

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR**

**Sede Esmeraldas.**



**ESCUELA DE GESTION AMBIENTAL**

**TESIS DE GRADO**

**TÍTULO:**

**“ANALISIS DE LA CONDICIÓN DEL AGUA EN EL ESTUARIO Y  
RÍO ATACAMES A TRAVES DE LA IDENTIFICACIÓN Y  
CUANTIFICACIÓN DE HUEVOS DE HELMINTOS”.**

Tesis previa a la obtención del Grado Académico de INGENIERIA EN  
GESTION AMBIENTAL

**AUTOR:**

**Andrés Ramos Caicedo**

**ASESORA:**

**Dra. Patricia Molleda Martínez**

**ESMERALDAS, 2015**

“Trabajo de tesis aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por el reglamento de Grado de la PUCESE previo a la obtención del título de INGENIERO EN GESTION AMBIENTAL”.

Presidente tribunal de Graduación

Lector 1

Lector 2

Director de Escuela:  
Ing. Carlos Torres

Director de Tesis:  
Dra. Patricia Molleda

Fecha:

**Autoría:**

“Yo, *Andrés Ramos Caicedo*, declaro que la presente investigación enmarcada en el actual trabajo de tesis es absolutamente original, auténtica y personal. En virtud que el contenido de ésta investigación es de exclusiva responsabilidad legal y académica de la autor” y de la PUCESE.

Nombre del estudiante:

Andrés Ramos Caicedo

Cédula de Identidad:

0803150341

## INDICE.

AUTORIA:	II
RESUMEN.	VII
ABSTRACT.	VIII
1. Introducción.	1
1.2. Problemática y planteamiento del problema.	2
1.3. Marco de referencia.	4
1.3.1. Características del área de estudio.	4
1.3.2. Cuenca del río Atacámes.	4
1.3.3. Uso de suelo.	5
1.3.4. Bases teóricas-científicas.	6
1.3.4.1. Importancia del estudio del agua.	6
1.3.4.2. Definiciones conceptuales.	7
1.3.4.3. Impactos por la contaminación de ríos.	9
1.4. Marco legal.	10
1.4.1. Normativa ecuatoriana.	10
1.4.1.2. Constitución de la República del Ecuador.	10
1.4.1.3. Ley de aguas.	11
1.4.1.4. Tulas (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria).	11
1.4.1.5. Norma Técnica Ecuatoriana INEN.	12
1.5. Controles de organismos internacionales de presencia de huevos de helmintos en Agua.	12
1.6. Normativa mexicana.	13
2. Metodología.	14
2.1. Identificación del Área de estudio.	14

2.2. Características del área de muestreo.	16
2.3. Materiales y métodos.	18
2.3.1.Descripción del Método Bailenger:	19
2.3.1.1. Preparación de la muestra.	19
2.3.1.2. Concentración de la muestra.	19
2.3.1.3. Observación de la muestra.	20
2.3.1.4. Determinación cuantitativa.	21
2.3.1.5. Identificación	21
2.3.1.6. Análisis Estadístico.	21
2.4. Índice de Similitud (Jaccard-sorensen	22
3. Analisis de Resultados.	23
3.1. Huevos de helmintos encontrados en el río Atacames.	23
2.2. Temperatura del río Atacames.	25
3.3. pH del río Atacames.	26
3.4. Especies de huevos de helmintos observados con mayor abundantes en las aguas del río Atacames.	26
3.5. Índice de similitud entre las comunidades de huevos de helmintos río Atacames.	28
3.6 Relación entre presencia de huevos de helmintos y los puntos de muestreos en el río Atacames	29
3.7. Relación entre la presencia de huevos de helmintos y el pH del agua en el río Atacames.	30
3.8. Relación entre los huevos de helmintos y la Temperatura del agua en el río Atacames.	31
4. Discusión.	32
4.1. Diferencia entre la presencia de huevos de helmintos índices similitud	32
4.2. Análisis del pH/Huevos de helmintos encontrados en el río Atacames.	34
4.3. Análisis de la Temperatura/Huevos de helmintos encontrados en el río	35

Atacames.	
4.4. Concentración de huevos de helmintos en el río Atacames en relación con la permitida en la Normativa Internacional.	36
5. Conclusiones.	38
6. Recomendaciones	39
9. Bibliografía.	40
10. Anexos.	49

### **Lista de Figuras en Texto.**

Figura 1. Ciclo de vida general de huevos de helmintos	9
Figura 2. Mapa de Puntos de muestreo en el río Atacames.	15
Figura 3. Punto 1 Estuario del río Atacames.	16
Figura 4. Punto 2 Recinto Las luchas.	17
Figura 5. Punto 3 Recinto Las Vegas.	17
Figura 6. Punto 4 Repartidero parte alta del río Atacames	18
Figura 7. Cámara de McMaster para conteo de huevos de helmintos (capacidad 0,15ml).	20
Figura 8. Temperatura del río Atacames en cada punto de Muestreo.	25
Figura 9. pH del río Atacames en cada punto de Muestreo.	26
Figura 10. Porcentajes de concentración de especies de huevos helmintos encontrados en el río Atacames.	27
Figura 11. Distribución especie de huevos de helmintos en el río Atacames.	27
Figura 12. Relación entre la media (m) de huevos de helmintos y puntos muestreados en el río Atacames	29
Figura 13 Relación entre la media de huevos de helmintos y el pH del agua en los puntos muestreados en el río Atacames.	30
Figura 14. Relación entre la media de huevos de helmintos y la Temperatura del agua en los puntos muestreados en el río Atacames.	31

## Lista de tabla en Texto.

Tabla I. Cobertura y uso del suelo	5
TABLA II. Puntos de muestreo (coordenadas UTM).	15
Tabla III. Total de huevos de helmintos observados en el río Atacames durante los meses de muestreos	24
Tabla IV. Índice de similitud cualitativo de Jaccard entre los puntos de muestreos del río Atacames	28
Tabla V. Índice de similitud cuantitativo de Sorensen entre los puntos de muestreos del río Atacames	28
TABLA VI. Contenido de huevos de helmintos en las Parroquias Atacames y La Unión	33

## Lista de Anexo.

Anexos	49
FOTO 1. Huevo de <i>Trichuris spp.</i>	49
FOTO 2. Huevo de <i>Ascaris spp.</i>	50
FOTO 3. Huevo de <i>Hymenolepy spp</i>	50
FOTO 4. Huevo de <i>Ancylostoma spp.</i>	51
FOTO 5. Huevo de <i>Oxiuros spp.</i>	51
FOTO 6. Huevo de <i>Schistosoma spp</i>	52
FOTO 7. Huevo de <i>Coccidio spp</i>	53
FOTO 8. Huevo de <i>Taenia spp</i>	54
FOTO 9. Huevo de <i>Trichostrongylus spp</i>	54

**TÍTULO:** Análisis de la condición del agua del estuario y río Atacames a través de la Identificación y cuantificación de huevos de helmintos.

**Resumen.**

Dado que el cantón Atacames no posee un sistema integral de sanidad Ambiental (Alcantarillado, Agua potable, Sistema depuración de aguas), las aguas residuales de todos sus poblados son descargadas de forma directa al río. Estas descargas líquidas con altos contenidos orgánicos al río, llegan a provocar la presencia de microorganismos contaminantes del agua; como los huevos de helmintos, los que representan un riesgo potencial para la salud de los pobladores que hacen uso directo del agua de este río.

Consecuentemente se hace necesario conocer la situación que presenta el agua del río Atacames, habiéndose levantado información que pueda servir de apoyo a las instituciones encargadas en la toma de decisiones para la gestión de este río. Para ello durante el año 2013 en los meses de Julio, Septiembre, Noviembre y Diciembre se tomaron muestras de aguas en cuatro puntos, distribuidos a lo largo de la zona alta, media y baja [Estuario] del río, observando como variaban las concentraciones de huevos de helmintos a lo largo de este curso, y si éstas guardan relación con factores del ambiente como la Temperatura y el pH.

Luego de analizar 16 muestras de agua del río se identificaron con el método Baileger huevos de 9 especies de helmintos, observándose promedios de concentraciones diferentes en cada parte del río, teniéndose en la zona alta 500 Huevos de Helmintos/Litro (HH/L), en la zona media 1500 HH/L y en la zona baja (Estuario) 2000 HH/L. Además se observó una tendencia en los huevos de helmintos donde aumentan su número en los puntos donde la temperatura es mayor y el pH disminuye.

**TITLE:** Analysis of the water conditions in the Atacames River Estuary through the identification and quantification of helminth eggs.

### **Summary.**

Since the Canton of Atacames lacks a comprehensive system of environmental sanitation (sewage, drinking water, water purification system), the waste from the villages is discharged directly into the river has added high organic content to the River and increased the quantity of contaminated microorganisms (helminth eggs) in the water. These parasitic worms represent significant health risks (intestinal nematode infections and faecal bacterial diseases) to the people that are directly using the River water.

Consequently, this research was necessary to understand the water quality of the Atacames River so that the data will assist the institutions responsible for making river management decisions. To accomplish this, water samples were taken at four points distributed along the high, medium and low [Firth] River area during the months of July, September, November and December of 2013. The objective was to document the varied concentrations of helminth eggs along the River's course and ascertain if they are related to environmental factors such as temperature and pH.

After analyzing 16 samples of river water using the Bailenger method, 9 species of helminth eggs were identified and the concentration levels were different on each side of the river. Upriver water samples contained 500 helminth eggs per liter (HH/L). Midstream samples demonstrated 1500 HH/L. Water samples from the lower River (Estuary) had 2000 HH/L. Additionally, a trend was observed, there were increased numbers of helminth eggs in samples originating from locations with higher temperatures and lower pH levels.

## 1. **Introducción.**

Los ríos tienen importancia en el desarrollo de actividades realizadas por el ser humano generando muchas veces alteraciones en sus condiciones naturales normales. Las aguas de los ríos contribuyen en la contaminación de las aguas dirigidas directamente al mar (Escobar, 2002), esto es reconocido por la “FAO en su conferencia Efectos en los Recursos Vivos (Roma, 8–9 de diciembre de 1970), donde se estableció que la mayor parte de la contaminación que llega al mar lo hace a través de los ríos y por la escorrentía costera produciendo importantes efectos en los estuarios y recursos vivos”.

Entre las alteraciones del hombre que causan contaminación se encuentran el manejo inadecuado y disposición del sistema de aguas residuales que contaminan los cultivos, las agua y los alimentos, estos al ser ingeridos sirven de vehículo para transmitir enfermedades específicamente causadas por helmintos denominadas helmintiasis. La helmintiasis es una enfermedad que mayormente se presenta en países en vías de desarrollo especialmente en zonas donde son deficientes las condiciones de saneamiento (Jiménez, 2007; MSPU, 2003). Es importante reconocer que aunque los helmintos son gusanos no microscópicos sus huevos son agentes infecciosos muy resistentes a las condiciones adversas del medio ambiente (Maya et al, 2008).

La presencia de parásitos patógenos en el agua residual presenta un alto riesgo a las personas y constituye un problema a la salud pública, especialmente en los países de escasos recursos sanitarios y sobre todo de zonas tropicales. Su alto riesgo a la salud se debe principalmente a que: sus estadios presentan una alta persistencia en el ambiente, su dosis mínima infectiva es de un huevo, no existe inmunidad en los humanos. Además de la altísima capacidad de ovoposición (N° huevos/día) durante los 10 a 24 meses que tienen de vida, por ejemplo: *Ascaris* 200 000, *Hymenolepis* 100 000, *Trichuris* 5 000 a 7000 y *Taenia* 700 000 (Ellis, et al., 1993; CIRA, 2007).

El río Atacames de acuerdo con el Programa de manejo de recursos costeros (PMRC, 1993) en el “Estudio de la Calidad de agua costera ecuatoriana” hace mención que el

mismo recibe descargas directas de aguas servidas así como basuras y desperdicios, también que las mediciones de parámetros físico-químicos que no se presentan en rangos normales, además basándose en la investigación de Rodríguez Moran, 2002 se podría mencionar que la condiciones naturales del río Atacames están siendo seriamente afectadas.

## **1.2. Problemática y planteamiento del problema.**

Comúnmente las poblaciones rurales consumen directamente agua de los ríos, sin tener mucho conocimiento de las condiciones de estas aguas, es decir, sin saber si son adecuadas para consumo humano o uso doméstico.

Resulta importante investigar las condiciones que presentan los ríos, debido que la calidad de los recursos medioambientales está estrechamente ligada al bienestar humano, y a los condicionantes económicos, que ayudan mejorar las condiciones de vida de los habitantes de la zona (López *et al.*, 1996). Los huevos de helmintos forman parte de los indicadores de contaminación microbiológica en aguas, de esa forma logrando “determinar este tipo de microorganismos presentes en un cuerpo de agua y su concentración proporciona una herramientas indispensable para conocer la calidad de la misma y para la toma de decisiones en relación al control de vertidos, tratamiento de aguas y conservación de ecosistemas, evitando así el riesgo de contaminación de las personas y el ambiente” (Arcos *et al.*, 2005).

Las enfermedades ocasionadas por parásitos intestinales son un problema de salud pública en países tropicales, entre ellos países Latinoamericanos como el nuestro, debido a las elevadas tasas de personas infectadas (Restrepo *et al.*, 2013). A pesar de la política, la voluntad y las acciones concretas desarrolladas la transmisión de los parásitos se ven favorecida a través de prácticas como el fecalismo al aire libre, el empleo de estiércol humano como abono y el agua no filtrada. El uso de agua con riesgo de contener agentes parasitarios, representa una amenaza para la salud, por la posible transmisión de patógenos entéricos presentes en las mismas. Los huevos de helmintos (HH) específicamente, son los de mayor riesgo de transmisión por sus largos períodos

de supervivencia en el ambiente. La prevención de la contaminación del medio y las medidas para el control de las infecciones parasitarias intestinales pueden ser favorables para disminuir la incidencia de diarrea y la transmisión fecal-oral de parásitos intestinales en comunidades humanas (Lenina et al., 2004). La presencia de Huevos de Helmintos es un parámetro tomado en cuenta para medir la calidad del agua asociada, con la reutilización de aguas regeneradas para riego sin restricciones (Veolia Water, 2008).

El uso de huevos de helmintos como indicadores surgió a partir de los estudios realizados por el Banco Mundial en la década de los 80, en estos estudio se evidenció el riesgo de transmisión por estos parásitos, por el uso de agua cargada con huevos de helmintos para la agricultura y, su persistencia tanto en el suelo regado como en los alimentos que se consumen crudos (Campos et al., 2009).

En la zona de estudio existen algunas sitios con una población estimada en 2540 habitantes (INEC, 2010) ubicadas a lo largo de la ribera del río Atacames, esta zona no cuenta con sistema de agua potable y alcantarillado, por la tanto la necesidad del recurso es cubierta directamente del río (GADMA, 2012)

La posible contaminación de las aguas superficiales del río Atacames sería causada por aguas residuales de origen doméstico “pozo sépticos y letrinas” (GADMA, 2012) y pecuario que pueden degradar los entornos acuáticos, especialmente cuando estos son usados como suministros de aguas de consumo, para zonas de recreación y otras actividades cotidianas de la población (Payan, 2009).

En función de lo expuesto el presente estudio persigue demostrar que la falta de un sistema integral de saneamiento ambiental en zonas pobladas del río Atacames, implica que sus aguas disminuirían la calidad por el aumento de la cantidad de huevos de helmintos, teniéndose como objetivo central describir la condición del agua en función de la presencia, distribución y abundancia de huevos de helmintos presentes en este río y para demostrarlo en la investigación se planteó cumplir las siguientes condiciones; Identificar y cuantificar huevos de helmintos del agua en la parte media, alta y el estuario, Describir la relación de temperatura y pH con la distribución de huevos en el

rio, y Contrastar la abundancia de los huevos de helmintos encontrados con los niveles máximos permitidos en normativas internacionales.

### **1.3. MARCO DE REFERENCIA**

#### **1.3.1. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.**

La provincia de Esmeraldas está situada en el extremo Noroccidental de la República del Ecuador; limitada al norte con la República de Colombia, al sur con la provincia de Manabí, al este limita con la provincia de Imbabura y de Pichincha y al oeste se encuentra bañada con el Océano Pacífico. Tiene una extensión de 15.954 km<sup>2</sup> que la conforman los cantones: Esmeraldas, Eloy Alfaro, Atacames, Muisne, Quinindé, San Lorenzo y Rioverde y su población se estima en 450.000 habitantes (Municipio de Esmeraldas, 2010).

El cantón Atacames tiene una extensión de 507,2 km<sup>2</sup> con una población de 30.267 habitantes, se ubica al Norte con el Océano Pacífico, al Sur con la parroquia Carlos Concha y el cantón Muisne, al este con el Cantón Esmeraldas, y las parroquias de Vuelta Larga y Tabiazo, al oeste con las parroquias de San Francisco y Galera del cantón Muisne, al noreste con la parroquia de Tonsupa y al suroeste con Súa (GADPE, 2010).

#### **1.3.2. CUENCA DEL RÍO ATACÁMES.**

La demarcación hidrográfica establecida por el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (actualmente SENAGUA), muestra que la cuenca del río Atacámes incluye al río Atacames, los esteros Taseche, Tonsupa, Seco, Culiba y drenajes menores, estos últimos desembocan directamente al Océano Pacífico.

El río Atacámes forma parte de la cuenca hidrográfica del mismo nombre, comprende los esteros Tazones, Playa Grande, Taseche, Cumbe, Salima y esteros menores afluentes como de la Peña, El Mono, Plata, Partidero, Cusumbi, Tasonito, Agua fría, Tigre. La Cuenca del Atacames se encuentra en la provincia de Esmeraldas, cantón Atacámes. Las parroquias ubicadas dentro de la cuenca son Atacámes con el 44% del área, seguida de La Unión de Atacámes con el 50% y Tonsupa con el 6% (GIZ, 2012).

### 1.3.3. USO DE SUELO.

Según el mapa de cobertura y uso de suelo del Gobierno Provincial de Esmeraldas del 2010, la unidad hidrográfica del río Atacámes estaría conformada mayoritariamente por pastos con el 53% seguido de áreas boscosas intervenidas con el 27%, siendo la actividad pecuaria la principal fuente de intervención.

**Tabla I. Cobertura y uso del suelo**

Cobertura	Área ha	Porcentaje
Bosque de Balsa	59	0,3
Bosque de Eucalipto	202	0,9
Bosques medianamente intervenidos	397	1,8
Bosques muy intervenidos	6085	26,9
Bosques secundarios de bosques secos	1736	7,7
Camaroneras	330	1,5
Cultivos agro industriales	9	0,0
Cursos de agua	27	0,1
Herbazales naturales de zonas bajas	132	0,6
Pastos plantados con árboles dispersos	2687	11,9
Pastos plantados degradados	5720	25,3
Pastos plantados puros	3807	16,8
Sistemas agroforestales	1111	4,9
Zonas Urbanas	201	0,9
Zonas de expansión urbana	116	0,5

Fuente: GAD provincial Esmeraldas, 2010

La Tabla I muestra que el 88% de la cuenca del río Atacámes está dedicada a actividades agropecuarias seguido de actividades agroforestales en un 9,5%, camaroneras con 2,4%, y finalmente un porcentaje muy reducido las actividades agroindustriales con apenas un 0,07%. En cuanto a la protección de la cuenca del río Atacámes, el 13% de su área se encuentra dentro de la Reserva Ecológica Mache Chindul, con un área de 30km<sup>2</sup>. En la parte del estuario del río Atacámes se

encuentran remanentes del ecosistema Manglar, que ha sido deteriorada y ocupada principalmente para la construcción de piscinas camaroneras y asentamientos urbanos (GIZ, 2012).

#### **1.3.4. BASES TEÓRICAS-CIENTÍFICAS.**

##### **1.3.4.1. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DEL AGUA.**

El agua viene siendo un elemento indispensable e integrador en todos los territorios por lo tanto “los cambios en la calidad y cantidad de las aguas de los ríos será el reflejo del comportamiento de todas las personas que habitan la cuenca” (Umaña, 2002). De ahí la importancia de conservar y mantener la calidad de las fuentes naturales, de manera que se garantice su sostenibilidad y aprovechamiento para las futuras generaciones.

En países en vías de desarrollo como el Ecuador es común observar la alteración de la calidad de cuerpos de agua de ríos como el Atacámes. La contaminación de las aguas superficiales que sirven como fuente de abastecimiento es un aspecto que está siendo evaluado a nivel mundial, esta contaminación se debe al vertido de los desagües sin ningún tratamiento (Aurazo de Zumaeta, 2004).

Según Campos (2008) la presencia de microorganismos como los helmintos en aguas, serían apropiados para ser usados como indicadores microbiológicos de contaminación en fuentes de aguas. Los huevos de helmintos son muy resistentes a las condiciones adversas del ambiente porque son capaces de soportar factores naturales como la temperatura, la pluviometría, la radiación solar, la humedad relativa, etc. Por ejemplo los huevos de *Ascaris sp* resisten la radiación solar ya que estos huevos están provistos de gruesas cubiertas pigmentadas a diferencia de los huevos de *Anquilostomas sp* que tienen cubiertas muy finas y carentes de pigmentos, por lo cual se prefiere usar al *Ascaris sp* como indicador de contaminación antes que al *Anquilostomas sp*.

La acción directa de los seres humanos sobre los cuerpos de agua ha producido alteraciones en este ambiente repercutiendo de forma decisiva, continua e irreversible en la calidad de los cuerpos de agua logrando la ampliación de la distribución de un

gran número de parásitos, por crear un medio ambiente idóneo para su desarrollo, por lo cual la observación de la presencia de huevos de helmintos en el agua es importante (Gallego, 2006).

Como se mencionó anteriormente, la presencia de huevos de helminto en aguas del río Atacámes, podría constituir un riesgo a la salud pública de sus usuarios, debido principalmente a que estos parásitos presentan una alta persistencia en el ambiente, y son resistentes a los procedimientos convencionales de desinfección (tratamiento con cloro), además como se comentó anteriormente tienen una altísima capacidad de ovoposición (huevos puestos en un día).

#### **1.3.4.2. Definiciones conceptuales.**

- a) Bioindicadores.- Son organismos o un conjunto de ellos que muestra la propiedad de responder a la variación de un determinado factor abiótico o biótico del ecosistema, sensibles al medio que según las alteraciones que se presenten estos pueden llegar a desaparecer o por el contrario prosperar ante la contaminación. (Gonzales, 2014). Es decir que un indicador biológico es característico de un ambiente, esto hace posible de una forma más sencilla y menos costosa determinar la calidad del agua. Por ejemplo los huevos de helmintos son indicadores de contaminación por parásitos en agua (CIRA, 2007; Chávez et al 2011), cuando se mide este tipo de indicadores, se puede cuantificar la magnitud de la alteración, las características del hábitat y el grado de exposición del estímulo que lo provoca o el grado de respuesta ecológica a la exposición. Es decir es una técnica ecológica que se sustenta en la medición presencia o ausencia de organismos específicos (De la Lanza, 2000).
  
- b) Biotopo.- se da el nombre de biotopo a la zona de un área geográfica que reúne las condiciones ambientales determinadas que permitan el desarrollo y la propagación de cada parasito en particular. Estas zonas de superficie o volumen variables, de características fisiográficas homogéneas y constantes, sea cual sea el área geográfica en que se encuentren constituye el biotopo del parasito (Gallego, 2006).

- c) Helminthos.- Helmintho es un término designado a un amplio aplicado grupo de organismos que incluye a gusanos de vida libre, y parásitos que puedan vivir dentro o fuera de sus hospedadores, causando infecciones a causa del consumo de agua y alimentos contaminado con huevos fértiles o larvas infectantes. (Gallego et al, 2012).

En los helminthos, el huevo es un estadio de desarrollo de gran importancia para el diagnóstico de la helmintiasis; en ocasiones el tamaño, forma y ornamentación son útiles para la identificación a nivel de género o especie (Cruz et al., 2001).

Los huevos de diferentes parásitos que se encuentran en las aguas residuales tales como; *Áscaris lumbricoides*, *Trichuristrichiura*, *Toxocarasp*, *Uncinariasp*, *Hymenolepis nana*, *Hymenolepis diminuta*, *Taenia sp.*, *Enterobiusvermicularis.*, se encuentran comúnmente en un número relativamente grande en el medio ambiente (CEN, 2008), así es uno de los grupos más importantes de indicadores de contaminación microbiológica en aguas residuales, las características que permiten que estos ser considerados indicadores es su resistencia al ambiente lo que provoca que sobrevivan años y, las estructuras que rodean estos huevos, con capas muy resistentes, impermeables a una gran variedad de sustancias, las cuales les proporcionan resistencia mecánica y química, previniendo su destrucción y desecación (Ortiz, 2010).

- d) Características de huevos de helminthos.- Una característica importante de los huevos de helminthos es que tienen una cáscara que se compone de capas básicas, 3-4 capas con una composición química específica: una capa interna lipóide, una capa media de quitina y una capa externa de proteínas. Todas estas capas hacen a los huevos muy resistentes a varias condiciones ambientales. (Jiménez, 2007).

- e) Ciclo de vida de los Helmintos.- “La mayoría de los helmintos tienen ciclos vitales complejos que incluyen estados de vida libre (fuera del hospedador), y estadios de vida parasitaria, (dentro de insectos, caracoles, mamíferos, etc.) y muy estrechamente relacionados a las condiciones climáticas y ambientales. Tras eclosionar de los huevos, casi siempre al exterior del hospedador, el desarrollo de todos los helmintos parásitos pasa por una serie más o menos compleja de estadios larvarios “(Junquera, 2007). “Se reproducen sexualmente formando huevos fértiles, que dan lugar a larvas de diversa morfología y tamaño variable, algunas de las cuales pueden presentar varios estadios muy diferenciados entre sí en uno o diversos huéspedes intermediarios hasta transformarse en adultos” (Sandoval, 2011). (Figura 1).

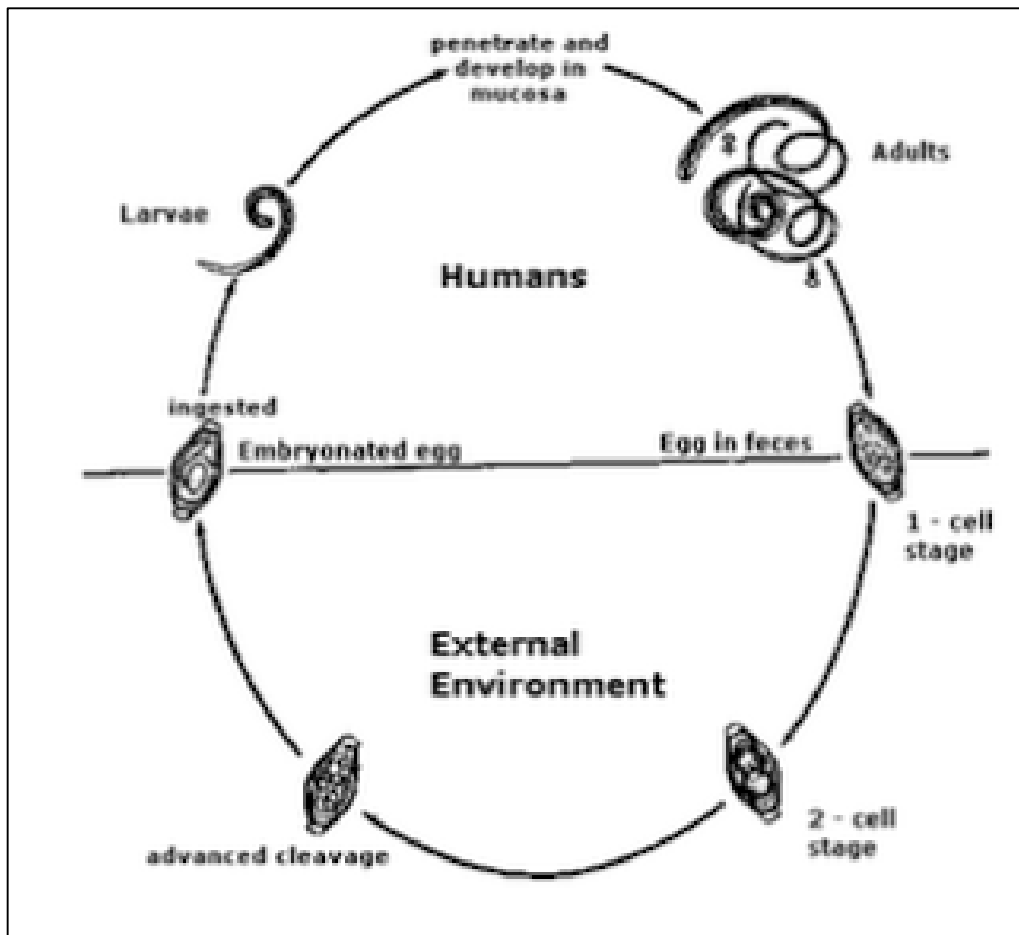


Figura 1 Ciclo de vida general de huevos de helmintos Fuente: Sandoval, 2011..

### **1.3.4.3. IMPACTOS EN LA CONTAMINACIÓN DE LOS RÍOS.**

Alrededor del mundo la disminución de la calidad del agua se ha convertido en un problema preocupante, ya que las poblaciones humanas crecen, las actividades realizadas por el hombre se incrementan como la agricultura sin control, deforestación, explotación maderera, canales de riego, minería, y “descargas humanas” (ONU, 2014) todo esto está reduciendo la disponibilidad del recurso agua. En países en desarrollo aproximadamente el 90% de las aguas residuales se descargan sin tratamiento previo a ríos, lagos o mares (Fundación Friedrich Ebert, 1999). Este tipo de problema ha causado que actualmente diversos países del mundo desarrollen programas de control, conservación y gestión de sistemas acuáticos con la finalidad de hacer uso sustentable del agua.

Nuestro país no es ajeno a esta realidad mundial, pues la mayoría de los ríos del Ecuador se encuentran contaminados con desechos sólidos, aguas servidas, en general los vertidos se eliminan sin un tratamiento previo en todo el país excepto en la ciudad de Cuenca (Iñiguez et al., 2011).

La contaminación de los ríos por descargas domésticas, industriales, agrícolas y acuícolas tiene impactos ambientales drásticos, como la eutrofización y sedimentación de los ríos, causados por el desmedido aumento de nutrientes y materia orgánica en el agua, así mismo, se registran malos olores y problemas estéticos. Además el déficit de cobertura en el saneamiento tiene graves consecuencias sobre la salud humana, según el MIDUVI hasta al año 2000 se registró 1.000 muertes de niños causadas por enfermedades relacionadas con la contaminación del agua, principalmente por diarreas.

El Consejo Nacional de Recursos Hídricos en el 2006 reportó que otras enfermedades como el cólera, la tifoidea y la hepatitis tipo A, también han sido detectadas como consecuencia de dicha contaminación. El mismo problema ocasionó que en el 2003 se declarara no apta para uso humano directo el agua de cuatro ríos importantes del país: Mira, Esmeraldas, Guayas y Pastaza (GeoEcuador, 2008).

## **1.4. MARCO LEGAL.**

### **1.4.1. NORMATIVA ECUATORIANA.**

#### **1.4.1.2. CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA.**

Dentro de los artículos relativos a la calidad ambiental y de los ríos encontramos:

Art. 12. Reconoce que el recurso agua es un derecho humano fundamental e irrenunciable y es patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Art. 14. Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay.

Art. 411. Se garantiza por parte del Estado la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

#### **1.4.1.3. LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA.**

En esta ley del 31 de Julio del 2014, emitida por la asamblea nacional se establecen artículos tales como:

Art. 36.- Deberes Estatales en la Gestión Integrada.

Literal b) Regular los usos, el aprovechamiento del agua y las acciones para preservarla en cantidad y calidad mediante un manejo sustentable a partir de normas técnicas y parámetros de calidad;

Literal e) Recuperar y promover la investigación y el conocimiento científico del ciclo hidrológico

Art 79. Objetivos de prevención y conservación del agua.

Literal d) Controlar las actividades que puedan causar la degradación del agua y de los ecosistemas acuáticos y terrestres con ella relacionados y cuando estén degradados disponer su restauración;

Literal e) Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida

#### **1.4.1.4. TEXTO UNIFICADO LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIO (TULAS)**

En el Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del ministerio del ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, en la Tabla 4 se establece que para aguas para uso agrícola en riego no se admite presencia de huevos parásitos.

#### **1.4.1.5. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN.**

Para estudios en los que se realizaran análisis de aguas, la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN establece los parámetros e indicaciones a tomar en cuenta cuando se realicen muestreos de agua (INEN 2 176:1998) y como se debe manejar bien la muestra para su conservación antes de los análisis (INEN 2 169:98).

### **1.4. NORMATIVAS INTERNACIONALES VINCULADAS A LA PRESENCIA DE HUEVOS DE HELMINTOS EN AGUA.**

La Organización mundial de la salud refiere que muchos países en el mundo en vista de la búsqueda de alternativas para el control ambiental, tratando de remediar el problema

de las descargas de aguas residuales y a su vez darle un uso que los beneficie, aplican para el riego en la agricultura, el uso de estas aguas residuales (WHO,1989).

Según el análisis por parte de la Organización Panamericana de la Salud que hace León en el año 1995, mencionó que desde el año de 1971 varias instituciones que se ocupan de realizar estudios para establecer parámetros de contaminación en agua entre ellas OMS, el Banco Mundial, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (Canadá), el Centro Internacional de Referencia sobre Disposición de Desechos (Suiza), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, en análisis hecho en años anteriores y en informes presentados por expertos en salud pública, epidemiología y medio ambiente, en las reuniones de Engelberg y Adelboden en 1985 y 1987 respectivamente, los expertos concuerdan y recomiendan directrices para las normas referentes al número de huevos de helmintos en agua residual, según se reconoció, constituyen el mayor riesgo real para la salud pública especialmente en las zonas donde las helmintiasis son endémicas. El uso inocuo de aguas residuales en agricultura o acuicultura exigiría la eliminación casi completa de los helmintos. En consecuencia, estas directrices introducen un método más estricto para reducir el número de huevos de helmintos (de las especies *Áscaris* y *Trichuris* y *de anquilostomas*) en los efluentes a una concentración de uno o menos por litro. Esto significa que se debe eliminar un 99,9% de los huevos de helmintos (León, 1995).

#### **1.4.1. NORMATIVA MEXICANA.**

México posee legislación específica sobre la presencia de huevos de helmintos. Este país en su normativa (NMX-AA-113-SCFI-1999) establece un método específico para la determinación de huevos de helmintos en agua y regula el uso de agua residual en la agricultura, porque esta actividad tiene implicaciones negativas desde el punto de vista sanitario, ya que representa un riesgo a la salud de los trabajadores agrícolas y de los consumidores de los productos, en especial cuando se trata de aquéllos que se consumen crudos como las hortalizas. Los helmintos representan un riesgo a la salud humana debido a que sus diversos estadios infecciosos (huevos embrionados o larvas) son altamente persistentes en el agua contaminada. Así, el agua constituye un vehículo

directo o indirecto de diseminación de helmintos, aun cuando se encuentren en bajas concentraciones, dando lugar a enfermedades gastrointestinales, sobre todo cuando ésta se emplea para el riego de cultivos.

## **2. METODOLOGIA.**

### **2.1. Identificación del Área de estudio.**

Se seleccionaron estaciones de análisis en función de la presencia de núcleos poblados asentados en los márgenes del río Atacames, por estar ubicados en la zona (alta, media, baja) donde se observan las interrelaciones que existen en un río como parte fundamental para el manejo integrado de una cuenca (SENA, 1996; Llerena, 2003; CATIE, 2007), se empleó un receptor GPS (Garmin etrex legend) para registrar las coordenadas geográficas que fueron introducidas al software GIS (ArGis 9), para así obtener un mapa del área de estudio con la ubicación de cada uno de los sitios muestreados. Los puntos en cada poblado se registraron con formato UTM de los cuales se obtuvieron las coordenadas geográficas que se aprecian en la TABLA II.

**TABLA II. Puntos de muestreo (coordenadas UTM).**

<b>Puntos</b>	<b>Lugar</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
1	Estuario	627581	10077799
2	Las Luchas	626948	10086012
3	Las Vegas	627964	10083891
4	Repartidero	627581	10077799



## 2.2. Características del área de muestreo:

En la cuenca del río Atacames las poblaciones cercanas a este, se dedican a actividades que están relacionados con el uso de las aguas del mismo, en las cuales cada una de las zonas muestra características distintas.

El Estuario del Río Atacames (Figura 3) es la parte con mayor población dentro de la zona de estudio, en este lugar desemboca el río del mismo nombre al océano pacífico y corresponde a un área urbana en la que se desarrollan actividades turísticas y comerciales, donde según datos de la Cámara de Comercio de Atacames la afluencia de turistas puede llegar a ser hasta de 400.000 en temporada de verano (Diario. El Comercio, 2014).



Figura 3. Punto 1 Estuario del río Atacames.

La parte media del río Atacames es una zona separada de la ciudad con menor número de pobladores. La Luchas es un área rural en la que se desarrollan actividades de ganadería y agricultura en la que además existe una represa de agua en el río que sirve como sitio de distracción turística a pequeña escala. (Figura 4).



Figura 4. Punto 2 Recinto Las luchas.

Las Vegas es un área muy pequeña donde se observan actividades de ganadería y agricultura en mayor grado y el uso del río es fundamental para sus habitantes en sus actividades domésticas. (Figura 5).



Figura 5. Punto 3 Recinto Las Vegas.

Repartidero es un lugar de difícil acceso con vegetación espesa donde se observan muy pocos habitantes, esta población se dedica a la ganadería y a la extracción de madera. Este sitio forma parte del 13% de la Cuenca del río Atacames que se encuentra dentro de la Reserva Ecológica Mache Chindul. (Figura 6).



Figura 6. Punto 4 Repartidero parte alta del río Atacames.

### 2.3. Materiales y métodos.

Se adquirieron muestras de 1 litro de las aguas del río Atacames durante los meses de julio, septiembre, noviembre y diciembre del año 2013 en los 4 puntos designados, las muestras fueron transportadas en frío (Cooler-T° 4°C aproximadamente) para su análisis en el laboratorio (INEN 2 176:1998; INEN 2 169:98).

Se registraron las características de pH y temperatura del agua in situ (Rivera *et al.*, 2007), para establecer si existe correlación entre estos parámetros físico-químicos y la distribución de huevos de helmintos en el río Atacames.

Para los análisis de huevos de helmintos en el Laboratorio (PUCESE), se empleó un microscopio óptico marca Olympus y una cámara McMaster. Para este proceso de análisis en el laboratorio se tomó como guía el Método Bailenger (1979) modificado por Bouhoum y Schwaetzbrod, (1998).

### **2.3.1. Descripción del Método Bailenger:**

#### **2.3.1.1. Preparación de la muestra.**

Cada una de las muestras se colocó en un recipiente plástico con paredes rectas para someterlas a un proceso de sedimentación durante 24 horas. Se agregaron 35 gotas de Tritón X 100 y luego se agito manualmente durante 5 minutos y luego se dejó nuevamente sedimentar por 24 horas.

Posteriormente se centrifugo a 3500 rpm por 15 min. Se eliminó el sobrenadante por decantación y posteriormente se conservaron 100ml de este en refrigeración. Dejandolas sedimentar nuevamente por 24 horas.

#### **2.3.1.2. Concentración de la muestra.**

Los 100 ml recuperados anteriormente fueron centrifugar por 15 minutos. Luego de la centrifugación, al sedimento se le añadió una solución amortiguadora acetoacética (tampón aceto-acético pH = 4,5: acetato sódico, 15gr; ácido acético 3,6 ml; agua destilada hasta 1litro) en un volumen igual al volumen del obtenido en los tubos de centrifuga, para homogenizar la muestra.

Posterior a la centrifugación al sedimento producto de esta se le agrega un volumen de éter-dietílico igual al doble del volumen de la suspensión anterior para luego pasar a centrifugar por 15 minutos (se obtiene una distribución difásica con fase etérea superior, tapón sólido lipófilo intermedio, fase acuosa inferior y sedimento sólido). Eliminamos la fase etérea, el tapón lipófilo, la fase acuosa y conservamos el sedimento.

Luego se preparó una solución de ZnSO<sub>4</sub> (33% densidad relativa de 1,18). Esta solución está compuesta por: 30 gramos de sulfato de Zinc en 100 ml de agua destilada.

Se agregó esta solución para resuspender el sedimento en un volumen igual a 5 veces el del sedimento contenido en los tubos.

Cada tubo (5ml) fue almacenado en frío a una temperatura aproximada de 3 a 5 grados centígrados para su preservación antes de ser observado al microscopio.

### 2.3.1.3. Observación de la Muestra.

Se recogió cuidadosamente, con la ayuda de una pipeta pasteur el líquido de los tubos conservados en refrigeración donde se encuentran concentrados los huevos y los colocamos en la cámara de Mac Master. (Figura 7).



Figura 7. Cámara de McMaster para conteo de huevos de helmintos (capacidad 0,15ml).

Antes de proceder al estudio microscópico de la preparación en la cámara de Mc Master, se dejó en reposo durante algunos minutos para que los huevos de helmintos floten en la superficie del líquido contenido en la cámara. Se realizó, la observación al microscopio del contenido (5ml) de los tubos resultantes de cada una de las muestras tomadas en los puntos asignados para la investigación.

#### **2.3.1.4. Determinación cuantitativa de huevos de helmintos.**

Una vez realizada la observación de todos los tubos de cada punto de muestreo se procedió a determinar el número de individuos por especie de huevos de helmintos utilizando la siguiente formula:

$$N = X/P \times V/S.$$

Dónde: el número de huevos de helminto (N), es igual a la división del número de huevos contados (X) durante el análisis por cada sitio y el volumen del contenido (0,15ml) en la cámara de recuento (P), multiplicado por el resultado de dividir (V) el volumen total de la solución final observada en el análisis de cada muestra (5ml), con (S) el volumen de la muestra de agua tomada en cada punto de muestreo (1litro).

#### **2.3.1.5. Identificación.**

Para realizar la identificación en el laboratorio se usaron documentos como; “Standard Methods for the Recovery and Enumeration of Helminth Ova” (Moodley et al, 2008), Atlas de Parasitología de la facultad de Biomedicina (Universidad Cuiba,2010), Escala de comparación entre huevos de helmintos intestinales: Nematodos y cestodos (Uribarren Berrueta, 2011), que sirvieron de referencia para analizar detalladamente las características morfológicas de los huevos de helmintos observados al microscopio.

#### **2.3.1.6. Análisis Estadístico.**

Se obtuvieron 16 muestras de agua de un litro (4muestras por sitio muestreado). Luego de los análisis de laboratorio, a los resultados de huevos de helmintos, y los datos de temperatura, y pH del agua del rio, se calculó la media aritmética para estimar en promedio cuales fueron las condiciones que presento cada sitio de muestreo al momento de la investigación, al final se aplicó dispersión Lineal (Pearson) para observar si existe alguna relación entre los factores pH y temperatura respecto de las concentraciones de huevos de helmintos/litros encontrados en agua del rio Atacames utilizando la plantilla de cálculos de Excel de Microsoft office 2010.

### 2.3.2. Índice de Similitud (Jaccard – Sorrensen).

Para observar las diferencias en la composición de especies de huevos de helmintos y sus abundancias de los huevos de helmintos entre los puntos de muestreos del río Atacames, se aplicaron Índices de Similitud (Chao et al, 2005; Instituto Humboldt, 2004). Los índices empleados fueron los siguientes

**Índice de similitud cualitativo de Jaccard** relaciona el número de especies con el total de especies exclusivas entre dos puntos.

$$I_j = C / (a + b - c)$$

Donde:

a= número de especies en el sitio A

b= número de especies en el sitio B

c= número de especies presentes en ambos sitios A y B, es decir que están compartidas

El rango de este índice va desde cero (0) cuando no hay especies compartidas, hasta uno (1) cuando los dos sitios comparten las mismas especies. Este índice mide diferencias en la presencia o ausencia de especies.

**Índice de similitud cuantitativo de Sorensen** relaciona la abundancia de las especies compartidas con la abundancia total entre dos puntos muestreados.

$$I = 2pN / (aN + Bn)$$

Donde:

aN= número total de individuos en el sitio A

bN= número total de individuos en el sitio B

pN= sumatoria de la abundancia más baja de cada una de las especies compartidas entre ambos sitios.

### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

#### 3.1. Huevos de helmintos encontrados en el río Atacames.

En la tabla III se muestran con detalles los resultados obtenidos en cada uno de los meses muestreados (Julio, Septiembre, Noviembre, Diciembre) distribuidos a lo largo del río Atacames. Se puede apreciar 9 especies de huevos de helmintos encontradas, estas se presentan en cantidades que varían según los puntos y los meses muestreados.

En el estuario (P1) se identificaron 7 especies de huevos de helmintos (*Ascaris* sp, *Oxiuros* sp, *Trichuris* sp, *Trichostrongylus* sp, *Hymenolepy* sp, *Taenia* sp, *Ancylostoma* sp), este punto registró la presencia de huevos de helmintos más alta con una media general de 2057 Huevos de Helmintos (HH)/Litro (L).

En la zona media del río Atacames se realizaron muestreos en dos puntos diferentes, el primer punto ubicado en el poblado de “Las Luchas”, y el segundo en “Las Vegas”.

En la estación Las Luchas (P2) se identificaron 9 especies de huevos de helmintos (*Ascaris* sp, *Oxiuros* sp, *Ancylostomas* sp, *Taenia* sp, *Trichostrongylus* sp, *Trichuris* sp, *Schistosoma* sp, *Coccidio* sp, *Hymenolepy* sp), que registrando una media general de 1565 HH/L.

En la estación de Las Vegas (P3) se identificaron 7 especies de Huevos de Helmintos (*Ascaris* sp, *Oxiuro* sp, *Ancylostoma* sp, *Taenia* sp, *Trichostrongylus* sp, *Hymenolepi* sp, *Coccidio* sp), obteniéndose una media general de huevos presente de 1525 HH/L.

En la parte alta del río RepartiderO (P4) se observa menor concentración de huevos de helminto tanto en número de individuos como de especies. Las especies encontradas fueron *Ascaris* sp, *Oxiuros* sp, *Trichostrongylus* sp, *Hymenolepy* sp, *Ancylostoma* sp, obteniéndose así una media general de huevos presentes de 500 HH/L.

**Tabla III. Total de huevos de helmintos observados en el río Atacames durante los meses de muestreos**

Especie HH/L	Estuario				Las Luchas				Las Vegas				Repartidero			
	Jul	Sep	Nov	Dic	Jul	Sep	Nov	Dic	Jul	Sep	Nov	Dic	Jul	Sep	Nov	Dic
<i>Ascari sp</i>	966	833	0	166	2000	233	133	100	667	167	0	0	367	33	0	0
<i>Oxiuros sp</i>	500	1333	900	0	333	233	1633	333	167	1966	367	133	400	200	100	0
<i>Trichuris sp</i>	0	67	0	33	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichostrongylus sp</i>	800	1200	100	33	0	33	133	67	400	133	167	100	0	267	200	100
<i>Hymenolepi sp</i>	466	233	0	0	767	0	0	0	533	67	67	0	0	33	0	0
<i>Taenia sp</i>	0	133	0	0	0	33	0	0	0	67	0	0	0	0	0	0
<i>Ancylostoma sp</i>	0	400	33	0	0	67	0	0	0	500	400	167	0	200	100	0
<i>Coccidio sp</i>	0	0	0	33	0	0	0	33	0	33	0	0	0	0	0	0
<i>Schistosoma sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total. HH/L</b>	2732	4199	1033	265	3100	632	1899	566	1767	2933	1001	400	767	733	400	100
<b>Media General</b>	2057				1565				1525				500			

### 3.2. Temperatura del río Atacames.

La figura 8 se especifica la temperatura que presentó el agua del río en cada punto durante los 4 meses de muestreo. En el Estuario se observó una temperatura con variación muy leve que va entre 26,3°C a 27,5°C reflejando una media de 26,95°C, Las Luchas mostró una temperatura media del agua de 26,23, que oscila entre 25,5 °C y 26,6, Las Vegas se presentó una temperatura media de 26,28 °C, que fluctuó entre 26,1 °C y 26,4 °C, y la parte alta del río “Repartidero” muestra una temperatura media del agua de 25,6°C, que oscilaba entre 25,4 °C y 25,8 °C.

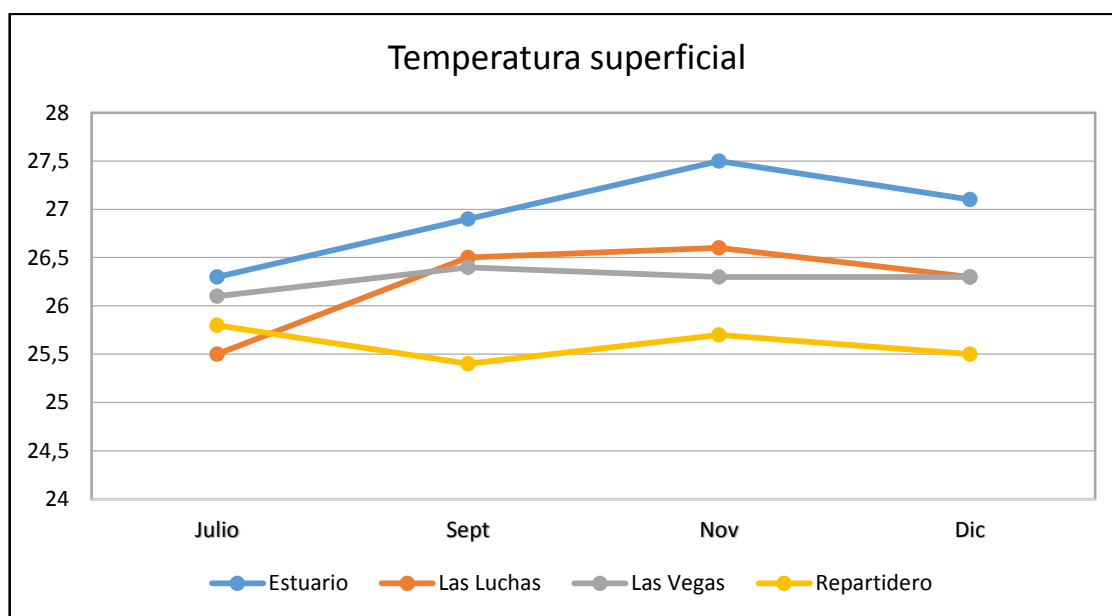


Figura 8. Temperatura del río Atacames en cada punto de Muestreo.

### 3.3. pH del río Atacames.

En la figura 9 se detallan el pH que presentan las aguas del río Atacames también durante los 4 muestreos de esta investigación. , sin presentarse variaciones bruscas de pH. Empezando por el Estuario donde se observó un pH entre 7,6 y 8,1, con una media de pH 7,85, luego Las Luchas muestra valores de pH con rangos entre 7,95 a 8,2, con una media de pH de 8,08 y Las Vegas registró una media en el pH de 8,20, presentando una variación de 7,9 a 8,5, y finalmente la parte alta del río Repartidero presenta un pH con rangos de 8,62 a 8,9 con una media de 8,73.

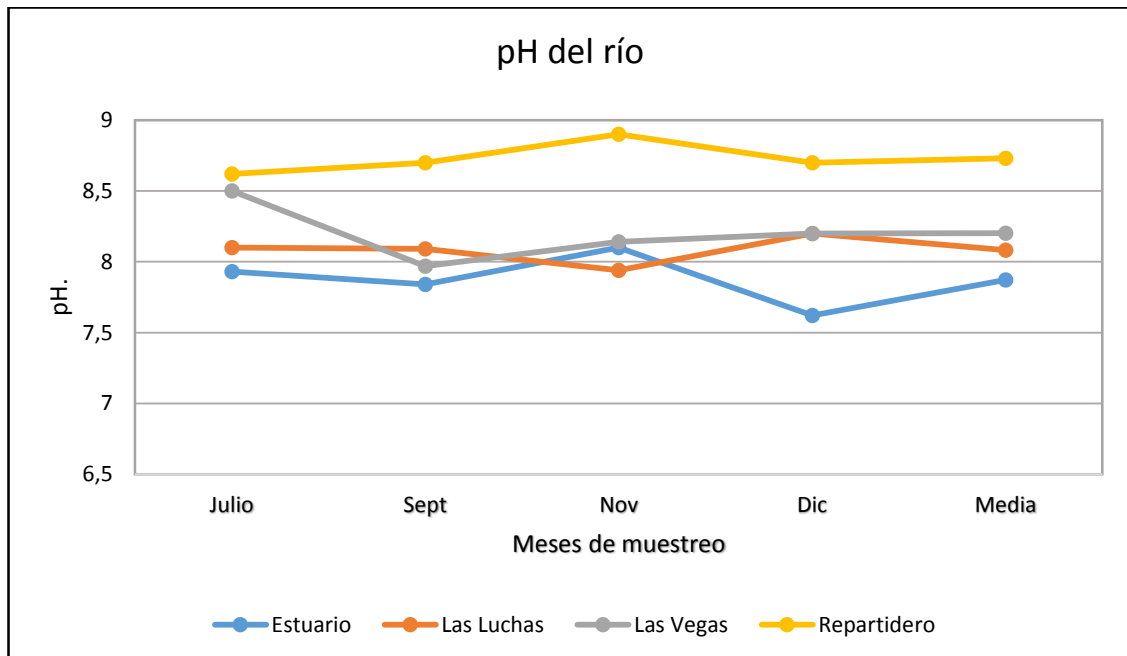


Figura 9. pH del río Atacames en cada punto de Muestreo.

### 3.4. Especies de huevos de helmintos observados en mayor cantidad en las aguas del río Atacames.

La figura 10 muestra la proporción de la cantidad de huevos de helmintos encontrados a lo largo del río Atacames (*Oxiuro* sp 40%, *Ascaris* sp 25%, *Trichostrongylus* sp 16%, *Hymenolepy* sp 9%, *Ancylostoma* sp 8%, *Taenia* sp 1%, *Trichuris* sp 1%).

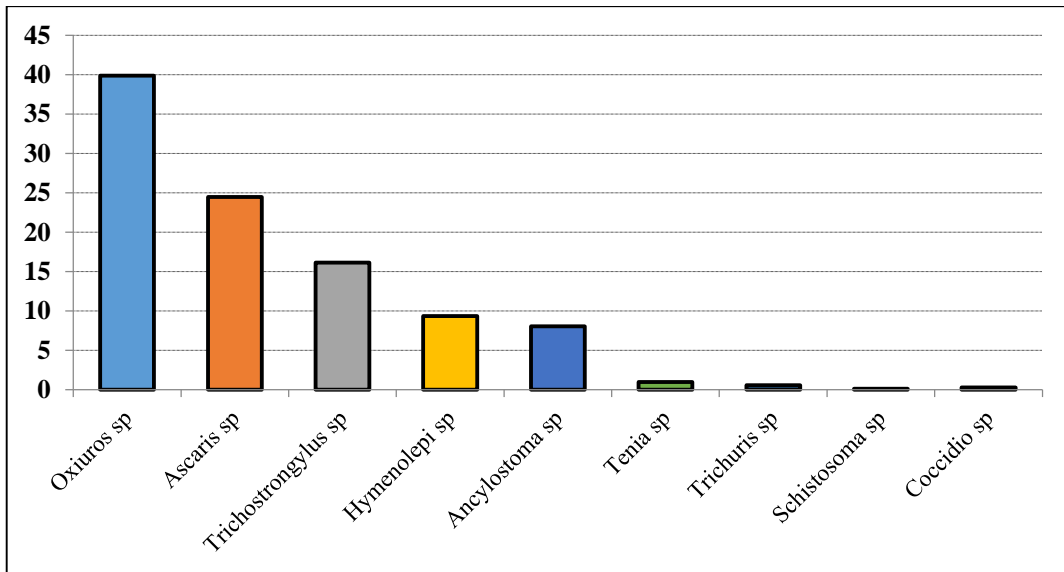


Figura 10. Porcentajes de concentración de especies de huevos helmintos encontrados en el río Atacames.

Se observaron 9 especies en este estudio en los puntos del río: Estuario (p1), Las Luchas (p2), Las Vegas (p3), Repartidero (p4), del total de especies 2 abarcan el 65% del total de huevos de helmintos. En la Figura 11 se observa que las especies de *Oxiuro* sp y *Ascaris* sp además de encontrarse en mayor número, también están frecuentemente en todos los puntos muestreados en las aguas del río Atacames.

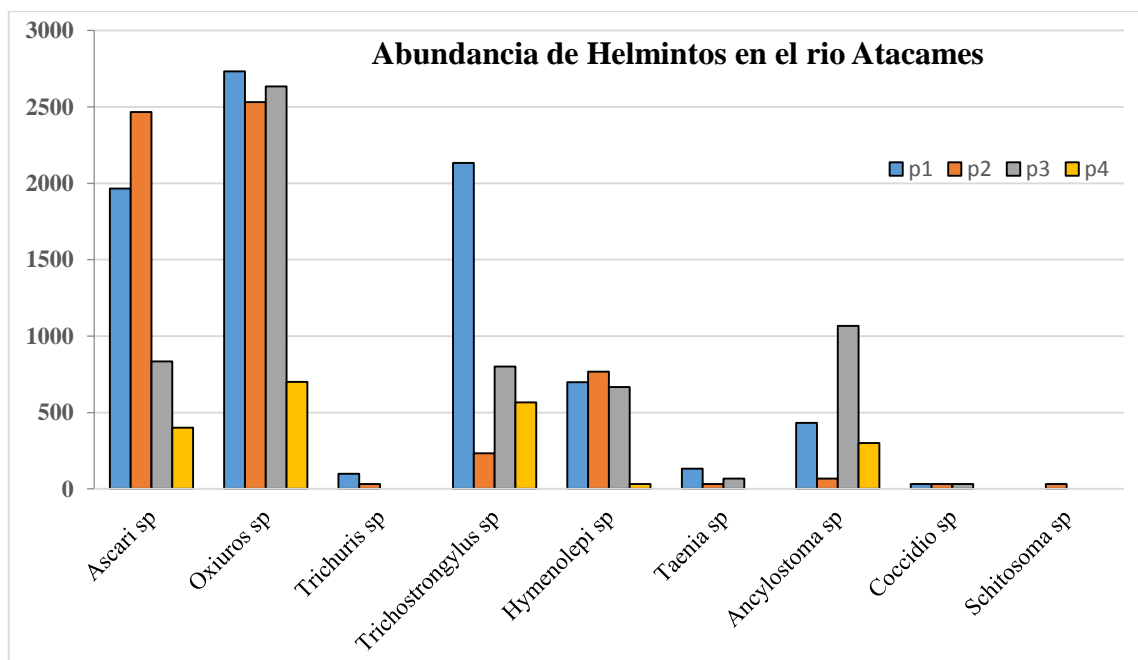


Figura 11. Distribución especie de huevos de helmintos en el río Atacames.

### 3.5. Similitud entre las comunidades de huevos de helmintos en el río Atacames.

#### Índice de similitud cualitativo de Jaccard.

Para analizar la diferencia entre la presencia o ausencia de especies de huevos en cada punto en el río Atacames se aplicó la fórmula de este índice (Tabla IV), donde se observa un índice de similitud muy cercano a 1 entre las áreas de estudio: Estuario, Las Luchas, Las vegas (zona media), en comparación con la zona alta Repartidero. Repartidero muestra diferencias con índices muy bajos en relación con el Estuario (0,62) y Las Luchas (0,55) y un índice más alto de 0,71 con Las vegas.

**Tabla IV. Índice de similitud cualitativo de Jaccard entre los puntos de muestreos del río ATACAMES**

Estuario (a)	a-b	a-c	a-d	b-c	b-d	c-d
Las Luchas (b)	0,88	0,875	0,625	0,77778	0,55556	0,7143
Las Vegas (c)						
Repartidero (d)						

#### Índice de similitud cuantitativo de Sorensen.

Según el índice de similitud cuantitativo de Sorensen las zonas del Estuario, las luchas y las vegas tienen un índice de similitud que superan el 70% mientras que repartidero presenta un índice de similitud que no supera el 50% con respecto a las otras áreas de estudio. Por lo cual la abundancia de especies es mayor en la parte media Las Luchas, las Vegas y el Estuario comparada con la abundancia de especies de huevos de helmintos encontrada en repartidero Tabla V.

**Tabla V. Índice de similitud cuantitativo de Sorensen entre los puntos de muestreos del río Atacames**

Estuario (a)	a-b	a-c	a-d	b-c	b-d	c-d
Las Luchas (b)	0,77	0,76	0,39	0,71	0,34	0,49
Las Vegas (c)						
Repartidero (d)						

### 3.6. Relación entre presencia de huevos de helmintos y los puntos de muestreos en el río Atacames.

La figura 12 muestra el promedio de huevos de helmintos hallados en cada punto de los 4 muestreos realizados. De esta manera se pudo observar la relación entre la presencia de huevos de helmintos y los puntos de muestreos. Al realizar el análisis se pudo apreciar que el Estuario (P1) es el punto con el mayor número de huevos encontrados, en “Las Luchas” (P2) y “Las Vegas” (P3) (parte media del río) se observa una disminución en el número de huevos de helmintos, mientras que en Repartidero (P4) se observa menor presencia de huevos de helmintos. Resaltando que a medida que se avanza hacia las zonas más altas del río Atacames es cada vez menor la concentración de huevos de helmintos en el agua.

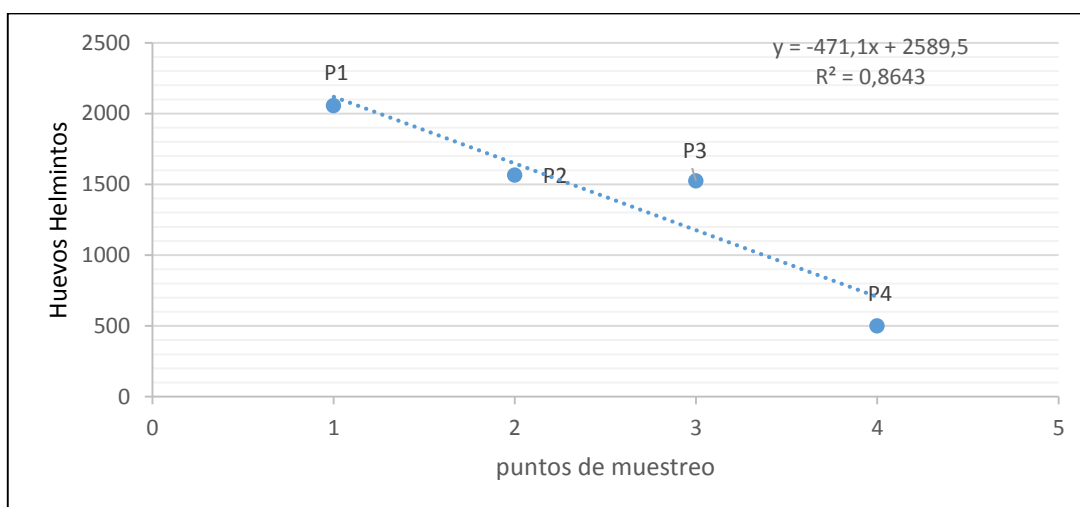


Figura 12. Relación entre la media (m) de huevos de helmintos y puntos muestreados en el río Atacames.

### 3.7. Relación entre la presencia de huevos de helmintos y el pH del agua en el río Atacames.

La figura 13 muestra la relación que existe entre los huevos de helmintos y el pH del agua del río. En el Estuario (P1) se observa un promedio de 2000 huevos de helmintos/litro y un promedio del pH de 7,8. En la zona media, Las luchas (P2) y Las vegas (P3) se observa un pH de 8,1 y 8,2 respectivamente con un promedio aproximado de 1500 huevos de helmintos/Litros. En la parte alta del río Atacames Repartidero se observa un pH de 8,7 y 500/Litros huevos de helmintos en promedio. Esta relación muestra que la presencia de huevos de helmintos se ve influenciada en ambientes con pH alcalinos.

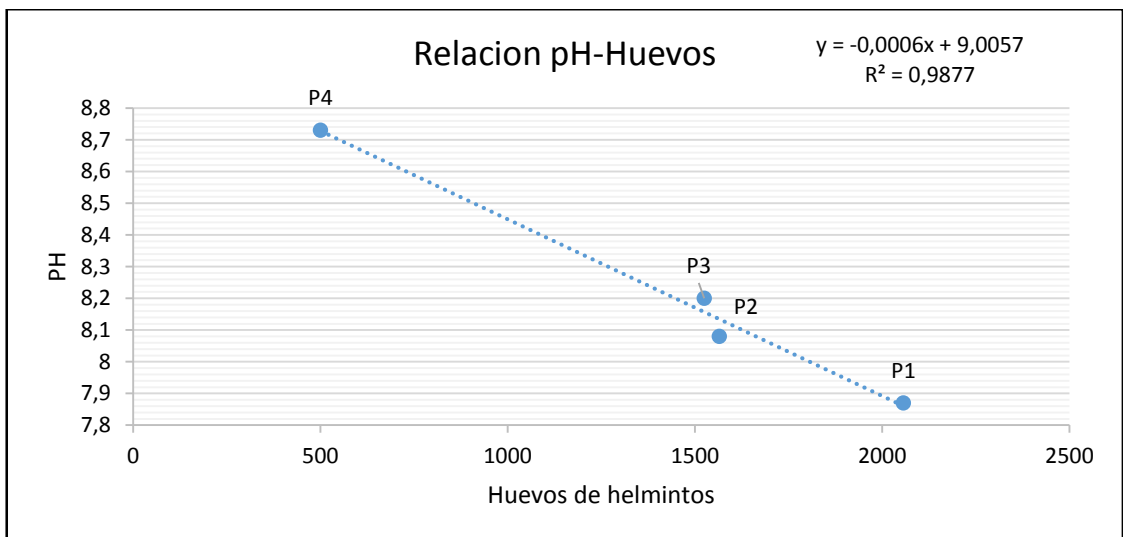


Figura 13 Relación entre la media de huevos de helmintos y el pH del agua en los puntos muestreados en el río Atacames.

### 3.8. Relación entre los huevos de helmintos y la Temperatura del agua en el río Atacames.

La figura 14 muestra relación entre los huevos de helmintos y la temperatura del agua, esta relación indica como la concentración de huevo de helmintos es mayor en los puntos donde la media de la temperatura del agua es más elevada. En el estuario (P1) se registró una temperatura del agua más alta con mayor cantidad de huevos de helmintos; mientras en la parte media del río “Las luchas” (P2) y “Las vegas” (P3) se observaron temperaturas menores en relación al estuario también disminuyó la cantidad de huevos de helmintos, en contraste con la parte alta Repartidero donde se presentó menor temperatura del agua y menor concentración de huevos de helmintos.

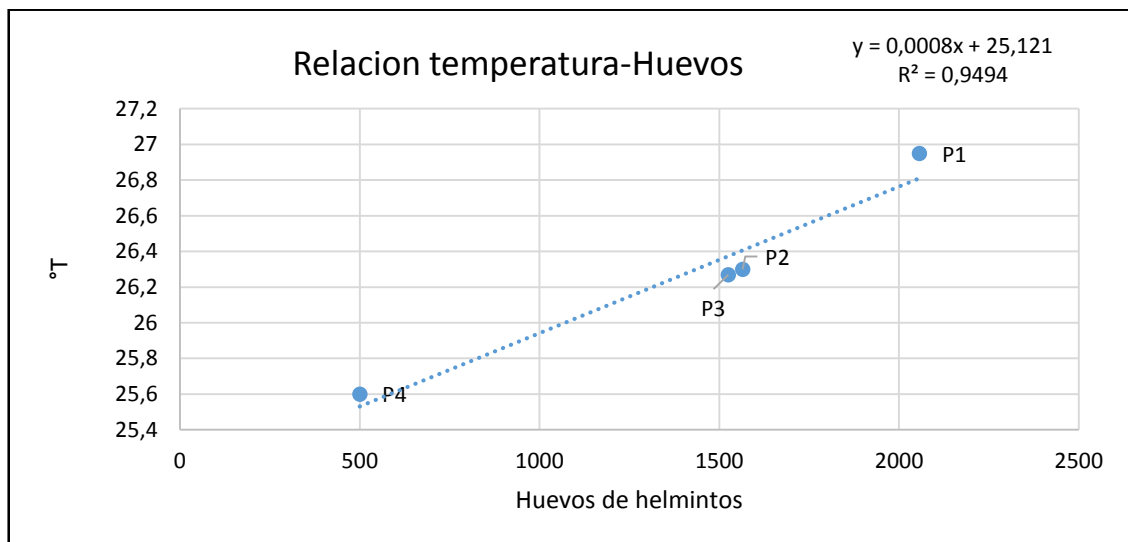


Figura 14. Relación entre la media de huevos de helmintos y la Temperatura del agua en los puntos muestreados en el río Atacames.

#### **4. DISCUSIÓN.**

En América Latina los porcentajes de agua residuales con tratamiento adecuado vertidas a fuentes naturales no supera el 10% del colectado en los sistemas de alcantarillado (PNUMA, 2000; Sonrrequieta, 2004), esto causa un gran problema ya que la gran carga orgánica que estas contienen llega a superar la capacidad de autodepuración del cuerpo de agua receptor. Con frecuencia en países en vías de desarrollo se exhiben problemas de contaminación fecal que generan la presencia de huevos de helmintos entre otros agentes patógenos como bacterias y virus en aguas superficiales que sirven para abastecimiento en zonas rurales (Arcos et al, 2005). En las aguas residuales de estos países (en desarrollo) se encuentran altas concentraciones de huevos de helmintos pudiendo llegar hasta los 3000 huevos/L (Jiménez et al, 2006), que en gran variedad de especies llegan a fuentes naturales, esto puede convertirse en un problema de salud público ya que los huevos de helmintos pueden causar enfermedades si son ingeridos por medio del agua (Ortiz et al, 2010). En nuestro país Ecuador, “el 92% de las aguas residuales son descargadas de manera directa a los cuerpos de agua sin tratamiento previo, que en algunos casos como los ríos son la fuente de abastecimiento del líquido vital para la población” (Palacios, 2013; PNUMA, 2001).

En el caso del Cantón Atacames por falta de sistemas de alcantarillado y tratamiento para depuración de aguas (GAMA, 2012), se vierten aguas residuales con altos contenidos de carga orgánica al río. Resultados de otras investigaciones realizadas en este río (Atacames) demuestran que existen altas concentraciones de Coliformes fecales en sus aguas (Rodríguez de Moran, 2004; Jiménez Prado, 2012), la presencia de coliformes y huevos de helmintos son usados comúnmente como indicadores de contaminación fecal en agua (Arranque, 2006; León 1995), en poblaciones donde existen este tipo de descargas de aguas residuales directas al río, se han hecho estudios sobre la presencia de estos indicadores (Huevos de Helmintos y Coliformes) para obtener información acerca de las condiciones que presentan en estos ríos en niveles de contaminación por carga orgánica, donde los niveles de contaminantes dependerá de varios factores como el número de la población (Rivera et al 2007) o el sistema de sanidad ambiental que presenten (Campos et al 2008).

En el río Atacames se observó que las concentraciones de huevos de helmintos tienden a aumentar con el número de la población, es así que en la zona del estuario ubicada en la Parroquia Atacames la concentración de huevos de helmintos encontrada fue mayor, en relación a los demás puntos analizados (Las Luchas, Las vegas, Repartidero) ubicados en la parroquia La Unión donde se registran menor número de habitantes como se observa en la tabla VI. Por lo cual se podría asegurar que la concentración del número de huevos de helmintos aumenta o disminuye con el número de población

**TABLA VI. Contenido de huevos de helmintos en las Parroquias Atacames y La Unión**

<b>Puntos de muestreos</b>	<b>Promedio de huevos de Helmintos/Litro</b>	<b>Parroquia</b>	<b>N° Habitantes</b>
Estuario	2000	ATACAMES	16.855
Las Luchas	1565	LA UNION	2.540
Las Vegas	1525		
Repartidero	500		

N° Habitantes. Fuente INEC 2010

Como ya se mencionó anteriormente las concentraciones de huevos de helmintos que se llegan a encontrar en aguas residuales de países subdesarrollados pueden tener en promedio de 3000 huevos de helmintos/L (Jiménez et al, 2006), a diferencia de países de América latina con mayor desarrollo registran en aguas residuales un promedio más bajo, como el caso de Brasil que muestra 202 huevos de helmintos/L, y México con 390 huevos de helminto/L (Ortiz, 2010). En el caso del río Atacames en este estudio se puede observar según resultados que el promedio no es mayor a 2000 huevos de helmintos/L (Tabla VI).

De esta manera dado que existen descargas de aguas residuales al río, y las evidencias de la existencia de altas concentraciones de Coliformes fecales además de las altas concentraciones de huevos de helmintos encontrados durante este estudio, dichas concentraciones de huevos de helmintos aumentan en las zonas más bajas del río por

albergar mayor número de población y estar mayormente intervenida, por esta razón puede afirmar que existen alteraciones en las aguas de este río por contenido fecal.

#### **4.1. Diferencia en la presencia de huevos de helmintos según Índices de Similitud Jaccard & Sorensen.**

La similitud medida en diferentes comunidades es muy utilizada por los investigadores en el campo de la ecología. Según Gallo et al., (2005) en su investigación utilizando estos índices entre 3 tipos de bosques de árboles rodales de “*N. pumilio*”, se encontraron diferencias en unos de estos bosques con “índices de similitud de 0,64 (Jaccard) y 0,16 (Sorensen cuantitativo) con respecto a los demás ambientes”. En otra investigación acerca de Diversidad de Mamíferos, Cruz et al., (2004) aplicando los mismos índices de similitud encontró que “El índice de Jaccard permitió estimar una similitud de especies de mamíferos de 58% entre hábitat, con 44% y 45% de similitud en las estaciones seca y lluviosa, respectivamente. El índice de Sorensen entre hábitat fue de 44% con 58% de similitud en la estación lluviosa y 49% en la estación seca”.

En esta investigación sobre huevos de helmintos, los resultados de los índices de Similitud de Sorensen muestran que las diferencias más altas son las que presenta Repartidero, en relación al resto de puntos muestreado del río, presentando un índice cuantitativo que no supera el 50%, mientras los demás puntos tienen un índice de similitud superior al 70%. El Índice de Jaccard muestra mucha similitud entre los puntos muestreados Estuario, Las Luchas y Las Vegas, mientras que Repartidero muestra índices de 0,62 en el Estuario y de 0,55 en Las Luchas, y un índice de 0,71 en Las vegas.

#### **4.2. Análisis del pH/Huevos de helmintos encontrados en el río Atacames.**

Según Araque (2006) en su investigación para evaluar la desinfección de huevos de helmintos en lodos, obtuvo resultados favorables al aplicar en su análisis niveles de pH alcalinos. Al comparar sus resultados con otras investigaciones; que se podría lograr la eliminación total o parcial de huevos de helmintos aplicando tratamientos con niveles

de pH altos, observándose que este tipo de “tratamientos tiene excelentes resultados en términos de desinfección microbiológica”. Maya Rendón (1997) en su investigación sobre “*Eliminación de huevos de helminto por posestabilización alcalina de lodos obtenidos por tratamiento primario avanzado*” coincide al observar que en sus resultados “El pH (alcalino) resulto tener una relación directamente proporcional con la eliminación de Huevos de Helmintos”.

Consecuentemente el grupo de Tratamineto y Reusó de la Universidad Autónoma de México (UNAM) en su estudio acerca del “*Efecto de la variación del pH durante la remoción de partículas y huevos de helminto en agua residual destinada para riego agrícola*” lograron observar que en condiciones de laboratorio con un pH 10 disminuían las concentraciones de huevos de helmintos (Rabell *et al*, 2002).

En los resultados de este estudio se observó que en la distribución de huevos de helmintos en el rio Atacames, existe la influencia del nivel de pH en huevos de helmintos. Como se aprecia en la parte alta Repartidero (P4), donde se registró la media de pH más alta con la concentración de huevos más baja, en contraste con el Estuario (P1) donde se observó la media de pH más baja con la concentración de huevos de helmintos más alta.

#### **4.3. Análisis de la Temperatura/Huevos de helmintos encontrados en el rio Atacames.**

La temperatura en medio natural como las presentadas en el rio Atacames no muestra impedimento para el desarrollo de huevos de helmintos, su estructura está rodeada por capas muy resistentes e impermeables que proporcionan resistencia a condiciones extremas en el ambiente “por la composición química de las capas de estos huevos, principalmente, formadas por lípidos y proteínas” (Sandra I. Escobar *et al*, 2014). Este hecho permite que los huevos de helmintos, por ejemplo la especie de *Ascaris* predominen en condiciones que favorecen su desarrollo, tales como sanidad deficiente y climas cálidos o templados” (Uribarren, 2011).

En el rio Atacames como resultado hallamos el promedio de temperatura más alto registrado en el Estuario (P1) punto en el cual se observó la mayor cantidad de huevos

de helmintos; mientras en la parte alta Repartidero (P4) se encontró menor concentración de huevos de helmintos así como el promedio de temperatura más bajo, pudiéndose confirmar el hecho de que en los huevos de helmintos las temperaturas cálidas influyen favorablemente a su desarrollo y reproducción.

#### **4.4. Concentración de huevos de helmintos en el río Atacames en relación la Normativa Internacional y Local.**

La OMS establece lineamientos claros sobre la presencia de huevos de helmintos en aguas, como en la reutilización de aguas para riego en agricultura en la cual el límite permitido es de <1 huevo de helminto/L.

Tomando como referencia esta recomendación de la OMS, países de Latinoamérica han instaurado en sus normativas regulaciones similares para el control de huevos de helmintos en aguas residuales. En el caso de Ecuador en su legislación ambiental es poco específica para sobre presencia de huevos de helmintos en agua de consumo, solo hace mención en el Anexo 1 Libro VI del TULAS la ausencia de huevos parasitos en aguas para uso agrícola. Las recomendaciones del OMS se ejercen en países como Venezuela (Valbuena *et al*, 2002) que en su normas sanitarias de calidad del agua potable, establece que el agua potable no debe contener Helmintos. (Nº 36.395), al igual que México (NOM -003-ECOL-1997) país en el cual dice la norma que en las aguas que presten servicio al público con contacto directo, el limite máximos permitido es de <1huevo de helminto/L.

Perú registra “Estándares Nacionales para Calidad Ambiental para Agua” en el que se permite <1 huevo de helminto/L. La presencia de huevos de helmintos debería tener mayor relevancia en la legislación Ecuatoriana por los riesgos que estos representan.

Los resultados de esta investigación muestran, que en río Atacames existe gran variedad de huevos de helmintos, lo interesante que presentan estos resultados es que además del número de pobladores, también las condiciones de temperatura y pH del agua podrían influenciar en la distribución de los huevos de helmintos, de manera que se podrían

realizar investigación localmente para experimentar la eficacia que tienen estos parámetros y así aplicarlos en sistemas de depuración que proporcionen a los pobladores agua para consumo de mejor calidad.

Este tipo de estudio puede ser usado por las instituciones encargadas de la sanidad ambiental, la toma de decisiones y para el manejo de este recurso en las comunidades, como base informativa, ya que el uso de bioindicadores para estimar contaminación de agua en diversos países está enfocado no solo para “medir la salud de los ecosistema acuático, sino también para conocer el estado de recursos y emplearlo en procesos de desarrollo de proyectos productivos” (De la Lanza *et al.*, 2000).

## 5. CONCLUSIONES.

- Con la situación que presentó el río Atacames durante la investigación se registraron 9 especies de huevos de helmintos, siendo Oxiuros sp y Ascaris sp la especies más predominantes, *Trichostrongylus* sp, *Hymenolepy* sp, *Ancylostoma* sp, estas especies se presentan en todos los puntos muestreados. Con una menor proporción se encontraron, *Taenia* sp, *Trichuris* sp, *Schistosoma* sp, y *Coccidio* sp fueron encontrados de forma irregular y en menor cantidad en el río Atacames durante el periodo de investigación.
- En la parte baja (estuario) del río, se registró un promedio de 2057 huevos de helmintos/L de agua, mayor que el encontrado en el punto de Repartidero ubicado en parte alta del río que fue de 500 huevos de helmintos/L de agua. Por lo tanto se observa que a medida que desciende a través del río las concentraciones de huevos de helmintos son mayores.
- Los resultados de esta investigación coincide en que los huevos de helmintos presentan buena adaptación en ambientes cálidos, ya que el promedio de la cantidad de huevos encontrados en el Estuario (2057 HH/L) presento una temperatura media de 26,9°C, mientras en Repartidero se encontró en promedio 500 HH/L y una temperatura media más baja de 25,6 °C.
- Según los resultados obtenidos el pH del agua es un parámetro fisicoquímico que se podría presentar cierta influencia sobre la distribución de huevos de helmintos. En Repartidero (Zona Alta) se puede diferenciar que el pH presentó un nivel más elevado y el promedio de huevos de helmintos se reduce, si comparamos con las demás zonas del río, donde el pH disminuye y el promedio de huevos de helmintos/Litros de agua es muy superior. Este hecho puede hacer alusión a la posibilidad que los huevos de helmintos presenten sensibilidad para desarrollarse en condiciones con pH alcalinos en ambientes naturales.
- La presencia de huevos de helmintos en el río Atacames supera los límites permitidos según la OMS al igual que normativas de países como México,

Venezuela y Perú donde se establece que el número de huevos helmintos en agua no debe mayor de <1 huevo /l de agua en diferentes prácticas.

## **6. RECOMENDACIONES.**

- Con la condición actual que presenta el río Atacames se hace necesaria la intervención de organismos reguladores para el control de las descargas de aguas residuales al río Atacames, porque las características de sus aguas llegan a representar un potencial riesgo para la salud de los pobladores que hacen vida alrededor del río, además se debe considerar la implementación urgente de un sistema de saneamiento ambiental (Alcantarillados y sistema de depuración de aguas residuales).
- Para un manejo más adecuado del recurso hídrico, es importante realizar investigaciones frecuentes en el río Atacames, realizando muestreos frecuentes que consideren más aspectos ambientales del agua de las consideradas en esta investigación como la conductividad, turbidez, sólidos totales, oxígeno disuelto, de esta forma se obtendrán argumentos para desarrollar alternativas que ayuden a reducir la presencia de huevos de helmintos y otros microorganismos contaminantes del agua. Siguiendo ejemplos de estudios desarrollados en países en la gestión hídrica y desarrollados para mejorar la calidad de vida de los pobladores de esta zona.
- Es necesario la continuidad de investigación que puedan aportar datos concretos sobre la influencia de temperatura y el pH en la distribución de huevos de helmintos en el agua, desarrollando técnicas experimentales que logren reducir las concentraciones de huevos de helmintos en agua que puedan aplicarse en sistemas de depuración de aguas antes de ser vertidas al río Atacames.
- La legislación Ecuatoriana debería contener con más claridad normativas para el control de aguas residuales descargadas que contengan carga orgánica que provoque presencia de huevos de helmintos ya que esto genera un riesgo potencial a la salud de las comunidades que hacen uso del río en forma directa.

## 7. **BIBLIOGRAFÍA.**

Arcos, M. S. Ávila, S. Estupiñán, A. Gómez. 2005. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. NOVA - PUBLICACIÓN CIENTÍFICA ISSN:1794-2470 VOL.3 No. 4 JULIO - DICIEMBRE DE 2005:1-116.

Araque M. 2006. Evaluación de los Tratamientos Términos y Alcalinos en la desinfección de Lodos generado en la PTRÁ Salitre. Universidad de los Andes, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Bogotá., D.C. Colombia.

Aurazo de Zumaeta, M. 2004. Aspectos Biológicos de la calidad de Agua. Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. Organización Panamericana de la Salud. CEPIS.-040446. Disponible en: <http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/bitstream/handle/123456789/623/BIV000012-3.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Campos C y Beltrán M. 2009. Determinación de huevos de helminto, Giardia y Cryptosporidium como herramienta para evaluar el riesgo sanitario en aguas potables y residuales. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C., Colombia.

Chao A., Chazdon R., Colwell R., Jen Shen T. 2005. Un nuevo método estadístico para la evaluación de la similitud en la composición de especies con datos de incidencia y abundancia. vol.4, S.E.A., Zaragoza, España 30 Noviembre 2005 pp: 85 – 96. [www.sea-entomologia.org/m3m](http://www.sea-entomologia.org/m3m)

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2007. Curso Manejo de Cuencas Hidrográficas I. Descripción General de Cuencas. Turrialba-Costa Rica.

Campos C., Cárdenas M., Guerrero A. 2008. Comportamiento de los indicadores de contaminación fecal en diferente tipo de aguas de la sabana de Bogotá (Colombia). Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. [www.javeriana.edu.co/universitas\\_scientiarum](http://www.javeriana.edu.co/universitas_scientiarum) Vol. 13 N° 2, 103-108

Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos (CIRA). 2007. Nuevos ensayos del laboratorio de microbiología del CIRA/UNAN. Nicaragua. Web site: <http://www.cira-unan.edu.ni/index.php?s=103>

CEN (Comite Europeo de Normalizacion), 2008. Hygienic Parameters Feasibility of Horizontal Standards for the enumeration of viable helminths ova in sludge, soil and treated biowastes". Preparation of the standard: TC 308.

Constitución de la República del Ecuador.2008. Asamblea Nacional.

Cruz L., Lorenzo C., Soto L., Naranjo E., Ramírez N. 2004. Diversidad de mamíferos en cafetales y selva mediana De las cañadas de la Selva Lacandona, Chiapas, México. El Colegio de la Frontera Sur, Departamento de Ecología y Sistemática Terrestre, Departamento de Agroecología. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 20(1): 63-81 (2004)*

Cruz A., Reyes B., Camargo. 2001. Glosario de términos en parasitología y ciencias afines. Instituto de Biología, UNAM. Plaza y Valdés, S.A. de C.V. (MEXICO). Disponible en: <http://books.google.com.ec/books?id=HgJ4bbEdyUgC&pg=PA125&dq=parasitologias+huevos+de+helminths&hl=es&sa=X&ei=Xo2zUJLXCI-I8QTRpICgBg&ved=0CC8Q6AEwAA#v=onepage&q=parasitologias%20huevos%20de%20helminths&f=false>

Chávez D., Benítez L., Portillo H., Escalante D., Bonilla J., Fuentes J., Márquez A. 2011. Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, Método de análisis de calidad del agua. Universidad de El Salvador. Biblioteca Virtual Scribd. <http://es.scribd.com/doc/50170511/Metodos-de-analisis-de-la-calidad-del-agua>

De la lanza G., Hernandez S., P. Carbajal. 2000. Organismos indicadores de la calidad del agua y a contaminación. Bioindicadores (1ra ed). México. plaza y Valdés, S.A, de C.V. Manuel María Contreras num. 73, Col. San Rafael. Disponible en:

[http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=DfXiBOYXb98C&oi=fnd&pg=PA7&dq=indicadores+de+contaminaci%C3%B3n+fecal+en+diferente+tipo+de+aguas&ots=9xM8\\_Pq18P&sig=hk1HH37PLuIKPpL0dJQ7rx2LPzg#v=onepage&q&f=false](http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=DfXiBOYXb98C&oi=fnd&pg=PA7&dq=indicadores+de+contaminaci%C3%B3n+fecal+en+diferente+tipo+de+aguas&ots=9xM8_Pq18P&sig=hk1HH37PLuIKPpL0dJQ7rx2LPzg#v=onepage&q&f=false)

Diario EL COMERCIO. 2014. Atacames espera 400000 turistas esta época. Marcel Bonilla. [marcel.bonilla@elcomercio.com](mailto:marcel.bonilla@elcomercio.com). Disponible en: <http://www.elcomercio.com.ec/actualidad/atacames-turismo-vacaciones-verano-precios-hospedaje.html>. ElComercio.com

Ellis, K.V., Rodríguez, P.C.C. and Gomez, C.L. (1993). Parasite Ova nad Cysts in Waste Stabilization Ponds. *Water Research*. 27: 1455-1460.

Escobar I., Sánchez L., Nájera H., Gutiérrez J., Rojas N. 2014. Destrucción de huevos de helmintos median te procesos no convencionales. Ciencia y Desarrollo. Disponible en: <http://www.cyd.conacyt.gob.mx/272/articulos/destruccion-huevos-helmintos.html>

Fundación Friedrich Ebert. 1999. Saneamiento Ecologico. Mexico, Uno Winblad (edit.), Esrey S., Gough J., Rapaport D., Sawyer R., Simpson -Hébert, Jorge Vargas. Disponible en: [http://www.ecosanres.org/pdf\\_files/Saneamiento\\_Ecologico.pdf](http://www.ecosanres.org/pdf_files/Saneamiento_Ecologico.pdf)

Gallo E., Lencinas M., Pastur G. 2005. Modificación de la biodiversidad por el manejo forestal: plantas, aves e insectos. *PIARFON BAP*. Módulo Lengua – Subproyecto 4 – Aves.

Gallego, J, 2006. Manual de parasitología: Morfología y Biología de los parásitos de interés sanitario. Primera edición. Universidad de España. (España). Disponible en: [http://books.google.com.ec/books?id=XH4yn\\_OANn4C&pg=PA54&dq=parasitologias+huevos+de+helmintos&hl=es&sa=X&ei=Xo2zUJLXCI-I8QTRpICgBg&ved=0CDIQ6AEwAQ#v=onepage&q=parasitologias%20huevos%20de%20helmintos&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=XH4yn_OANn4C&pg=PA54&dq=parasitologias+huevos+de+helmintos&hl=es&sa=X&ei=Xo2zUJLXCI-I8QTRpICgBg&ved=0CDIQ6AEwAQ#v=onepage&q=parasitologias%20huevos%20de%20helmintos&f=false)

Gallego L., Gonzales M., Guillen A., Suarez B., Salazar J., Hernández T., Naranjo M., Heredia H. 2012. Presencia de Helmintos Intestinales en Aguas de Consumo, Comunidad 18 de Mayo, Municipio de Linares Alcántara, Estado Aragua. Instituto de Altos Estudios “DR Arnoldo Gabaldon”. Aragua. Venezuela.

GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit), 2012. Inventario de los recursos Hídricos en la Cuenca del Río Atacames. Ecuador.

GADPE (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Esmeraldas), 2010. Plan de desarrollo provincial de Esmeraldas.

GADME (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Atacames), 2012. Plan de desarrollo y ordenamiento Territorial participativo del cantón Atacames.

GeoEcuador. 2008. Ecociencia. Estado del agua. Capítulo 3. Disponible en: <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/Ecuador%20pdf/05.%20Capitulo%203.%20Estado%20del%20agua-1.pdf>

Gonzales J. 2014. Bioindicadores como aliados en el monitoreo de condiciones ambientales. CEGESTI. No.251, 2014. San José-Costa Rica. Disponible en : [http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion\\_252\\_240214\\_es.pdf](http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_252_240214_es.pdf)

INEC.2010. (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). Población y Demografía. Resultados Censo de Población. Ecuador. Obtenido el 18 de septiembre de 2014 en <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>

Instituto (Humboldt) de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad. <http://www.humboldt.org.co/bibliotecaypublicaciones>

Iñiguez Carlos., Maldonado D., Leiva A. 2011. Biomonitorio de la calidad de agua de riego y estudio de captura de carbono en la industria Monterrey azucarera Lojana. C.A. Instituto de ecología. Universidad Técnica Particular de Loja. Disponible en: [http://malca.ec/news/UTPL\\_informe\\_capitulo\\_aguas.pdf](http://malca.ec/news/UTPL_informe_capitulo_aguas.pdf)

Jiménez B.E. 2007. Helminth Ova control In Wastewater and sludge for agricultural reuse. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS). Universidad Nacional Autonoma de Mexico (UNAM), Mexico

Jiménez B. 2007 *HELMINTHS (WORMS) EGGS CONTROL IN WASTEWATER AND SLUDGE. 12-14 September 2007, UNESCO Paris.* Universidad Nacional de México (UNAM). Mexico DF, email: [bjimenezc@ingen.unam.mx](mailto:bjimenezc@ingen.unam.mx)

Jiménez B., Nelson K., Barrios J., Pecson B., Maya C. 2006. Técnicas Analíticas para medir y controlar Huevos de helmintos en las Aguas Residuales. Eliminación de Parásitos, Tratamiento y Reuso de aguas. Proyecto 7.3.8. Ingeniería Ambiental.

Junquera P. 2007. Biología General de los Helmintos, gusanos parásitos internos del Ganado, Perros y Gatos. Obtenida el 13 de agosto de 2013 en [http://parasitipedia.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=146&Itemid=222](http://parasitipedia.net/index.php?option=com_content&view=article&id=146&Itemid=222)

Jiménez P. 2012. Contaminación del Rio Atacames y sus efectos sobre la población de peces. Año 2012. Propuesta de Mitigación. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Unidad de Postgrado. Esmeraldas-Ecuador.

León. G, 1995. Parámetros de calidad para el uso de aguas residuales. Guías de calidad de efluentes para la protección de la salud. CEPIS/OPS. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind53/dis/dis.html>

Lenina T., Menocal M. 2004. Consideraciones generales acerca de los huevos de helmintos en aguas residuales. Medio Ambiente y Desarrollo; Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente Año 4, No. 7. Habana, Cuba.

Ley de aguas. Secretaria Nacional del Agua, 2004. Codificación de la ley de aguas codificación 2004 – 016.Ecuador.

Llerena, C. A. 2003. Servicios ambientales de las cuencas y producción de agua, conceptos, valoración, experiencias y sus posibilidades de aplicación en el Perú. FAO Presentado en el Foro Regional sobre Sistemas de Pago por Servicios Ambientales (PSA), Arequipa, Perú, 9-12 junio 2003, durante el Tercer Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas

Maya Rendón C., Campos Montiel R.G. Jiménez Cisneros B. 1997. *Eliminación de huevos de helminto por posestabilización alcalina de lodos obtenidos por tratamiento primario avanzado*”. Universidad Autónoma de México.

Molleda P. 2010. Aplicación de Humedales construidos en la reducción de patógenos y otros contaminantes en agua residual urbana y ganadera. Tesis de doctorado. Universidad de León. León España.

Moodley P., Archer C.,Hawksworth D.,Leibach L. 2008. *Standard Methods for the Recovery and Enumeration of Helminth Ova in Wastewater, Sludge, Compost and Urine–Diversion Waste in South Africa*. Water Research Commission. South Africa

Ministerio de salud pública de Uruguay. 2003. Helmintiasis Intestinal: Manejo de la Geohelminthiasis.

Municipio de Esmeraldas. 2010. Provincia. Disponible en web-site <http://www.municipioesmeraldas.gob.ec>.

NMX-AA-113-SCFI. Secretaria de Comercio y Fomento Industrial, 1999. Análisis de agua - Determinación de huevos de helminto. México.

Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997. Límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales Tratadas que se Reúsen en Servicio al Público Reformada en 2003.

Norma Técnica Ecuatoriana, INEN 2 176:1998.Ecuador

Norma Técnica Ecuatoriana, INEN 2 169:98.Ecuador.

Normas Sanitarias de Calidad de Agua.1998. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 36.395. Ministerios de Sanidad y Asistencia Social (MSAS).

Normativa Peruana. 2008. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

Ortiz C. 2010. Prevalencia de huevos de helmintos en lodos, agua residual cruda y tratada, provenientes de un sistema de tratamiento de aguas residuales del municipio el rosal, Cundinamarca. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias. Bogotá, D.C., 2010.

ONU. Organización de las Naciones Unidas (2014) .Water quality. Disponible en <http://www.un.org/waterforlifedecade/quality.shtml>

Payán., A. 2009. Rastreo del origen de la contaminación de las aguas. Universidad del Valle, Cali, Colombia. Simposio 2 aguas, suelos, alimentos y enfermedades parasitarias. Biomédica 2009; 29(Supl.):44-9.

Palacios., C.2013. Distribución de coliformes fecales en el área Marina de la Costa Ecuatoriana en las provincias de Esmeraldas y Manabí. *ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO VOL. 18 N° 1, 2013.*

PMRC. Programa de Manejo de Recursos Costeros. (1993). Plan de Manejo de la Zona Especial de Manejo (ZEM) Atacames - Súa - Muisne. Guayaquil, Ecuador.

PNUMA. 2000. América Latina y El Caribe. Perspectiva del Medio Ambiente. Oficina Regional para América Latina y El Caribe. Universidad de Costa Rica.

PNUMA. Ramírez O., Espejel I. 2001. Las aguas residuales como fuente terrestres de contaminación de la zona Marino-Costera en la región de América Latina y El Caribe. México DF., México.

Rabell F., Silva V., Chávez A., Jiménez B. 2002. Efecto de la variación del pH durante la remoción de partículas y huevos de helminto en agua residual destinada para riego agrícola. Instituto de Ingeniería. Grupo de Tratamiento y Reuso. UNAM. México.

Restrepo I., Mazo L., Salar M., Montoya M., Botero G. 2013. Evaluación de tres técnicas coproparasitoscópicas para el diagnóstico de geohelminos intestinales. Escuela de Microbiología. IATREIA. vol. (26) enero-marzo. Universidad de Antioquia. Medellín-Colombia

Rivera. R., O. Palacios, J. Chávez, M. Belmont. 2007. Contaminación por coliformes y helmintos en los Ríos Texcoco, Chapingo y San Bernardino tributarios de la parte oriental de la cuenca del Valle de México. Rev. Int. Contam. Ambient. 23 (2) 69-77, 2007. México.

Rodríguez de Moran., A. 2004. Caracterización de la calidad de las Aguas y Sedimentos del río Atacames. Acta Oceanográfica del Pacífico Vol.12 (1).

Sandoval M. 2011. Helmintos. Obtenida el 18 de agosto de 2013 de <http://helmintoseneo.blogspot.com/>

SENA (Secretaría Nacional de Aprendizaje). 1996. Manual Técnico para el Manejo de Cuencas Hidrográficas. Santafé de Bogotá D.C. Colombia.

Sonrrequieta., A. 2004. Aguas residuales: Reusó y Tratamiento. Lagunas de estabilización: una opción para Latinoamérica. Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas. Universidad de Rosario. Argentina.

TULAS (Texto Unificado De Legislación Ambiental Secundario). Anexo 1 del Libro VI Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2014

Uribarren T. 2011. ASCARIS O ASCARIOSIS. Departamento de Microbiología y Parasitología, Facultad de Medicina. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México. Contacto: berrueta@unam.mx.

Umaña., E. 2002. Manejo de Cuencas Hídricas y Protección de Fuentes de Agua. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente Departamento de Manejo de Cuencas y Gestión Ambiental. Nicaragua.

Universidad de Cuiba. 2010. ATLAS DE PARISITOLOGIA. BIOMEDICINA.BRASIL.PUBLICADO EL 19 DE OCTUBRE DE 2010. Disponible en: <http://biomedicina.digitalnews.com.br/atlas-de-parasitologia-2/>

Valbuena D., Díaz O., Botero L., Cheng R. 2002. Detección de Helmintos Intestinales y Bacterias Indicadoras de Contaminación en aguas Tratadas y No Tratadas. Revista Interciencia VOL. 27 N° 12. Venezuela.

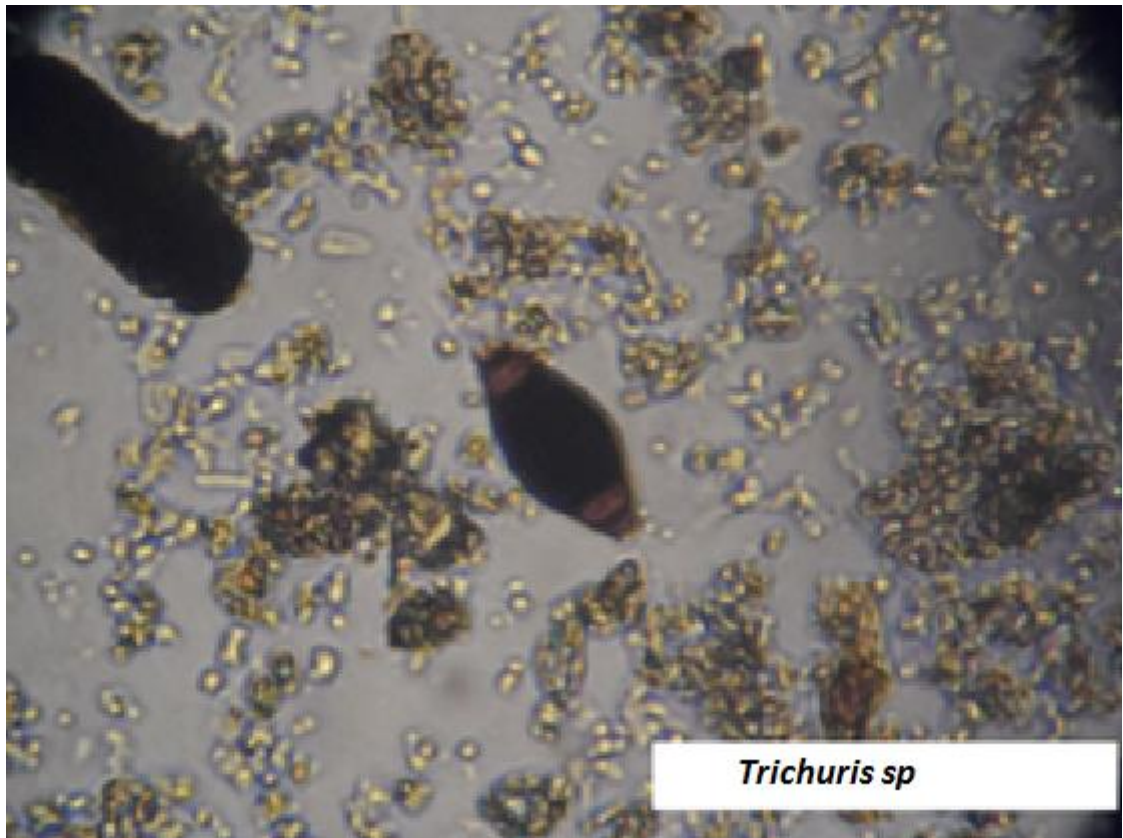
Veolia Water. Solutions & Technologies. 2008. Eliminación de huevos de helmintos parásitos durante la regeneración de agua. Disponible en: [www.veoliawaterst.es/es/Prensa/Publicaciones\\_Tecnicas/](http://www.veoliawaterst.es/es/Prensa/Publicaciones_Tecnicas/)

WHO, 1989. Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. WHO technical report. Series N°. 778, World Health Organisation, Geneva.

## ANEXOS

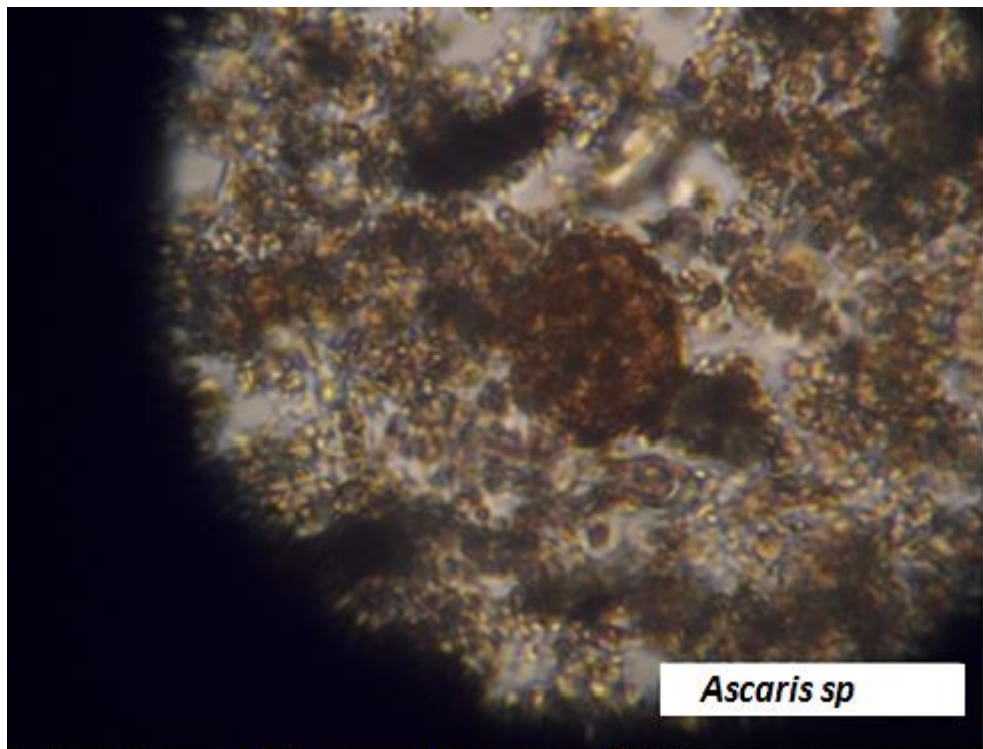
**Fotografías de Especies de huevos de helmintos identificadas en el río Atacames durante el periodo de investigación.**

**FOTO 1. Huevo de *Trichuris* sp.**



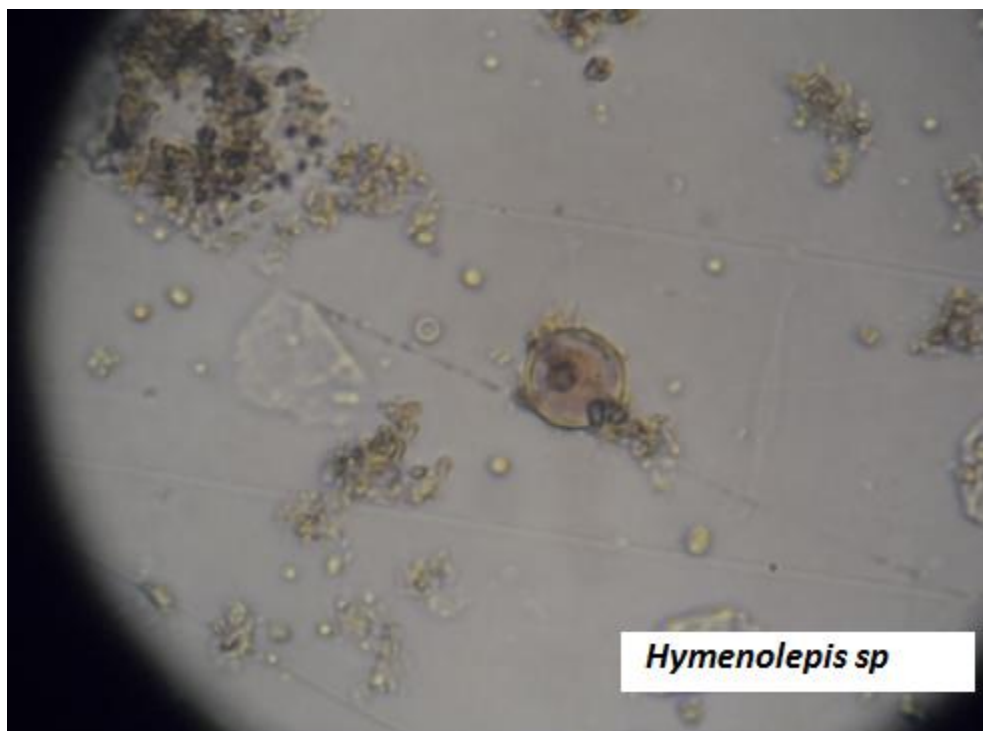
Fuente: Autor.

**FOTO 2. Huevo de *Ascaris* sp.**



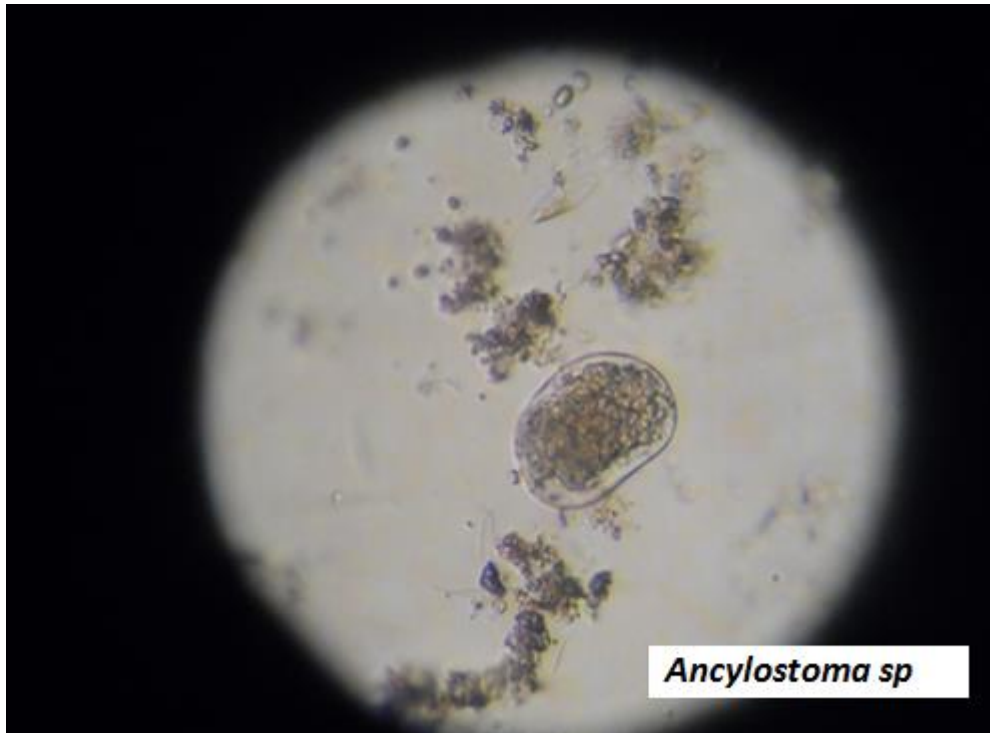
Fuente: Autor.

**FOTO 3. Huevo de *Hymenolepis* sp.**



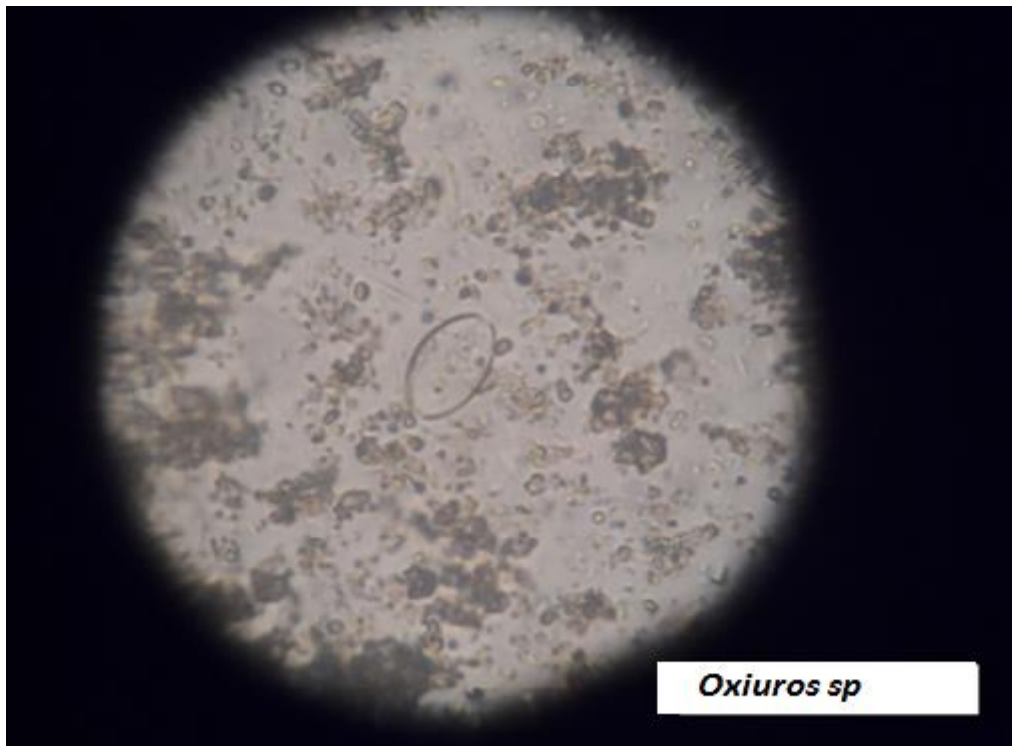
Fuente: Autor

**FOTO 4. Huevo de *Ancylostoma* sp.**



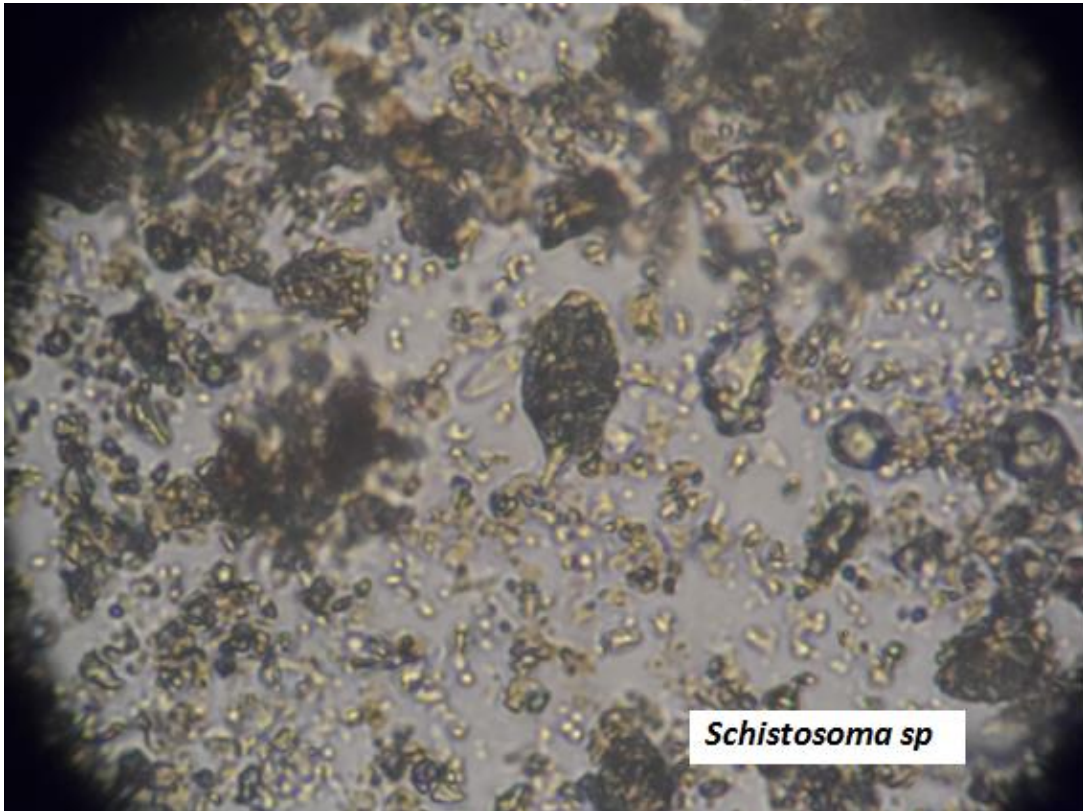
Fuente: Autor.

**FOTO 5. Huevo de *Oxiuros* Sp.**



Fuente: Auto

**FOTO 6. Huevo de *Schistosoma* sp.**



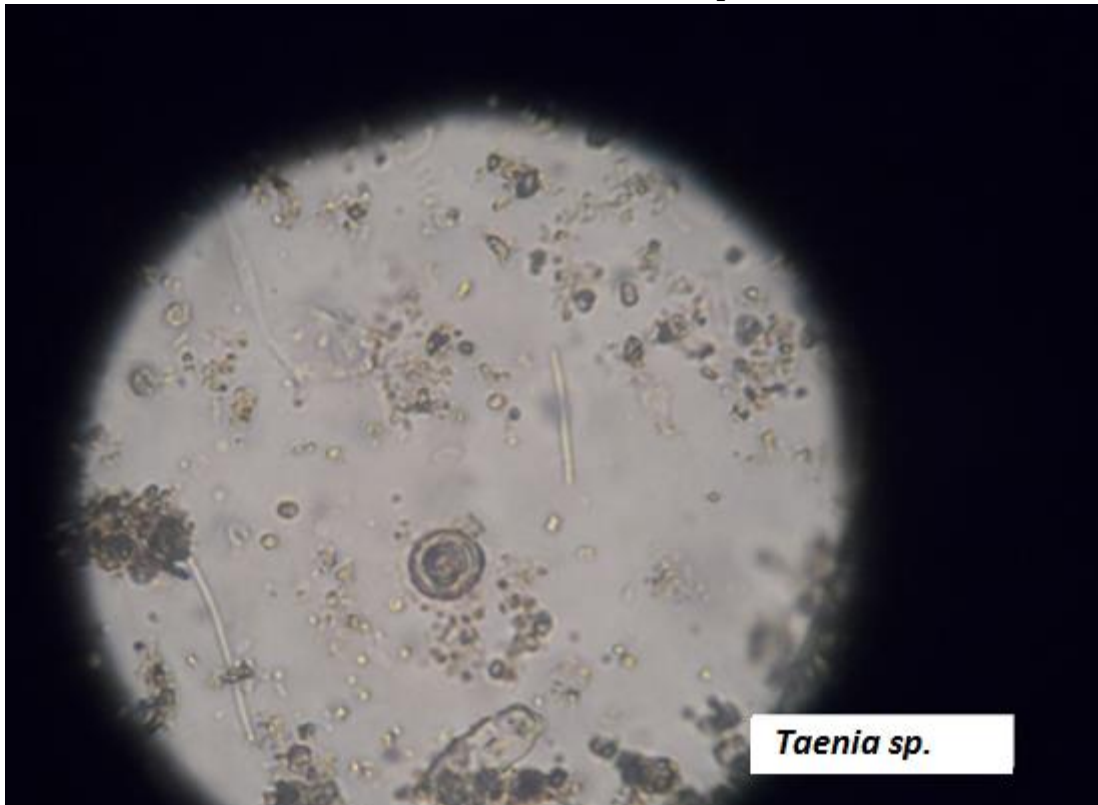
Fuente: Autor

**FOTO 7. Huevo de *Coccidio* sp.**



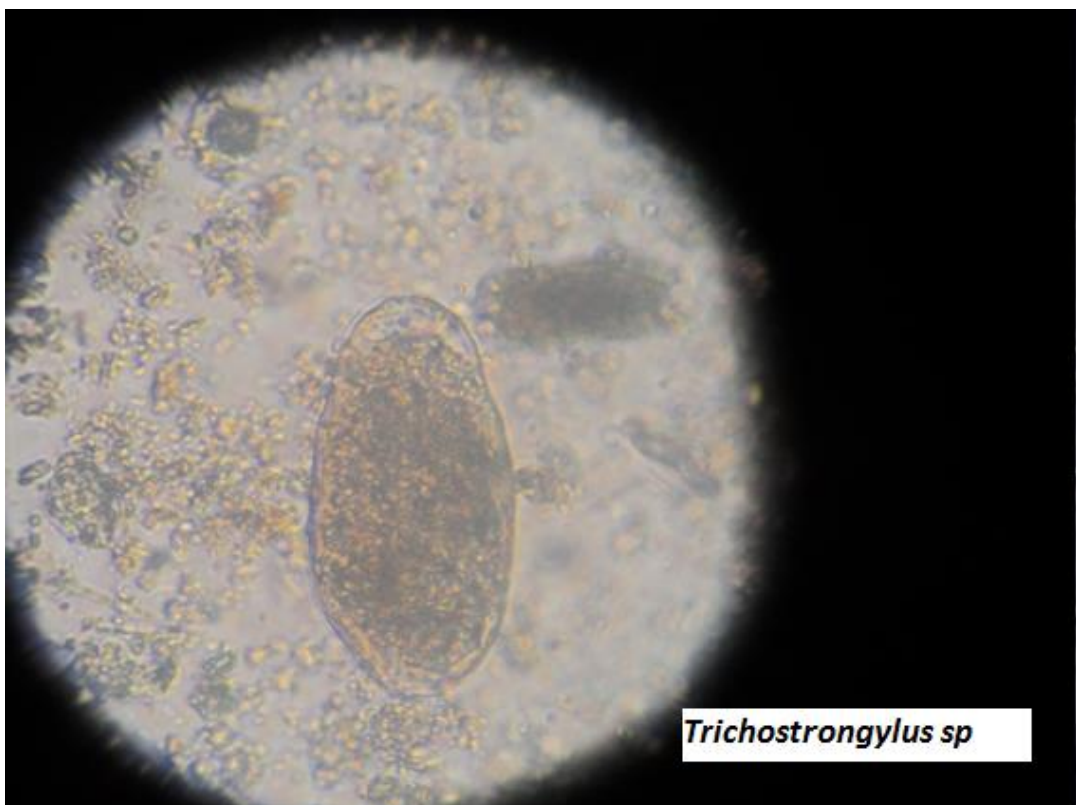
Fuente: Autor.

FOTO 8. Huevo de *Taenia* sp.



Fuente: Autor

FOTO 9. Huevo de *Trichostrongylus* sp.



Fuente: Autor