

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**Enteroparásitos en aguas de consumo humano de  
los centros poblados de Huaschura y Ranca -  
distrito de Ayacucho 2018**

**Tesis para optar el título profesional de  
Bióloga, Especialidad: Microbiología**

**Presentado por:**

**Bach. Greta Peceros Sulca**

**Asesor:**

**Dr. Jose Alarcon Guerrero**

**Ayacucho - Perú**

**2024**

A mi adoración y fortaleza, mi hija Isabel, mi impulso para progresar y culminar con éxito esta investigación, a mis familiares (mi madre y mi hermano) que me apoyaron incondicionalmente y a los que siempre tengo en mi mente, mi abuelita Victoria (ejemplo de fortaleza) y amigos Miguel, Joyce y Jhon Smith (Q.E.P.D.).

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más sincero agradecimiento a los trabajadores de mi alma mater UNSCH, especialmente a los administrativos y buenos docentes de la Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Biología, por haber compartido conmigo sus conocimientos, al profesor Blgo. Elbert Hermosa Valdivia, Q.E.P.D., por guiarme siempre como un padre, al profesor Dr. José Alarcón Guerrero por su asesoramiento que junto a mis jurados Dr. Saúl Alonso Chuchón Martínez y Dra. Rosa Guevara Montero me apoyó incondicionalmente en el desarrollo del trabajo de investigación, sin ellos no hubiera sido posible lograr este objetivo.

A mis asesores externos: Blga. Marisol Llamocca Machuca y Blgo. Vladimir Ilich Tinco Bautista, Laboratorio de Salud Ambiental de la Unidad Ejecutora 406 Red Salud Huamanga, Blgo. Hugo Infanzón Escobar del Laboratorio Salud Ambiental, Dirección Regional de Salud Ayacucho y Mg. Reynán Cóndor Alarcón, docente de la UNSCH EFPB.

## 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. Marco conceptual	10
2.2.1. Agua cruda	10
2.2.2. Agua tratada	10
2.2.3. Agua de consumo humano	10
2.2.4. Agua potable	10
2.2.5. Agua entubada	10
2.2.6. Enteroparásitos	10
2.2.7. Cloración	11
2.2.8. Cloro residual libre	11
2.2.9. Límite máximo permisible	11
2.2.10. Sistema de tratamiento de agua	11
2.2.11. Turbidez del agua	11
2.3. Fundamento teórico	11
2.3.1. Contaminación del agua	11
2.3.2. Fuentes de contaminación del agua	12
2.3.3. Principales contaminantes del agua	12
2.3.4. Contaminación del agua con agentes patógenos	13
2.3.5. Descripción general de los principales enteroparásitos presentes en agua de consumo humano	14
2.3.6. Potabilización del agua en zonas rurales	24
2.4. Marco legal	26
2.4.1. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM	26
2.4.2. Decreto Supremo N° 031-2010-SA Reglamento de la Calidad del Agua	

para Consumo Humano	26
III. MATERIALES Y METODOS	29
3.1. Ubicación del lugar de estudio	29
3.1.1. Huascahura	29
3.1.2. Ranca	29
3.2. Población y muestra	30
3.2.1. Puntos de muestreo	30
3.2.2. Muestreo	31
3.3. Medición de cloro residual	31
3.4. Almacenamiento y transporte de muestras	32
3.5. Medición de la turbidez	32
3.6. Análisis parasitológico de muestras de agua	32
3.7. Análisis de datos	33
IV. RESULTADOS	35
V. DISCUSIÓN	41
VI. CONCLUSIONES	47
VII. RECOMENDACIONES	49
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXOS	55

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos para agua de consumo humano.	27
Tabla 2. Límites Máximos Permisibles de parámetros de calidad organoléptica para agua de consumo humano.	28
Tabla 3. Límites Máximos Permisibles de parámetros químicos inorgánicos para agua de consumo humano.	28
Tabla 4. Presencia/ausencia de formas parasitarias y organismos de vida libre en 20 litros de muestra de agua de consumo humano de las localidades de Huascahura y Ranca. Ayacucho - 2018.	37
Tabla 5. Valores de cloro residual y turbidez en muestras de agua de consumo humano de las localidades de Huascahura y Ranca. Ayacucho-2018.	38
Tabla 6. Resultados globales de presencia/ausencia de formas parasitarias y organismos de vida libre en 20 litros y valores promedios de cloro residual y turbidez en aguas de consumo humano de las localidades de Huascahura y Ranca. Ayacucho-2018.	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Porcentaje de muestras que superan los Límites Máximos Permisibles de turbidez, en aguas de consumo humano de las localidades de Huascahura y Ranca. Ayacucho – 2018.	39

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Ubicación geográfica de los centros poblados de Huascahura y Ranca en referencia a la ciudad de Ayacucho.	57
Anexo 2. Vista panorámica de la Posta de Salud de Ranca – Ayacucho – Huamanga - Ayacucho.	58
Anexo 3. Fotografía de grifo de agua de consumo humano ubicado en la Posta de Salud de Ranca.	59
Anexo 4. Muestra de agua de consumo humano tomada en grifo ubicada en la Posta de Salud de Ranca.	60
Anexo 5. Proceso de filtración de muestra de agua de consumo humano en ambientes de la Posta de Salud de Ranca.	61
Anexo 6. Fotografía de embudos de filtración con filtros de membrana luego del filtrado de 20 litros de agua de consumo humano, Puesto de Salud de Ranca.	62
Anexo 7. Proceso de filtración de agua de consumo humano en ambientes del Laboratorio de al Laboratorio de Sanidad Ambiental de la Red de Salud de Huamanga.	63
Anexo 8. Microfotografías (10X) de organismos de vida libre (microalgas) en filtrado de 20 litros de agua de consumo humano provenientes de las localidades de Huascahura y Ranca – Ayacucho, 2018.	64
Anexo 9. Microfotografía (40X) de organismos de vida libre (ameba) en filtrado de 20 litros de agua de consumo humano provenientes de las localidades de Huascahura y Ranca – Ayacucho, 2018.	65
Anexo 10. Organismos patógenos e indicadores de calidad contaminantes del agua de consumo humano.	66
Anexo 11. Matriz de consistencia.	67



## RESUMEN

La investigación se realizó con el objetivo general de: determinar la presencia de formas parasitarias y características fisicoquímicas de las aguas de consumo humano de los centros poblados de Huascahura y Ranca – Distrito de Ayacucho, 2018; y, como objetivos específicos: realizar el conteo de formas parasitarias en aguas de consumo humano muestreadas a nivel de grifos domiciliarios y piletas públicas de los centros poblados de Huascahura y Ranca; y, evaluar la concentración de cloro residual y el nivel de turbidez de las aguas de consumo humano muestreadas a nivel de grifos domiciliarios y piletas públicas de los centros poblados de Huascahura y Ranca. La población fue el agua de consumo humano de los centros poblados de Huascahura y Ranca; se obtuvieron 90 muestras de agua de consumo humano (grifos y piletas), de 20 litros c/u, los muestreos se realizaron entre junio a setiembre de 2018, cada 15 días por cada punto de muestreo. Los puntos de muestreo se ubicaron por conveniencia considerando las localidades más pobladas; así en Huascahura fueron: Huascahura Central, Huascahura Chico, Chocan, Ccanaypampa, Pillaccato, Huayaupuquio, Qoriwillca Chico y Qoriwillca Grande; y para el caso de Ranca: Centro, Huayllapata, Uraypampa, Chimpapuquio, Huayrapata, Accoylla y Acraybamba. En cada punto de muestreo además se procedió a medir el cloro residual mediante el método colorimétrico, con un comparador de marca LaMotte. Los frascos conteniendo las muestras destinadas a la medición de la turbidez fueron colocadas en un recipiente mayor, “cooler” (10°C). El “cooler” fue trasladado al Laboratorio de Salud Ambiental de la Red de Salud de Huamanga (LSA-RSH). Cuando la distancia y disponibilidad de logística lo permitieron, las muestras de agua contenidas en los baldes, fueron trasladadas inmediatamente a los ambientes del Puesto de Salud de Ranca; en caso contrario, las muestras obtenidas en recipientes de 5 L (4 frascos por punto), fueron trasladadas de inmediato, en condiciones ambientales, al LSA-RSH. La medición de la turbidez se realizó con un turbidímetro digital de la marca HACH. El análisis parasitológico de muestras de agua fue mediante la técnica de “Detección de protozoarios y helmintos parásitos en agua de consumo humano”, Código AG.PE.01. DIGESA (MINSA, 2014). Los resultados fueron: En el 100% (90) de muestras de agua de consumo humano analizadas, de las localidades de Huascahura y Ranca, no se han encontrado ninguna forma parasitaria (quistes o huevos); sin embargo, en la misma proporción (100% de muestras) se han detectado la presencia de organismos de vida libre; En el 100% de muestras de agua consumo humano analizadas, de las localidades de Huascahura y Ranca, no se ha reportado la existencia de cloro residual; el 74,44% de las muestras (67) mostraron una turbidez mayor a 5 UNT, el 22,22% con 5 UNT y solo el 3,34 % presentaron una turbidez menor a 5 UNT; el 100% (90) de las muestras de agua analizadas de consumo humano analizadas, de las localidades de Huascahura y Ranca, no cumplen con los LMP, establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano del MINSA, de algunos de los parámetros evaluados en al presente investigación; y, el 100% (90) de las muestras de agua analizadas de consumo humano analizadas, de las localidades de Huascahura y Ranca, no son aptas para consumo humano.

**Palabras clave:** Agua de consumo humano, enteroparásitos, cloro residual, turbidez.

## I. INTRODUCCIÓN

El suministro de agua es una necesidad esencial para la humanidad, como señala la ONU (citada por el INEI, 2018). De acuerdo con esta fuente, las personas necesitan un mínimo de 20 a 50 litros de agua potable limpia y segura diariamente para satisfacer sus necesidades de consumo, preparar alimentos y mantener la higiene personal. El acceso al agua limpia se considera un derecho fundamental y un paso crucial hacia la mejora del nivel de vida a nivel global. En este contexto, las comunidades con escasez de recursos hídricos suelen experimentar una situación económica precaria, lo que perpetúa un ciclo de pobreza (INEI, 2018).

La problemática relacionada con el agua va más allá de la escasez, ya que el 80% de las enfermedades infecciosas y parasitarias gastrointestinales a nivel mundial se atribuyen al consumo de agua contaminada y a condiciones higiénicas deficientes. La falta de acceso o el mal estado de los servicios sanitarios contribuyen significativamente a este problema de salud en los países en desarrollo. Según Huamuro et al. (2019), el agua y los alimentos contaminados son los principales vectores de transmisión de bacterias, virus y parásitos que habitan en el tracto intestinal y son excretados con las heces.

La distribución global de enteroparásitos muestra tasas de prevalencia elevadas, especialmente en áreas rurales donde las necesidades básicas no están adecuadamente cubiertas. La población infantil es la más afectada por las parasitosis intestinales, y estos problemas de salud se vinculan con la pobreza, la falta de saneamiento ambiental adecuado, condiciones precarias de vivienda, malos hábitos de higiene, escasez de agua potable, contaminación fecal del suelo y agua no apta para el consumo humano, así como la falta de educación (Solarte et al., 2006).

Una gran parte de las zonas rurales de la región Ayacucho, en la actualidad, cuentan con servicios de agua instaladas a nivel domiciliario o en piletas públicas,

sin embargo, los sistemas de purificación de sus fuentes no garantizan un servicio seguro, desconociendo, a ciencia cierta, la calidad de estas aguas, principalmente desde el punto de vista de la presencia de formas parasitarias; por las consideraciones indicadas, en el presente trabajo de investigación se trazaron los siguientes objetivos:

**Objetivo general**

Determinar la presencia de formas parasitarias y características fisicoquímicas de las aguas de consumo humano de los centros poblados de Huascahura y Ranca – Distrito de Ayacucho, 2018.

**Objetivos específicos**

1. Realizar el conteo de formas parasitarias en aguas de consumo humano muestreadas a nivel de grifos domiciliarios y piletas públicas de los centros poblados de Huascahura y Ranca.
2. Evaluar la concentración de cloro residual y el nivel de turbidez de las aguas de consumo humano muestreadas a nivel de grifos domiciliarios y piletas públicas de los centros poblados de Huascahura y Ranca.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

González et al. (2018) realizaron un estudio titulado "Aguas, suelos y hortalizas como fuente potencial de enteroparásitos en niños de la escuela Majara, Capira" en Panamá. Encontraron que, en la comunidad de Majara, los niños exhibieron una tasa de parasitismo del 63.4%, atribuida predominantemente a los protozoos en el 98.2%. Entre los parásitos prevalentes, *Blastocystis hominis* representó el 31%, mientras que *Giardia intestinalis* constituyó el 12,1%. El único helminto identificado en las muestras de heces de los niños fue *Necator americanus* al 1,7%. Las muestras ambientales del agua, el suelo y las verduras no revelaron protozoos similares a los encontrados en los niños de la comunidad. Sin embargo, destacaron la presencia de helmintos parásitos como *Taenia sp.*, *Ascaris sp.*, y *Strongyloides sp.* Las muestras de agua mostraron una positividad del 3,8% para las formas parasitarias, con *Coccidio spp.* ser prominente en 3,8%, lo que no representa una amenaza para los humanos. Las muestras de suelo exhibieron una tasa de positividad del 11,5%, con *Taenia sp.* al 3,8%. Las verduras mostraron una positividad del 39,5% para las formas parasitarias, con *Strongyloides sp.* siendo el más frecuente al 7,1% y *Ascaris sp.* al 3,6%. Aunque la calidad parasitológica del agua, el suelo y las verduras como posibles fuentes de contaminación por parásitos no impactó significativamente a la comunidad estudiantil de Majara ( $p = 0,4$ ), Este estudio demostró que las muestras ambientales pueden servir como posibles fuentes de contaminación por enteroparásitos. Aunque la calidad parasitológica del agua, el suelo y las verduras como posibles fuentes de contaminación parasitaria no afectó significativamente a la comunidad estudiantil de Majara ( $p=0,4$ ), este estudio demostró que las muestras ambientales pueden servir como fuentes potenciales de contaminación por enteroparásitos.

Pinzón-Rondón et al. (2019) realizaron un estudio científico titulado "Acceso a agua potable, protección ambiental y parasitismo intestinal infantil en El Codito. Bogotá, Colombia," donde destacan la asociación significativa entre la falta de acceso a los servicios de agua y alcantarillado y la prevalencia de parásitos intestinales en la población. El estudio subraya que la ausencia de acceso a agua potable y sistemas adecuados de eliminación de desechos predispone a las personas a adquirir parasitosis intestinal y sus enfermedades asociadas. La investigación identificó una correlación entre la prevalencia del parasitismo intestinal y la ausencia de acceso a los servicios de agua y alcantarillado. La tasa de prevalencia entre los niños de 6 a 7 meses fue del 38,9%, similar a los hallazgos de otros estudios realizados en barrios de Bogotá, Colombia. Las variables relacionadas con la presencia de parasitismo intestinal incluyeron la falta de acceso a los servicios de agua y alcantarillado, la inscripción en el régimen de salud subsidiado, la convivencia con animales, la residencia en alojamientos alquilados, etc., y tener una madre empleada en ocupaciones operativas. Dados los desafíos en la prestación de servicios básicos a individuos en comunidades dentro de asentamientos ilegales, atribuidos a numerosos factores sociopolíticos, se hace imperativo que todas las partes interesadas en el sistema de salud desarrollen políticas de salud pública adecuadas destinadas a prevenir los parásitos intestinales. Dados los desafíos en la prestación de servicios básicos a individuos en comunidades dentro de asentamientos ilegales, atribuidos a numerosos factores sociopolíticos, se hace imperativo que todas las partes interesadas en el sistema de salud desarrollen políticas de salud pública adecuadas destinadas a prevenir los parásitos intestinales.

Guillén et al. (2013) realizaron un estudio titulado "Presencia de protozoarios intestinales en agua de consumo en la comunidad 18 de mayo. Estado Aragua-Venezuela, 2011", donde recolectaron un total de 10 muestras de agua duplicadas de los hogares. Los hallazgos revelaron que el 90% (9/10) de las muestras dieron positivo para la presencia de protozoos intestinales. Entre éstos, el 88,9% exhibió poliparasitismo, siendo solo una muestra monoparasitizada por *G. intestinalis*. Los protozoos parasitarios adicionales identificados incluyeron *Endolimax nana*, *Entamoeba coli* y *Blastocystis sp.* Los investigadores notaron que ninguna de las muestras mostró evidencia de desinfección, ya que el cloro residual estaba ausente en total, registrándose a 0,0 ppm. Además, destacaron eso, de acuerdo con los estándares de calidad del agua para el agua potable descritos en el Boletín

Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 36,395 en 1998 por el Ministerio de Salud y Asistencia Social (MSAS), El artículo 10 estipula que el agua potable no debe contener agentes patógenos como virus, bacterias, hongos, protozoos o helmintos. Sin embargo, los resultados del estudio demostraron la presencia de parásitos, lo que indica que el agua analizada no es adecuada para el consumo. Además, la ausencia de cloro residual sugiere que el pozo no se somete a ningún tratamiento de cloración, enfatizando la necesidad de educar a los residentes de la comunidad sobre el tratamiento del agua para el consumo.

Olivas et al. (2013), en su estudio titulado "Contaminación fecal en agua potable del valle de Juárez", encontraron que el 50% de las 38 muestras de agua analizadas para la presencia de *Cryptosporidium parvum* (*C. parvum*) dieron positivo, mientras que el 44,73% fueron positivas para *Giardia lamblia* (*G. lamblia*). En las 13 localidades estudiadas, estos parásitos se detectaron en 12 de ellas durante varias ocasiones de muestreo, con la excepción de la comunidad LB, donde no se observó presencia. Esto indica que en el 92,3% de las localidades, existe un problema con *C. parvum* o *G. lamblia*. El estudio reveló un problema generalizado de estos parásitos en el agua doméstica durante todo el período muestreado dentro de la región bajo investigación. La presencia de estos patógenos varió de cero a 35 ooquistes, lo que significa que el grado de contaminación fecal no es constante. Las fuentes potenciales de contaminación podrían originarse por una higiene inadecuada en los tanques de agua (tinacos) y en los pozos de suministro de acuíferos en cada ciudad.

Ramo et al. (2017), en su artículo científico titulado "Presencia de *Cryptosporidium* y *Giardia* en agua potable cruda y tratada en el noreste de España," presente el primer estudio extenso sobre la aparición de oocistos de *Cryptosporidium* y quistes de *Giardia* en plantas de tratamiento de agua potable en los 20 municipios más poblados de Aragón, ubicados en el noreste de España. Se recolectaron muestras de agua de afluentes crudos y efluentes tratados en cada planta durante diferentes estaciones. Se detectaron oocistos de *Cryptosporidium* y quistes de *Giardia* en muestras del 55% y 70% de las plantas, respectivamente, con nueve plantas que dieron positivo y solo cuatro plantas que no mostraron presencia durante todo el período de estudio. Ambos parásitos se identificaron en aguas crudas durante todo el año, con menor ocurrencia en el otoño y un pico en invierno, exhibiendo una concentración promedio de  $67 \pm 38$  ooquistes por 100 L y  $125 \pm 241$  quistes por 100 L. La turbidez del agua cruda no mostró correlación con la presencia o

concentración de (oo)quistes, y la eficiencia de la eliminación de (oo)quistes no estaba relacionada con el método de tratamiento de agua. Se identificaron uno o ambos patógenos en el agua tratada de 7 de cada 11 plantas que emplean procesos de tratamiento convencionales (coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección), en comparación con 4 de cada 9 plantas sin uno de estos procesos antes de la cloración. Los protozoos se detectaron en agua tratada de plantas positivas a una concentración promedio de  $88 \pm 55$  ooquistes por 100 L y  $37 \pm 41$  quistes por 100 L, con la mayoría excluyendo el yoduro de propidio y por lo tanto considerado potencialmente viable. La ubicuidad de estos parásitos en las fuentes de agua potable y la ineficacia del tratamiento convencional del agua en su reducción/desactivación pueden plantear un grave problema de salud pública en esta área geográfica.

Gallego y col. (2014), en su informe de investigación titulado "Identificación de pares intestinales en agua de pozos profundos de cuatro municipios. Estado Aragua, Venezuela. 2011-2012", informó la presencia de parásitos intestinales en el 37.5% de las muestras procesadas (21 de 56 pozos muestreados), con variabilidad observada entre los municipios estudiados. Los protozoos fueron el grupo más frecuente en los cuatro municipios, constituyendo el 90% de los parásitos identificados. Los huevos de helminto solo se detectaron en el municipio de Francisco Linares Alcántara. Los protozoos identificados con mayor frecuencia pertenecían a géneros asociados con el tracto digestivo humano, como *Blastocystis sp.*, Encontrado en quince de los veintiún pozos positivos, y quistes de *Endolimax nana* en diez de los pozos estudiados. El género helmintos más común fue *Ascaris lumbricoides*, identificado en dos pozos. Además, la técnica de tinción de Kinyoun se empleó para detectar coccidios y microsporidios, con esporas de este último encontradas solo en una muestra de un pozo en el municipio Libertador.

Villacis (2012), en Ambato, Ecuador, realizó un estudio titulado "Influencia de la calidad de agua de consumo humano en la presencia de parasitosis intestinal en niños de 5 a 9 años de La Parroquia Cuchibamba-Ecuador, durante el período marzo – agosto 2012." Los hallazgos indicaron una alta incidencia de parasitosis intestinal en niños de 6 a 9 años, con un 40.5% exhibiendo poliparasitismo. En términos de género, los niños parasitados eran predominantemente hombres y se originaron en hogares donde las madres tenían bajos niveles de educación y un conocimiento limitado sobre la calidad del agua y su atención previa al consumo.

Los protozoos, particularmente *Entamoeba histolytica*, mostraron una mayor prevalencia, posiblemente debido a la viabilidad de sus quistes en el agua durante hasta 3 meses y su resistencia a las concentraciones de cloro comúnmente utilizadas en el tratamiento del agua. El análisis del agua reveló la presencia de este parásito en muestras del barrio de Pucarumí, donde el agua no se somete a procesos de tratamiento o purificación, explicando el mayor porcentaje de niños afectados en esta zona. El estudio determinó que la mayoría de los hogares encuestados carecían de un suministro constante de agua y tenían pocas fuentes alternativas, lo que llevó a las familias a almacenar agua sin observar medidas higiénicas o someterla a procesos de purificación. Este comportamiento surgió de un conocimiento materno inadecuado sobre el tratamiento del agua y las medidas preventivas para evitar la contaminación. Las muestras de agua del barrio de Pucarumí mostraron una contaminación significativa, superando los límites máximos tolerables, con niveles elevados de organismos parásitos y bacterias patógenas. Los problemas identificados en el sistema de suministro de agua incluyeron fugas y contaminación por desechos agrícolas y animales. Además, las fuentes de agua para el consumo en muchos hogares se ubicaron en sus patios o lugares más distantes, lo que plantea riesgos de contaminación durante el transporte o debido al cuidado inadecuado de los contenedores de almacenamiento. Otros factores de riesgo identificados que contribuyen a la parasitosis en los niños de la parroquia de Cuchibamba incluyeron hábitos insuficientes, ya que solo el 53% de agua hervida antes del consumo. Los malos hábitos de preparación de alimentos prevalecían, ya que 6 de cada 10 madres encuestadas simplemente enjuagaban frutas y verduras con agua no tratada. La falta de conciencia sanitaria entre estas familias reveló una pronunciada inclinación hacia las malas prácticas de higiene, ya que pocos hogares tenían jabón disponible para lavarse las manos cerca de su baño o letrina.

Pérez et al. (2008), en su estudio titulado "Detección de parásitos intestinales en agua y alimentos de Trujillo, Perú", informaron la identificación de parásitos, incluyendo *Blastocystis hominis*, *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium*, *Cyclospora cayetanensis*, *Entamoeba coli* y *Balantidium coli*, en muestras de agua de pozo, agua de zanja cerca de los hogares y zanjas de riego. Los investigadores evaluaron un volumen total de 10 litros por muestra, revelando concentraciones que van desde 0,10 a 0,60 quistes por litro de la muestra.

Huamuro et al. (2019), en su estudio titulado "Influencia de la calidad



microbiológica del consumo humano en la enteroparasitosis de los pobladores del sector Linderos Bajo – Jaén," realizado en la región de Cajamarca en Perú, concluyó que la prevalencia de enteroparasitosis entre los residentes de la aldea de Linderos Bajo en Jaén fue del 77,6%. Los enteroparásitos más comunes identificados fueron *Giardia lamblia*, que representa el 37,29%, y *Blastocystis hominis*, que representa el 35,59%. El estudio reveló que el 61.5% de las muestras cumplían con los estándares microbiológicos para consumo humano, mientras que el 38.46% se consideró inadecuado. El análisis mostró un total de 1,280 UFC / ml de mesófilos viables, junto con 920 NMP / 100 ml de coliformes totales, 11 NMP / 100 ml de coliformes fecales y sin parásitos. La investigación determinó que no hay influencia de la calidad microbiológica del agua potable humana en la enteroparasitosis en los residentes del área de Linderos Bajo – Jaén, ya que no se detectaron parásitos en las muestras de agua analizadas.

Ramírez-Béndezú (2003), en su investigación realizada en las aguas de consumo humano de los distritos de Kimbiri y Pichari en el Valle de Apurímac, examinando muestras en puntos de captura, reservas y domicilios, procesando un total de 46 muestras, identificando la presencia de larvas de nematodos en un 13%, huevos de *Trichuris trichiura* en un 4%, y huevos de Uncinarias en otro 4%. Estos hallazgos indican una calidad de agua deficiente según las normas y pautas estables para el agua destinada al consumo humano, ya que la presencia de calidad parásito se considera patógena, y el resultado esperado debería ser cero. La falta de control y supervisión comunitaria en el sistema de captación contribuye a la presencia de materia orgánica, que, combinada con la temperatura ambiental propicia, proporcionalidad nutritiva suficiente. Además, la fuente de agua proviene de ríos que no atraviesan un trato adecuado, a pesar de contar con sistemas operativos en algunos distritos. En contraste, las fuentes subterráneas presentan menores niveles de contaminación bacteriana y parasitológica, así como una carga orgánica reducida, lo que facilita un tratamiento más eficaz y garantizaría la obtención de agua de calidad.

Cruz (2006), en su investigación titulada "Calidad bacteriológica y parasitológica del agua de consumo humano, y su impacto en la morbilidad por enteropatógenos de mayor incidencia en los niños y niñas de centros educativos de educación primaria del distrito de Pichari, La Convención, Cusco-Valle del Río Apurímac, de marzo a julio del 2006", llega a la conclusión de que todas las muestras de agua de consumo humano en el distrito de Pichari no cumplen con las normas

microbiológicas de INDECOPI y los valores guía de la OMS. Los resultados revelan que el 100% de las muestras analizadas superaron los límites permisibles para Bacterias Mesófilas Heterótrofas Viables, con un rango de 698.000 a 13.000 UFC/ml; Coliformes Totales, en un rango de 545.000 a 10.000 UFC/100ml; Coliformes Fecales, en un rango de 553.000 a 10.000 UFC/100ml; y Enterococos, en un rango de 680.000 a 10.000 UFC/100ml. Estos resultados indican la ausencia de cualquier sistema de purificación de agua de consumo humano en el Distrito de Pichari. Asimismo, el 13% de las muestras presentadas larvas de nematodos, mientras que el 4% muestra la presencia de huevos de Uncinarias y *Trichuris trichiura* en otro 4%.

Olivera-Nuñez (2012), en su investigación sobre aguas de consumo humano en los reservorios, grifos domiciliarios y acequias muestreados en el distrito de Acos Vinchos, análisis un total de 138 muestras de agua. En relación con el cloro residual, los resultados revelaron valores nulos, indicando la ausencia de cloro residual en todas las muestras. Algunos reservorios presentan algas y una alta turbidez, lo que dificultaba la acción efectiva del cloro, ya que estas partículas consumen el cloro, impidiendo su capacidad de inhibir el crecimiento de organismos patógenos. La falta de clasificación adecuada en la mayoría de las localidades del distrito se atribuyó a diversos factores, como la falta de capacitación de la Junta Administradora de Servicio y Saneamiento (JASS) en la gestión y mantenimiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado, así como la insuficiencia de recursos económicos para la adquisición de cloro. La limpieza de los reservorios se realizaba trimestral o anualmente, y el tratamiento consiste en agregar pastillas de cloro por cada 100 litros de agua, con una concentración final objetivo de 0,2 a 0,5 ppm, aunque los análisis de cloro residual indicaron valores nulos. Además, muchos reservorios y redes de tuberías estaban deteriorados o malos, y en algunos casos, anulados. En gran parte de los sistemas en operación, la clonación era esporádica o inexistente, considerando el agua como simple enterada. En el 21% de las muestras de agua domiciliaria, la turbidez superó los 5 UNT, siguiendo especialmente alarmante el valor registrado de 18,4 UNT en la comunidad de Huayhuas. Esta turbidez elevada sugiere que el agua no es apta para el consumo humano, ya que podría estar contaminada. Se destacó que la OMS, a través del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), recomendación que el agua al momento de agregar el desinfectante (cloro) debe tener un promedio de turbidez de 1,0 UNT para

garantizar su eficacia en la eliminación de la carga microbiana. Las partículas que causan turbidez reducen la eficacia del proceso y protegen a los microorganismos del contacto directo con el desinfectante, lo que puede resultar en la formación de subproductos de desinfección perjudiciales para la salud del consumidor.0 UNT para garantizar su eficacia en la eliminación de la carga microbiana. Las partículas que causan turbidez reducen la eficacia del proceso y protegen a los microorganismos del contacto directo con el desinfectante, lo que puede resultar en la formación de subproductos de desinfección perjudiciales para la salud del consumidor.0 UNT para garantizar su eficacia en la eliminación de la carga microbiana. Las partículas que causan turbidez reducen la eficacia del proceso y protegen a los microorganismos del contacto directo con el desinfectante, lo que puede resultar en la formación de subproductos de desinfección perjudiciales para la salud del consumidor.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Agua cruda**

Se refiere a agua en su estado natural, obtenida para el suministro y que no ha pasado por procedimientos de tratamiento (MINSa, 2011).

### **2.2.2. Agua tratada**

Se considera agua tratada aquella que ha pasado por procedimientos físicos, químicos y/o biológicos con el fin de convertirla en un producto seguro para el consumo humano (MINSa, 2011).

### **2.2.3. Agua de consumo humano**

Se refiere al agua adecuada para el consumo humano y para cualquier uso doméstico regular, que incluye la higiene personal (MINSa, 2011).

### **2.2.4. Agua potable**

El agua potable, conocida también como agua para consumo humano, es el agua cuyas características químicas, físicas, bacteriológicas y organolépticas la hacen adecuada para el consumo humano (SUNASS, 2004).

### **2.2.5. Agua entubada**

Se trata del suministro de agua dirigido a una población o residencia a través de tuberías directamente desde una fuente natural como un manantial o río, pero no ha pasado por procesos de purificación, manteniendo su estado contaminado (CARE-PERÚ, 2001).

### **2.2.6. Enteroparásitos**

Enfermedades resultantes de la presencia de varios agentes de protozoos y

helminthos que atacan diversas secciones del sistema digestivo, con una relación variable con la capa intestinal, dando lugar a manifestaciones clínicas muy diversas. Estas conferencias se manifiestan en distintos contextos epidemiológicos y pueden tener un impacto significativo en el salud y la calidad de vida de las personas (Jurado, 2015).

#### **2.2.7. Cloración**

La desinfección del agua se lleva a cabo mediante la aplicación de cloro en forma de gas licuado o compuestos de cloro, como los hipocloritos (MINSa, 2011).

#### **2.2.8. Cloro residual libre**

La concentración de cloro en el agua, en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito, que debe permanecer en el agua destinada al consumo humano para resguardarla contra posibles contaminaciones microbiológicas después de la aplicación del proceso de clasificación como parte del tratamiento (MINSa, 2011)

#### **2.2.9. Límite máximo permisible**

Se refieren a los niveles máximos permitidos de los indicadores que representan la calidad del agua (MINSa, 2011).

#### **2.2.10. Sistema de tratamiento de agua**

Un conjunto compuesto por elementos hidráulicos, unidades de procesos físicos, químicos y biológicos, así como equipos electromecánicos y métodos de control, con el propósito de generar agua adecuada para el consumo humano (MINSa, 2011).

#### **2.2.11. Turbidez del agua**

Condición de la calidad del agua para consumo humano en la cual se verifica la existencia de partículas en suspensión que obstaculizan el libre paso de la luz (SUNASS, 2004).

### **2.3. Fundamento teórico**

#### **2.3.1. Contaminación del agua**

La contaminación hídrica se define como la acción de introducir algún material en el agua, alterando su calidad y composición química. Según Guadarrama et al. (2016), la Organización Mundial de la Salud establece que el agua está contaminada "cuando su composición se ha modificado de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso al que se le hubiera destinado en su estado natural". La contaminación del agua abarca cualquier cambio químico, físico o biológico que afecta negativamente la calidad del agua y tiene consecuencias perjudiciales para cualquier organismo que la consuma. El consumo de agua

contaminada a menudo resulta en problemas de salud para los seres humanos, como se detallará posteriormente. Además, la contaminación puede hacer que el agua sea inadecuada para usos específicos, como el baño, que podría causar daños en la piel, o el lavado de boca, que podría afectar los dientes debido a la presencia de agentes químicos en el agua (Guadarrama et al., 2016).

Por otro lado, Rojas (2015) destaca la importación del agua como fuente de salud y bienestar, siendo necesaria para llevar a cabo diversas actividades y constituyendo aproximadamente el 75% de nuestro organismo. A pesar de que el planeta está mayoritariamente cubierto por agua, solo un 1% de este recurso es apto para el consumo humano. Dada la creencia escasez de agua, es crucial tomar conciencia de la importancia de su cuidado.

### **2.3.2. Fuentes de contaminación del agua**

Fuentes puntuales se refiere a aquellas que liberan agentes contaminantes en lugares o localizaciones específicas, como la contaminación del agua probada de una refinería de petróleo que descarga sus aguas residuales (Aurora, 2015).

Por otro lado, fuentes difusas son aquellas que no pueden localizarse fácilmente; en otras palabras, afectan a las masas de agua desde diversas fuentes, etc., como las escorrentías de zonas agrícolas que se dirigen hacia los ríos. Este tipo de contaminación resulta difícil de controlar (Aurora, 2015).

### **2.3.3. Principales contaminantes del agua**

- Los agentes patógenos, que incluyen bacterias, virus y parásitos procedentes de desechos orgánicos, entran en contacto con el agua (Guadarrama et al., 2016).
- Los deseos que necesitan oxígeno, algunos de los cuales pueden ser descompuestos por bacterias que utilizan oxígeno para su biodegradación. La proliferación de estas bacterias en grandes poblaciones puede agotar el oxígeno del agua, resultando en la muerte de la vida acuática.
- Sustancias químicas inorgánicas como ácidos y compuestos de metales tóxicos envenenan el agua.
- Sustancias químicas orgánicas, como petróleo, plástico, plaguicidas y detergentes, representan una amenaza para la vida en el agua.
- Nutrientes vegetales pueden dar lugar al crecimiento excesivo de plantas acuáticas, las cuales, al morir y descomponerse, agotan el oxígeno del agua, provocando la muerte de diversas especies marinas.
- La principal fuente de contaminación proviene de sedimentos o materia

suspendida, que enturbia el agua.

- El aumento de la temperatura disminuye la cantidad de oxígeno en el agua, afectando la supervisión de los organismos acuáticos (Guadarrama et al., 2016).

#### **2.3.4. Contaminación del agua con agentes patógenos**

El agua potable, definida como "apropiada para el consumo humano y para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal", debe estar libre de microorganismos patógenos para prevenir posibles consecuencias adversas para la salud, y su control debe ser una prioridad constante (OMS, 2011).

La provisión oportuna y segura de agua potable constituye un esfuerzo constante para mejorar la salud pública y la calidad de vida de diversas comunidades. En muchos países en desarrollo, la insuficiencia o contaminación del agua resulta en graves problemas de salud para la mayoría de la población. Se estima que más de tres millones de niños menores de cinco años fallecen anualmente se debe a enfermedades diarreicas causadas por microorganismos transmitidos por el agua (Abarca y Mora, 2007).

En relación con los organismos transmitidos por el agua y utilizados como bioindicadores de la calidad del agua, se identifican diferentes grupos, como se muestra en el anexo 10 (Ríos et al., etc., 2016).

Entre los parásitos patógenos transmitidos por el agua, se destacan dos categorías principales: protozoos y helmintos.

Los protozoos, cuyas formas parasitarias incluyen quistes u ooquistes y trofozoítos, son en su mayoría retenidos durante el proceso de filtración en sistemas de tratamiento, aunque algunos demuestran resistencia a la clonación, como es el caso de los ooquistes. Estos organismos son responsables de enfermedades diarreicas en las especies que parasitan y, en ocasiones, actúan como agentes oportunistas causantes de enfermedades graves, incluido mortales, especialmente en niños, ancianos y personas inmunocomprometidas (Neira et al., 2007). Entre los protozoos patógenos más comúnmente encontrados en aguas contaminadas se encuentran *Giardia intestinalis*, *Entamoeba histolytica*, *Balantidium coli*, *Toxoplasma gondii*, *Blastocystis sp*, *Enterocytozoon beneusi*, *Encephalitozoon intestinalis*, *Cryptosporidium spp.* y algunas otras especies de coccidias como *Cystoisospora belli* y *Cyclospora cayetanensis* (Neira et al., 2007; Robertson et al., 2006).

Los ooquistes de *Cryptosporidium spp.*, que permanecen viables en el agua hasta

140 días, demuestran una notable resistencia a la mayoría de los desinfectantes comunes (Takagi et al., 2008 lo que dificulta mucho e incluso impide su destrucción por la cloración normal de las aguas. Se ha documentado que brotes de criptosporidiosis en diferentes partes del mundo han sido causados por la contaminación de aguas superficiales, subterráneas y recreativas con ooquistes de este parásito, siguiendo los brotes con mayor número de casos asociados a la contaminación del agua en plantas de tratamiento de grandes ciudades (Caccio, 2005; Baldursson y Karanis, 2011).

Los helmintos, organismos parásitos, exhiben una notable resistencia a variaciones en el pH, humedad y temperatura del entorno externo, lo que contribuye a su capacidad para provocar elevadas tasas de morbilidad cuando se consumen aguas contaminadas. Una de sus características destacadas es su dosis infecciosa mínima y la capacidad de los huevos de estos parásitos para resistir la profanación, manteniéndose viables durante extensos periodos en el ambiente externo (OMS, 2011). Establecer una especie de helminto como bioindicador ofrece ventajas notables debido a su resistencia, fácil identificación en laboratorio y prevalencia. Entre los helmintos patógenos transmitidos por el agua, se incluyen *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Paragonimus spp.*, *Schistosoma spp.*, *Necator americanus* y *Ancylostoma duodenale* (Arcos et al., 2005; Taylor et al., 2013; Karagiannis et al., 2010).

### **2.3.5. Descripción general de los principales enteroparásitos presentes en agua de consumo humano (Madrid et al., 2012)**

#### **a) *Entamoeba histolytica***

En su desarrollo presenta dos etapas.

En la etapa de trofozoíto, este organismo presenta un tamaño variable, oscilando entre 10 y 60 micrómetros, con un proyecto de 25  $\mu\text{m}$ . El trofozoíto emite pseudópodos digitiformes y con frecuencia se observa eritrocitos fagocitos en su citoplasma. Su núcleo es esférico, con cromatina adherida al lado interno de la membrana del núcleo en forma granulaciones finas, y en la parte central del núcleo de ubica el cariosoma.

En la etapa quística, la estructura esférica mide de 5 a 20 micrómetros de diámetro, como promedio de 12 micrómetros. Estas formas quísticas se forman en el colon, a nivel del lumen, pasando por estadios de prequiste con uno, dos y tres núcleos, contienen alimentos como elementos de reserva en el citoplasma, cromatina o barras cromatoidales y una vacuola conteniendo glucógeno. Al final,

el quiste maduro e infectante presenta cuatro núcleos (tetranucleado).

Referente a su ciclo vital, una vez en el ambiente, el quiste es capaz de sobrevivir a condiciones adversas por semanas o meses. Cuando ocurre la contaminación con heces humanas, los quistes se dispersan o propagan por el agua, alimentos, manos y utensilios, alcanzando así a la boca del siguiente hospedador. Después de ocurrida la ingestión, los quistes que resisten la acidez del estómago llegan al intestino delgado, donde la pared del quiste se rompe, así se liberan ocho trofozoítos. Los trofozoítos inician su multiplicación por fisión binaria y llegan al lumen del colon donde residen, principalmente en el rectosigmoides y el ciego, sobre la superficie de las glándulas de Lieberkühn o invaden la mucosa, de este modo causan lesiones de las superficies hasta úlceras extensas y profundas. Estas lesiones permiten a los trofozoítos alcanzar estructuras contiguas o incluido otros órganos a través de los vasos sanguíneos. Algunos trofozoítos se transforman nuevamente en quistes, siendo arrastrados conjuntamente con las heces por el tránsito intestinal.

**b) *Giardia lamblia*, *G. intestinalis*, *G. duodenalis***

En su ciclo se presenta es estadio de trofozoíto o quiste.

El trofozoíto es de forma piriforme vista de frente, con un tamaño de 20 x 15  $\mu\text{m}$ . Con simetría bilateral y se divide en dos mitades por un axostilo que viene a ser espesamiento del citoplasma, compuesto por microtúbulos proteicos, y actúa como un citoesqueleto axial a lo largo del cuerpo celular, de la célula emergen ocho (cuatro pares) de flagelos que proporcionan movilidad. En el extremo anterior de la célula, presenta dos núcleos prominentes y vesículas con un cariosoma nítidamente visible. Cuando es observada de perfil, tiene la forma de una "coma", con la parte dorsal convexa y la parte ventral cóncava que contiene la placa o disco suctor, que funciona a manera de una ventosa que le permite adherirse a la mucosa del intestino delgado, donde habita naturalmente. El trofozoíto se multiplica por división binaria longitudinal.

Referente al quiste, es ovoide con dimensiones de ocho x siete  $\mu\text{m}$ , con una doble membrana y es bastante refringente en observaciones al aire libre. En interior de su célula, se observan cuatro núcleos y un conjunto de filamentos que son restos flagelares y cuerpos parabasales.

Los quistes y los trofozoítos son eliminados a través de las deposiciones, pero los trofozoítos son lábiles y se destruyen fácilmente. Por otro lado, los quistes son resistentes y constituyen las formas observadas para su diagnóstico e infectantes.



En el ciclo de vida, por situaciones de contaminación por heces humanas, higiene personal deficiente o ausente (principalmente de los manipuladores de alimentos) y por participación de vectores mecánicos, los quistes llegan a contaminar aguas y alimentos, ingresando al hospedero susceptible por la boca. En seguida, los jugos del estómago y del intestino provocan el desenquistamiento. Los trofozoítos emergen y se adhieren a la mucosa del intestino delgado, se propagan y forman nuevos quistes, que se salen conjuntamente con las heces medianamente las deposiciones. Los quistes permanecen viables en suelos húmedos o agua durante varios meses, hasta que son ingeridos por un nuevo hospedador por vía oral, cerrando de este modo el ciclo.

**c) *Balantidium coli***

Se trata del protozoario ciliado más grande que logra parasitar al humano; se localiza en el intestino grueso. El cerdo es el hospedero natural, por lo tanto, la infección humana es accidental.

Este parásito, se presenta en dos estadíos: como trofozoíto y como quiste.

El trofozoíto de *Balantidium coli* tiene una forma ovoide o piriforme con dimensiones de 200 x 70  $\mu\text{m}$  y es observable a través de una lupa. De aspecto gris verdoso, con cuerpo recubierto con cilios. La parte anterior celular más aguda y con una hendidura que corresponde al citostoma, la parte posterior es ancha y redondeada, que muestra un pequeño orificio que corresponde al citopigio. Con un citoplasma granular, contiene vacuolas alimenticias y excretoras. En preparaciones coloreadas, se pueden observar la presencia de dos núcleos: un macronúcleo con forma ariñonada, y un micronúcleo más pequeño y redondeado. Se alimenta de restos celulares, bacterias y sustancias nutritivas presentes en su entorno, es decir en la mucosa intestinal. La multiplicación del trofozoíto ocurre mediante fisión binaria transversal, también realizan el proceso de conjugación.

El quiste de *Balantidium coli* tiene dimensiones de 100 x 35  $\mu\text{m}$ . La membrana quística encierra un trofozoíto con sus cilios. Este tiene la capacidad de sobrevivir en el medio ambiente durante períodos variables y representa la forma infectante para nuevos hospedadores.

En el ciclo de vida, tanto en cerdos como humanos (y otros animales como monos y ratas) se inicia con la infección al ingerir alimentos contaminados con quistes. En el intestino delgado, ocurre el desenquistamiento liberando al trofozoíto que se establece en el intestino grueso, puede ser a nivel del lumen intestinal o en ulceraciones en la mucosa provocadas por la infección. La parasitosis persiste en

el intestino debido a la propagación de los trofozoítos. Estos experimentan enquistamiento en la luz intestinal, que son excretados con las heces en las deposiciones y se vuelven inmediatamente infectantes.

**d) *Cryptosporidium sp.***

Ooquiste: estructura circular con un diámetro que oscila entre 4 y 6  $\mu\text{m}$ , contenido en su interior cuatro esporozoitos. Este elemento es expulsado inmediatamente como una forma infectante a través del proceso de depósito.

En el ciclo de vida, la infección en los humanos se produce al ingerir alimentos contaminados, principalmente agua, que contienen ooquistes. Los jugos gástricos y enzimas digestivas logran liberar los esporozoitos, que invaden las células epiteliales del intestino. Posteriormente, realizan dos ciclos de esquizogonia, seguido por la etapa sexuada de multiplicación, que conlleva a la formación de macro y microgametos, luego su posterior fusión y la formación del ooquiste. Este último madura *in situ*, es decir, se desarrolla dentro de un esporoquiste que contiene 4 esporozoitos. Se producen dos tipos de ooquistes maduros: aquellos de pared delgada con capacidad autoinfectante y otros de pared gruesa que son eliminados en el medio ambiente a través del proceso de deposición.

**e) *Ascaris lumbricoides***

El parásito presenta un cuerpo de forma cilíndrica, afiliado en sus extremos y de tonalidad rosada pálida. El nematodo hembra alcanza una longitud de 20 a 35 cm, mientras tanto el macho mide dentro del rango de 15 a 25 cm, estas longitudes son alcanzadas en infecciones con pocos parásitos, que les permite un crecimiento completo. En cambio, cuando hay la presencia de una gran cantidad de parásitos en el intestino, el tamaño es menor y manifiestan un color más pálido. En la parte anterior del cuerpo, más ahusado, se ubica la boca que presenta tres labios, que se proyecta hacia el esófago y, llega al intestino, que es tubular y recto. El extremo posterior del gusano es recto y romo, las hembras, a diferencia de los machos, se presentan ligeramente aplanadas en sentido dorsoventral.

La hebra posee órganos genitales dobles, y el sistema genital se abre al exterior mediante la vulva, está situada en la unión del tercio anterior con los dos tercios posteriores del cuerpo. Su capacidad de oviposición es alta, llegando a un depositar hasta 200,000 huevos diarios, los cuales pueden ser eliminados, con las heces, en condiciones fecundadas, decorticadas y no fecundadas.

Los huevos fecundados tienen una forma ovoide y una coloración parda, mide entre 45 y 75  $\mu\text{m}$  de largo por 35 a 50  $\mu\text{m}$  de ancho. Poseen una triple cubierta:

una gruesa capa externa de naturaleza albuminosa, le sigue una capa delgada de glucógeno y otra capa interna o vitelina de naturaleza lipídica. Internamente se encuentra el óvulo o cigoto. Los huevos no fecundados son más alargados y grandes que los fecundados, con mamelones engrosados e irregulares, miden de 80 a 90 x 40 a 45  $\mu\text{m}$ . Los huevos decorticados carecen de mamelones, lo cual suele ocurrir con los huevos fértiles.

En cuanto al ciclo de vida, la infección se inicia con el ingreso del huevo por vía digestiva, y las fuentes de contaminación pueden incluir la ingestión de hortalizas regadas con aguas servidas, consumo de agua no potable contaminada con huevos o alimentos expuestos a insectos (moscas) que son vectores mecánicos. Los huevos, en el duodeno, son atacados por enzimas digestivas que digieren la cubierta. Las larvas ya liberadas penetran la pared intestinal y alcanzan el hígado, por vía sanguínea, permaneciendo a ese nivel durante algunos días antes de dirigirse al corazón derecho y pulmones también por vía sanguínea, donde realizan dos mudas y crecen alcanzando un tamaño de uno a dos mm. De los pulmones, estas larvas, ascienden por el árbol respiratorio: algunas son eliminadas con la tos hacia el exterior, y otras son deglutidas, regresando al intestino delgado, donde se desarrollan y establecen como gusanos adultos. El paso de las larvas por el pulmón representa el Ciclo de Loos. Luego de una cuarta muda en el intestino, los gusanos llegan a la madurez sexual, ocurre la cópula y comienza la deposición de huevos. El período desde la ingestión de los huevos infectados hasta la eliminación de huevos en las heces (formas diagnosticadas) dura alrededor de dos a tres meses. Los adultos viven en el intestino, su hábitat definitivo, durante un período de uno a año y medio.

**f) *Trichuris trichiura***

La propiedad que diferencia a este parásito, del resto de los nematodos parásitos, radica en, que tanto el macho como la hembra presentan una parte anterior delgada media que se ancla a la mucosa del intestino grueso, especialmente en el ciego. Esta sección delgada constituye un poco más de la mitad de la longitud total del cuerpo, otorgándole la apariencia de un látigo o fusta, mientras que la parte posterior, es de mayor grosor, que se asemeja al mango del látigo. La sección delgada está ocupada por el esófago, y en los dos quintos posteriores del cuerpo del gusano se encuentran el intestino y los órganos reproductores. Las dimensiones son de 20 a 25 mm de largo en el macho y de 35 a 50 mm en la hembra. En el macho, el extremo posterior del cuerpo es romo y aplastado en

sentido dorsoventral, hembras que en la punta es derecho.

Cada hembra produce entre 3 000 y 10 000 huevos diarios. Estos huevos, miden de 45 a 50  $\mu\text{m}$  en su diámetro mayor, y tienen la forma de un barril o limón, presentan un color ámbar intenso. Con cubierta externa gruesa, con estructura doble y con una tonalidad amarilla, las hembras con una capa interna incolora. El huevo presenta dos protuberancias polares fácilmente distinguibles, similares a tapones, y la cavidad oval llena de una masa granulosa. Los huevos fertilizados no presentan segmentación al momento de la oviposición, el desarrollo embrionario se inicia fuera del cuerpo del hospedador.

En cuanto al ciclo de vida, el ser humano se infecta al ingerir el huevo larvado. La cubierta del huevo se destruye en el intestino delgado por acción de enzimas digestivas, y la larva liberada penetra en las criptas de la mucosa intestinal, donde se aloja por tres a diez días. Seguidamente se desprende y desciende gradualmente hacia el ciego, fijándose con su extremidad anterior en la mucosa intestinal, llegando al estado adulto en 30 a 45 días después de ingerido el huevo. En este caso no se lleva a cabo el ciclo de Loos.

El parásito adulto puede ubicarse en cualquier parte del intestino grueso. En infecciones intensas pueden encontrarse en el íleon. Se mantienen adheridos profundamente a la mucosa, y aunque se intentara desprenderlo manualmente resultaría en rompimiento por la parte delgada, sin embargo, esto no impide que el gusano pueda cambiar de ubicación. Sobrevive en estado adulto por tres años. El huevo fecundado evacuado con las heces en las deposiciones no es infectante y requiere condiciones apropiadas de humedad (esencial para su desarrollo) y temperatura (entre 25 y 30 °C) para iniciar el desarrollo embrionario. Las divisiones embrionarias iniciales tienen lugar dentro de las primeras 24 horas, la larva necesita aproximadamente de tres a cuatro semanas en un entorno favorable (suelo, humedad, temperatura y sombra) para completar el desarrollo. Los huevos son más sensibles que los de *Ascaris lumbricoides*.

#### **g) Uncinarias**

Estos nemátodos se distinguen por tener, en su estado adulto, la parte cefálica o frontal curvada hacia la parte dorsal, con cápsula bucal bastante desarrollada y, en los machos, se presenta una expansión cuticular en el extremo caudal o terminal llamada bolsa o campana copulatriz. Las especies que parasitan tanto a los seres humanos como a algunos animales domésticos presentan dientes o placas cortantes en la cápsula bucal. Los géneros que parasitan al ser humano

son *Ancylostoma* y *Necator*, con especies *Ancylostoma duodenale* y *Necator americanus*, respectivamente.

**h) *Ancylostoma duodenale* y *Necator americanus***

Estos nematodos comparten un ciclo biológico idéntico y presentan una morfología macroscópica similar. En su estado adulto, la hembra tiene un largo que varía entre 9 y 15 mm, mientras que el macho mide entre 7 a 10 mm. En la parte frontal de ambos sexos, se puede observar una cápsula bucal amplia con cuatro dientecillos; esta estructura bucal se continúa con un esófago muscular y bulboso, especializado para cumplir la función de succión. En el caso de los machos, presentan un extremo caudal distendida a manera de campana, donde finalizan el intestino y el aparato genital. Por otro lado, las hembras tienen un extremo caudal de forma conoide, con el intestino que desemboca en posición subterminal y el aparato genital termina en la vulva, ubicada en la unión de los dos tercios anteriores del cuerpo con el tercio posterior. Los huevos son ovoides, con un tamaño promedio de 60 x 40 micrómetros, con membrana exterior delgada y aspecto hialino, que contiene material protoplasmático en estado de segmentación formando de 4 a 8 blastómeros.

El ciclo de vida: las formas adultas viven en el intestino delgado, especialmente en el yeyuno, firmemente adheridas a la mucosa a través de la cápsula bucal, que se llena de mucosa intestinal aspirada por acción de la musculatura esofágica. Después de la cópula, la hembra deposita huevos que son transportadas al exterior con las deposiciones. Inicialmente estos huevos no son infectantes y requieren de buena temperatura, humedad, sombra y tiempo para desarrollar una larva en su interior. En seguida, una larva muy pequeña, llamada rabditoide o rabditiforme, es liberada al ambiente, donde en el suelo se nutre de materia orgánica. Ocurren varios cambios de cutícula, que origina una larva de segundo estado con mayor movilidad y longitud, al final, tras un último cambio de cutícula, se convierte en un organismo infectante denominada larva filariforme. La cápsula bucal se cierra por lo que no se alimenta y el esófago se modifica a un tubo uniforme. La larva filariforme se mueve muy activamente y puede permanecer infectante en el ambiente, en condiciones favorables, por 4 a 15 semanas o más. El ingreso de *Ancylostoma duodenale* ocurre a través de la piel (y mucosa faríngeo-esofágica) al penetrar las larvas filariformes en áreas delgadas de estas superficies, como los espacios interdigitales de los dedos de los pies y algunas áreas de los tobillos. Las larvas alcanzan el torrente linfático o sanguíneo, realizan

el ciclo de Loos y, son deglutidas y así llegan al intestino delgado, donde completan su desarrollo larval, llegan a la madurez sexual y eliminan huevos después de 3 a 6 semanas. Se conoce que no todas las larvas que penetran por la piel llegan al intestino y por ende no llegan al estado adulto, existen estimaciones que indican que solo el 25% de ellas logran completar su ciclo.

**i) *Taenia solium***

En el intestino delgado del hospedero final o definitivo, esta alcanza un tamaño de 3 a 5 metros. La cabeza o escólex tiene una forma piriforme con un diámetro de 0,5 a 1 mm, y presenta cuatro ventanas y un rostelo con una doble corona de ganchos. Posee una estróbila compuesta por 800 a 900 proglótidas, con proglótidas grávidas de aspecto cuadrangular con dimensiones de 0,5 cm x 0,8 cm, con un útero central rectilíneo. A ambos lados del útero, se presentan hasta 12 ramificaciones uterinas laterales que están repletas de huevos. Los huevos, poseen un diámetro de 40 a 50 µm, poseen una membrana doble y radiada de color café pardo, alberga interiormente un embrión con seis de ganchos (tres pares), así son conocidos como embrión hexacanto. Por tener una morfología similar a los huevos de *Taenia saginata*, su observación en una muestra de heces se informa como huevos de *Taenia* especie (*Taenia sp.*) razón por la que, al ser encontrados en un examen parasitológico seriado de deposiciones, se informan como huevos de *Taenia* especie (*Taenia sp.*); sin precisar a qué especie pertenecen.

En el ciclo de vida, hospedador intermedio habitual, el cerdo, se infecta al ingerir pastos u otros alimentos contaminados con huevos de la tenia, en ocasiones, ingiriendo proglótidas grávidas eliminadas con las deposiciones del hospedador definitivo, el hombre. Por este último caso, el cerdo se infecta de manera masiva, porque cada proglótida grávida contiene de 30 000 a 80 000 huevos. Los jugos digestivos disuelven las envolturas del huevo y liberan al embrión hexacanto, que penetra la vellosidad intestinal y, alcanza la torrente sanguínea y a través de la circulación, se distribuye por el organismo, alojándose en la musculatura y en la región basal de la lengua. Tras dos meses, aproximadamente, el embrión se transforma en una vesícula llena de líquido con un punto más denso que corresponde al escólex, de 7 a 10 mm de dimensión. Esta vesícula, llamada *Cysticercus cellulosae* o perlilla/granizillo, representa el estado larval y se mantiene en esa forma y estadio el hospedero intermedio, el cerdo.

El ser humano es el hospedador definitivo, se infecta mediante el consumo de

carne de cerdo, que contienen *Cysticercus cellulosae*, insuficientemente cocida o embutidos. Los jugos digestivos disuelven la cápsula del cisticerco, que libera el escólex adhiriéndose firmemente a la mucosa del intestino delgado mediante sus ventosas y rostelo. Después de 2 a 3 meses, el gusano logra completar su formación e inicia la ovoposición de huevos. Aproximadamente, en el 25% de los casos, los huevos son liberados desde las proglótidas grávidas al lumen del intestino, en cambio, el 75% restante, los huevos permanecen dentro de las proglótidas grávidas y estas se desprenden y son excretadas con las deposiciones de individuo parasitado.

**j) *Taenia saginata***

Esta tenia, en su madurez, mide entre 4 a 8 metros de largo. Su escólex, de aspecto pequeño, cuadrangular y globoso, mide entre 1,5 y 2 mm de diámetro, presentando solo 4 ventosas. La estróbila consta de 1,000 a 2,000 proglótidas, siendo las proglótidas grávidas de forma rectangular, carnosa (debido a las fibras musculares) y con dimensiones de 1,5 a 2 cm de largo por 1 cm de ancho. Se desprenden de la estróbila y, al reptar a lo largo del intestino, pueden salir de manera espontánea, superando el esfínter anal o incluidas en las heces. Su aspecto es característico, y contar un útero central longitudinal del cual se desprenden doce o más ramificaciones uterinas laterales primarias llenas de huevos. Los huevos, esféricos con un diámetro de 40-50  $\mu\text{m}$ , tiene una doble cubierta radiada de color café pardusco y contiene un embrión hexacanto con tres pares de ganchos, similares a los de *T. solium*.

En cuanto al ciclo de vida, los huevos pueden liberarse en el intestino o eliminarse con las defecaciones. En el entorno, las proglótidas se desintegran, y los huevos, en condiciones adecuadas de humedad, temperatura y sombra, pueden mantenerse viables e infecciosos durante varios meses. Son esparcidos por el viento, contaminando áreas variables de pastizales. El ganado bovino actúa como hospedador intermedio y se infecta al ingerir pastos contaminados con huevos de *T. saginata*. Los jugos digestivos del animal descomponen la doble cubierta radiada, liberando el embrión hexacanto, que penetra en la mucosa y, a través de los vasos linfáticos y sanguíneos, es transportado por la circulación hasta la musculatura y el tejido graso. Después de aproximadamente 75 días, se transforma en la forma larval conocida como *Cysticercus bovis*, una vesícula llena de líquido de color blanquecino, redonda o alargada, con un diámetro de 0,5 cm a 1 cm, que muestra una zona más densa correspondiente al escólex.

La infección en humanos ocurre al ingerir carne de vacuno cruda o insuficientemente cocida que contiene la forma infectante, *Cysticercus bovis*. Los jugos digestivos humanos disuelven la envoltura del cisticerco, liberando el escólex que, con sus ventosas, se adhiere firmemente a la mucosa intestinal. En un período de 2 a 3 meses, se habrá formado el ejemplo adulto completo

**k) *Hymenolepis nana***

Logra alcanzar hasta un tamaño de 3 a 4 cm, posee un escólex de 300  $\mu\text{m}$  de diámetro con 4 ventosas y un rostellum compuesto de una corona de ganchos y con capacidad retráctil. El estróbilo compuesto por 100 a 200 proglótidos bastante delgadas y finas, con aspecto trapezoidal y más ensanchadas que largas. El proglótido grávido con dos mm de ancho y un mm de largo, posee un útero con dos lóbulos junto a tres masas de testículos en posición horizontal. Los huevos poseen formas redondeadas con un tamaño de 30 a 45  $\mu\text{m}$ , disponen de una membrana exterior transparente, además de una membrana interna que posee dos protuberancias laterales de las cuales se proyectan finos filamentos; las membranas rodean un embrión hexacanto. Los huevos tienen la capacidad de ser infectantes desde el momento de su liberación.

El ciclo de vida puede involucrar uno directo u otro indirecto, esto depende de la presencia o necesidad de un hospedero intermedio (mesonero).

En el ciclo de vida tipo directo, la primera infección acontece por la ingestión de agua o alimentos contaminados con huevos del parásito, resultado del fecalismo ambiental. Cuando el huevo alcanza el duodeno, el embrión hexacanto se libera, penetra la vellosidad intestinal y en 48 a 72 horas se transforma en una larva llamada cisticercoide (se trata de una larva de 300  $\mu\text{m}$  de largo con consistencia sólida y presente un escólex invaginado). En esta situación, el humano actúa como hospedador intermedio. Transcurrido de cuatro a cinco días, el cisticercoide rompe la vellosidad intestinal, libera el escólex, y logra fijarse en la pared del íleon, y transcurrido 18 a 20 días se forma el estróbilo completo y maduro e inicia la eliminación de huevos.

En el ciclo indirecto, las pulgas de perros, ratas y humanos, actúan como hospederos intermedios. Las larvas de las pulgas al crecer en contacto con la materia orgánica que contiene huevos del parásito, ingieren los huevos del parásito que evolucionan en cisticercoide, así permanece en la pulga adulta. La pulga es ingerida accidentalmente, ya sea al triturarla o por contaminación de los dedos, emerge el escólex, se fija en la pared intestinal formándose finalmente la



tenia.

El hecho de que los huevos son infectantes desde su liberación, los casos de reinfecciones son comunes, ya sea por autoinfección exógena (por prácticas de higiene deficientes, mediante el ciclo ano-mano-boca) o por autoinfección endógena (por la liberación de huevos en el intestino delgado, originando al embrión hexacanto que origina el cisticercoide). Las reinfecciones exógenas ocurren por la ingestión de huevos de la tenia a través del agua o verduras contaminadas. Además, se debe considerar la participación de las moscas como vectores mecánicos, que transportan los huevos desde depósitos al aire libre hasta el hogar, y la posibilidad de ingestión accidental de pulgas con cisticercoide o contaminación de los dedos al triturarlas.

### **2.3.6. Potabilización del agua en zonas rurales**

Se conoce como agua potable al agua considerada "bebible", es decir, aquella que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades. La denominación se aplica al agua que ha sido a alguna vez a un tratamiento específico para su consumo humano, siguiendo estándares de calidad establecidos por las autoridades locales e internacionales. El proceso de transformación del agua común en agua potable se conoce como potabilización, y generalmente implica un stripping de compuestos volátiles, seguido de la precipitación de impurezas medianas floculantes, filtración y desinfección con cloro u ozono (Romero, 2008).

El suministro de agua potable ha sido un desafío desde la antigüedad, y en algunas regiones se han construido cisternas para recargar aguas pluviales, preferiblemente subterráneas para mantener el agua fresca y sin luz, evitando así el desarrollo de algas (Romero, 2008).

La potabilización del agua comprende varios procesos cuyo objetivo es convertir el agua cruda inicial en un producto final, es decir, agua potable que corre con las normas vigentes (OMS, 1995). El propósito fundamental de este tratamiento es proteger a los consumidores de patógenos e impurezas que pueden ser perjudiciales para la salud (Romero, 2008).

El tipo de tratamiento necesario para potabilizar el agua depende de la fuente utilizada. Las aguas subterráneas, generalmente de buena calidad en su estado natural, requieren poco o ningún tratamiento, ya que pasan por procesos de filtración natural durante su paso por el subsuelo. Sin embargo, se agrega cloro antes de la distribución para reducir aún más la contaminación (Romero, 2008).

La calidad del agua consumible está influenciada por las circunstancias de captura; para aguas superficiales, se lleva a cabo un cuadrado trato en una planta especializada que incluye varias operaciones para eliminar por completo los contaminantes microbiológicos y parcialmente los contaminantes físicos y químicos. Por otro lado, en aguas subterráneas, el proceso se reduce principalmente a la desinfección, que es crucial para eliminar microorganismos patógenos antes del consumo (Pérez, 2008).

Antes de ser utilizada, el agua debe a veces a procesos y tratamientos de purificación para eliminar colores, saben u olores que pueden afectar el consumo humano. Estos tratamientos son fundamentales en la sociedad y garantizan que la población puede satisfacer sus necesidades esenciales para el desarrollo y crecimiento. Los procesos de potabilización también son capaces de remover materiales como arcilla, limo y lodos, comunes en ciclos hidrológicos, especialmente en aguas superficiales. Sin embargo, los procesos especiales de potabilización varían según la integridad de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) (Villamizar, 2020).

En este contexto, queda evidente que los procesos específicos de una planta de tratamiento de agua potable se determinan en función de su uso y las necesidades particulares. Entre los procedimientos comunes, se destacan los siguientes:

**Captación:** Este proceso implica la toma directa de agua desde la fuente, y depende del tipo de planta, se dirige primero a un pre-tratamiento o directamente a la planta potabilizadora.

**Pre-tratamiento:** Este paso incluye diversos métodos, como procesos físicos para la separación de partículas gruesas y sólidos, procesos químicos con la aplicación de sustancias como cloro, coagulantes y floculantes, y procesos de captación en planta que utilizan unidades hidráulicas y coagulantes distribuidos en el caudal. También se incluyen procesos de coagulación/floculación.

**Coagulación-floculación:** En la coagulación, se lleva a cabo la "desestabilización química de las partículas coloidales" mediante coagulantes, seguido del proceso de floculación, que consiste en agitar las partículas para crear una masa que aumenta el tamaño de los flóculos y facilita la sedimentación.

**Decantación:** Esta etapa tiene como función separar los sólidos con mayor peso específico que el agua y una velocidad de caída que permite llegar al fondo del decantador en un tiempo económicamente aceptable.

**Filtración:** Se trata de la separación de partículas coloidales y microorganismos no

retenidos en procesos previos (coagulación y decantación) medio un medio poroso denominado lecho filtrado. La eficacia de este proceso depende de las actividades previas.

Desinfección: Este paso tiene como objetivo garantizar que el agua esté libre de partículas que pueden afectar su consumo desde una perspectiva microbiológica.

Almacenamiento: Finalmente, se completa el proceso con el almacenamiento, donde el agua desinfectada se deposita en unidades adaptadas con la capacidad necesaria para su distribución posterior en los sectores requeridos (Pulido y Carrillo, 2016).

## **2.4. Marco legal**

### **2.4.1. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM**

#### **Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias**

El Decreto Supremo establece los niveles de concentración de elementos, sustancias y parámetros físicos, químicos y biológicos en el agua, considerándola como un cuerpo receptor fundamental en los ecosistemas acuáticos. Estos niveles deben ser cuantos que no representan un riesgo significativo para la salud humana ni para el ambiente (MINAM, 2017).

La presente norma tiene como finalización recopilar las disposiciones adaptadas por los Decretos Supremos N° 002-2008-MINAM, N° 023-2009-MINAM y N° 015-2015-MINAM, los cuales establecen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua. Esta compilación normativa, regulada por el presente Decreto Supremo y su Anexo correspondiente, implica modificaciones y eliminaciones de algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, al tiempo que conserva otros que fueron anticipadamente aprobados mediante dichos decretos supremos (MINAM, 2017).

### **2.4.2. Decreto Supremo N° 031-2010-SA Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano**

El acceso al agua potable, siendo una necesidad básica y un derecho humano fundamental, impulsó la actualización del Reglamento de los Requisitos Oficiales Físicos, Químicos y Bacteriológicos que deben acumular las aguas de bebida para considerarse potables. Dicho reglamento, creado en 1946 y ya obsoleto, fue reemplazado en el año 2000 por la Dirección General de Salud Ambiental con la elaboración del "Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano" (MINSAL, 2011).

Este nuevo reglamento, que consta de 10 títulos, 81 artículos, 12 disposiciones complementarias, transitorias y finales, así como 5 anexos, no solo establece límites máximos permisibles para diversos parámetros como microbiológicos, parasitológicos, organolépticos, químicos orgánicos e inorgánicos, y radiactivos, sino que también asigna nuevas y mayores responsabilidades a los Gobiernos Regionales en cuanto a la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano. Además, refuerza el papel de la DIGESA como Autoridad Sanitaria en estos aspectos (MINSa, 2011).

En específico, el Título IX del reglamento detalla los Requisitos de Calidad del Agua para Consumo Humano. El Artículo 60°, que aborda los parámetros microbiológicos y otros organismos, establece que toda agua destinada al consumo humano debe estar libre de: 1. Bacterias coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia coli*; 2. Virus; 3. Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos; 4. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos; y 5. En el caso de Bacterias Heterotróficas, deben ser menos de 500 UFC/ml a 35°C (MINSa, 2011).

**Tabla 1.** Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos para agua de consumo humano

Nº	Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1.	Bacterias coliformes totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2.	<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3.	Bacterias coliformes termotolerantes o fecales	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4.	Bacterias heterotróficas	UFC/100 MI a 35°C	500
5.	Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios	Nº org/L	0
6.	Virus	UFC/mL	0
7.	Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadios evolutivos.	Nº org/L	0

UFC = unidad formadora de colonias

(\*) = en caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8/100 ml

Fuente: MINSa, 2011.

**Tabla 2.** Límites Máximos Permisibles de parámetros de calidad organoléptica para agua de consumo humano

Nº	Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1.	Olor	---	Aceptable
2.	Sabor	---	Aceptable
3.	Color	UCV escala Pt/Co	15
4.	Turbiedad	UNT	5
5.	pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6.	Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7.	Sólidos totales disueltos	mg L <sup>-1</sup>	1 000
8.	Cloruros	mg Cl L <sup>-1</sup>	250
9.	Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> L <sup>-1</sup>	250
10.	Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
11.	Amoniaco	mg N L <sup>-1</sup>	1,5
12.	Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0,3
13.	Manganeso	mg Mn L <sup>-1</sup>	0,4
14.	Aluminio	mg Al L <sup>-1</sup>	0,2
15.	Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2,0
16.	Zinc	mg Zn L <sup>-1</sup>	3,0
17.	sodio	mg Na L <sup>-1</sup>	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: MINSA, 2011.

**Tabla 3.** Límites Máximos Permisibles de parámetros químicos inorgánicos para agua de consumo humano

Nº	Parámetros inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1.	Antimonio	mg Sb L <sup>-1</sup>	0,020
2.	Arsénico (nota 1)	mg As L <sup>-1</sup>	0,010
3.	Bario	mg Ba L <sup>-1</sup>	0,700
4.	Boro	mg B L <sup>-1</sup>	1,500
5.	Cadmio	mg Cd L <sup>-1</sup>	0,003
6.	Cianuro	mg CN L <sup>-1</sup>	0,070
7.	Cloro (nota 2)	mg L <sup>-1</sup>	5
8.	Clorito	mg L <sup>-1</sup>	0,7
9.	Clorato	mg L <sup>-1</sup>	0,7
10.	Cromo total	mg Cr L <sup>-1</sup>	0,050
11.	Flúor	mg F L <sup>-1</sup>	1,000
12.	Mercurio	mg Hg L <sup>-1</sup>	0,001
13.	Niquel	mg Ni L <sup>-1</sup>	0,020
14.	Nitratos	mg NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	50,00
15.	Nitritos	mg NO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	3,00 exposición corta 0,20 exposición larga
16.	Plomo	mg Pb L <sup>-1</sup>	0,010
17.	Selenio	mg Se L <sup>-1</sup>	0,010
18.	Molibdeno	mg Mo L <sup>-1</sup>	0,07
19.	Uranio	mg U L <sup>-1</sup>	0,015

**Nota 1:** En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL<sup>-1</sup>

**Nota 2:** Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL<sup>-1</sup>.

Fuente: MINSA, 2011

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación del lugar de estudio**

##### **3.1.1. Huascahura**

El poblado en cuestión se encuentra situado en el distrito de Ayacucho, perteneciente a la provincia de Huamanga, en la región Ayacucho, a una altitud de 3113 metros sobre el nivel del mar (DePeru.com, s.f.).

Huascahura, una extensión del Distrito de Ayacucho en la Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho, está geográficamente ubicada en las coordenadas UTM 590000 E y 8530000 N, zona 18. Sus límites son al norte, este y sur con el distrito de Ayacucho, y al oeste con los distritos de Socos y San José de Ticllas. La topografía de la zona es heterogénea debido a la presencia de los Andes, con terreno accidentado y pendientes pronunciadas. Asimismo, presenta una variedad de pisos ecológicos. La temperatura promedio anual en la zona es de 17,5°C, con máximas de 25°C y mínimas de 12°C. El clima predominante es frío y seco, con lluvias abundantes entre noviembre y abril, propicias para la actividad agropecuaria, y ausencia de precipitaciones pluviales de mayo a octubre, periodo utilizado para la cosecha, preparación de la tierra y siembra de productos agrícolas.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), hasta el año 2018, Huascahura contaba con una población de 5,538 habitantes, representando el 5,6 % de la población total del distrito de Ayacucho (INEI, 2018).

##### **3.1.2. Ranca**

El Pueblo de Ranca está situado en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, en la región de Ayacucho, a una altitud de 3208 metros sobre el nivel del mar. Su ubicación geográfica se establece en las coordenadas UTM 579776 E y 8542749 N, zona 18 (INGEMMET, 2020).

Ranca se clasifica como un Centro Poblado. Según la información climática

basada en la clasificación de Thornthwaite y proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), la zona del Centro Poblado de Ranca presenta varios tipos climáticos. En la localidad misma, se experimenta un clima frío y lluvioso, con deficiencias de lluvias en otoño e invierno y una humedad relativa calificada como húmeda. Hacia el este de Ranca, en las altas montañas en dirección a la ciudad de Ayacucho, el clima es semi-seco y templado, con deficiencia de lluvias en otoño e invierno, y una humedad relativa también calificada como húmeda. En términos de precipitación, según el mapa de precipitación acumulada durante el periodo lluvioso normal elaborado por SENAMHI, Ranca tiene un promedio acumulado de 500 mm; no obstante, esta condición puede variar durante la ocurrencia del fenómeno de El Niño (INGEMMET, 2020).

El área alrededor del Centro Poblado de Ranca está situada en una ladera con pendientes que varían desde terrenos llanos ( $<1^\circ$ ), suavemente inclinados ( $1^\circ-5^\circ$ ) y de inclinación moderada ( $5^\circ-15^\circ$ ), formando una amplia depresión en dirección norte-sur debido a la erosión fluvial y la actividad geodinámica. Esta zona está rodeada por pendientes fuertes ( $15^\circ-25^\circ$ ) a muy escarpadas ( $25^\circ-45^\circ$ ), correspondientes a laderas de montañas y valles profundos, que han resultado de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre (INGEMMET, 2020).

### **3.2. Población y muestra**

La población bajo estudio consistió en el suministro de agua destinado al consumo humano en las comunidades de Huaschura y Ranca.

La muestra incluyó un total de 90 muestras de agua de consumo humano, obtenidas de grifos y piletas, con una capacidad de 20 litros cada una. Estas muestras fueron recolectadas en los Centros Poblados de Huaschura y Ranca durante un periodo de tres meses, específicamente entre junio y agosto de 2018. Durante este periodo, se llevaron a cabo muestreos quincenales en cada punto de muestreo, totalizando 6 quincenas y 15 anexos, lo que resultó en la obtención de las 90 muestras.

#### **3.2.1. Puntos de muestreo**

Los lugares de muestreo fueron seleccionados de manera estratégica, tomando en cuenta las zonas más densamente pobladas de cada centro poblado. En Huaschura, se consideraron los siguientes sitios de muestreo: los grifos domiciliarios y piletas ubicados en Huaschura Central, Huaschura Chico, Chocan, Ccanaypampa, Pillaccato, Huayaupuquio, Qoriwillca Chico y Qoriwillca

Grande. En el caso de Rancho, los puntos de muestreo incluyeron Rancho Centro, Huayllapata, Uraypampa, Chimpapuquio, Huayrapata, Accoylla y Acraybamba.

### **3.2.2. Muestreo**

La selección de las muestras se llevó a cabo mediante un método combinado de muestreo aleatorio e intencional. Previamente, se prepararon recipientes específicos, ya sea baldes de 20 litros o envases de 5 litros, todos equipados con tapas herméticas y sometidos a un exhaustivo proceso de limpieza con detergente, enjuague con agua destilada y desinfección con alcohol de 70°.

Al identificar los puntos de muestreo, ya sea en grifos domiciliarios o piletas públicas, se verificó la conexión directa de la tubería al tubo matriz y se aseguró de que el grifo no presentara accesorios extraños. Para garantizar la calidad de la muestra, se limpió el grifo con un paño limpio, se abrió completamente y se dejó correr el agua durante dos a tres minutos. Después de este periodo, se redujo el flujo y se procedió a llenar el balde de 20 litros o cuatro recipientes de 5 litros. Una vez llenados, los recipientes se retiraron, taparon inmediatamente y se etiquetaron con la información pertinente.

En cada punto de muestreo, también se obtuvo una muestra adicional de 100 ml en frascos de vidrio limpios, con tapa de rosca y previamente esterilizados, destinados a la medición de turbidez. Después de la toma de muestra del agua del grifo o la pileta pública, se llevó a cabo, *in situ* y en el mismo momento, la medición del cloro residual.

### **3.3. Medición de cloro residual**

Se empleó un método colorimétrico que involucró el uso de un dispositivo comparador de la intensidad del color resultante de la reacción entre el cloro residual libre y el reactivo DPD. Se utilizó un colorímetro de la marca LaMotte, diseñado para medir un rango de valores de cloro residual de 0 a 10 ppm.

El equipo consta de dos tubos con una capacidad de 10 mL cada uno. Uno de los tubos se destinó como blanco (conteniendo agua destilada), mientras que el otro se utilizó para la muestra problema. Después de llenar el tubo con la muestra, se añadió el reactivo DPD, que ya venía empaquetado comercialmente con la cantidad adecuada para cada muestra. El indicador de la presencia de cloro residual fue el cambio de color a tonalidades de grosella con distintas intensidades, siendo mayor la intensidad de color a concentraciones más altas de cloro residual. Los resultados obtenidos se registraron comparando visualmente con la escala correspondiente y se anotaron en un cuadernillo de datos.



### **3.4. Almacenamiento y transporte de muestras**

Los envases que albergaban las muestras destinadas a la medición de la turbidez fueron colocados en un recipiente más grande tipo "cooler", acompañados de bloques de hielo almacenados en recipientes con tapa hermética, asegurando así que la temperatura del sistema no superara los 10°C. Este "cooler" se transportó al Laboratorio de Salud Ambiental de la Red de Salud de Huamanga para su procesamiento correspondiente.

En situaciones donde la distancia y la logística lo permitieron, las muestras de agua contenidas en los baldes se llevaron directamente a los espacios del Puesto de Salud de Rancho. En caso contrario, las muestras obtenidas en recipientes de 5 litros (cuatro frascos por punto, totalizando 20 litros) se transportaron de inmediato, manteniendo las condiciones ambientales, al Laboratorio de Salud Ambiental de la Red de Salud de Huamanga.

### **3.5. Medición de la turbidez**

Se empleó un método que se basa en la detección de la luz dispersada por partículas presentes en la muestra y captadas por un turbidímetro digital de la marca HACH, determinando la turbidez expresada en unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

El turbidímetro utilizado consiste en dos frascos pequeños de vidrio, con tapa de rosca y capacidad para 10 mL cada uno. Antes de su uso, el equipo fue calibrado previamente con soluciones estándar de turbidez de conocido valor. Uno de los frascos se destinó a la lectura del blanco (agua destilada), y el otro se utilizó para la lectura de la muestra problema.

Después de llenar cada frasco con los líquidos respectivos, el equipo fue encendido, y se colocó el primer frasco (blanco) en el compartimento correspondiente, verificando la lectura que indicaba "CERO". Luego, se colocó el frasco con la muestra y se procedió con la lectura del resultado. Los datos obtenidos fueron registrados en una libreta de notas.

### **3.6. Análisis parasitológico de muestras de agua**

Se utilizó la técnica de "Detección de protozoarios y helmintos parásitos en agua de consumo humano", según el Código AG.PE.01. DIGESA (MINSa, 2014), para evaluar la variable en cuestión. En el caso de las muestras trasladadas al Puesto de Salud de Rancho, se sometieron a filtración en ese lugar, y su procesamiento continuó posteriormente en el Laboratorio de Salud Ambiental de la Red de Salud de Huamanga.

Mediante una pinza de punta plana, se posicionó un filtro de membrana con una porosidad de 1,2  $\mu\text{m}$  y un diámetro de 47 mm en la base del sistema de filtración. Luego, se colocó el cuerpo del embudo y se aseguró con el sistema de ajuste. La muestra se homogeneizó mediante un movimiento de agitación en el recipiente, y se vertió en el embudo. Posteriormente, se encendió la bomba de vacío conectada al equipo de filtración para proceder con la filtración de la muestra, alcanzando un volumen final filtrado de 20 litros.

Terminada la filtración, se retiró el filtro de membrana con una pinza de punta plana y se colocó en una placa de Petri codificada. Se añadieron 3 ml de suero fisiológico para evitar que la membrana se secase. El filtro fue lavado para eliminar el sedimento impregnado, utilizando una pipeta Pasteur y una espátula de plástico desechable. El sedimento re-suspendido se vertió en un tubo de centrifuga y se dejó reposar por 24 horas en refrigeración (4°C), decantando y conservando un sedimento de aproximadamente 0,5 a 1 ml.

El filtro de membrana, después de lavarse adecuadamente, se colocó en otra placa de Petri y se le aplicaron 5 gotas de aceite de inmersión. Se permitió que el filtro se aclarara durante 1 hora a 30 °C o más tiempo a temperatura ambiente. Finalmente, se realizaron cortes al filtro de membrana con tijeras desinfectadas en trozos de aproximadamente 1 cm x 1 cm.

Para la observación microscópica de formas parasitarias de enteroparásitos, se colocó una gota del sedimento resuspendido sobre una lámina portaobjetos con Lugol parasitológico. Se cubrió con un cubreobjetos y se observó microscópicamente con objetivos de 10X y 40X, realizando la búsqueda en todos los campos microscópicos; se observaron 10 montajes (láminas) por cada muestra. Además, se procedió a la observación microscópica de todos los trozos de filtro de membrana. Los resultados se registraron indicando la presencia o ausencia de formas parasitarias (quistes de protozoos y huevos de helmintos) en 20 litros de muestra de agua, y se registraron otros organismos "de vida libre" identificados.

### **3.7. Análisis de datos**

Los datos obtenidos fueron ordenados en una base de datos en Excel con los cuales se construyeron cuadros de contingencia y expresados bajo la modalidad de presencia y ausencia de agentes patógenos y valores porcentuales.

#### **IV. RESULTADOS**

**Tabla 4.** Presencia/ausencia de formas parasitarias y organismos de vida libre en 20 litros de muestra de agua de consumo humano de las localidades de Huaschahura y Ranca. Ayacucho - 2018

CENTRO POBLADO	ANEXO	MUESTREOS																											
		I				II				III				IV				V				VI							
		F	P	H	M	F	P	H	M	F	P	H	M	F	P	H	M	F	P	H	M	F	P	H	M				
HUASCAHURA	HUASCAHURA CENTRAL	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p
	HUASCAHURA CHICO	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p
	CHOCAN	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p
	CCANAYPAMPA	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p
	PILLACCATO	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p
	HUAYAUPUQUIO	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p
	QORIWILLCA CHICO	a	p	p	a	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p
	QORIWILLCA GRANDE	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	P
RANCHA	RANCHA CENTRO	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	P
	HUAYLLAPATA	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	P
	URAYPAMPA	a	p	p	p	a	a	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	P
	CHIMPAPUQUIO	a	p	p	p	a	a	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	P
	HUAYRAPATA	a	p	p	a	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	P
	ACCOYLLA	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	P
	ACRAYBAMBA	a	p	p	p	a	a	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	p	a	p	p	P

F= formas parasitarias; P = protozoarios; H = hongos (hifas y/o levaduras); M = microalgas.

a = ausencia; p = presencia

**Tabla 5.** Valores de cloro residual y turbidez en muestras de agua de consumo humano de las localidades de Huaschahura y Ranca. Ayacucho - 2018

CENTRO POBLADO	ANEXO	MUESTREOS											
		I		II		III		IV		V		VI	
		CR	TUR	CR	TUR	CR	TUR	CR	TUR	CR	TUR	CR	TUR
HUASCAHURA	HUASCAHURA CENTRAL	0	8	0	6	0	5	0	7	0	9	0	9
	HUASCAHURA CHICO	0	7	0	8	0	9	0	9	0	9	0	9
	CHOCAN	0	5	0	6	0	7	0	8	0	7	0	7
	CCANAYPAMPA	0	4	0	5	0	8	0	7	0	8	0	8
	PILLACCATO	0	3	0	4	0	9	0	9	0	7	0	7
	HUAYAUPUQUIO	0	7	0	6	0	7	0	5	0	6	0	6
	QORIWILLCA CHICO	0	6	0	7	0	5	0	6	0	7	0	7
	QORIWILLCA GRANDE	0	5	0	6	0	6	0	5	0	6	0	6
RANCHA	RANCHA CENTRO	0	9	0	9	0	9	0	8	0	7	0	14
	HUAYLLAPATA	0	6	0	7	0	7	0	7	0	7	0	7
	URAYPAMPA	0	8	0	7	0	6	0	5	0	5	0	5
	CHIMPAPUQUIO	0	3	0	6	0	5	0	6	0	6	0	6
	HUAYRAPATA	0	2	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5
	ACCOYLLA	0	5	0	6	0	6	0	5	0	5	0	5
	ACRAYBAMBA	0	7	0	7	0	6	0	7	0	7	0	7

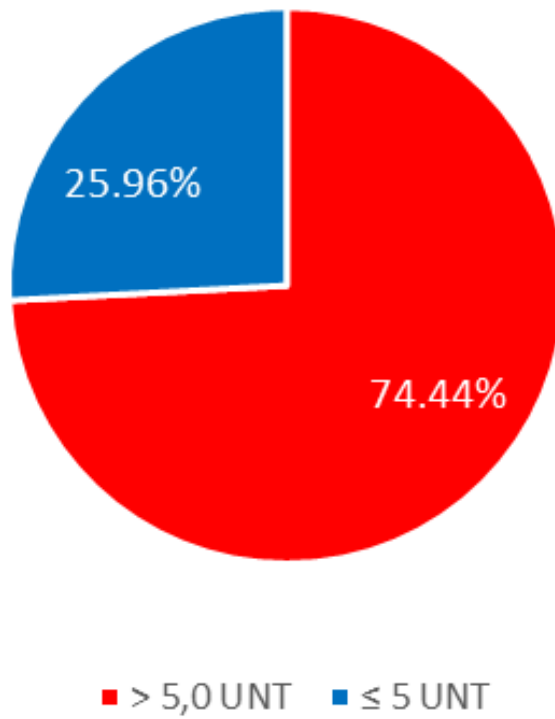
LMP de turbidez en UNT (D.S. 031-2010-SA)

5,0

No menor en mg/L (D.S. 031-2010-SA)

0,5

CR= cloro residual (mg/L); TUR = turbidez (UNT).



**Figura 1.** Porcentaje de muestras que superan los Límites Máximos Permisibles de turbidez, en aguas de consumo humano de las localidades de Huaschahura y Rancho. Ayacucho – 2018

**Tabla 6.** Resultados globales de presencia/ausencia de formas parasitarias y organismos de vida libre en 20 litros y valores promedios de cloro residual y turbidez en aguas de consumo humano de las localidades de Huaschahura y Rancho. Ayacucho - 2018

CENTRO POBLADO	ANEXO	PRESENCIA/AUSENCIA DE FORMAS PARASITARIAS Y ORGANISMOS DE VIDA LIBRE				CLORO RESIDUAL	TURBIDEZ
		F	P	H	M	mg/L	UNT
HUASCAHURA	HUASCAHURA CENTRAL	a	p	p	p	0	7,33
	HUASCAHURA CHICO	a	p	p	p	0	8,50
	CHOCAN	a	p	p	p	0	6,67
	CCANAYPAMPA	a	p	p	p	0	6,67
	PILLACCATO	a	p	p	p	0	6,50
	HUAYAUPUQUIO	a	p	p	p	0	6,17
	QORIWILLCA CHICO	a	p	p	p	0	6,33
	QORIWILLCA GRANDE	a	p	p	p	0	5,67
RANCHA	RANCHA CENTRO	a	p	p	p	0	9,33
	HUAYLLAPATA	a	p	p	p	0	6,83
	URAYPAMPA	a	p	p	p	0	6,00
	CHIMPAPUQUIO	a	p	p	p	0	5,33
	HUAYRAPATA	a	p	p	p	0	4,50
	ACCOYLLA	a	p	p	p	0	5,33
	ACRAYBAMBA	a	p	p	p	0	6,83
LMP de turbidez en UNT (D.S. 031-2010-SA)					5,0		
No menor en mg/L (D.S. 031-2010-SA)					0,5		

## V. DISCUSIÓN

Los resultados de la evaluación de la presencia o ausencia de formas parasitarias y organismos de vida libre en 20 litros de agua de consumo humano de las localidades de Huaschahura y Ranca se presentan en la Tabla 4. Se observa que en el 100% (90) de las muestras analizadas, no se detectó ninguna forma parasitaria, ya sea quistes o huevos de enteroparásitos. Sin embargo, en el 100% de las muestras analizadas se informó la presencia de diversos organismos de vida libre, como protozoarios, hongos y microalgas. La detección de organismos de vida libre sugiere que estas aguas no han pasado por los procesos necesarios de potabilización, como la floculación, decantación y filtración. Además, los resultados indican que estas aguas destinadas al consumo humano no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos para este parámetro (organismos de vida libre) según el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

En relación con este hallazgo, Ramo et al. (2017) llevaron a cabo un estudio titulado "Presencia de *Cryptosporidium* y *Giardia* en agua potable cruda y tratada en el noreste de España". En dicho estudio, se recolectaron muestras de agua cruda afluyente y agua tratada efluente de 20 plantas potabilizadoras en diferentes temporadas. Los investigadores detectaron ooquistes de *Cryptosporidium* y quistes de *Giardia* en nueve plantas, registrando protozoos a una concentración media de  $88 \pm 55$  oocistos por 100 L y  $37 \pm 41$  quistes por 100 L. La ubicuidad de estos parásitos en las fuentes de agua potable y la ineficacia del tratamiento convencional del agua para reducirlos o desactivarlos pueden plantear un grave problema de salud pública. Es importante señalar que, aunque los resultados de esta investigación no son similares, las técnicas utilizadas en ambos estudios difieren, y la ausencia de coloraciones específicas para detectar ooquistes de *Cryptosporidium* en la presente investigación podría haber afectado la detección,



en caso de existir. No obstante, el informe de la presencia de organismos de vida libre (protozoarios, hongos, microalgas) podría sugerir la posibilidad de formas parasitarias, ya que comparten dimensiones similares.

Menocal y Caraballo (2014) destacan la importancia crucial del uso de barreras múltiples como el método más efectivo para reducir los riesgos de infección a niveles tolerables o indetectables. En lugares donde la viabilidad económica de la filtración es limitada, sugieren la implementación de un plan efectivo para la protección adecuada de las fuentes, un sistema de tratamiento eficaz, su supervisión continua, un sistema de distribución seguro y un tratamiento adecuado en el punto de entrada. Todo esto se realiza con el objetivo de reducir los microorganismos a niveles que no supongan un riesgo para la salud. Según los resultados obtenidos en Huaschahura y Rancho, se indica que estas medidas de barreras múltiples o la protección de las fuentes y una distribución segura del agua potable no están teniendo lugar.

Pinilla (2010) señala que el agua alberga numerosos microorganismos, cuya presencia está vinculada a las condiciones ambientales. Algunos de estos microorganismos se utilizan como indicadores o bioindicadores del grado de contaminación. Ramírez et al. (2017) indican que las características finales del agua potable dependen del origen del agua (subterránea o superficial) y del proceso de potabilización al que se somete. Sin embargo, los resultados de la presente investigación sugieren que los organismos de vida libre observados provienen directamente de la fuente, y los sistemas de potabilización en Huaschahura y Rancho no son eficientes en la eliminación de estos microorganismos, lo que potencialmente pone en riesgo la salud de los consumidores.

Aurazo (2004) señala que, con frecuencia, en las fuentes de agua y los reservorios se encuentran organismos de vida libre y algas que pueden ingresar a los sistemas de distribución de agua tratada, generalmente debido a fallos en el proceso de filtración. La presencia de estos elementos en el agua de consumo puede generar preocupación en la población, ocasionar un aumento en la turbidez, provocar alteraciones en el sabor y el olor, o afectar la calidad estética del agua.

La información contenida en la Tabla 5 refleja los valores de cloro residual y turbidez en las muestras de agua de consumo humano procedentes de las localidades de Huaschahura y Rancho. Se destaca que el 100% de las muestras analizadas no presentan cloro residual, indicando que estas aguas no son

sometidas a procesos de desinfección. Esta situación, en la que las aguas de consumo humano en zonas rurales carecen de desinfección, es una tendencia recurrente y respaldada por diversos investigadores, como es el caso de Guillen et al. (2013). En su estudio sobre la "Presencia de protozoarios intestinales en agua de consumo en la comunidad 18 de mayo, Estado Aragua-Venezuela, 2011", señalan que ninguna muestra evidenció haber sido desinfectada, ya que no se encontraron rastros de cloro residual, arrojando un resultado de 0,0 ppm. Esto sugiere que el pozo no recibe ningún tipo de tratamiento clorado, subrayando la importancia de educar a los habitantes de la comunidad sobre el tratamiento del agua de consumo.

En línea con estos hallazgos, Olivas et al. (2013), al concluir su investigación titulada "Contaminación fecal en agua potable del Valle de Juárez, México", indican que la cloración del agua de uso doméstico no resulta efectiva en la mayoría de las localidades del Valle de Juárez, Chihuahua. En el 92.85% de las muestras de agua de la llave de viviendas, se detectaron bacterias coliformes totales, lo que señaló contaminación y la falta de eficacia en la cloración. Tanto en las muestras de agua positivas como en las negativas, se observó que el cloro residual era nulo o estaba en cantidades inferiores a las estipuladas por la legislación mexicana.

En el contexto local, Olivera (2012) llevó a cabo un estudio en aguas de consumo humano de los reservorios, grifos domiciliarios y acequias en el distrito de Acos Vinchos. De un total de 138 muestras analizadas en cuanto al cloro residual, todas mostraron valores nulos, indicando ausencia de cloro residual. Además, se observó la presencia de algas y alta turbidez en algunos reservorios. El estudio destacó un descuido generalizado en la cloración del agua consumida en la mayoría de las localidades del distrito. Este descuido se atribuyó a diversos factores, entre ellos la falta de capacitación adecuada de la Junta Administradora de Servicio y Saneamiento (JASS) en la gestión, operación y mantenimiento del sistema de agua potable, así como la insuficiencia de recursos económicos para la adquisición de cloro.

Es relevante señalar que, al abordar la problemática de la deficiencia de cloración del agua de consumo en la zona rural del Perú, el INEI (2020) aporta información significativa. Según el informe, en el periodo comprendido entre abril de 2019 y marzo de 2020, solo el 36% de la población que consume agua proveniente de la red pública presenta niveles adecuados de cloro, es decir, una concentración igual

o superior a 0.5 mg/l. Al desglosar estos datos según el área de residencia, se observa que en el área urbana hay una mayor proporción de población (48.7%) que consumió agua de la red pública con niveles adecuados de cloro, mientras que en el área rural esta cifra es notablemente menor, alcanzando apenas el 3.2%. La Tabla 5 presenta los datos de cloro residual y turbidez en las muestras de agua de consumo humano provenientes de Huaschahura y Ranca. Asimismo, la Figura 1 ilustra el porcentaje de muestras que exceden los Límites Máximos Permisibles de turbidez, según lo establecido en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, en ambas localidades. Se destaca que solo el 25.56% de las muestras analizadas exhibieron una turbidez igual o inferior a 5 UNT (es relevante señalar que el 22.22% alcanzó el límite de 5 UNT), mientras que el restante 74.44% presentó valores superiores a 5 UNT, incluso llegando a extremos de hasta 14 UNT en algunas muestras. Estos resultados indican que los sistemas de suministro de agua para consumo humano en ambas localidades carecen de un monitoreo adecuado y no se someten a ningún tratamiento para reducir los niveles de turbidez mediante la remoción de coloides, como la floculación, sedimentación y/o filtración. Esta situación guarda estrecha relación con la presencia de organismos de vida libre en el 100% de las muestras analizadas.

La discrepancia de este parámetro con los valores estipulados en los Límites Máximos Permisibles podría representar un riesgo para la salud de los habitantes de Huaschahura y Ranca. Esta afirmación se respalda en Espigares y Fernández (1999), citados por Marcó et al. (2004), quienes destacan la importancia sanitaria de la turbidez al reflejar una aproximación al contenido de materias coloidales, minerales u orgánicas, sugiriendo la posibilidad de contaminación. Asimismo, Setter (1959), citado por Marcó et al. (2004), señala que la turbidez en el agua potable puede derivar de un tratamiento insuficiente en la planta de potabilización o de la resuspensión de sedimentos en el sistema de distribución, además de la existencia de conexiones cruzadas en el mismo. Niveles elevados de turbidez pueden favorecer la protección de microorganismos contra los efectos de la desinfección, estimular la proliferación bacteriana y aumentar la demanda de cloro. En muchos casos, no se logra destruir patógenos y bacterias fecales que se encuentran aglomerados o absorbidos por partículas. Además, diversas sustancias químicas peligrosas, como metales pesados y organoclorados, tienden a unirse especialmente a los ácidos húmicos y otras partículas orgánicas. El pH

ácido del estómago humano puede acelerar la liberación de iones de metales y herbicidas, aumentando el riesgo de absorción. Incluso el cloro, introducido como parte del tratamiento, puede formar trihalometanos y cloraminas.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) (1998) advierte que todos estos riesgos se intensifican cuando la turbidez supera las 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez), valor que ninguna muestra debería exceder. Por ende, es crucial que la turbidez sea baja para garantizar la eficacia de la desinfección y reducir los riesgos de que el agua potable transporte agentes tóxicos que puedan contribuir al desarrollo de diversas enfermedades crónicas. Además, Ingallinella (1997) destaca la importancia de la presencia de algas, rotíferos y otras especies como parte del fito y zooplancton, detectables no solo en cursos de agua superficiales, sino también en las redes de distribución, incluso con valores de turbidez tan bajos como 0,5 UNT. Por consiguiente, los niveles de turbidez registrados en las muestras de agua de consumo humano en Huaschura y Rancho, agravados por la presencia del 100% de muestras con organismos de vida libre, son motivo de preocupación y refuerzan la idea de que se está poniendo en riesgo la salud de los habitantes al consumir agua de calidad deficiente. Este punto es respaldado por Stevenson y Bravo (2019), citados por Martínez et al. (2020), quienes afirmaron que la turbidez se ha convertido en un parámetro fisicoquímico crucial para evaluar la calidad del agua en las fuentes de abastecimiento y en el agua suministrada a los usuarios.

La Tabla 6 presenta los resultados consolidados de la presencia o ausencia de formas parasitarias y organismos de vida libre en 20 litros, así como los valores promedio de cloro residual y turbidez en las aguas de consumo humano de Huaschura y Rancho. Se observa que el 100% (90) de las muestras analizadas no cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos por el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano del MINSA. Por lo tanto, estas aguas no son aptas para el consumo humano, una situación que refleja la realidad en las zonas rurales del Perú, directamente vinculada a la pobreza y las condiciones de vida precarias. Estos hallazgos son respaldados por el Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social (2020), que reporta una brecha de cobertura del 24,7% y una brecha de calidad del 96,8% en el ámbito rural del país, indicando que solo el 3,2% de la población rural consume agua con niveles adecuados de cloro. Aunque la mayoría de las localidades rurales cuentan con sistemas de agua, el acceso a agua segura (apta

para el consumo humano) es limitado debido, en su mayoría, al deterioro de la infraestructura y a la falta de una operación y mantenimiento adecuados por parte de las organizaciones responsables de la administración de los sistemas de agua. Según el informe del Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social (MINDIS, 2020), los desafíos en los servicios de saneamiento en las zonas rurales se centran en la falta de cobertura y en la baja calidad del suministro de agua apta para el consumo humano. Estos problemas resultan en riesgos para la salud y contaminación ambiental debido a la inadecuada gestión de las excretas. La considerable disparidad entre las brechas de cobertura y calidad, con un 24,7% y un 96,8%, respectivamente, está vinculada a la baja sostenibilidad de los sistemas. Las causas directas de esta problemática incluyen: (i) una gestión financiera deficiente por parte de los proveedores de servicios, ya que las tarifas no cubren los costos operativos y de mantenimiento; (ii) una gestión técnica limitada en la provisión de servicios de agua y alcantarillado; (iii) un mantenimiento deficiente de la infraestructura debido a la falta de personal capacitado y herramientas adecuadas; y (iv) una valoración limitada o insuficiente del servicio por parte de la comunidad. Los resultados obtenidos en este estudio corroboran las observaciones del MINDIS, tanto en términos de calidad como en relación con las causas directas de los desafíos en los servicios de saneamiento en las áreas rurales.

## **VI. CONCLUSIONES**

1. En el 100% (90) de muestras de agua de consumo humano analizadas, de las localidades de Huascahura y Ranca, no se ha encontrado ninguna forma parasitaria (quistes o huevos); sin embargo, en la misma proporción (100% de muestras) se detectó la presencia de organismos de vida libre.
2. En el 100% de muestras de agua de consumo humano analizadas, de las localidades de Huascahura y Ranca, no se ha reportado la existencia de cloro residual; el 74,44% de las muestras (67) mostraron una turbidez mayor a 5 UNT, el 22,22% con 5 UNT y solo el 3,34 % presentaron una turbidez menor a 5 UNT.
3. El 100% (90) de las muestras de agua de consumo humano analizadas, de las localidades de Huascahura y Ranca, no cumplen con los LMP, establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano del MINSA, de algunos de los parámetros evaluados en la presente investigación.
4. El 100% (90) de las muestras de agua de consumo humano analizadas, de las localidades de Huascahura y Ranca, no son aptas para consumo humano.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Para estudios similares, se recomienda que el volumen de la muestra de agua a analizar debe ser mayor, para esto se debe utilizar otro tipo de muestreo y otra técnica de detección de formas parasitarias.
2. En estudios similares considerar además la detección de *Cryptosporidium* a través de coloraciones especiales.
3. Para mejorar la interpretación de los resultados, se recomienda realizar entrevistas a las autoridades y usuarios sobre el tratamiento que reciben las aguas de consumo humano y el monitoreo del mismo.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, S. y Mora, B. (2007). Contaminación del agua. *Revista Biocenosis* / Vol. 20 (1-2).
- Arcos, M., Ávila, S., Estupiñán, S., Gómez, A. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *NovaPublicación Científica* ISSN1794-2470 [Revista en Internet]. [Acceso 9 de octubre de 2015]: 3(4): 69–79. Disponible en: [http://www.unicolmayor.edu.co/invest\\_nova/NOVA/ARTREVIS2\\_4.pdf](http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/ARTREVIS2_4.pdf).
- Aurazo, M. (2004). Aspectos Biológicos de la Calidad del Agua. Tratamiento de Agua para Consumo Humano. Plantas de Filtración Rápida. Manual I: Teoría. Tomo I. CEPIS. Lima – Perú.
- Aurora. (2015, Agosto). *La contaminación del agua*. Disponible en: <http://ecolisima.com/la-contaminacion-delagua/>
- Baldursson, S., Karanis, P. (2011). Waterborne transmission of protozoan parasites: review of worldwide outbreaks - an update 2004-2010. *Water Res* [Revista en Internet]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22048017>
- Caccio, S. M. (2005). Molecular epidemiology of human cryptosporidiosis. *Parassitologia* [Revista en Internet]. [Acceso 7 de agosto de 2015]; 47: 185–92. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16252472>.
- CARE-PERÚ. (2001). Agua potable en zonas rurales: operación y mantenimiento de sistemas por gravedad sin planta de tratamiento. guía del participante versión adaptada por proyecto niños. Lima – Perú.
- Cruz, W. (2006). Calidad bacteriológica y parasitológica del agua de consumo humano, y su impacto en la morbilidad por enteropatógenos de mayor incidencia en los niños y niñas de centros educativos de educación primaria del distrito de Pichari, La Convención, Cusco-Valle del Río Apurímac. Facultad de Medicina Humana. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú.
- DePeru.com. (s.f.). Portal de Internet. <https://www.deperu.com/centros-poblados/huascahura-23365>
- Gallego, L. M., Heredia-Martínez, H. L., Salazar-Hernández, J. J., Hernández-Muñoz, T. M., Naranjo-García, M. M., Suárez-Hurtado, B. L. (2014). Identificación de parásitos intestinales en agua de pozos profundos de cuatro municipios. Estado Aragua, Venezuela. 2011-2012. Servicio Autónomo, Instituto de Altos Estudios "Dr. Arnoldo Gabaldon", Maracay, Venezuela. *Revista Cubana de Medicina Tropical*. Inicio > Vol. 66, No. 2.
- González, K., Rogelio, E., Rivas-Sandoval, N. (2018). Aguas, Suelos y Hortalizas como Fuente Potencial de Enteroparásitos en Niños de la Escuela Majara, Capira. Universidad de Panamá. *Tecnociencia* 2018, Vol. 20, N° 1: 5-26.
- Guadarrama, R., Kido-Miranda, J., Roldan-Antunez, G., Salas-Salgado, M. (2016). Contaminación del agua. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*. Vol.2 No.5 1-10.
- Guillen, A., González, M., Gallego, L., Suárez, B., Heredia, H. L., Hernández, T., Naranjo, M., Salazar, J. (2013). Presencia de protozoarios intestinales en



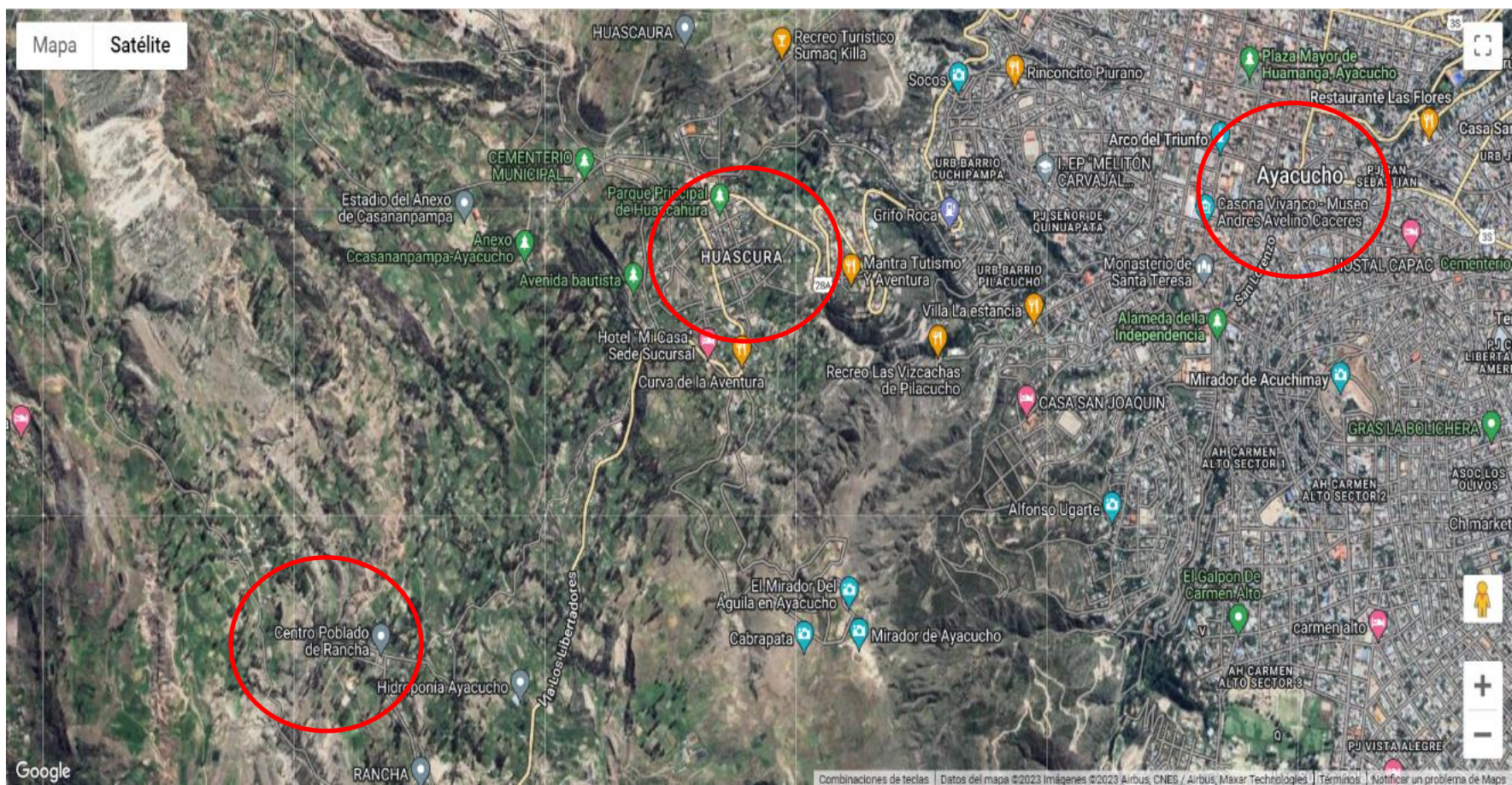
- agua de consumo en la comunidad 18 de Mayo. Estado Aragua-Venezuela, 2011. Boletín de Malariología y Salud Ambiental. Vol. LIII (1): 29-36.
- Huamuro, E., Rivera, C., Torres, L., Carbajal, L. (2019). Influencia de la calidad microbiológica del agua de consumo humano en la enteroparasitosis de los pobladores del sector Linderos Bajo – Jaén. Revista de Investigación Científica UNTRM: Ciencias Sociales y Humanidades 2(2): 39-42. <http://dx.doi.org/10.25127/rcsh.20192.527>.
- INEI. (2018). Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. <https://censo2017.inei.gob.pe/resultados-definitivos-de-los-censos-nacionales-2017/>
- Ingallinella A. M. (1997). Tratamiento de agua para consumo humano. Agua y manejo sustentable, EUDEBA, Buenos Aires. pp 89- 100.
- INGEMMET. (2020). Inspección geológica-geodinámica del Centro Poblado de Rancho. Informe Técnico N° A7007. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. Sector Energía y Minas. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. [https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/2544/1/A7007-Inspecci%C3%B3n\\_geol%C3%B3gica\\_Rancho-Ayacucho.pdf](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/2544/1/A7007-Inspecci%C3%B3n_geol%C3%B3gica_Rancho-Ayacucho.pdf)
- INEI (2020). Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico. [www.inei.gob.pe](http://www.inei.gob.pe)
- Jurado, X. (2015), Determinación de enteroparásitos en lechuga (*Lactuca sativa*) en almacenes de cadena y plazas de mercado del Municipio de Pasto – Nariño. Tesis de pregrado. Programa de Medicina Veterinaria. Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto. Colombia.
- Karagiannis, I., Sideroglou, T., Gkolfinopoulou, K., Tsouri, A., Lampousaki, D., Velonakis, E. N., et al. (2010). A waterborne *Campylobacter jejuni* outbreak on a Greek island. *Epidemiol Infect* [Revista en Internet]. [Acceso 7 de noviembre de 2015]; 138: 1726–34. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20836911>
- Marcó, L., Azario, R., Metzler, C., García, M. C., (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 4: 72-82.
- Madrid, S., Fernández, I., Torrejón, E. (2012). Manual de Parasitología Humana. Texto de Apoyo a la Docencia. Facultad de Ciencias Biológicas. Departamento de Microbiología. Universidad de Concepción. Chile.
- Martínez, M. R., Mendoza-Coronado, J. Y., Medrano-Solís, B. E., Gómez-Torres, L. M., Zafra-Mejía, C. A. (2020). Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora municipal. *Revista UIS Ingenierías*. Vol. 19, n.º 1, pp. 15-24.
- Menocal, L. y Caraballo, Y. I. (2014). Importancia de la vigilancia sanitaria de los parásitos en la calidad del agua, según su uso. Artículo de revisión. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. 2014;52(2):196-209.

- MINAM. (2017). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Diario Oficial El Peruano. Normas Legales.
- MINDIS. (2020). Agua con calidad para la población rural 2017-2019. Agua Más. Gestión de Proyectos de Inversión Social bajo la modalidad de Núcleo Ejecutor. Serie de Publicaciones 4. Lima Perú.
- MINSA. (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. DS N° 031-2010-SA. Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental. Ministerio de Salud. Lima – Perú.
- MINSA. (2014). “Detección de protozoarios y helmintos parásitos en agua de consumo humano”, Código AG.PE.01. Dirección de Gestión Ambiental. Ministerio de Salud – Perú.
- Neira, E., Okoro, C., McCarthy, N. D. (2007). Outbreak of waterborne cryptosporidiosis associated with low oocyst concentrations. *Epidemiol Infect* [Revista en Internet]. [Acceso 7 de noviembre de 2015]; 135: 1159–64. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17445321>.
- Olivas, E., Juan-Márquez, P. F., Di-Giovanni, G. D., Corral-Díaz, B., Osuna-Avila, P. (2013). Contaminación fecal en agua potable del Valle de Juárez. Publicado en *Terra Latinoamericana* 31: 135-143.
- Olivera-Nuñez, A. (2012). Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano. Acos Vinchos. Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
- OMS. (1995). Guías para la calidad del agua potable 2ª. Ed. Vol 1: Recomendaciones. Alsograf Ed., Spain.
- OMS. (1998). Guías para la Calidad del Agua Potable. 2da edición. Volúmenes 1 y 3. Ginebra.
- OMS. (2011). Guide lines for drinking-water quality. Ginebra. 564 p. disponible en: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf).
- Pérez, H. (2008). Acciones desinfectantes en la potabilización del agua en pequeñas comunidades. Trabajo de grado, modalidad monografía, presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero Civil. Universidad de Sucre, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil. Colombia.
- Pérez-Cordón, G., Rosales, M. J., Valdez, R. A., Vargas-Vásquez, F., Córdova, O. (2008). Detección de Parásitos Intestinales en Agua y Alimentos de Trujillo, Perú. *Rev. Perú. Med. Exp. Salud Pública*: 25(1): 144-48.
- Pinilla, G. (2010). An Index of Limnological Conditions for Urban Wetlands of Bogota City Colombia. *Ecological indicator*, 10(4), 848-456.
- Pinzón-Rondón, A., Gaona, M. A., Marlieke-Bouwman, Chávarro, L. A., Chafloque, J., Zuluaga, C., Aguirre, A., Espinosa, A. F. (2019). Acceso a agua potable, protección ambiental y parasitismo intestinal infantil en El Codito. Bogotá, Colombia. *Rev. Salud Pública*. 21 (1): 42-48.
- Pulido, H. S., y Carrillo, M. F. (2016). Diseño hidráulico de una planta de potabilización de agua en la Vereda de San Antonio de Anapoima. Recuperado de <https://bit.ly/2W6ZG5C>

- Ramírez, E., Tomasini, C., Navarro, J., y Esquivel, A., (2017). Remoción de microalgas de lagos urbanos por coagulación-floculación-sedimentación. XXII Congreso nacional de hidráulica. Acapulco, Guerrero, México.
- Ramírez-Bendezú, L. (2003). Calidad bacteriológica y parasitológica del agua de consumo humano, en los distritos de Kimbiri y Pichari del Valle Rio Apurímac. Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
- Ramo, A., Del Cacho, E.; Sánchez-Acedo, C; Quílez, J. (2017). Presencia de *Cryptosporidium* y *Giardia* en agua potable cruda y tratada en el noreste de España. *Ciencia del Medio Ambiente Total*. Volumen 580 páginas 1007-1013.
- Ríos, S., Agudelo-Cadavid, R. M., y Gutiérrez-Builes, L. A. (2016). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>
- Robertson, L. J., Hermansen, L., y Gjerde, B. K. (2006). Occurrence of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in sewage in Norway. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(8), 5297-5303. <https://doi.org/10.1128/AEM.00464-06>
- Rojas, V. (2015, Agosto). *Contaminación del agua*. <http://cuidatuaguacuidatuvidacolom.blogspot.mx/>
- Romero, M. (2008). Tratamientos utilizados en potabilización del agua. *Boletín Electrónico [Internet]*. [citado 2023 abr 14], 8, 1-12.
- Solarte, Y., Peña. M. y Madera, C. (2006). Transmisión de protozoarios patógenos a través del agua para consumo humano. *Colombia Médica*. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/283/28337111.pdf>
- SUNASS. (2004). La calidad del agua potable en el Perú. Superintendencia Nacional de Agua y Servicios de Saneamiento. Agencia de Cooperación Internacional del Japón. Lima – Perú.
- Takagi, M., Toriumi, H., Endo, T., Yamamoto, N., Kuroki, T. (2008). An outbreak of cryptosporidiosis associated with swimming pools. *Jan;82(1):14-9*. Japanese. doi: 10.11150/kansenshogakuzasshi1970.82.14. PMID: 18306673
- Taylor, E.V., Herman, K.M., Ailes, E.C., Fitzgerald, C., Yoder, J.S., Mahon, B.E. (2013). Common source outbreaks of *Campylobacter* infection in the USA, 1997-2008. *Epidemiol Infect* 2013; 141: 987–96. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22892294>.
- Villacís, L. y Karina, N. (2012). “Influencia de la calidad de agua de consumo humano en la presencia de parasitosis intestinal en niños de 5 a 9 Años de la Parroquia Cunchibamba-Ecuador, durante el período Marzo – Agosto 2012”. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/7472>
- Villamizar, I. (2020). Tecnologías para la potabilización y tratamiento de aguas superficiales en Colombia. Trabajo de monografía presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Químico. Programa de Ingeniería Química Departamento de Ingeniería Ambiental, Civil y Química Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad de Pamplona. Colombia.

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Ubicación geográfica de los centros poblados de Huaschura y Rancho en referencia a la ciudad de Ayacucho (<https://turismo.i.pe/488-mapa-de-ayacucho>)





**Anexo 2.** Vista panorámica de la Posta de Salud de Rancho – Ayacucho – Huamanga - Ayacucho



**Anexo 3.** Fotografía de grifo de agua de consumo humano ubicado en la Posta de Salud de Rancho



**Anexo 4.** Muestra de agua de consumo humano tomada en grifo ubicada en la Posta de Salud de Rancho





**Anexo 5.** Proceso de filtración de muestra de agua de consumo humano en ambientes de la Posta de Salud de Rancho



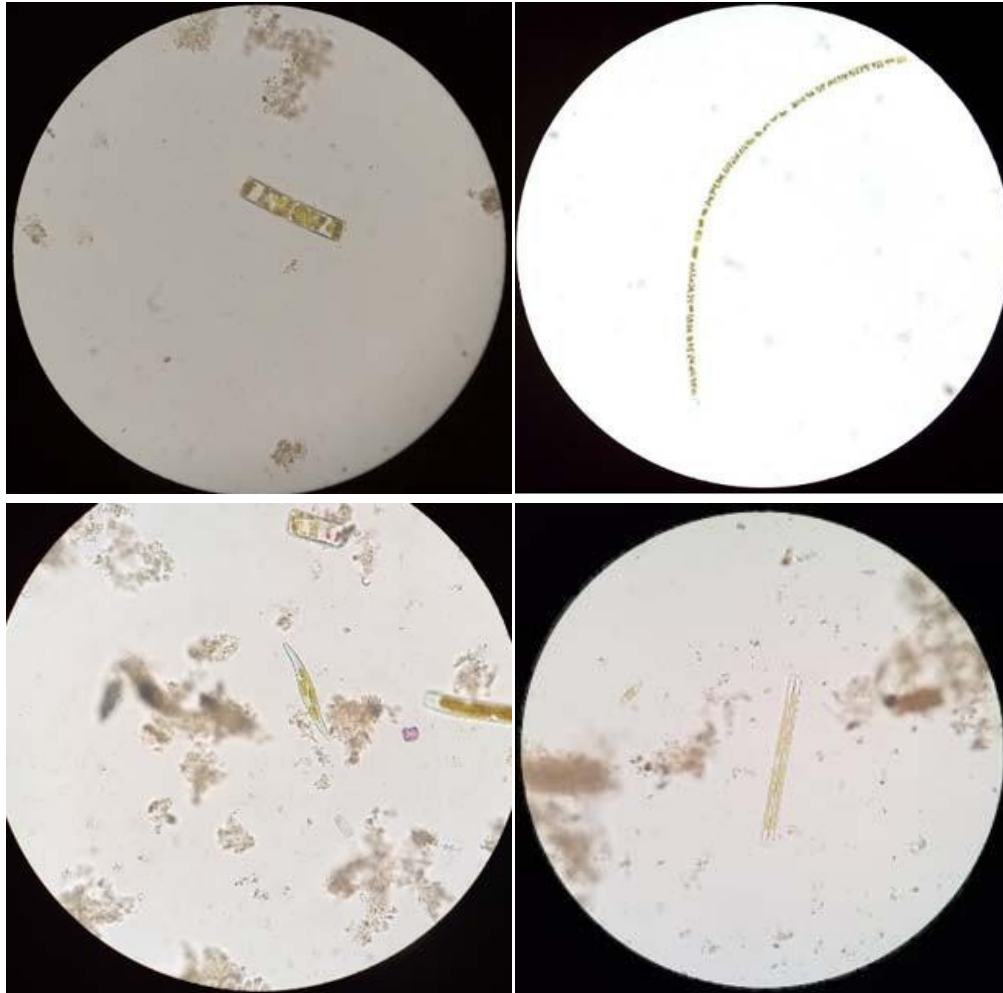
**Anexo 6.** Fotografía de embudos de filtración con filtros de membrana luego del filtrado de 20 litros de agua de consumo humano, Puesto de Salud de Rancho



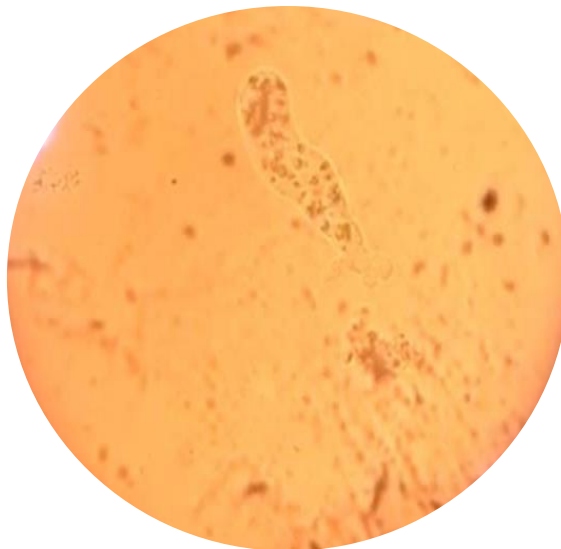
**Anexo 7.** Proceso de filtración de agua de consumo humano en ambientes del Laboratorio de al Laboratorio de Sanidad Ambiental de la Red de Salud de Huamanga



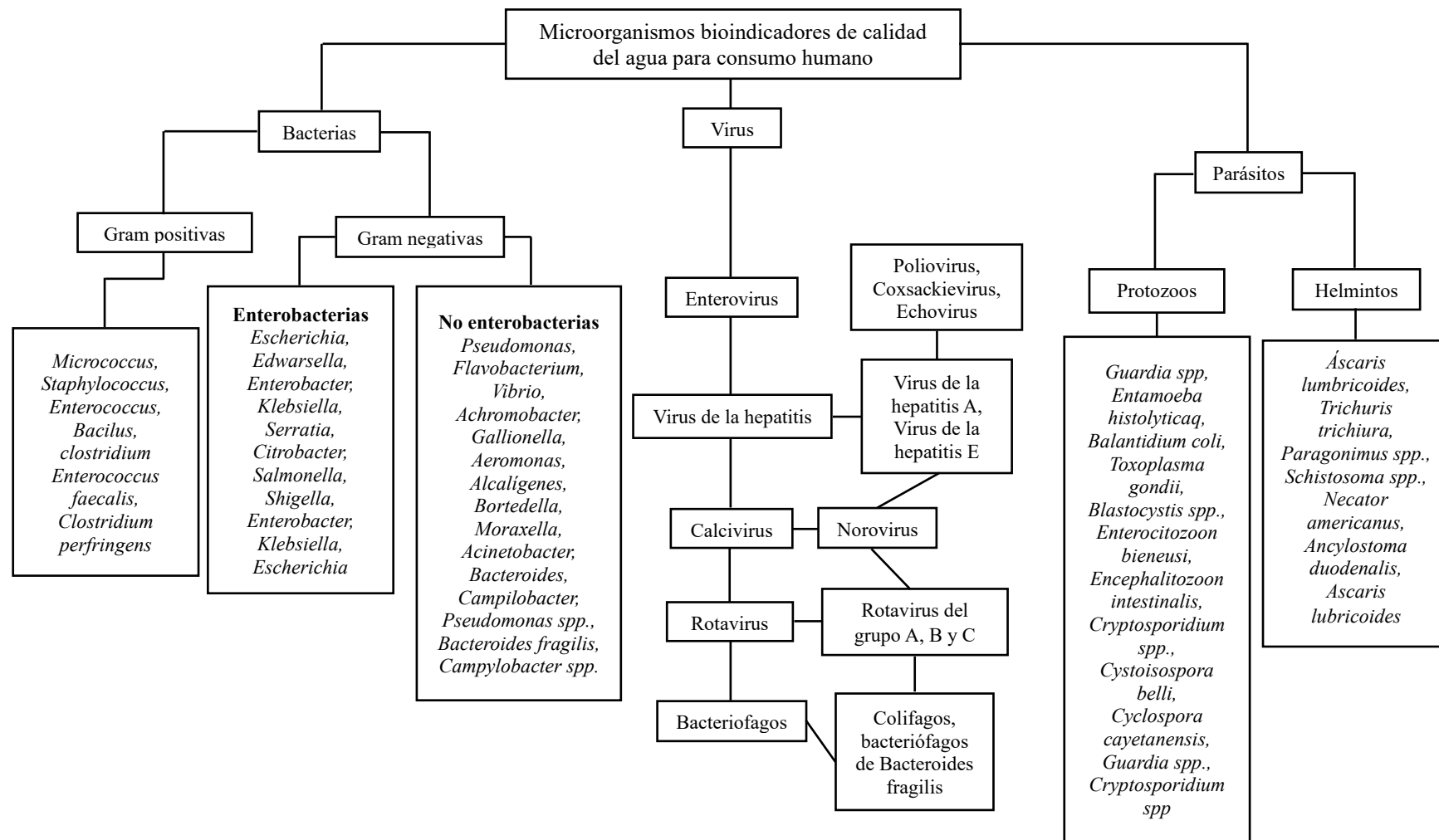
**Anexo 8.** Microfotografías (10X) de organismos de vida libre (microalgas) en filtrado de 20 litros de agua de consumo humano provenientes de las localidades de Huaschaura y Rancho – Ayacucho, 2018



**Anexo 9.** Microfotografía (40X) de organismos de vida libre (ameba) en filtrado de 20 litros de agua de consumo humano provenientes de las localidades de Huaschahura y Ranca – Ayacucho, 2018



**Anexo 10.** Organismos patógenos e indicadores de calidad contaminantes del agua de consumo humano (Ríos, et. al. 2016).



**Anexo 11. Matriz de consistencia**

Título: Enteroparásitos en aguas de consumo humano de los centros poblados de Huascahura y Ranca - distrito de Ayacucho 2018

<b>Problemas</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables e indicadores</b>	<b>Metodología</b>
¿Existirán enteroparásitos en aguas de consumo humano en los Centros Poblados de Huascahura y Ranca – Distrito de Ayacucho 2018?	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Determinar la presencia de enteroparásitos en aguas de consumo humano de los centros poblados de Huascahura y Ranca – Distrito de Ayacucho 2018.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar el conteo de los enteroparásitos encontrados en los grifos domiciliarios y piletas públicas de los centros poblados de Huascahura y Ranca.</li> <li>Determinar la concentración de cloro residual y turbidez en los grifos domiciliarios y piletas públicas de los Centros Poblados de Huascahura y Ranca.</li> </ul>	<p>Conociéndose que las aguas de consumo humano de los centros poblados de Huascahura y Ranca no son sometidas a potabilizaciones por procesos convencionales, además de ser cloradas muy esporádicamente, es de suponer que estas aguas tengan huevos y/o quiste de enteroparásitos.</p>	<p><b>Variable principal</b></p> <p>Enteroparásitos en aguas de consumo humano de Huascahura y Ranca.</p> <p><b>Indicador</b></p> <p>Número de Enteroparásitos por litro.</p> <p><b>Variables secundarias</b></p> <p>Cloro residual</p> <p>Turbidez</p> <p><b>Indicador</b></p> <p>UNT (unidad nefelométrica de turbidez). ppm (partes por millón).</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li><b>Tipo de investigación</b> Básica Descriptiva</li> <li><b>Nivel de investigación</b> Vertical</li> <li><b>Método de trabajo</b> Inductivo</li> <li><b>Diseño</b> Una casilla</li> <li><b>Población</b> Agua de consumo humano de Huascahura y Ranca</li> <li><b>Muestra</b> 90 muestras de 20 litros de agua de consumo humano</li> <li><b>Técnicas</b> Observación Descripción</li> <li><b>Instrumentos</b> Materiales de laboratorio Guía de análisis parasitológico de aguas.</li> </ol>



# UNSCH

## FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

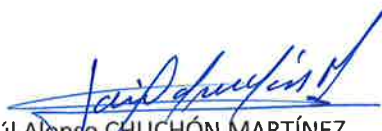
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS  
Bach. Greta PECEROS SULCA  
RESOLUCIÓN DECANAL Nº 215-2023-UNSCH-FCB-D

En la ciudad de Ayacucho, siendo las cuatro de la tarde del diez de noviembre del año dos mil veintitrés; se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, presidido por el Dr. Saturnino Martín TENORIO BAUTISTA; Dr. Saúl Alonso CHUCHÓN MARTÍNEZ (Miembro-Jurado); Mg. Rosa Grimaneza GUEVARA MONTERO (Miembro-Jurado); Mg. Rilder Nemesio GASTELÚ QUISPE (Miembro-4to. Jurado); Dr. José ALARCÓN GUERRERO (Miembro-Asesor); actuando como secretario docente el Mg. Jime Jack RIVERA VILLAR; para presenciar la sustentación de tesis titulada: **“Enteroparásitos en aguas de consumo humano de los centros poblados de Huasachura y Rancho – distrito de Ayacucho 2018”**; presentado por la Bach. Greta PECEROS SULCA; el Presidente luego de verificar la documentación presentada, indicó al secretario docente dar lectura a la documentación generada que refrenda el presente acto académico, luego de ello dispuso el inicio al acto de sustentación, indicando a la sustentante que dispone de cuarenta y cinco minutos para exponer su trabajo de investigación tal como establece el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Biología. Culminada la exposición, el presidente invitó a cada uno de los Miembros Jurado, a participar con sus observaciones, sugerencias y preguntas a la sustentante. Culminada esta etapa, el presidente invitó a la sustentante y al público asistente a abandonar momentáneamente el Auditorio para que los miembros del jurado evaluador puedan realizar las deliberaciones y calificaciones; cuyos resultados son los que se consignan a continuación:

Miembros del Jurado Evaluador	Exposición	Respuesta/preguntas	Promedio
Dr. Saúl Alonso CHUCHÓN MARTÍNEZ	15	14	15
Mg. Rosa Grimaneza GUEVARA MONTERO	16	16	16
Mg. Rilder Nemesio GASTELÚ QUISPE	16	14	15
PROMEDIO			15

La sustentante alcanzó el promedio de 15 aprobatorio. Acto seguido, el presidente autorizó el ingreso de la sustentante y el público al Auditorio dando a conocer los resultados e indicando que de este modo se da por finalizado el presente acto académico, siendo las seis de la tarde; firmando al pie del presente en señal de conformidad.

  
Dr. Saturnino Martín TENORIO BAUTISTA  
Presidente

  
Dr. Saúl Alonso CHUCHÓN MARTÍNEZ  
Miembro - Jurado

  
Mg. Rosa Grimaneza GUEVARA MONTERO  
Miembro – Jurado

  
Mg. Rilder Nemesio GASTELÚ QUISPE  
Miembro – 4to. Jurado

  
Dr. José ALARCÓN GUERRERO  
Miembro – Asesor

  
Mg. Jime Jack RIVERA VILLAR  
Secretario Docente





FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

DECANATURA - ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

Nº 12-2024-FCB-D

Yo, VÍCTOR LUIS CÁRDENAS LÓPEZ, Director de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **Enteroparásitos en aguas de consumo humano de los centros poblados de Huascahura y Ranca - distrito de Ayacucho 2018** por **GRETA PECEROS SULCA**; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 26%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario Nº 039-2021-UNSC-C.

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

Ayacucho, 18 de enero de 2024.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA  
  
-----  
Dr. Víctor Luis Cárdenas López  
DIRECTOR

# Enteroparásitos en aguas de consumo humano de los centros poblados de Huascahura y Rancho – distrito de Ayacucho 2018

*por* GRETA PECEROS SULCA

---

**Fecha de entrega:** 17-ene-2024 09:37a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2272540353

**Nombre del archivo:** PECEROS-\_SULCA-Greta-\_pregrado\_Tesis\_-\_2023\_TURNITIN.docx (828.2K)

**Total de palabras:** 15440

**Total de caracteres:** 80367

# Enteroparásitos en aguas de consumo humano de los centros poblados de Huaschahura y Rancho – distrito de Ayacucho 2018

## INFORME DE ORIGINALIDAD

26%

INDICE DE SIMILITUD

26%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<b>aprenderly.com</b> Fuente de Internet	10%
2	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	2%
3	<b>repositorio.utc.edu.ec</b> Fuente de Internet	1%
4	<b>repositorio.undac.edu.pe</b> Fuente de Internet	1%
5	<b>portal.amelica.org</b> Fuente de Internet	1%
6	<b>scielo.sld.cu</b> Fuente de Internet	1%
7	<b>repositorio.unj.edu.pe</b> Fuente de Internet	1%
8	<b>1library.co</b> Fuente de Internet	1%

9	<a href="http://www.scielo.org.co">www.scielo.org.co</a> Fuente de Internet	1 %
10	<a href="http://scielosp.org">scielosp.org</a> Fuente de Internet	1 %
11	<a href="http://www.repositorio.uancv.edu.pe">www.repositorio.uancv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
12	<a href="http://ridum.umanizales.edu.co:8080">ridum.umanizales.edu.co:8080</a> Fuente de Internet	1 %
13	<a href="http://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
15	<a href="http://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Centro Europeo de Postgrado - CEUPE Trabajo del estudiante	<1 %
17	<a href="http://repositorio.uancv.edu.pe">repositorio.uancv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://pirhua.udep.edu.pe">pirhua.udep.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://repositorio.udes.edu.co">repositorio.udes.edu.co</a>	

<1 %

21

[digital.cic.gba.gob.ar](http://digital.cic.gba.gob.ar)

Fuente de Internet

<1 %

22

[quimicaparaingenieria.blogspot.com](http://quimicaparaingenieria.blogspot.com)

Fuente de Internet

<1 %

23

CARLOS ALFREDO MACHICAO PEREYRA Y ASOCIADOS S.R.L.. "PAMA de Planta de Beneficio y Procesos de Rico Pollo-IGA0015873", R.D.G. N° 042-12-AG-DVM-DGAAA, 2022

Publicación

<1 %

24

Salcedo, Maria Teresa Aquino. "Factores Que Contribuyen o Limitan la Intervención Social Para la Gestión Sostenible en el Proyecto "Mejoramiento y ampliación De Los Servicios De Agua Potable y disposición Sanitaria De Excretas en la Parcialidad de Imata, del Distrito de Acora, Provincia Puno-Puno"", Pontificia Universidad Catolica del Peru (Peru), 2022

Publicación

<1 %

25

[repositorio.ulead.edu.ec](http://repositorio.ulead.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

26

[repositorio.unsch.edu.pe](http://repositorio.unsch.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

27	<a href="http://www.vivienda.gob.pe">www.vivienda.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://repositorio.espe.edu.ec">repositorio.espe.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
30	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
31	<a href="http://repository.libertadores.edu.co">repository.libertadores.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
32	<a href="http://dialnet.unirioja.es">dialnet.unirioja.es</a> Fuente de Internet	<1 %
33	<a href="http://adultosfechel.weebly.com">adultosfechel.weebly.com</a> Fuente de Internet	<1 %
34	<a href="http://apps.ucsm.edu.pe">apps.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
35	<a href="http://repositorio.udec.cl">repositorio.udec.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
36	<a href="http://tesis.unjbg.edu.pe">tesis.unjbg.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
37	Submitted to Universidad Autónoma de Nuevo León Trabajo del estudiante	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias &lt; 30 words

Excluir bibliografía

Activo