidratos, proteínas, grasas y aceites provenientes de excrementos y orina de seres humanos, restos de alimentos y detergentes. Estos contaminantes son biodegradables, es decir,

pueden ser transformados en compuestos más simples por la acción de microorganismos naturales presentes en el agua, cuyo desarrollo se ve favorecido por las condiciones de temperatura y nutrientes de las aguas residuales domésticas¹⁴.

b. Materia inorgánica

Se incluyen en este grupo todos los sólidos de origen generalmente mineral, como son sales minerales, arcillas, lodos, arenas y gravas no biodegradables.

Tabla 1. Relación entre algunos constituyentes inorgánicos del agua residual¹⁴.

Elemento	Relación con el agua residual
P. HIDRÓGENO (pH)	El intervalo de concentración idóneo para la existencia de la mayoría de la vida biológica es muy estrecho y crítico. El agua residual con una concentración adversa de ion hidrógeno es difícil de tratar por medios biológicos. Por lo general, el pH óptimo para el crecimiento de los organismos se encuentra entre 6,5 y 7,5.
NITRÓGENO	Nutriente esencial para el crecimiento de protistas y plantas. Básico para síntesis de proteínas.
FÓSFORO	Incrementa la tendencia de proliferación de algas en el receptor. Íntimamente ligado, igual que el nitrógeno, al problema de la eutrofización.
AZUFRE	Requerido en la síntesis de las proteínas y liberado en su degradación.

c. Gases

Las aguas residuales contienen diversos gases con diferentes concentraciones y emiten malos los olores.

- **Oxígeno disuelto**

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

- **Ácido sulfhídrico**

Se forma por la descomposición de la materia orgánica que contiene azufre o por la reducción de sulfitos y sulfatos minerales.

- **Anhídrido carbónico**

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

- **Metano**

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

- **Otros gases**

Se producen además gases malolientes, como ácidos grasos volátiles y otros derivados del nitrógeno¹⁴.

2.2.2.3. Características biológicas

Estas características están definidas por la clase de microorganismos presentes en el agua, entre los cuales tenemos: bacterias, virus, enteroparásitos (huevos, larvas y quistes), algas y otros organismos de vida libre etc.

a. Bacterias

Las bacterias juegan un papel fundamental en la descomposición y estabilización de la materia orgánica en los diferentes procesos de tratamiento las aguas residuales (AR). Pueden clasificarse, en base a presencia de oxígeno o ausencia (bacterias aerobias y anaerobias), de acuerdo a su metabolismo, en heterótrofas y autótrofas. Las bacterias autótrofas son aquellas que se nutren de compuestos inorgánicos, tomando la energía necesaria para sus biosíntesis a partir de la luz (bacterias fotosintéticas: tales como la familia de *Thiorhodaceae*, *Chlorobiaceae*) o a partir de ciertas reacciones químicas (bacterias quimiosintéticas: *Nitrobacter*, *Nitrosomonas*, *Hydrogenomonas*, *Thiotrix*)¹⁴.

b. Algas

Las algas producen oxígeno a través del mecanismo de la fotosíntesis y al igual que otros microorganismos, requieren de compuestos inorgánicos para reproducirse. A parte del anhídrido carbónico, los principales nutrientes necesarios son el nitrógeno y el fósforo. También son muy importantes vestigios de otros elementos (oligoelementos) como hierro, cobre, etc. Las algas pueden presentar el inconveniente de reproducirse rápidamente, debido al enriquecimiento del agua¹⁴.

2.3. Planta de tratamiento agua residual (PTAR)

Planta de tratamiento de agua residual (PTAR); es una infraestructura en la que se dispone del conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos cuya finalidad es remover los contaminantes presentes y mejorar su calidad del agua residual¹⁵.

2.3.1. Procesos de tratamientos aguas residuales

La complejidad del sistema de tratamiento está en función de los objetivos que se establezca para el efluente resultante de dicho tratamiento. Teniendo en

cuenta el gran número de operaciones y procesos disponibles para la depuración de las aguas residuales es común hablar de niveles de tratamiento, los cuales para fines prácticos han sido clasificados como: preliminar o pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o avanzado. A continuación, se describe las consideraciones que caracteriza cada nivel².

a. Pretratamiento o tratamiento preliminar

Tienen como objetivos remover del agua residual aquellos constituyentes que pueden causar dificultades de operación y mantenimiento en los procesos posteriores o que, en algunos casos, son incompatibles de ser tratados conjuntamente con los demás componentes del agua residual. Podemos citar como ejemplos: rejas finas, rejas gruesas y desarenador¹⁶.

b. Tratamiento primario

Se considera como unidad de tratamiento primario a todo sistema que permite remover material en suspensión, excepto material coloidal o sustancias disueltas presentes en el agua. Así, la remoción del tratamiento primario permite quitar entre el 60 a 70% de sólidos suspendidos totales y hasta un 30% de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) orgánica sedimentable presente en el agua residual. Es común en zonas rurales el empleo del tanque séptico como unidad de tratamiento primario con disposición final por infiltración. El tanque Imhoff ha sido empleado en localidades de mediano tamaño como un buen sistema de tratamiento primario. Por ejemplo, en la ciudad de Ayacucho se han instalado 6 unidades de tanque Imhoff como parte del sistema de tratamiento. También se emplea tanques de sedimentación primaria, tanques de flotación y lagunas primarias en sistemas de lagunas de estabilización².

Una reciente investigación en Brasil ha encontrado al Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA o también conocido como UASB por sus siglas en inglés) como un sistema que puede ser promovido como unidad primaria de tratamiento. Aunque esto desvirtúa el concepto tradicional del tratamiento UASB, que ha sido considerado de nivel secundario, su inclusión en los procesos de tratamiento como unidad primaria ha tenido resultados positivos, coincidiendo con el enfoque de ecoeficiencia sobre la mejora en la eficiencia de los procesos, por lo que resulta una opción innovadora que será descrita más adelante².

c. Tratamiento secundario

El fundamento del tratamiento secundario es la inclusión de procesos biológicos en los que predominan las reacciones bioquímicas, generadas por

microorganismos que logran eficazmente resultados en la remoción de entre el 50% y el 95% de la DBO. Los sistemas más empleados son:

- Biofiltros o filtración biológica, filtros percoladores, rotatorios o biodiscos.
- Lodos activados, entre los que se encuentran los convencionales y los de aireación extendida.
- Lagunas de estabilización de los tipos facultativas y aireadas².

d. Tratamiento terciario o avanzado.

El tratamiento de nivel terciario tiene como objetivo lograr fundamentalmente la remoción de nutrientes como nitrógeno y fósforo. Usualmente, la finalidad del tratamiento de nivel terciario es evitar que la descarga del agua residual, tratada previamente, ocasione la eutroficación o crecimiento generalizado de algas en lagos, lagunas o cuerpos de agua de baja circulación, ya que ello desencadena el consumo de oxígeno disuelto con los consecuentes impactos sobre la vida acuática del cuerpo de agua receptor. El uso del efluente de plantas de tratamiento de nivel terciario puede aplicarse al riego de áreas agrícolas, la crianza de peces y otras actividades productivas².

e. Otros procesos relacionados con los sistemas de tratamientos de aguas residuales; se emplea para reducir el contenido de bacterias y virus presentes en las aguas residuales tratadas, previo a su disposición final. La desinfección consiste en la destrucción selectiva de los organismos causantes de enfermedades. Los tres principales métodos de desinfección en aguas residuales son la cloración, la ozonización y la radiación ultravioleta (UV)².

PRE TRATAMIENTO	TRATAMIENTO PRIMARIO	TRATAMIENTO SECUNDARIO	TRATAMIENTO Terciario
<p>Objetivo: Eliminación de objetos gruesos, arenas y grasas.</p> <p>Operaciones básicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desbaste • Tamizado • Desarenado • Desengrasado <p>Procesos físicos</p>	<p>Objetivo: Eliminación de materia sedimentables y flotante</p> <p>Operaciones básicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Decantación primaria • Tratamientos físico químicos (coagulación – floculación) <p>Procesos físicos y químicos</p>	<p>Objetivo: Eliminación de materia orgánica disuelta o coloidal</p> <p>Procesos básicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Degradación bacteriana. • Decantación secundaria. <p>Procesos biológicos</p>	<p>Objetivo: Eliminación de sólidos en suspensión, materia orgánica residual, nutrientes y patógenos</p> <p>Procesos básicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Floculación • Filtración • Eliminación de N y P • Desinfección <p>Procesos físicos, químicos y biológicos</p>

Figura 1. Etapas de la línea de agua, ordenadas secuencialmente de izquierda a derecha, en el tratamiento de las aguas residuales urbanas¹⁷.

2.4. Enteroparásitos (parásitos intestinales)

2.4.1. Definición

Son parásitos que habitan el tracto digestivo del hombre, en diferentes segmentos, como la cavidad bucal, el duodeno, el íleon, el ciego o el rectosigmoides. Estos pueden ser patógenos o comensales. Presentan tamaño variable, macroscópico y microscópico. el sistema digestivo es la localización más frecuente de los parásitos humanos, pese a la presencia de factores mecánicos como la masticación, la deglución, el peristaltismo, la velocidad de tránsito en cada segmento, además sufren la acción de diferentes tipos de enzimas glicolíticas, proteolíticas, lipolíticas, etc. Sustancias que modifican la tensión superficial, pH, o potencial de oxidoreducción etc¹⁸.

2.4.2. Parásitos intestinales que pueden ser transmitidos por consumo de aguas contaminadas

2.4.2.1. Protozoos intestinales

a. Clásicas

Giardiasis: *Giardia lamblia*, Amibiasis: *Entamoeba histolytica*.

b. Emergentes (coccidios y microsporidios)

Criptosporidiosis: *Cryptosporidium parvum*, Isosporosis: *Isospora belli*, Ciclosporosis: *Cyclospora cayetanensis*, Microsporidiosis: *Enterocytozoon bieneusi*, *Encephalitozoon intestinalis*.

c. Patogenicidad discutida

Entamoeba coli, *Endolimax nana*, *Iodamoeba butschlii*, *Chilomastix mesnillii*, *Pentatrichomonas hominis*, *Entamoeba hartmani*, *Blastocystis hominis*.

2.4.2.2. Helmintos intestinales

Oxiurososis: *Enterobius vermicularis* (oxiuro), ascaridiasis: *Ascaris lumbricoides*, tricocefalosis: *Trichuris trichiura* (tricocefalo), estrongiloidiasis: *Strongyloides stercoralis*, teniasis: *Taenia saginata*, himenolepiasis: *Hymenolepis nana* y distomatosis: *Fasciola hepática*¹⁹.

a. *Giardia lamblia*.

Es un protozoo flagelado que generalmente produce diarreas y mala absorción, este parásito constituye una de las principales infecciones intestinales del hombre y esta endémica aún en países desarrollados, puede llegar a producir brotes de infección a través de la ingestión de aguas o alimentos contaminados y por transmisión de persona a persona en guarderías infantiles. Morfología y ciclo biológico: el ciclo de vida comprende 2 estados fundamentales, el trofozoíto y el quiste, el quiste es la forma infecciosa de este protozoo, y es fuerte ante los

cambios ambientales, aunque puede ser destruido por la desecación y el calor, resistente a las concentraciones de cloro²⁰.

b. *Entamoeba histolytica*.

Se encuentra prácticamente en todos los países del mundo, pero sin duda la mayor incidencia se da en los países cálidos o templados y húmedos, así como en condiciones económicas deficientes, en donde la sanidad ambiental y la alimentación son inadecuadas.

Entamoeba sp. se presenta en la naturaleza en tres estadios morfológicos principales: el trofozoíto (forma móvil o vegetativa), el pre quiste y el quiste, estos dos últimos inmóviles.

- Trofozoito; cuando se observa esta forma del parásito en preparaciones hechas con materias fecales recientemente emitidas, sin teñir se verá que es una célula de dimensiones variables cuyas medidas fluctúan entre 10 y 60 micrómetros de diámetro, con forma irregular y movimiento característico, mediante la emisión de pseudópodos rápidos y explosivos, digitiformes, largos y anchos.
- Quiste; el quiste o elemento infectante es redondo u oval y de 10-25 micrómetros de tamaño, es resistente al jugo gástrico, factores ambientales externos y cifras habituales de cloro de agua. Se forma por evolución del trofozoíto y tiene de uno a cuatro núcleos, según la fase de maduración, además tienen vacuolas de glucógeno²⁰.

c. *Entamoeba coli*.

Constituyen las amibas que más frecuentemente se observan en las heces, localizándose también en el intestino grueso. Los trofozoítos miden de 6 a 12 micrómetros de diámetro, su citoplasma es finamente granuloso. Los pseudópodos los emite rápidamente, de manera semejante a como ocurre con *Entamoeba histolytica*, pero a diferencia de esta sus movimientos no son direccionales. "En preparaciones teñidas se aprecia el núcleo con un cromosoma muy sobresaliente". Carece de cromatina periférica o esta es muy escasa. Los quistes son de forma ovoide, miden de 5 a 10 micrómetros de diámetro, tienen de uno a cuatro núcleos que se caracterizan por su gran cromosoma, casi siempre localizado excéntricamente, de aspecto denso y sin cromatina periférica²⁰.

d. *Blastocystis hominis*.

Habitan el intestino grueso del hombre principalmente ciego y recto sigmoides, tiene forma esférica y mide de 4 a 20 micrómetros de diámetro, presenta una gran vacuola o cuerpo central lleno de líquido y rodeado por citoplasma en el

que se observan los núcleos, mitocondrias brillantes esféricas o alargadas que rodean a los núcleos; en preparaciones con lugol el cuerpo central no se tiñe, pero la zona periférica del citoplasma se tiñe de color ligeramente amarillento donde se observan claramente uno o más núcleos, en preparaciones permanentes los núcleos si tiñen intensamente y el cuerpo central se observa débil o fuertemente teñido¹⁹.

e. *Enterobius vermicularis*.

Son parásitos pequeños, como de un centímetro de longitud, delgados como alfileres y puntiagudos en sus extremos; a veces son expulsados por los pacientes y se pueden confundir con las fibras de la cascara de plátano u otros alimentos. Esta especie de *E. vermicularis* presentan una cutícula muy delgada en los huevos, incluyen casi siempre al ser expulsados una larva infectante, de modo que son infectantes desde el momento de la expulsión por lo que esta infección no es transmitida por el suelo, sino que es contagiosa; el contacto con la persona permite la transmisión²⁰.

f. *Trichuris trichiura*.

Este parásito vive comúnmente en el ciego y sigmoides del hombre, aun cuando también se le encuentra en otras partes del intestino grueso; permanece adherido a la mucosa en masas de moco y a veces fijándose mediante su extremidad anterior delgada, que se introduce en la mucosa. Tiene como cuatro centímetros de largo y una parte gruesa y una delgada, la parte anterior. El cuerpo del macho es enrollado, como en general sucede con los nematodos²⁰.

g. *Strongyloides stercoralis*.

Morfología: los adultos se alojan principalmente en el seno de la mucosa y la submucosa duodenal; los huevos depositados allí embrionan y dan salida a las larvas que retornan a la luz intestinal y son expulsadas con las heces. Las larvas son rhabditoides y así suelen ser eliminadas con las heces, pero a nivel del colon pueden mudar a filariformes y penetrar nuevamente por la mucosa al torrente sanguíneo, pasar por el hígado y el pulmón, y originar nuevos adultos en el intestino. “Cuando las larvas expulsadas son filariformes, pueden de inmediato infectar a otras personas²⁰.”

h. *Ascaris lumbricoides*.

Es el parásito más común de los helmintos. Se distribuye en zonas tropicales y templadas del mundo, sobre todo en medio rural, donde son deficientes las condiciones socioeconómicas e higiénicas. “La ascariosis se presenta en todas las edades, pero es más frecuente en niños”. Es un gusano polimiario, alargado

y cilindroide. El macho es más pequeño que la hembra, mide de 15 a 30 cm de longitud por 2 a 4 mm de diámetro. Las hembras miden de 20 a 40 cm de longitud por 4 a 5 mm de diámetro. Se pueden observar dos tipos de huevos, los fecundados y los no fecundados. Los fecundados son ovalados, de capsula gruesa y transparente. Los huevos miden de 40 a 80 micrómetros de largo por 25 a 50 micrómetros de ancho²⁰.

i. *Taenia solium*.

Es un parasito hermafrodita y tiene dos tipos de huéspedes: uno definitivo (el hombre) y otro intermediario (el cerdo). En el hombre causa teniasis cuando la fase adulta de *Taenia solium* y *Taenia saginata* se establece en el intestino.

“El adulto *T. solium* es un cestodo que mide en promedio de 5 a 7 metros de longitud. Cada proglótido es una unidad reproductiva independiente que contiene órganos reproductores femeninos y masculinos.” Los huevos son esféricos y miden entre 47 a 77 micrómetros de diámetro²⁰.

Tabla 2. Principales enteroparásitos del hombre que pueden ser transmitidas por la utilización de aguas contaminadas sin tratar¹⁸.

Parasitosis	Agentes	Forma Infectante	Mecanismo de Infección	Ciclo Biológico
PROTOZOARIOS				
Amibiasis	<i>Entamoeba histolytica</i>	quiste	Fecal-oral	monoxénico
Balantidiosis	<i>Balantidium coli</i>	quiste	Fecal-oral	monoxénico
Giardiasis	<i>Giardia lamblia</i>	quiste	Fecal-oral	monoxénico
Isosporosis	<i>Isospora belli</i>	ooquiste	Fecal-oral	monoxénico
Criptosporidiosis	<i>Cryptosporidium parvum</i>	ooquiste	Fecal-oral	monoxénico
Blastocistosis	<i>Blastocystis hominis</i>	trofozoito	Fecal-oral	desconocido
Prozoos comensales	<i>Entamoeba coli</i>			
	<i>Iodamoeba bütschlii</i>	quiste	Fecal-oral	monoxénico
	<i>Endolimax nana</i>			
NEMÁTODOS				
Ascariasis	<i>Ascaris lumbricoides</i>	huevo larvado	Fecal-oral	monoxénico
Tricocefalosis	<i>Trichuris trichiura</i>	huevo larvado	Fecal-oral	monoxénico
Anquilostomosis	<i>Ancylostoma duodenalis</i>	larva filariforme	Transcut. y oral	monoxénico
	<i>Nacator americanus</i>	larva filariforme	Transcut.	monoxénico
Estrongiloidosis	<i>Strongyloides stercoralis</i>	larva filariforme	Ano-mano-boca, inhalación	monoxénico
Enterobiosis	<i>Enterobius vermicularis</i>	huevo larvado	huevos	monoxénico
CESTODOS				
	<i>Hymenolepis nana</i> e <i>H. diminuta</i>	Huevo embrionado	Fecal-oral	Hetero xénico

2.5. Descripción de las plantas de tratamiento de aguas residuales de los distritos de Huanta y Luricocha

El sistema de alcantarillado de la Provincia de Huanta se tienen dos emisarios, que conducen aproximadamente caudales de desagües similares hacia plantas de tratamiento distintas uno hacia PTAR Puca Puca y hacia PTAR Ichpico²¹.

Tabla 3. Emisarios de Huanta para la conducción del caudal de aguas servidas²¹.

Tramos	Longitud	Material	Terreno predominante	Observación
Desde fin de la red hacia PTAR Puca Puca	Aprox. 3,5 km	CSN	N+SR	Conduce aprox. El 60% del caudal de desagües producido en la localidad.
Desde fin de la red hacia PTAR Ichpico	Aprox. 3 km	CSN	N+SR	Conduce aprox. El 40% del caudal de desagües producido en la localidad.

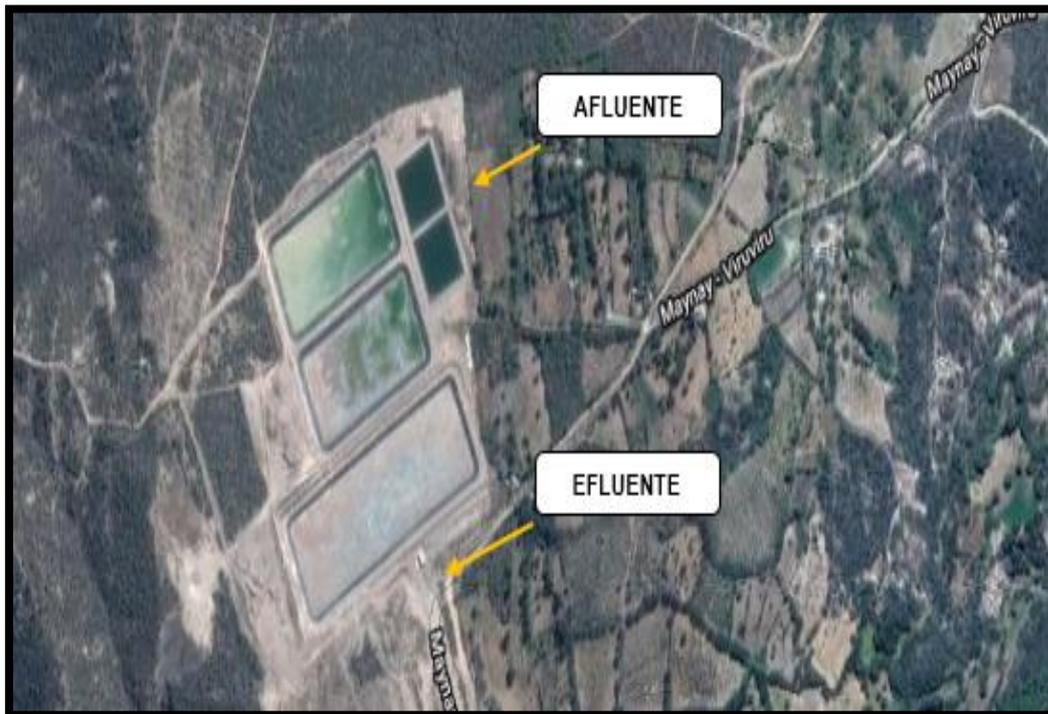
2.5.1. Planta de tratamiento de agua residual de Puca Puca del distrito de Huanta

La planta de tratamiento de agua residual de Puca Puca recolecta aguas residuales de la zona céntrica de la ciudad, se ubica en la parte baja de la ciudad a una distancia de 4,3 km. en la comunidad de Pampachacra, se encuentra una cota de aprox. 2 429 m.s.n.m que favorece para la recolección de mayor parte de la población futura y tiene proyección de crecimiento para una población aproximado de 31 000 habitantes, siendo esta una de las ventajas juntamente con su ubicación relativamente fuera de la ciudad y cerca de un cuerpo receptor de gran caudal como es el Río Cachi. Además, el clima promedio en la zona es de 20°C que favorece en la acción de los procesos físico, químico y biológico de la oxidación y la remoción de coliformes. La planta está totalmente cercada y tiene los servicios de agua y energía eléctrica, cuenta con un amplio espacio para vivienda, laboratorio, almacén y guardianía. Tiene una capacidad de caudal de ingreso de 65 L/s.

Cuenta con instalaciones:

- Cámara de rejillas.
- Un by pass.
- Dos desarenadores.
- Dos sutros (medidores de caudal).

- Caja de distribución de caudales
- Dos lagunas anaerobias cuadradas.
- Dos lagunas facultativas primarias.
- Una laguna facultativa secundaria o de estabilización (maduración).
- Una sala de cloración.
- Una cámara de contacto de cloro con tres compartimientos.



Fuente: Google Maps.

Figura 2. Vista panorámica de la planta de tratamiento de agua residual de Puca Puca.

La PTAR está trabajando actualmente con un caudal de 48 L/s, siendo su capacidad máxima de caudal de 65 L/s. EL agua residual tratada se descarga hacia el cuerpo receptor que es el riachuelo de Chiwa a una distancia de 2,5 km de la planta de tratamiento cuya agua es empleada para el riego de zonas agrícolas con plantas de tallo alto, como tara, tuna y plantas de tallo bajo como hortalizas, alfa alfa y otras.

2.5.2. Planta de tratamiento de agua residual de Ichpico del distrito de Huanta.

La planta de tratamiento de Ichpico recolecta aguas residuales de los asentamientos humanos y su capacidad de tratamiento es de 1 500 m³/día, el período de diseño es para 15 años, para una población futura de 8,600 conexiones. La distancia de la ciudad es de aproximadamente 3km de distancia.

Está a una cota de 2 440 m.s.n.m. que favorece para la recolección de aguas residuales de mayor parte de los asentamientos humanos, siendo esta una de las ventajas juntamente con su ubicación relativamente fuera de la ciudad y cerca de un cuerpo receptor de gran caudal como es el Río Cachi. Además, el clima promedio en la zona es de 20 °C que favorece en la acción de los procesos físico, químico y biológico de la oxidación y la remoción de coliformes. La planta está totalmente cercada y tiene los servicios de agua y energía eléctrica, cuenta con un edificio amplio para vivienda, laboratorio, almacén y guardiana²¹.

Tabla 4. Sistema de tratamiento de aguas residuales de la PTAR Ichpico Huanta²¹.

COMPONENTE	Cant.	Cap. max. (L/s)	Caudal actual (L/s)	Antigüedad (años)	Operatividad -----	Observación -----
Cámara de distribución	01	07	18-20	14	Regular-Mal	Sistema de tratamiento
Cámara de rejas	01	07	18-20	14	Regular-Mal	opera con caudal
Desarenador		-----	----	14	Regular-Mal	sobrecargado
Laguna primaria N° 1	01	3,5	9-10	14	Regular	(18-20 L/s)
Laguna primaria N° 2	01	3,5	9-10	14	Regular	-----
Laguna secundaria N°1	01	07	18-20	14	Regular	-----
Unidad de lecho de secado	NO	-----	-----	-----	-----	-----
Desinfección	01	-----	----	01	Regular	Instalación artesanal

El agua residual tratada se descarga hacia el cuerpo receptor que es el riachuelo de Cachi a través de unas canaletas a una distancia de tres km aproximadamente de la planta de tratamiento existente, cuyas aguas se emplean por mayoría de los pobladores de la zona para riego de actividades agrícolas como plantas de tallo corto (hortalizas) y plantas de tallo alto como: tara y frutales (tuna, papaya, paca, etc).



Fuente: Google Maps.

Figura 3. Vista panorámica de la planta de tratamiento de agua residual de Ichpico Huanta

2.5.3. Planta de tratamiento de agua residual de Aycas del distrito de Luricocha

La planta de tratamiento de agua residual del distrito de Luricocha está ubicado en la parte baja de la ciudad en la comunidad denominada Aycas aproximadamente a dos Km de distancia del distrito de Luricocha, a una altitud de 2535 m.s.n.m. La planta de tratamiento de agua residual está a cargo del municipio de Luricocha. En la visita preliminar que se realizó se constató que dicha planta de tratamiento de agua residual presenta serias deficiencias en cuanto a: no cuenta con personal técnico capacitado o especialista para que pueda monitorear en la planta, deficiente en infraestructura de tratamiento, razón por la cual la PTAR de Aycas no cumple con su fin de operación, lo que trae consecuencias en la salud pública y ambiental de la población en dicha zona, la PTAR está trabajando actualmente con un caudal de ingreso de 4-5 L/s. y cuenta con instalaciones como:

- Receptor de caudal.
- Un by pass.
- Dos desarenadores.
- Caja de distribución de caudal.
- Dos lagunas de estabilización.



Fuente: Google Maps

Figura 4. Vista panorámica de la planta de tratamiento de agua residual de Aycas Luricocha.

Después del tratamiento el efluente es dispuesto en un canal de riego, cuya agua es empleada para el riego de zonas agrícolas con plantas de tallo alto, como tara y tuna.

2.6. Normativas para el vertimiento y rehúso de las aguas residuales

En el Perú, la gestión de las descargas y rehúso de aguas residuales de las actividades poblacionales y productivas está sectorizada, se tiene a los Ministerios de Energía y Minas, Producción, Vivienda Construcción y Saneamiento y Agricultura a través de sus Direcciones Generales de Medio Ambiente. Sin embargo, cuando las aguas residuales generadas de los derechos de uso de agua requieren ser dispuestas a un cuerpo natural de agua ó rehusar ya sea con fines agrícolas y con otros fines, se requiere autorización, la cual se otorga bajo el cumplimiento de lo establecido en la Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos y la autoridad competente es la Autoridad Nacional del Agua. También, es preciso indicar que cuando el rehúso es para fines agrícolas se requiere opinión de la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud.

Para verificar el cumplimiento de los Instrumentos Ambientales otorgados y que involucra el control de la calidad del agua residual a rehusar, cada Dirección General de Medio Ambiente es responsable de la fiscalización²².

Tabla 5. Instituciones vinculadas en la gestión de las descargas y rehúso de las aguas residuales en el Perú, según criterios de alcance e intervención²².

Institución/Orgánica	Depend.	Alcance	Función	Responsab.	Actor
Minist. del Ambiente	OEFA	Transectorial	1,2,3,4	Aut. Ambiental	
Minist. de Agricultura	ANA	Transectorial		ANA	
	DGAAA	sectorial	1,2,3,4,5	Aut. Sectorial	Estado
Ministerio de Salud	DIGESA	Transectorial	1,2,3,4,5	Aut. de Salud	Estado
Ministerio de Energía y Minas.	DGM		1,3		Estado
	DGAAM	sectorial	1,3	Aut. Sectorial	Estado
	DGH		1,3		Estado
Minist. de Producción	DGAAI	sectorial	1,2,3		Estado
	DGAAP		1,2,3	Aut. Sectorial	Estado
Congreso de la República.	---	Transectorial	1,4,5	Poder Legislativo	
Gobierno Local	---		1,2,3		
Gobierno Regional	---		1,2,3	Participación	Sociedad Civil
Sociedad Civil	---	---	---	Ciudadana	
ONGs	---		---		
Def. del Pueblo	---	Transectorial	---	Fiscalizador	----
Inver. Mineras	---		---		Invers.
Inver. Industriales	---	---	---	-----	Privada
Cooperación Técnica y/o Fin. Internacional	---		---	Cooperante Donador	----

Leyenda:

1: Normativa, 2: Vigilancia, 3: Control, 4: Fiscalización y 5: Sancionador

2.6.1. Marco normativo y la modificación del D.L.N° 17752 Ley general de aguas

El marco normativo para la gestión de las descargas y rehúso de aguas residuales, en el Perú, no sólo está orientado al control de la calidad y manejo de los efluentes tratados, sino también, a cumplir con los objetivos ambientales y sanitarios en los cuerpos receptores donde se descargan las aguas residuales tratadas y el rehúso de dichas aguas residuales tratadas ya sea para la agricultura u otra actividad.

A partir del primero de abril del 2009, entró en vigencia la Ley N° 29338- Ley de Recursos Hídricos, quedando derogado el D.L. N° 17752 Ley General de Aguas, siendo la Autoridad Nacional del Agua – ANA, la responsable de la protección del agua como recurso natural. La Autoridad Nacional del Agua, órgano adscrito

al Ministerio de Agricultura, es la responsable de la protección del agua como recurso natural, en su condición de ente rector y máxima autoridad técnica y normativa del Sistema Nacional de Recursos Hídricos y en cumplimiento al mandato establecido en la Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos dicha Ley es responsable de la vigilancia y fiscalización de la calidad del agua en los recursos hídricos continentales y marinos del país; así como también del control de las aguas residuales tratadas que se descargan previa autorización a los recursos hídricos y el rehúso de las aguas residuales²².

2.6.2. Visión del estado

La gestión de descargas y rehúso de aguas residuales tratadas, se autorizan previamente en cumplimiento de la Ley 29338 – Ley de Recursos Hídricos, norma que tiene los siguientes instrumentos para la gestión una serie de obligaciones y prohibiciones que se deben tomar en cuenta:

a. Para descargas de aguas residuales:

- Clasificación y calificación de los recursos hídricos de país.
- Estándares de Calidad Ambiental para agua.
- Autorización de vertimiento de agua residual tratada.
- Retribución económica por vertimiento.
- Procedimiento sancionador.

b. Para rehúso de aguas residuales:

- Autorización de rehúso de agua residual tratada.
- Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura de la Organización Mundial de la Salud²².

2.6.3. Valores de calidad de las aguas residuales en el marco legal peruano para construcción y operación de PTAR.

El marco legal peruano define los siguientes parámetros y valores relevantes para la construcción y operación de PTAR:

- Valores máximos admisibles (VMA) establecidos en el Decreto Supremo N.° 021-2009-VIVIENDA y su reglamento aprobado por el Decreto Supremo N.° 003-2011-VIVIENDA.
- Límites máximos permisibles (LMP) para vertimientos a cuerpos de agua establecidos en el Decreto Supremo N.° 003-2010-MINAM.
- Estándares de calidad de agua (ECA) establecidos en el Decreto Supremo N.° 002-2008-MINAM.
- Límites máximos permisibles para el rehúso de agua tratada¹.

2.7. Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales.

Los LMP vienen hacer la medida de la concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión. Que al ser excedida puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental²³.

Tabla 6. Límites Máximos Permisibles para efluentes de PTAR. DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM²³.

Parametros	Unidad	LMP de efluentes para vertimientos a cuerpos de aguas
Aceites y grasas	mg/l	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxigeno	mg/l	100
Demanda Química de Oxigeno	mg/l	200
pH	unidad	6,5-8,5
Solidos Totales en suspensión.	mL/L	150
Temperatura	C°	< 35

2.8. Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

Artículo 1. Modificación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua, aprobado por el D.S. N° 002-2008-MINAM.

Modifica los parámetros y valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, detallados en el Anexo de la presente norma.

Según la normativa ambiental ECA para agua establece 4 categorías con subcategorías, considerando que el cuerpo receptor de vertimiento de aguas residuales en estudio se utiliza principalmente para riego de vegetales y bebida de animales por tanto debe cumplir con las condiciones que fija la categoría 3 para el cuerpo receptor. Se presenta un cuadro de resumen de los parámetros biológicos para esta categoría²⁴.

Tabla 7. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua Categoría 3. Parámetros Microbiológicos y parasitológicos para riego de vegetales y bebidas de animales D.S. N° 015-2015-MINAM ²⁴.

Categorías		Eca agua: categoría 3	
Parámetro	Unidad	Parámetros para riego de vegetales d1: (riego de cultivo de tallo alto y bajo)	Parámetros para bebidas de animales d2: (bebida de animales)
Coliformes Totales (35-7°C)	NMP/100 ml	1 000	500
Coliformes termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	1 000	1 000
<i>Enterococos intestinales</i>	NMP/100 ml	20	20
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	100	100
Huevos y larvas de helmintos	Huevos/L	< 1	< 1

2.9. Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos. “Artículo 79°.Vertimientos de aguas residuales.

La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambientales y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP). Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización. En caso de que el vertimiento del agua residual tratada pueda afectar la calidad del cuerpo receptor, la vida acuática asociada a este o sus bienes asociados, según los estándares de calidad establecidos o estudios específicos realizados y sustentados científicamente, la Autoridad Nacional debe disponer las medidas adicionales que hagan desaparecer o disminuyan el riesgo de la calidad del agua, que puedan incluir tecnologías superiores, pudiendo inclusive suspender las autorizaciones que se hubieran otorgado al efecto. En caso de que el vertimiento afecte la salud o modo de vida de la población local, la Autoridad Nacional suspende inmediatamente las autorizaciones otorgadas. Corresponde a la autoridad sectorial competente la autorización y el control de las descargas de agua residual a los sistemas de drenaje urbano o alcantarillado¹³.

2.9.1. Regulación, vertimiento y reúso de las aguas residuales tratadas.

Los capítulos VI y VII de la Ley de Recursos Hídricos habla sobre vertimiento y reúso de las aguas residuales.

Puntos importantes son:

- Define las condiciones y procedimientos para la autorización del vertimiento y reúso de las aguas residuales tratadas.
- Prohíbe el vertimiento o reúso del agua residual sin tratamiento.
- Para obtener la autorización de vertimiento del efluente de la PTAR a un cuerpo natural, se deben cumplir los LMP y asegurar el cumplimiento de los ECA en el cuerpo de agua.
- Para obtener la autorización de reúso de las aguas residuales tratadas, se deben cumplir los valores establecidos por el sector de la actividad a la que se destine el reúso o, en su defecto, las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Define a la Autoridad Nacional del Agua como responsable del control de los vertimientos y reúso autorizados.
- Establece la obligación de instalar sistemas de medición del caudal del efluente en las PTAR¹.

2.9.2. Título V; Capítulo VI: Vertimientos de aguas residuales tratadas

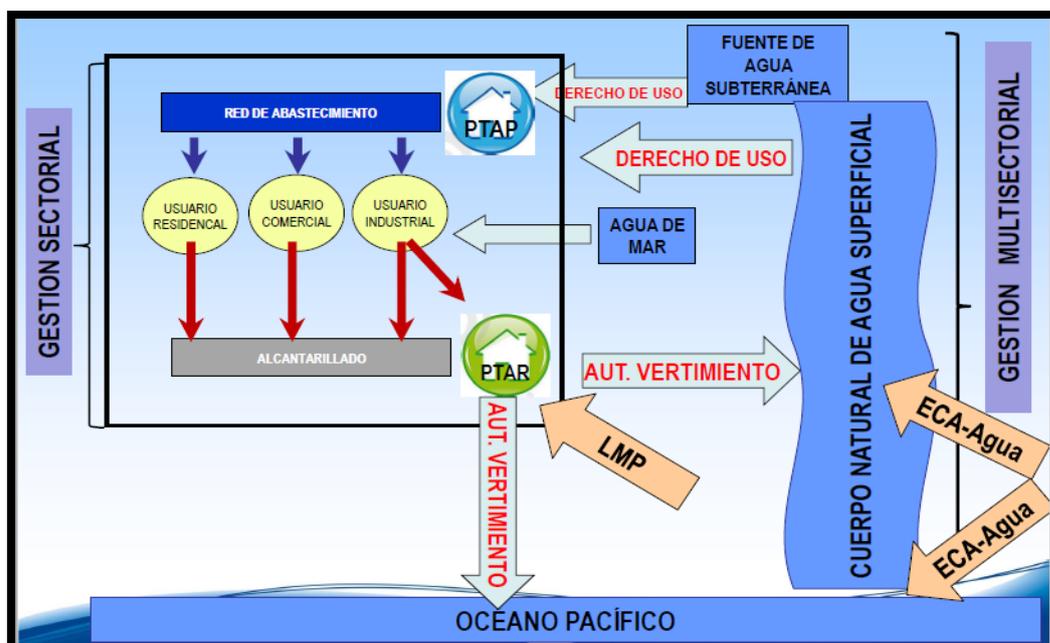


Figura 5. Diagrama sobre vertimiento de aguas residuales tratadas “artículo 79° de la Ley de Recursos Hídricos²⁵.

2.9.3. Título V; Capítulo VII: Rehúso de aguas residuales tratadas

La Autoridad Nacional, a través del Consejo de Cuenca, autoriza el rehúso del agua residual tratada, según el fin para el que se destine la misma²⁵.

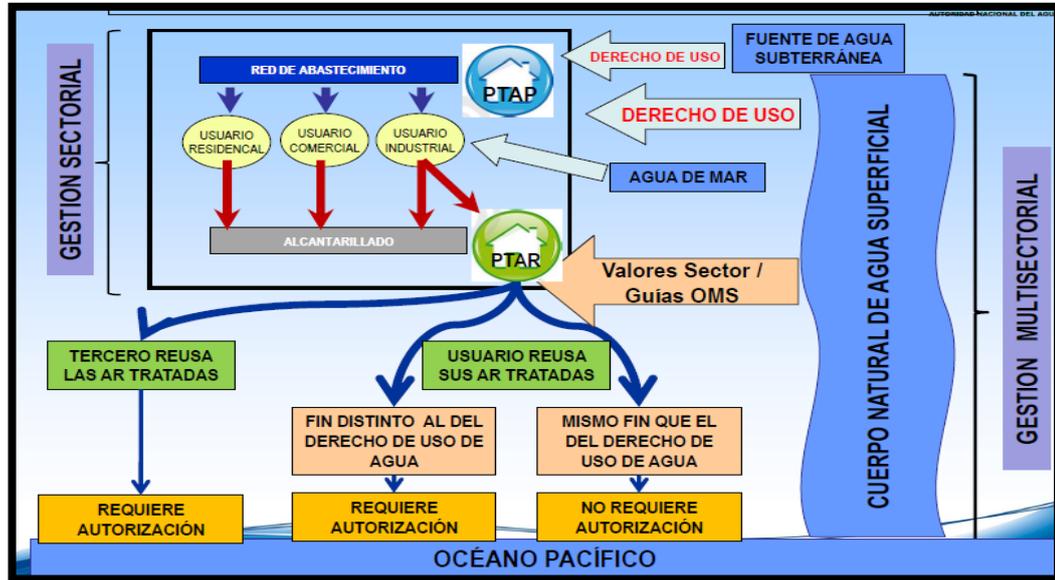


Figura 6. Diagrama sobre rehúso de aguas residuales tratadas Artículo 148º de la Ley de Recursos Hídricos²⁵

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación de zona de estudio

3.1.1. Distrito de Huanta: es capital de la provincia de Huanta, departamento de Ayacucho y está ubicado en la parte noroeste de la región Ayacucho, entre los paralelos por el norte 11°47'02" y por el sur 12°50'20", su longitud al oeste del meridiano de Greenwich es de 73°45'06" hasta 74°38'10". La ciudad capital del distrito de Huanta está ubicada a una altura de 2 628 m.s.n.m²⁶.

3.1.2. Distrito de Luricocha: es distrito de la provincia de Huanta departamento de Ayacucho, está ubicado en la parte Norte de la provincia de Huanta a ocho minutos de la ciudad de Huanta, a una altitud de 2 564 m.s.n.m.

3.1.3. Sistema de alcantarillado en distritos de Huanta y Luricocha.

a. Sistema de alcantarillado en Huanta: el sistema de alcantarillado en el distrito de Huanta está dividido en dos cuencas contribuyentes hacia dos puntos de descarga: el primero hacia la nueva planta de tratamiento Puca Puca (PTAR N° 1), que recolecta las aguas servidas de aproximadamente del 70 % de la población huantina y en especial de casco urbano; y el segundo hacia la planta de Ichpico (PTAR N° 02) que recolecta las aguas servidas de los barrios de Hospital, Alameda, y de los Asentamientos Humanos Nueva Jerusalén, Castropampa, Chancaray, Tres estrellas y Allpa Pilar²⁶.

b. Sistema de alcantarillado en Luricocha: el sistema alcantarillado del distrito de Luricocha tiene un solo punto de descarga la cual es en la planta de tratamiento de agua residual Aycas, que está situada en la parte baja de la ciudad, a una altitud de aprox. 2 528 m.s.n.m en la comunidad denominada Aycas, que recolecta aguas servidas de casi el 80 % de la población, con un caudal de ingreso actual entre 4-5 L/s.

3.2. Puntos de muestreos

En cada planta de tratamiento se han fijado dos puntos de muestreo, en el afluente y en el efluente, por lo tanto, se han tenido seis puntos de muestreo.

- PM 1,2 (afluente y efluente de la planta de tratamiento de agua residual Puca Puca)
- PM 3,4 (afluente y efluente de la planta de tratamiento de agua residual Ichpico)
- PM 5,6 (afluente y efluente de la planta de tratamiento de agua residual Aycas).

3.3. Población

Aguas residuales de afluentes y efluentes de las PTARs de los distritos de Huanta y Luricocha, evaluadas en los meses de noviembre de 2017 a marzo de 2018.

3.4. Muestra

30 litros de aguas residuales afluentes y 240 litros de aguas residuales efluentes sometidas a tratamiento.^{27, 28}

3.5. Sistema de muestreo

Muestreo probabilístico simple; por que las muestras de las aguas residuales tanto de afluentes y efluentes tenían las mismas probabilidades de ser seleccionadas.

3.5.1. Procedimiento de toma de muestras

Se realizó en un lapso de cinco meses, a partir del mes de noviembre de 2017 a marzo de 2018, donde se analizaron cada 15 días, la toma de muestras se realizó en horas de la mañana entre (6:30 a 8:30 a.m.), con todas las medidas de bioseguridad, para lo cual fue necesario el uso de guardapolvo, guantes de examen desechables y dos muestreadores de plástico de forma cilíndrica de boca ancha (ver anexo N° 10) de dos litros de capacidad aproximadamente. La muestra se obtuvo sumergiendo el muestreador en el canal de conducción de agua residual, tanto en el afluente como en el efluente; las muestras fueron vertidas en frascos de plásticos de boca ancha, con tapas herméticas, la cual fue lavada y desinfectada anticipadamente. Una vez lleno el frasco, con la muestra de agua residual, éste fue cerrado herméticamente y etiquetado con los datos necesarios. El volumen de la muestra de agua residual afluente fue de un litro y de ocho litros para aguas residuales efluentes.

Las muestras fueron tomadas un litro para afluente y ocho litros para efluentes de cada planta de tratamiento de aguas residuales, en donde de cada PTAR se obtuvieron 10 muestras de aguas afluentes y 10 muestras de aguas efluentes obteniéndose en total 60 muestras.

3.6. Transporte

Una vez obtenidas las muestras de aguas residuales tanto de afluentes y efluentes de las PTARs: Puca Puca, Ichpico y de Aycas, éstas fueron colocadas y acondicionadas en cajas y transportadas, a temperatura ambiente, al Laboratorio de Microbiología Ambiental de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNSCH. El tiempo transcurrido desde el momento del muestreo hasta su llegada al laboratorio, en ningún caso, superaron las tres horas.

3.7. Procesamiento de muestras

3.7.1. Identificación de los géneros y/o especies y cuantificación de huevos, quistes y larvas de enteroparásitos

Para la determinación de géneros y/o especies y cuantificación de huevos, larvas y quistes 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 Mara²⁹. Este método fue adecuado para aguas residuales y fue el mejor método global comparado en relación a otros métodos, siendo capaz de recuperar una mayor diversidad de especies de huevo de helmintos, incluyendo *Ascaris sp*, *Trichuris sp*, *Taenia sp*, *Toxocara sp*, *Hymenolepis sp*²⁹.

Para el presente trabajo se aplicó una adecuación del método de Bailenger modificado, en la cual ya no se utiliza la cámara McMaster, y en reemplazo se usó una lámina porta objetos de 1 mm de espesor y 25 mm de ancho por 75 mm de largo en el cual se coloca un volumen conocido de muestra (0,05 ml o 50µL) con ayuda de una micropipeta automática, luego se coloca la laminilla cubre objetos, se deja reposar una hora antes de comenzar a contabilizar las formas parasitarias.

3.7.2. Protocolo del método de Bailenger modificado

- a. En el laboratorio, las muestras de aguas residuales se dejaron en reposo por un lapso de 24 horas, para permitir que todo sólido suspendido, incluido huevos, quistes y larvas de enteroparásitos, sedimenten.
- b. Transcurrido el tiempo de sedimentación, se decantó el sobrenadante, dejando solo el sedimento en un rango de 60 a 70 ml para muestras de afluentes (aguas residuales crudas) y en el caso de muestras de aguas efluentes, el sedimento fue en un rango de 100 a 120 ml. En ambos casos se anotaron el volumen exacto del sedimento con fines de cálculo del número de formas parasitarias presentes.

- c. Trece mililitros del sedimento fue transferido a un tubo de ensayo, el cual fue sometido a centrifugación a 2 500 rpm durante 15 minutos.
- d. Una vez culminado la centrifugación se decantó el sobrenadante, para después agregar la solución amortiguadora aceto- acético a pH 4,5 en un volumen igual al sedimento del tubo (ejemplo, si el sedimento fue de 2 ml, se le agregó 2 ml de solución amortiguador).
- e. Luego se adicionó solución éter en un volumen equivalente al doble de la solución amortiguadora (como la solución amortiguadora se agregó 2 ml se adicionó 4 ml de solución éter). Luego se agitó vigorosamente por dos a tres minutos.
- f. Luego nuevamente se llevó a centrifugar a 2 500 rpm por 15 minutos, Después de la centrifugación, en el tubo se observó la formación de tres fases distintas; en el fondo del tubo se encontró los escombros poco grasos y fragmentos pesados incluyendo los huevos, larvas de los helmintos y quistes de los protozoarios, y en la fase intermedia se visualizó el amortiguador de un color claro y en la fase superior se observó el material grasoso juntamente con la solución éter formando una capa espesa de color amarillo oscuro.
- g. Se registró el volumen del sedimento en el tubo conteniendo los huevos larvas y quistes de enteroparásitos, para luego descartar el sobrenadante, después se agregó la solución de sulfato de zinc en cinco volúmenes iguales al sedimento de la muestra (como el sedimento fue de 1 ml entonces se añadió 5 ml de la solución de $ZnSO_4$), después se registró el volumen del producto final (x. ml). Luego se mezcló la muestra a fondo y dejó en reposo por una hora.
- h. Luego se tomó la muestra (alícuota) 0,05 ml con ayuda de una pipeta automática, y se transfirió la muestra al portaobjetos y se cubrió con laminilla.
- i. Por último, se examinó al microscopio con objetivos de 10 x y de 40 x, se contó todo los huevos, larvas y quistes de enteroparásitos presentes observando todos los campos microscópicos del portaobjetos.

3.7.3. Cálculo del número de huevos, quiste y larvas de enteroparásitos.

El número final de huevos, larvas y quistes de los enteroparásitos de muestras de aguas residuales fue calculado por medio de las siguientes ecuaciones.

$$N_i = \frac{A \times X}{B}$$

$$N_t = \frac{C \times N_i}{D}$$

Dónde:

- Ni: número inicial de enteroparásitos en el sedimento del tubo.
- A: volumen de sedimento centrifugado en el tubo en (μL).
- X: número de enteroparásitos contados en el portaobjeto.
- B: volumen de la muestra al portaobjeto en ($50\mu\text{L}$)
- Nt: número total de enteroparásitos por litro.
- C: sedimento total de la muestra del recipiente.
- Ni: número inicial de enteroparásitos en el sedimento del tubo.
- D: Sedimento utilizado para centrifugar (13 mL).

3.7.4. Identificación de géneros y/o especies de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos

Para la identificación de enteroparásitos (huevos, larvas y quistes) se utilizaron manuales de parasitología,^{30, 31, 32} también con ayuda de esquemas para comparar las diferentes morfologías y estructuras de las especies presentes en la muestra.

3.7.5. Determinación de la capacidad de remoción

La capacidad de remoción se determinó en base a la diferencia del número total de huevos, quistes y larvas de enteroparásitos entre el afluente y efluente de cada planta de tratamiento de aguas residuales. Fue calculada usando la siguiente fórmula.

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

Dónde:

C: Representa la concentración del parámetro (número de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos presentes en la muestra).

3.8. Tipo de investigación

Básica – descriptiva: Básica; ya que la principal contribución es de generar nuevos conocimientos sobre el tratamiento de las aguas residuales, su capacidad de remoción y Descriptiva; no hubo la manipulación de variables.

3.9. Análisis estadístico

Los datos finales obtenidos fueron ordenados en tablas y se calcularon los promedios y porcentajes de remoción de enteroparásitos.

Los resultados son presentados en tablas y figuras. A si mismo se hizo la prueba de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$) para ver la significancia estadística en cuanto a los valores de la capacidad de remoción de enteroparásitos en las tres plantas de tratamiento de aguas residuales, para este análisis de datos se empleó el Software SPSS 17.

IV. RESULTADOS

Tabla 8. Géneros y/o especies y número total de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos identificados en las aguas afluentes y efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales Puca Puca y Ichpico del distrito de Huanta y Aycas del distrito de Luricocha, noviembre de 2017 a marzo de 2018.

Géneros y/o especies de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos identificados	*PTAR 1. Puca Puca Huanta			*PTAR 2. Ichpico Huanta			*PTAR 3. Aycas Luricocha		
	Total, de especies *enterop./L	*PROM.	%	Total, de especies *enterop./L	*PROM.	%	Total, de especies *enterop./L	*PROM.	%
Afluente									
<i>Ascaris lumbricoides</i>	805,0	80,5	24,1	1193,0	119,3	32,5	1392,0	139,2	33,9
<i>Trichuris trichiura</i>	936,0	93,6	28,0	817,0	81,7	22,3	1254,0	125,4	30,5
<i>Strongyloides stercoralis</i>	523,0	52,3	15,7	599,0	59,9	16,3	563,0	56,3	13,7
<i>Uncinarias</i>	275,0	27,5	8,2	268,0	26,8	7,3	151,0	15,1	3,7
<i>Giardia lamblia</i>	122,0	12,2	3,7	257,0	25,7	7,0	140,0	14,0	3,4
<i>Entamoeba coli</i>	273,0	27,3	8,2	0,0	0,0	0,0	287,0	28,7	7,0
<i>Hymenolepis nana</i>	134,0	13,04	4,0	122,0	12,2	3,3	324,0	32,4	7,9
<i>Hymenolepis diminuta</i>	273,0	27,3	8,2	413,0	41,3	11,3	0,0	0,0	0,0
TOTAL	3 341,0	334,1	100	3 669,0	366,9	100	4 111,0	411,1	100
Efluente									
<i>Ascaris lumbricoides</i>	63,0	6,3	100	159,0	15,9	100	310,0	31,0	36,1
<i>Trichuris trichiura</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	291,0	29,1	33,9
<i>Strongyloides stercoralis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	149,0	14,9	17,4
<i>Giardia lamblia</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	108,0	10,8	12,6
TOTAL	63,0	6,3	100	159,0	15,9	100	858,0	85,8	100

Leyenda:

*PROM: Promedio de número de huevos, quistes y larvas de enteroparásitos.

*PTAR: Planta de tratamiento de agua residual.

*Enterop: Huevos, larvas y quistes de enteroparásitos.

Tabla 9. Número total de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos, en cada muestreo, en las aguas afluentes y efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales Puca Puca y Ichpico del distrito de Huanta y Aycas del distrito de Luricocha, noviembre de 2017 a marzo de 2018.

Muestras	*PTAR Puca Puca Huanta	*PTAR Ichpico Huanta	*PTAR Aycas Luricocha
	Número total de huevos, larvas y quistes de *enterop. /L	Número total de Huevos, larvas y quistes de *enterop. /L	Número total de huevos, larvas y quistes de *enterop. /L
*Afluente			
1	231,0	222,0	415,0
2	421,0	365,0	448,0
3	286,0	271,0	558,0
4	480,0	360,0	343,0
5	255,0	365,0	361,0
6	397,0	492,0	396,0
7	399,0	411,0	308,0
8	402,0	443,0	460,0
9	227,0	415,0	452,0
10	243,0	325,0	420,0
*Efluente			
1	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	118,0
3	0,0	71,0	215,0
4	0,0	0,0	104,0
5	0,0	0,0	170,0
6	63,0	0,0	0,0
7	0,0	88,0	149,0
8	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	102,0

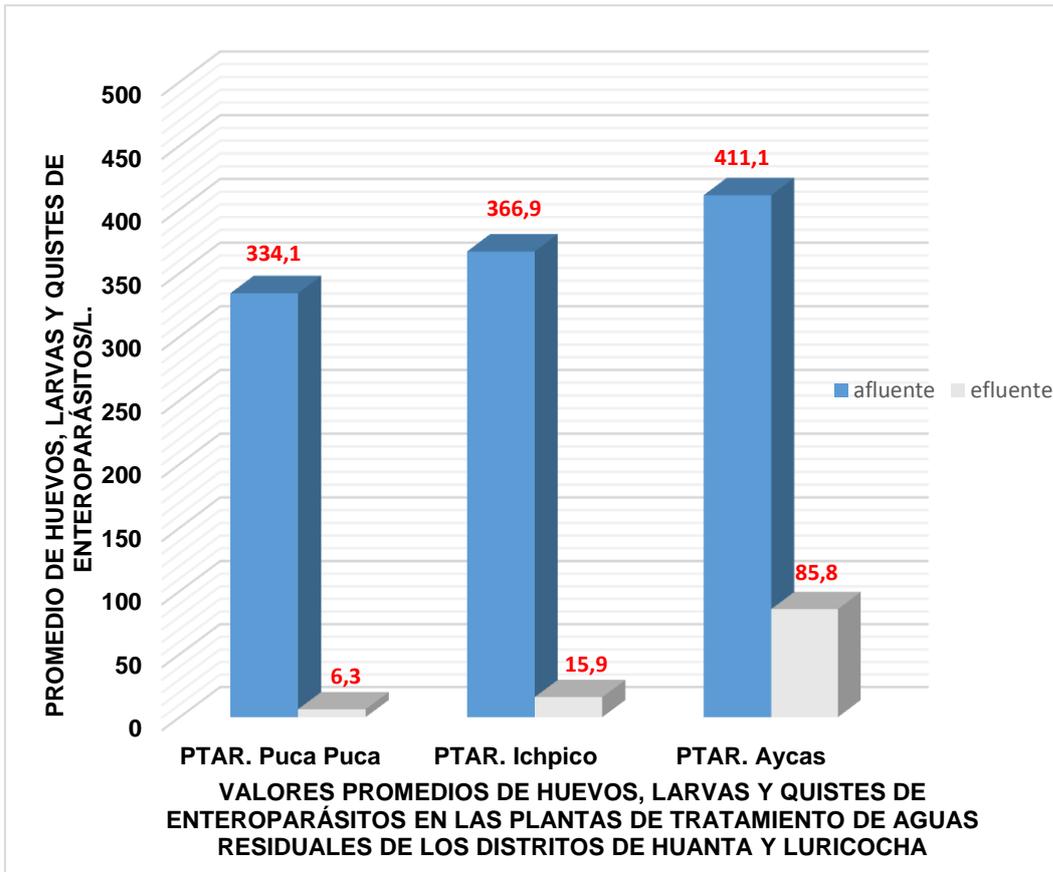
Leyenda:

PTAR: Planta de tratamiento de agua residual.

*Afluente: Entrada de agua residual a la planta de tratamiento.

*Efluente: Salida de agua residual de la planta de tratamiento.

*Enterop: huevos, larvas y quistes de enteroparásitos.



Leyenda

PTAR: Planta de tratamiento de agua residual.

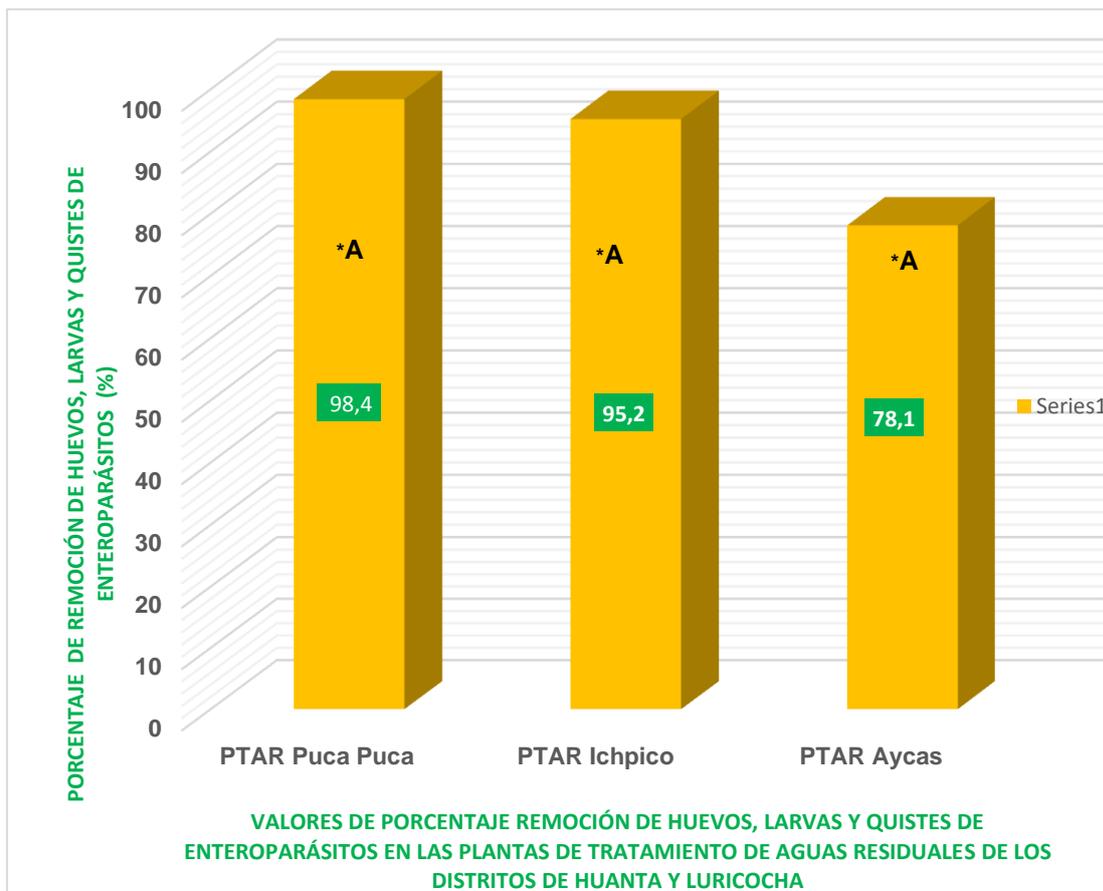
Figura 7. Valores promedios de número de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos en total de muestreos realizados en las aguas afluentes y efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales Puca Puca y Ichpico del distrito de Huanta y Aycas del distrito de Luricocha, noviembre de 2017 a marzo de 2018.

Tabla 10. Valores de porcentaje de remoción, por muestreos y total de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos en las aguas de las plantas de tratamiento de aguas residuales Puca Puca y Ichpico del distrito de Huanta y Aycas del distrito de Luricocha, noviembre de 2017 a marzo de 2018.

Mue- stras	*PTAR 1. Puca Puca Huanta			*PTAR 2. Ichpico Huanta			*PTAR 3. Aycas Luricocha		
	Total, de huevos, larvas y quistes de *enterop./L en afluentes	Total, de huevos, larvas y quistes de *enterop./L en efluentes	Valores de % de remoción	Total, de huevos, larvas y quistes de *enterop./L en afluentes	Total, de huevos, larvas y quistes de *enterop./L en efluentes	Valores de % de remoción	Total, de huevos, larvas y quistes de *enterop./L en afluentes	Total, de huevos, larvas y quistes de *enterop./L en efluentes	Valores de % de remoción
1	231,0	0,0	100	222,0	0,0	100	415,0	0,0	100
2	421,0	0,0	100	365,0	0,0	100	448,0	118,0	73,7
3	286,0	0,0	100	271,0	71,0	73,8	508,0	215,0	57,7
4	480,0	0,0	100	360,0	0,0	100	343,0	104,0	69,7
5	255,0	0,0	100	365,0	0,0	100	361,0	170,0	52,9
6	397,0	63,0	84,1	492,0	0,0	100	396,0	0,0	100
7	399,0	0,0	100	411,0	88,0	78,6	308,0	149,0	51,6
8	402,0	0,0	100	443,0	0,0	100	460,0	0,0	100
9	227,0	0,0	100	415,0	0,0	100	452,0	0,0	100
10	243,0	0,0	100	325,0	0,0	100	420,0	102,0	75,7

Leyenda:

-*PTAR: planta de tratamiento de agua residual. -*Enterop: huevos, larvas y quistes de enteroparásitos.



Leyenda:

Kruskal-Wallis H: 5,58 (No significancia)

*A: Muestran que no hay diferencias significativas en las remociones

*PTAR: planta de tratamiento de agua residual.

Figura 8. Porcentaje promedio de remoción de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos en las aguas de las plantas de tratamiento de aguas residuales Puca Puca y Ichpico del distrito de Huanta y Aycas del distrito de Luricocha, noviembre de 2017 a marzo de 2018.

V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en función a los objetivos señalados en el presente trabajo de investigación fueron descritos en la sección anterior y ahora lo comparamos con investigaciones precedentes para ver la variación o similitud que garanticen la consistencia y analogía de los resultados; así, se muestran los datos y valores en la tabla 8, donde se observa la relación de géneros y/o especies y total de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos identificadas en las aguas afluentes y efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales Puca Puca y Ichpico del distrito de Huanta y Aycas del distrito de Luricocha, noviembre de 2017 a marzo de 2018. Donde en los afluentes de las PTARs: Puca Puca, Ichpico y Luricocha; se identificaron los siguientes géneros y/o especies: *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Strongyloides stercoralis*, *Uncinarias*, *Giardia lamblia*, *Entamoeba coli*, *Hymenolepis nana* y *Hymenolepis diminuta*. Las especies identificadas en mayor frecuencia en aguas afluentes de las tres PTARs fueron: *Ascaris lumbricoides* (30,2%) y *Trichuris trichiura* (26,9%), y las de menor frecuencia fueron: *Giardia lamblia* (4,8%) y *Entamoeba coli* (5,1%). En las aguas efluentes de las PTARs Puca Puca e Ichpico se identificaron huevos de *Ascaris lumbricoides* como la única especie de enteroparásitos; a diferencia de la PTAR Aycas del distrito de Luricocha donde se identificaron especies tales como: huevos de *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, larvas de *Strongyloides stercoralis*, y quistes de *Giardia lamblia*, siendo la especie de *Ascaris lumbricoides* con mayor frecuencia (36,1%). Estos resultados nos indican que en los distritos de Huanta y Luricocha sigue la prevalencia de enteroparasitosis, y todo esto muchas veces es por falta de educación en los hogares, en las escuelas, colegios, en los Centros de Salud y por falta sensibilización por parte de los profesionales de salud, adicionando a esto por deficiencias en saneamiento básico como en el distrito de Luricocha,

que no cuenta agua potabilizada para el consumo humano. También los resultados en la identificación de enteroparásitos en los efluentes de la PTAR de Aycas del distrito de Luricocha a diferencia de las PTARs de Puca Puca y Ichpico se identificó mayor porcentaje de especies de enteroparásitos, esto es debido a que la PTAR Aycas no tiene una buena remoción en el tratamiento (ver la tabla 8), esto por falta de una infraestructura adecuada, no tiene un personal capacitado y que no está dentro de las Empresas Prestadoras de Saneamiento (EPS) para que pueda hacerse cargo y monitorear periódicamente.

Y Según las evaluaciones hechas en presente investigación que muestran en el resultado anterior, el distrito de Huanta y de Luricocha como en otros lugares no es ajeno a prevalencia enteroparasitosis, ya que se identificó especies de enteroparásitos de interés clínico y esto sigue arrastrando desde muchos años como señalan en investigaciones de Villantoy¹¹ (2008), en el informe del trabajo de investigación titulado “Identificación de enteroparásitos en la planta de tratamiento de aguas residuales de Ichpico en el distrito de Huanta 2008”, menciona que encontró las siguientes especies de protozoarios: *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, *Balantidium coli*, *Isospora belli*, *Chilomastix misnili*, *Iodamoeba buschlii*, y los siguientes helmintos *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Strongyloides stercoralis*, *Hymenolepis sp*, *Taenia sp*, *Unsinaria*, *Enterobius vermicularis* y platelminto como: *Faciola hepatica*; por otro lado, Elme¹² también en el año (2008), en el informe de la investigación titulada “Identificación de enteroparásitos en la planta de tratamiento de agua residual La Totorá Ayacucho 2008”, manifiesta que halló las siguientes especies de enteroparásitos como protozoarios: *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*, *Endolimax nana*, *Giardia lamblia*, *Balantidium coli*, *Iodamoeba buschlii*, *Blastocystis hominis*, y los siguientes Helmintos *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Strongyloides stercoralis*, *Hymenolepis nana*, *Hymenolepis diminuta*, *Taenia sp*, y *Uncinarias*.

Los autores mencionados líneas arriba identificaron enteroparásitos presentes en aguas residuales, en términos generales a las mismas especies encontradas en la presente investigación, a diferencia de las especies de *Balantidium coli*, *Isospora belli*, *Chilomastix misnili*, *Iodamoeba buschlii*, *Endolimax nana* y *Blastocystis hominis* que no fueron hallados. En cuanto a la similitud podemos indicar que, por tratarse de muestras de aguas residuales de la misma región, la

diferencia es en el tiempo, indica que la prevalencia de parasitosis en la población huantina sigue siendo la misma.

Así también, Matta³³ en el año (2001), al realizar la investigación titulada “Enteroparásitos en hortalizas regadas con aguas de los efluentes de la planta de tratamiento de agua residual de Alameda Baja del distrito de Huanta Ayacucho 2001”, reportó el hallazgo de los siguientes enteroparásitos: *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Hymenolepis nana*, *Strongyloides stercoralis* y *Uncinarias*; Del mismo modo, Jacobo y *et al*⁴ (2014), al realizar la investigación “Monitoreo de huevos de helmintos en plantas de tratamiento de aguas residuales en la Comarca Lagunera México 2014”, manifiestan que identificaron especies con mayor frecuencia a los géneros de *Taenia spp.* y *Ascaris lumbricoides* y señalan que en un 81,25%, estos dos parásitos pertenecen al grupo de los helmintos intestinales donde se incluyen los nemátodos y los céstodos. De la misma manera en evaluaciones realizadas en muestras de agua de consumo humano, Gallego *et al*⁷ (2007), en trabajo de investigación titulado “Prevalencia de helmintos intestinales en aguas entubadas y en aguas de pozos profundos de consumo humano en Municipio Francisco Linares Alcántara Venezuela 2007”, observaron que en el 60% de las viviendas evaluadas había presencia de huevos de helmintos como: *Anquilostoma sp.* (30%), *Trichuris trichiura* (20%) y *Ascaris lumbricoides* (10%).

De acuerdo a los hallados en la presente investigación, se detalla que, las especies de enteroparásitos identificados tanto en las aguas afluentes y efluentes de las PTARs de Puca Puca, Ichpico del distrito de Huanta y de Aycas del distrito de Luricocha tienen similitudes con los resultados obtenidos en las investigaciones realizadas por: Matta³³ (2001), Jacobo *et al*⁴ (2014) y Gallego *et al*⁷ (2007).

En tabla 9 y figura 7, se observan el número total y promedio de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos, en cada muestreo, en las aguas afluentes y efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales Puca Puca y Ichpico del distrito de Huanta y Aycas del distrito de Luricocha, noviembre de 2017 a marzo de 2018, donde en aguas afluentes de la PTAR Puca Puca se contabilizó un promedio general de 334,1 enteroparásitos/L y en aguas efluentes un promedio general de 6,3 enteroparásitos/L; en la PTAR Ichpico en el afluente se contabilizó un promedio general de 366,9 enteroparásitos/L y en el efluente

un promedio de 15,9 enteroparásitos /L; y, en la PTAR Luricocha se cuantificó en aguas afluentes un promedio de 411,1 enteroparásitos/L y en el efluente 85,8 enteroparásitos/L. Los resultados de la presente investigación señalan que en las aguas afluentes y efluentes de las PTARs de Puca Puca y Ichpico se observan un promedio menor de enteroparásitos debido a que estas PTARs son evaluadas y monitoreadas por la Agencia SEDA Ayacucho - Sucursal Huanta, además las aguas que ingresan a la PTAR Puca Puca son de zonas céntricas es decir del casco urbano de la población y las aguas que ingresan a la PTAR Ichpico son de los asentamientos humanos, porque a qui tiene que ver a parte de la eficiencia de remoción de las PTARs los factores como el nivel de educación, calidad de vida de un espacio a otro de la población (zona urbana y los asentamientos humanos) es por eso una pequeña diferencia en los resultados de promedio total de los huevos, larvas y quistes de los enteroparásitos de estas dos PTARs. en comparación a los resultados obtenidos de la PTAR de Aycas que tiene un promedio mucho mayor en huevos, larvas y quistes de enteroparásitos cuantificados (ver la tabla 9 y figura 7), estos resultados serían por razones que la población del distrito de Luricocha y sus comunidades presentan una alta prevalencia de enteroparásitos, y la PTAR que cuenta dicho distrito está en deficiencias en su operación, y de la misma manera no cuenta con un buen manejo en cuanto a saneamiento básico, esto es corroborado por la investigación realizada por Palomino³⁴ (2017), que en su informe de investigación titulado “Calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas de consumo humano y de riego del distrito de Luricocha de la provincia de Huanta- Ayacucho 2017”, menciona que la población de Luricocha utiliza agua entubada que no está siendo clorada periódicamente para consumo humano y que el 91,7% de muestras de aguas evaluadas no están cumpliendo con los LMP establecidos en el DS. 031–2010 S.A/DIGESA. Y de la misma manera investigaciones anteriores a nivel local e internacional señalan lo siguiente: Prado³⁵ (1987), en su investigación titulada “Cuantificación de enteroparásitos en aguas residuales afluente y efluente de la planta de tratamiento de agua residual Alameda Huanta 1987”, cuantificó especies de enteroparásitos mayores que los cuantificados en el presente trabajo de investigación, en los afluentes encontró 652,0 enteroparásitos/L y en efluentes 92,0 enteroparásitos por/L. Los resultados mayores de enteroparásitos indican que población del distrito de Huanta en a aquellos años tuvo un nivel de

educación muy baja en temas referentes a educación sanitaria, de igual manera los enteroparásitos cuantificados en efluentes del PTAR mencionado en líneas arriba son mayores en comparación con los resultados obtenidos en la presente investigación, son por razones que la operación de aguas residuales de la PTAR de Alameda Baja fue ineficiente por descuido de las autoridades (EPS) y hoy en día no abátese el exceso del caudal de ingreso de aguas residuales todo esto por incremento de la población y otro es que la PTAR se encuentra dentro de la población, por estas razones fue clausurada, y fue remplazada por una nueva PTAR llamada “Puca Puca” construida en la parte baja de la ciudad y que en la actualidad está en operación. Así mismo encontró promedio de enteroparásitos casi cercanos a resultados obtenidos en la presente investigación, Villantoy¹¹ (2008), en su trabajo de investigación titulado “Capacidad de remoción de enteroparásitos en la planta de tratamiento de agua residual de Ichpico del distrito de Huanta 2008”. Empleando el método modificado de Bailenger, señala que el valor promedio de los enteroparásitos fueron: quistes de protozoarios 121,78/L y huevos de helmintos 258,63/L total (380,4 enteroparásitos/L); mencionando que según las evaluaciones hechas las aguas de efluente de la planta de tratamiento de agua residual de Ichpico no cumple con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua del anexo I categoría 3: riego de vegetales de tallo corto y largo; y para bebida de animales, normado en el Decreto supremo N° 015-2015 MINAM. Del mismo modo, Ortiz *et al*^β (2012), en su informe de la investigación titulado “Prevalencia de helmintos en la planta de tratamiento de aguas residuales del Municipio del Rosal Colombia 2012”, señalan que al menos se encontró un huevo viable de helminto/litro en el 90% de muestras evaluadas sin tratar y de igual manera el 90% de las aguas residuales tratadas fueron positivas para la presencia de huevos, encontrándose y que el 70% presentaba al menos un huevo viable. Todas las muestras de agua residual cruda que se vierten directamente a la quebrada fueron positivas a helmintos, Calabuig y Ansola⁶ (2011), en su trabajo titulado “Aplicación de humedales construidos en la reducción de patógenos y otros contaminantes en agua residual urbana y ganadera mediante un humedal construido de tipo mosaico jerarquizado de ecosistemas artificiales (MJEA®) a escala real en la Universidad de León España 2011”. Señalan que los géneros de huevos de helmintos encontrados durante los periodos de muestreo fueron: *Trichostrongylus*, *Coccidium* y *Trichuris* sp. observándose al menos un

huevo/10L siendo 0 huevo/L a la salida del humedal, Jacobo *et al*⁴ (2014), en su trabajo titulado “Monitoreo de huevo de helmintos en plantas de tratamiento de aguas residuales en la Comarca Lagunera México 2014”, indican que emplearon el método difásico de sedimentación/flotación basado en la técnica del examen coprológico de Bailenger metodología propuesta por la OMS; y muestran que la concentración de huevos es mayor en la PTAR 3 con una media de 45 h L⁻¹ en sus efluentes, esta posee un sistema de tratamiento de lagunas de oxidación que muestra una remoción incompleta de estos parásitos; estos datos, señalan los autores que, permiten indicar que el 100% de los sitios muestreados y a diferentes tiempos de evaluación se encuentran fuera de los parámetros establecidos por las Normas Mexicanas, y Hernández⁸ (2014), en su trabajo de investigación titulado “Calidad microbiológica de coliformes fecales (en aguas residuales, suelo y plantas) y helmintos en aguas residuales utilizadas para riego de cultivos forrajeros en Tulancingo, Hidalgo, México 2014”, menciona que evaluó 16 sitios de muestreo de aguas en los canales de riego, 11 de los 16 sitios de muestreo tuvieron helmintos, sugieren tratar las aguas residuales antes de su uso, para evitar problemas de salud entre los usuarios, Gallego *et al*⁷ (2011), en su trabajo titulado “Prevalencia de helmintos intestinales en aguas de consumo, y pozas subterráneas en la Comunidad 18 de mayo Municipio Francisco Linares Alcántara Venezuela 2011”, señalan que las infecciones parasitarias causadas por helmintos pueden adquirirse mediante el consumo de agua y alimentos contaminados con huevos fértiles o larvas infectantes, en tal sentido es importante verificar su presencia en el agua y supervisar las condiciones de integridad de la red de distribución hacia las viviendas. Así mismo Menocal y Caraballo⁹ (2014), en su informe titulado “Importancia de la vigilancia sanitaria de los parásitos en la calidad de agua según su uso, en La República de Cuba 2014” señalan que el agua contaminada puede transmitir infinidad de patógenos con comportamientos y resistencias diversas, los huevos de helmintos son el principal riesgo a la salud debido al uso seguro del agua residual o lodos en la agricultura, los quistes de los protozoarios como *Giardia sp.* y *Cryptosporidium sp.* son difíciles de eliminar del agua de consumo sin tratar, debido a su pequeño tamaño y resistencia a oxidantes usados comúnmente como el cloro. Aunque no se recomienda su monitoreo de rutina en el agua, sí es necesario realizar investigaciones para

detectar su presencia y establecer normativas propias adecuadas a nuestras condiciones.

Y los resultados obtenidos de enteroparásitos en promedio en las aguas efluentes de las PTARs: Puca Puca, Ichpico y Aycas, están fuera de los parámetros establecidos, y que están siendo vertidos a cuerpos naturales, puesto que estas aguas por la población cercana los utilizan para fines agrícolas; ya que el vertimiento de las aguas de las PTARs están incumpliendo las exigencias de las Autoridades Ambientales y de Salud sobre el cumplimiento los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el D.S N° 003 -2010-MINAM y Estándares Nacionales de calidad Ambiental del agua (ECA), establecido en el D.S N° 015 -2015-MINAM, en que se establece el nivel de concentración o el grado de elementos o sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componentes básicos de los sistemas acuáticos que no presente riesgo significativo para la salud de las poblaciones ni para el ambiente, contenidos en la Norma Categoría 3 donde menciona los parámetros para riego de vegetales de tallo corto : helmintos <1 huevo/L, para vegetales de tallo largo: < 1 huevos/L. y parámetros para bebida de animales: helmintos <1 huevo /L". Ver las Tablas 6 y 7.

En la tabla 10 y figura 8; se observan Valores de porcentaje de remoción por muestreo y promedios por muestreos total de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos en las aguas de las plantas de tratamiento de aguas residuales Puca Puca y Ichpico del distrito de Huanta y Aycas del distrito de Luricocha, noviembre de 2017 a marzo de 2018, donde los resultados fueron los siguientes: 98,4%; 95,2% y 78,1% de remoción de enteroparásitos para las PTARs Puca Puca, Ichpico y de Aycas, respectivamente. Para determinar el nivel de significancia de los valores de la capacidad de remoción de enteroparásitos en las tres PTARs evaluadas en cinco meses de muestreo se aplicó la prueba estadística de análisis de varianza de prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Se observó que la prueba estadística da un valor de $H: 5,58$ ($H > 0,05$) que indica que no existe diferencias estadísticamente significativas en los valores de las capacidades de remoción, con un nivel de confianza de 95%; este hallazgo nos da entender que la capacidad de remoción promedio de enteroparásitos de las PTARs tanto de Puca Puca, Ichpico del distrito de Huanta y de Aycas del distrito de Luricocha no difieren en cuanto a eficacia de remociones de

enteroparásitos, la remoción de enteroparásitos de las aguas de las PTARs de Puca Puca 98,4% y de Ichpico 95,2% son cercanos ya que estas plantas de tratamiento de aguas residuales tienen una mejor capacidad de remoción, porque estas plantas de tratamiento de aguas residuales están siendo evaluadas y monitoreadas por la Agencia SEDA Sucursal Huanta. Pero a diferencia de la PTAR de Aycas del distrito de Luricocha tiene una capacidad de remoción de enteroparásitos bajo con 78,1% es por razones que esta planta de tratamiento esta en situaciones críticas en infraestructura, operación, no cuenta con un técnico capacitado para que pueda mantener en una buena operación a dicha PTAR y que no hay compromiso por parte de la Municipalidad del distrito de Luricocha, las aguas residuales entra a la PTAR se almacena par de días y por necesidad tiene que ser vertidas al canal de regadillo, porque no abastece la capacidad del caudal de ingreso. A sí mismo en los siguientes investigaciones locales y regionales realizadas por los diferentes autores señalan que encontraron resultados similares en cuanto se refiere a la eficacia de remoción de enteroparásitos con lo obtenido en la presente trabajo de investigación y así tenemos a: Villantoy¹¹ (2008), en su informe de investigación titulado “Capacidad de remoción de enteroparásitos en la planta de tratamiento de agua residual de Ichpico del distrito de Huanta 2008”, donde realizó la prueba estadística para ver si hay nivel de significancia en el número de parásitos presentes en los diferentes puntos de muestreo, menciona que los resultados tienen un nivel de significancia alto, estadísticamente menciona 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 99,36% y para helmintos 99,56% y en promedio obtuvo una eficacia de remoción de (99,5% de remoción de enteroparásitos), Elme¹² (2008), en su trabajo de investigación titulado “Capacidad de remoción de enteroparásitos de la planta de tratamiento de agua residual “La Totorá” de la ciudad de Ayacucho 2008” indica que utilizó el método de Sedimentación formol – éter. en sus resultados señala que la capacidad de remoción promedio fue para protozoarios de 99,05% y de helmintos fue de 98,37% y en promedio obtuvo una eficacia de remoción de (98,8% de remoción de enteroparásitos), Prado³⁵ (1987), en su investigación titulado “Cuantificación de enteroparásitos y estudio de viabilidad de *Ascaris*

lumbricoides, en aguas residuales afluentes y efluentes de la PTAR de Alameda Huanta 1987”, señala que el porcentaje de remoción de los enteroparásitos fue para protozoarios en un 83,11% y helmintos un 76,8%. y en promedio obtuvo una eficacia de remoción de (80,0% de remoción de enteroparásitos), y así mismo Iannacone³⁶ (2002), en su trabajo para titulado “Determinación de las formas parasitarias intestinales en laguna facultativas de estabilización, en San Martín Lima Perú 2002”. Señala que 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. Y también en trabajo de investigación nacional; Peinador y Morillo³⁷ (1999), en su 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”, mencionan que la PTAR evaluada cuenta con una eficiencia de remoción del 100% en todos los sistemas lagunares, estos resultados concuerdan con los datos sobre parasitosis por enteropatógenos, obtenidos de los diferentes hospitales y clínicas de las zonas en estudio, de la misma manera este resultado son por razones que Costa Rica tiene una educación, sistema político y el nivel cultural superior en comparación de la nuestra.

Los resultados de la eficacia de remoción de enteroparásitos en las aguas de las PTARs del distrito de Huanta evaluadas en periodos de cinco meses nos indican que ninguna de las dos plantas de tratamiento de aguas residuales remueven eficientemente y de la misma manera la capacidad remoción de enteroparásitos de la PTAR de Aycas es muy baja con tan solo 78,1% esto debido a que la planta de tratamiento de agua residual está en abandono y que hay poca preocupación de parte de la Municipalidad del distrito de Luricocha, Por tanto, estas aguas tratadas ineficientemente no pueden ser utilizadas con fines de riego para la agricultura ni abono, como mencionan Ortiz *et al*³⁸ (2012) , en su informe de la investigación titulado “Prevalencia de helmintos en la planta de tratamiento de aguas residuales del Municipio del Rosal Colombia 2012”, el uso de aguas residuales tratadas ineficientemente y que son empleadas para riego de hortalizas y el uso de lodos como abono, representa un riesgo potencial para la salud pública. Los lodos solo pueden ser usados en actividades forestales,

siempre y cuando no estén en contacto con humanos, de la misma manera, Elme¹² (2008) y Villantoy¹¹ (2008), según sus resultados obtenidos en su investigación tal como menciona en líneas arriba concluyen que estas aguas efluentes no cumplen con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del agua categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, por tanto, no debe ser utilizado para la agricultura y en otros fines. En tal sentido las plantas de tratamiento de aguas residuales tanto de los distritos de Huanta y Luricocha tal como señala la tabla 10 y figura 8, detalla claramente que las PTARs de Puca Pucca, Ichpico y de Aycas cuentan con una remoción deficiente de 98,4%, 95,2% y 78,1% respectivamente y ninguna de las PTARs se aproximan a una remoción óptima de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos a excepción de la PTAR Puca Puca con una remoción de 98,4% que tiene una proximidad cercana a la óptima, y que según las exigencias de las normas ambientales, se estima que para riego de vegetales de tallo corto, tallo largo y para bebida de animales el agua debe tener <1 huevo/litro equivalente a 99,9999% de remoción. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua Categoría III (Parámetros Microbiológicos y parasitológicos para riego de vegetales y bebidas de animales D.S. N° 015-2015-MINAM), (ver la tabla 7). Es así que estas plantas de tratamiento de aguas residuales están en pésimas condiciones, con sobrecarga de caudal, infraestructuras precarias, y que necesitan la construcción de una nueva planta de tratamiento de aguas residuales cumpliendo según la Norma de edificación OS. 090 (Norma Técnica de Edificación para plantas de tratamiento de aguas residuales), a excepción una de las PTARs del distrito de Huanta "Puca Puca". De lo contrario no están cumpliendo con la normatividad de las leyes, Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos en su "Artículo 79°. Capítulos VI y VII, habla sobre vertimiento y rehúso de aguas residuales, donde señala que queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de aguas residuales sin previo tratamiento adecuado y sin la autorización alguna (ver las Figuras 5 y 6).

VI. CONCLUSIONES

1. Las PTARs de Puca Puca e Ichpico del distrito de Huanta y Aycas del distrito de Luricocha; tienen el 98,4%; 95,2% y 78,1% de capacidad de remociones de huevos, larvas y/o quistes de enteroparásitos, respectivamente.
2. Los géneros y/o especies de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos identificados en afluente de la PTAR Puca Puca fueron: *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Strongyloides stercoralis*, *Uncinarias*, *Giardia lamblia*, *Entamoeba coli*, *Hymenolepis nana*, y *Hymenolepis diminuta*; en la PTAR Ichpico: *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Strongyloides stercoralis*, *Uncinarias*, *Giardia lamblia*, *Hymenolepis nana*, y *Hymenolepis diminuta*; y, en la PTAR Aycas: *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Strongyloides stercoralis*, *Uncinarias*, *Giardia lamblia*, *Entamoeba coli*, y *Hymenolepis nana*.
3. Los géneros y/o especies de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos identificados en las aguas efluentes de las PTARs Puca Puca e Ichpico fueron *Ascaris lumbricoides* y en la PTAR Aycas: *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Strongyloides stercoralis*, y *Giardia lamblia*.
4. El número promedio de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos en aguas afluentes de las PTARs Puca Puca e Ichpico fueron: 334,1 enteroparásitos/L, 366,9 enteroparásitos/L respectivamente; y en la PTAR Aycas 411,1 enteroparásitos/L. El número promedio de enteroparásitos en las aguas efluentes de las PTARs Puca Puca e Ichpico fueron de 6,3 enteroparásitos/L, 15,9 enteroparásitos/L respectivamente; y en la PTAR Aycas 85,8 enteroparásitos/L.

VII. RECOMENDACIONES

- Llevar a cabo constante monitoreo durante el periodo del año en cuanto se refiere a análisis de parámetros microbiológicos de las muestras de aguas residuales tanto en afluentes y efluentes de las plantas de tratamientos, esto con fin de conocer periódicamente la capacidad de remoción de enteroparásitos y a si cumplir con los parámetros establecidas por las normas ambientales.
- A las autoridades responsables de la Agencia SEDA Ayacucho Sucursal-Huanta, se construya un laboratorio exclusivo y equipado para aguas residuales según la Norma OS. 090 (Norma Técnica de Edificación para Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales), así facilitar las evaluaciones y análisis de algunos parámetros de muestras de aguas residuales y se amplíe o se construya una nueva planta de tratamiento de aguas residuales.
- Realizar investigaciones similares en cuanto a la capacidad de remoción de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos en las diferentes etapas de tratamiento de las PTARs de Puca Puca, Aycas y Luricocha.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Monteagudo B. Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (Experto integrado de CIM) SUNASS, Magdalena del Mar, Lima septiembre 2015. Disponible en: <http://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/PTAR 2.pdf>
2. Tratamiento de las aguas residuales - SINIA. MINAM. gob. pe/ download /file /fid/39054.pdf.
3. 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.
4. Jacobo F. VGP. Monitoreo huevos de helmintos en planta de tratamiento de agua residual en la Comarca Lagunera. 2014.
5. 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.
6. 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.
7. Gallego J. *et al.* Presencia de helmintos intestinales en agua de consumo, comunidad 18 de mayo, municipio Linares Alcantara, estado Aragua, Venezuela, 2011. MedULA 21. 2012;87–92.
8. Hernández E, Quiñones E, Cristóbal D, y Rubiños J. Calidad biológica de las aguas residuales utilizadas para riego de cultivos forrajeros en Tulancingo, Hidalgo, México Edo. de México, México. 2014.
9. 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.
10. Polo G. Determinación de enteroparásitos en lechuga (*Lactuca sativa*) en las fincas dedicadas a su producción en el Municipio San Juan de Pasto - Nariño. Republica de Colombia. 2014; 66 (7).
11. 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.
12. Elme W. Remoción de enteroparásitos en la planta de tratamiento de aguas residuales "La Totorá" [Tesis para obtener título profesional de biólogo]. Ayacucho Tesis Biblioteca - UNSCH. 2008.
13. OEFA. Fiscalización ambiental en aguas residuales. 2014;42. Available from: http://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827.
14. Residual A. Naturaleza de agua residual doméstica. 2002; Available from: file:///E:/VII/Proceso Unitario y Tratamiento/articulo/1_135_183_88_1242.pdf
15. Unidad de Propedeutica. Glosario de Conceptos Bioética. Prim Año Med. 2012.
16. Sorrequieta A. "Aguas Residuales: Reuso y Tratamiento . Lagunas de estabilización : una opción para Latinoamérica". 2004; 23, 24.
17. Alianza por el Agua. Manual de depuración de aguas residuales urbanas. Centa, Secr Alianza por el agua, Ecol y Desarro [Internet]. 2008;264. Available from: <http://alianzaporelagua.org/documentos/Monografico3.pdf>.
18. Ortíz VM. Programa educativo para la promoción y prevención de las enteroparasitosis, dirigido a las manipuladoras de alimentos de la ciudad de la Paz, gestión 2004.
19. Acuña AM. Parasitosis intestinales en el adulto. [Revista en internet].

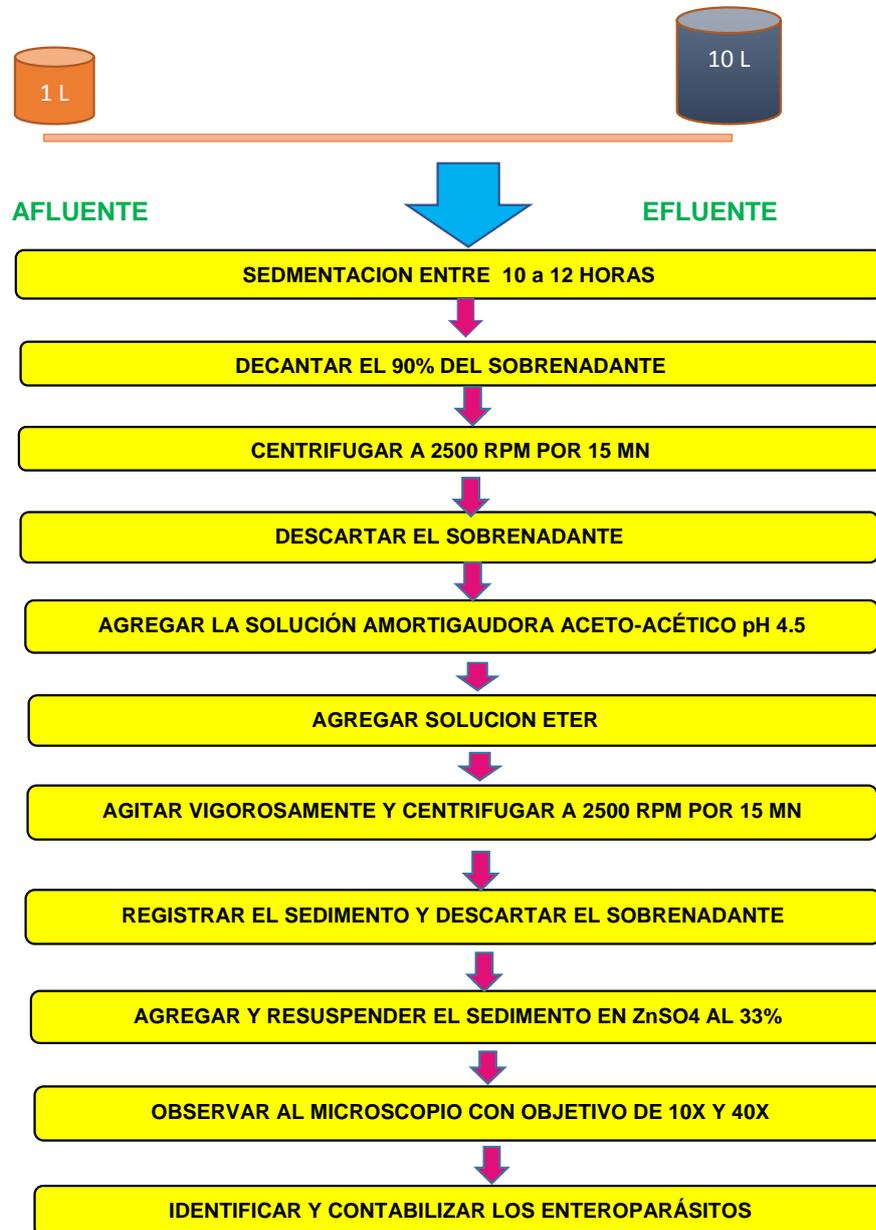
- Facultad de Medicina. Montevideo Uruguay. Disponible en:
<https://docplayer.es/24980417-Parasitosis-intestinales-en-el-adulto-facultad-de-medicina-instituto-de-higiene.html>.
20. Grupo parásitos. Identificación de parásitos intestinales. Ciencia de la Salud. Universidad Nacional de Autónoma de México. Disponible en:
https://feriadelasciencias.unam.mx/antiores/feria20/feria014_01_identificación_de_parasitos_intestinales.pdf.
 21. Ayacucho. EPSASA S.A Ayacucho Plan Maestro Optimizado 2015 - 2044. 2015.
 22. Autoridad Nacional del Agua Ministerio de Agricultura. Ing. Amarildo Fernandes Estela. Disponible:
http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/356/mod_page/content/128/Peru%20INFORME%20DE%20PAIS.pdf.
 23. Normas Legales Limites Máximos Permisibles (LMP) Para los afluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales. DS N° 003-2010-MINAM Ministerio del Ambiente. Disponible en:
http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_003-2010-minam.pdf.
 24. Decreto Supremo N° 015-2015 - MINAM. Autoridad Nacional del Agua. Normas Legales, sabado 19 de diciembre de 2015/ el Peruano. Disponible en:
<http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/ds-ndeg-015-2015-MINAN.pdf>.
 25. Vertimiento de Aguas Residuales Tratadas - Autoridad Nacional del Agua Reglamento de la Ley Recursos Hidricos DS No. 001- 2010-AG. Maria Luiza Zapata Torres marzo 2011. Disponible en:
http://www.ana.gob.pe/media/361419/2%20autorizaci%C3%B3n_vertimiento%20y%20reuso_mlzt.pdf.
 26. Manual de Memoria descriptiva de la la infraestructura de SEDA Ayacucho Sucursal Huanta. Área de Gerencia - SEDA Ayacucho Sucursal Huanta 2017.
 27. Suarez P. Curso de Metodología de Investigación Unidad docente de MF y C. La Fresneda Australia. 2011.
 28. Arias F. El proyecto de investigación "Guia para la elaboración de proyectos" 3ra Edición. Epistome, Caracas 1999.
 29. Ayres R, y Mara D. Análisis de aguas residuales para su uso en agricultura. Organización Mundial de la Salud. Ginebra 1997.
 30. Atias A. Parasitología Médica. cuarta edición. Editores republicación- Téicas Mediterraneo Ltda. Santiago Chile. 2004.
 31. Botero M. Parasitosis Humanas. Tercera ed. Medellin Clombia: Corporación para investigaciones Biológicas; 1998.
 32. Becerril MA. Parasitología Médica. Tercera Edición, México: Mc.Graw. Hill; 2011.
 33. 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.
 34. 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.
 35. Prado E. Cuantificación de enteroparásitos y estudio de viabilidad de Ascaris lumbricoides en aguas residuales de la planta de tratamiento "La Alameda" Huanta. [Tesis para obtener título profesional de biólogo] Tesis Biblioteca-

UNSCH. 1987.

36. IANNACONE J. Remoción de formas parasitarias intestinales en una laguna facultativa de estabilización en Lima, Perú. Rev. Bras Zool. 2002; 19(4): 1033–41.
37. 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. Metodología de Bailenger modificado para la identificación y cuantificación de huevos, quistes y larvas de enteroparásitos en aguas afluentes y efluentes de las PTARs de los distritos de Huanta y Luricocha, noviembre de 2017 a marzo de 2018.



Anexo 2. Tesista (en la izquierda), con el asesor (a la derecha) y gerente de SEDA Ayacucho Sucursal Huanta, en la planta de tratamiento de agua residual Ichpico de la provincia de Huanta – Ayacucho 2018.



Anexo 3. Huevos de enteroparásitos identificadas las aguas afluentes y efluentes en observaciones microscópicas a objetivo de 40x, encontradas en las PTARs de los distritos de Huanta y Luricocha, noviembre de 2017 a marzo de 2018.



Huevo de *Hymenolepis nana* con ob. 40 x.



Huevo de *Hymenolepis diminuta* con ob. 40 x



Huevo de *Ascaris lumbricoides* con ob. 40 x.



Huevo de *Trichuris trichiura* con ob. 40 x



Huevo de *Uncinaria* con ob. 40 x

Anexo 4. Quistes y larva de enteroparásitos identificadas las aguas afluentes y efluentes en observaciones microscópicas a objetivo de 40x, encontradas en las PTARs de los distritos de Huanta y Luricocha, noviembre de 2017 a marzo de 2018.



Quiste de *Giardia lamblia* ob. 40x



Quiste de *Entamoeba coli* ob. 40x



Larva rabbitiforme de *Strongyloides stercoralis* con ob. 40x

Anexo 5. Reactivos empleados en el presente trabajo de investigación (Tampón Aceto acético 1L, solución Éter 1L, Sulfato de zinc al 33% de 1L), noviembre de 2017 a marzo de 2018.



Anexo 6. Tesista realizando muestreos de agua residual en afluente y efluente en la PTAR Puca Puca del distrito de Huanta, noviembre de 2017 a marzo de 2018.



Punto de muestreo afluente PTAR Puca Puca del distrito de Huanta



Punto de muestreo efluente PTAR Puca Puca del distrito de Huanta

Anexo 7. Tesista realizando muestreos de agua residual en afluente y efluente en la PTAR Ichpico del distrito de Huanta, noviembre de 2017 a marzo de 2018.



Punto de muestreo afluente PTAR Ichpico del distrito de Huanta



Punto de muestreo efluente PTAR Ichpico del distrito de Huanta

Anexo 8. Tesista realizando muestreos de agua residual en afluyente y efluente en la PTAR Aycas del distrito de Luricocha, noviembre de 2017 a marzo de 2018.



Punto de muestreo afluyente PTAR Aycas del distrito de Luricocha



Punto de muestreo efluente PTAR Aycas del distrito de Luricocha

Anexo 9. Tesista procesando muestras (filtración del sobrenadante de aguas residuales de afluentes y efluentes de las PTARs de los distritos de Huanta y Luricocha), en laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, noviembre de 2017 a marzo de 2018.



Anexo 10. Muestreador de plástico de boca ancha con capacidad de dos litros para la toma de muestras de aguas residuales empleados en el presente trabajo de investigación, noviembre de 2017 a marzo de 2018.



Anexo 11. Instituciones vinculadas en la gestión de las descargas y rehúso de las aguas residuales en el Perú, según criterios de alcance e intervención.

Institución/Orgánica	Depend.	Alcance	Función	Responsabilid.	Actor
Minist. del Ambiente	OEFA	Transectorial	1,2,3,4	Aut. Ambiental	
Minist. de Agricultura	ANA	Transectorial	1,2,3,4,5	ANA	
	DGAAA	sectorial		Aut. Sectorial	
Ministerio de Salud	DIGESA	Transectorial	1,2,3,4,5	Aut. de Salud	
	DGM		1,3		Estado
Ministerio de Energía y Minas.	DGAAM	sectorial	1,3	Aut. Sectorial	
	DGH		1,3		
	DGAAI	sectorial	1,2,3		
Minist. de Producción	DGAAP		1,2,3	Aut. Sectorial	
Congreso de la República	---			Poder Legislativo	
		Transectorial	1,4,5		
Gobierno Local	---		1,2,3		
Gobierno Regional	---		1,2,3	Participación	Socie.
Sociedad Civil	---	---	---	Ciudadana	Civil
ONGs	---		---		
Def. del Pueblo	---	Transectorial	---	Fiscalizador	----
Inver. Mineras	---		---		Invers.
Inver. Industriales	---	---	---	-----	Privada
Cooperación Técnica y/o Fin. Internacional	---		---	Cooperante Donador	----

LEYENDA:

1: Normativa, 2: Vigilancia, 3: Control, 4: Fiscalización y 5: Sancionador

DIGESA: Dirección General de Salud Ambiental.

ANA: Autoridad Nacional del Agua.

DGAAM: Dirección General de Asuntos Ambientales Agricultura.

DGM: Dirección General de Minería.

DGAAM: Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros.

DGH: Dirección General de Hidrocarburos.

DNA – Industria: Dirección Nacional Ambiental de Industria.

DINAMA – Pesquería: Dirección Nacional Ambiental de Pesquería.

MINAM: Ministerio del Ambiente – VM: Vice Ministerio.

DICAPI: Dirección de Capitanías y Puertos ²²

Anexo 12. Resultados de análisis de varianza Prueba no paramétrica Kruskal-Wallis para ver las diferencias estadísticas en remociones de enteroparásitos en las aguas de las PTARs de los distritos de Huanta y Luricocha, noviembre de 2017 a marzo de 2018.

Prueba de Kruskal-Wallis: Remoción vs. Grupo								
R	PROMEDIO DE REMOCIONES		R	PROMEDIO DE REMOCIONES		R	PROMEDIO DE REMOCIONES	
3		51,6	1		100	2		100
3		52,9	1		100	2		100
3		57,7	1		100	2		100
3		69,7	1		100	2		100
3		73,7	1		100	2		100
2		73,8	1		100	2		100
3		75,7	1		100	3		100
2		78,6	1		100	3		100
1		84,1	2		100	3		100
1		100	2		100	3		100

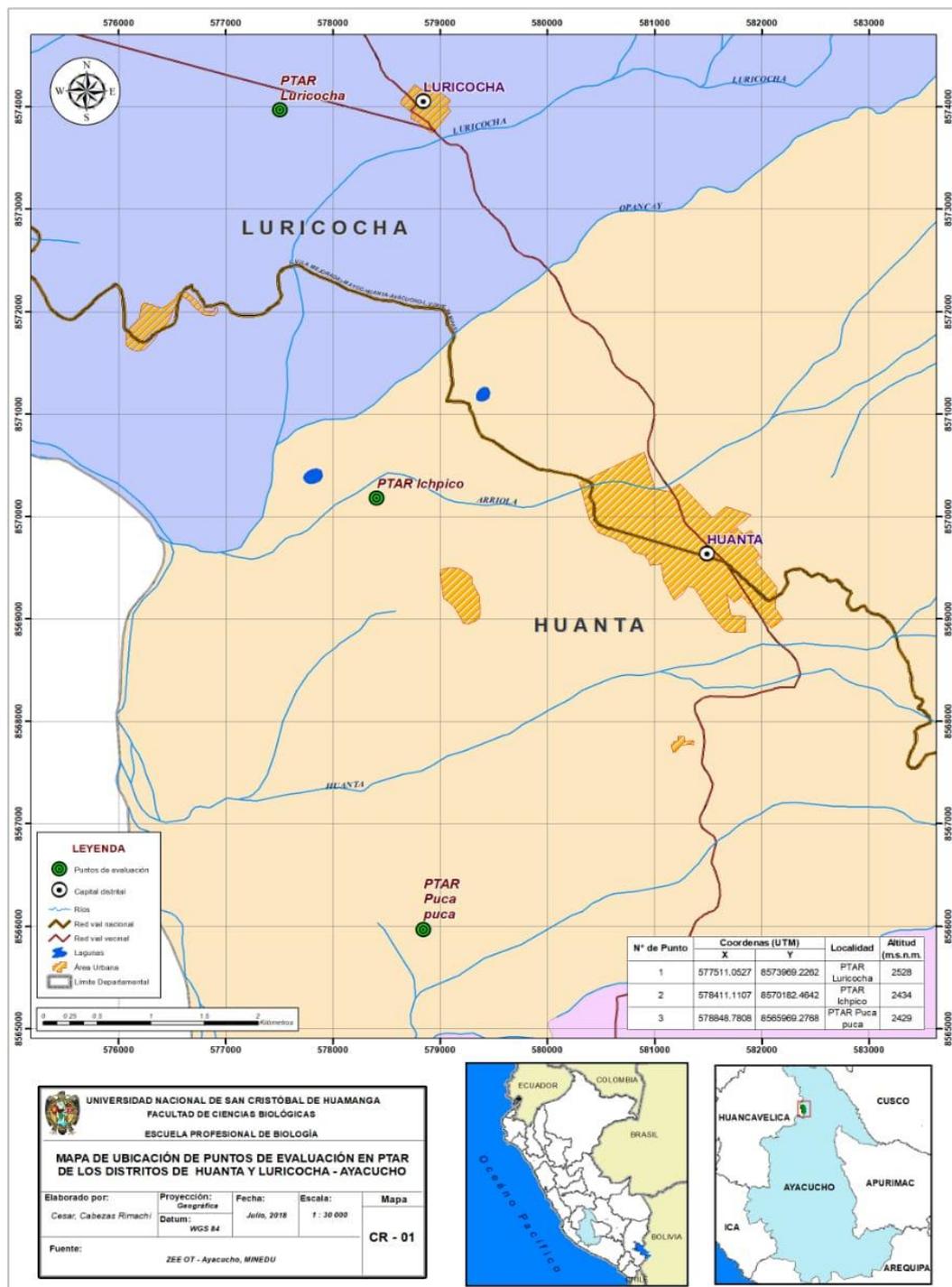
PRUEBA MINITAB 17					CLASIFICACIÓN	
GRUPO	N	MEDIANA	DEL PROMEDIO	Z	H	
1	10	100,00	18,9	1,50	H = 5,58	
2	10	100,00	17,4	0,84	H = 8,49	
3	10	74,70	10,2	-2,33	GL = 2	
GENERAL	30		15,5		GL = 2	
					P = 0,061	
					P = 0014	

COMPROBACIÓN						
REPETICIONES	REM. PTAR 1	RANGO	REM. PTAR 2	RANGO	REM. PTAR 3	RANGO
1	100	20	100	20	100	20
2	100	20	100	20	73,7	5
3	100	20	73,8	6	57,7	3
4	100	20	100	20	69,7	4
5	100	20	100	20	52,9	2
6	100	9	100	20	100	20
7	100	20	78,6	8	51,6	1
8	84,1	20	100	20	100	20
9	100	20	100	20	100	20
10	100	20	100	20	75,7	7
SUMA DE RANGOS		R1= 189		R2 = 174		R3 = 102

RESULTADOS	
<p>FÓRMULA</p> $H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} - 3(n+1)$ $H = \frac{12}{30(31)} \left(\frac{(189)^2}{10} + \frac{(174)^2}{10} + \frac{(102)^2}{10} \right) - 3(31)$ <p>H = 5.6605, Es H calculado</p>	<p>GL = 30 - 1 GL = 29 $\alpha = 0,05$ n. c = 0,95%</p> <p>Xt² = 42,557, es valor de tabla o crítico</p>

Conclusión: Se afirma que no existe diferencias estadísticamente significativas en las remociones, con un nivel de confianza de 95% este hallazgo nos da entender que la capacidad de remoción de enteroparásitos de los tres Plantas de tratamiento de aguas residuales de los distritos de Huanta y Luricocha no difieren

Anexo 13. Mapa de ubicación de zonas establecidas para el estudio de las PTARs de Puca Puca, Ichpico del distrito de Huanta y Aycas del distrito de Luricocha, noviembre de 2017 a marzo de 2018.



Anexo 14. Matriz de consistencia

TÍTULO	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	PROBLEMA	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
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.	<p>GENERAL Evaluar la capacidad de remoción de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos en las aguas de las plantas de tratamiento de aguas residuales en los distritos de Huanta y Luricocha durante los meses de noviembre 2017 a marzo 2018.</p> <p>ESPECÍFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar los géneros y/o especies de huevos, larvas y quistes de enteroparásitos presentes en las aguas afluentes y efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales de los distritos de Huanta y Luricocha durante los meses de noviembre de 2017 a marzo de 2018 • Cuantificar la presencia de enteroparásitos en las aguas afluentes y efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales de los distritos de Huanta y Luricocha durante los meses de noviembre de 2017 a marzo de 2018. 	<p>Antecedentes: Internacionales Locales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fundamento teórico. • Agua residual. • Características, físicas, químicas y biológicas de aguas residuales. • Planta de tratamiento de aguas residuales. • Enteroparásitos • Descripción de las PTAR de los distritos de Huanta y Luricocha. • Marco legal para vertimiento y rehúso de aguas residuales. 	<p>PROBLEMA PRINCIPAL ¿Cuál es la capacidad de remoción de huevos, larvas y quistes enteroparásitos en las aguas de las plantas de tratamiento de aguas residuales de los distritos de Huanta y Luricocha, Ayacucho 2017?</p>	<p>a). Remoción de huevos, larvas y quistes de los enteroparásitos en las plantas de tratamiento de aguas residuales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de remoción de enteroparásitos. <p>b). Presencia de enteroparásitos Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Número de huevos de helmintos /L. en agua residual. • Número Quistes de protozoarios/L en agua residual. • Número de larvas de helmintos/L. en agua residual. 	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN Básica NIVEL DE INVESTIGACIÓN Descriptiva DISEÑO: Descriptiva MUESTREO: Unidad de análisis: Aguas residuales. TÉCNICA: Identificación y cuantificación de enteroparásitos Método modificado de Bailenger INSTRUMENTOS Y MATERIALES. Un paquete de guantes, mascarillas Cuatro recipientes limpios de 8 litros y cuatro recipientes de 1 litro para muestras de aguas residuales. Un muestreador de boca ancha. Reactivos: Éter. ½ L, Sulfato de zinc ½ L, aceto- acético. ½ L. Un ciento Láminas, laminillas, 10 tubos de ensayo, manguerilla, dos jeringas. Equipos: Microscopio y centrífuga, cámara fotográfica.</p>