

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE  
HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



Eficacia comparativa de remoción de enteroparásitos  
entre lagunas facultativas y biofiltros, de la Planta de  
Tratamiento de Aguas Residuales "La Totorá" –  
Ayacucho 2006.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
BIÓLOGA EN LA ESPECIALIDAD DE MICROBIOLOGÍA

PRESENTADO POR:

**BACH. CANALES CHUCHÓN, MAGALY JUDITH**

AYACUCHO, PERÚ

2010

A mi madre con mucho cariño, en reconocimiento a su enorme sacrificio, a mis hermanos y familiares que me apoyaron en todo momento.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Alma Máter de mi formación profesional. A los docentes del Departamento Académico de Ciencias Biológicas, quienes contribuyeron en mi formación académica y profesional.

Mi sincero agradecimiento a la Empresa Prestadora de Servicios de Agua y Saneamiento. Ayacucho (EPSASA), por permitir el ingreso y la toma de muestras para la realización del presente estudio.

Mi más profundo agradecimiento al Dr. Saúl Alonso Chuchón Martínez, asesor, por compartir sus conocimientos y orientaciones que hicieron posible el desarrollo y culminación de esta investigación.

## ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	v
I. INTRODUCCIÓN	01
II. MARCO TEÓRICO	03
2.1. Aguas residuales	03
2.2. Composición de las aguas residuales	04
2.3. Características de las aguas residuales	07
2.4. Tratamiento de aguas residuales	08
2.5. Selección de un proceso de tratamiento para aguas residuales	09
2.6. Planta de tratamiento de aguas residuales "La Totorá"	10
2.7. Agentes patógenos en aguas residuales	19
2.7.1. Supervivencia de los agentes patógenos	19
2.8. Parasitismo	21
2.8.1. Enteroparásitos más frecuentes en aguas residuales	24
2.9. Antecedentes	29
III. MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.1. Ubicación de la Planta de Tratamiento	37
3.2. Puntos de muestreo	38
3.3. Número de muestras y frecuencia de muestreo	38
3.4. Muestreo	38
3.5. Análisis microbiológico	39
3.6. Determinación de la capacidad de remoción	40
3.7. Procesamiento de datos	40
IV. RESULTADOS	41
V. DISCUSIÓN	48
VI. CONCLUSIONES	55
VII. RECOMENDACIONES	
IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS	



"Eficacia comparativa de remoción de enteroparásitos entre lagunas facultativas y biofiltros, de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totorá" – Ayacucho 2006".

**Autor :** Bach. Magaly Judith Canales Chuchón.

**Asesor:** Dr. Saúl Alonso Chuchón Martínez.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó durante los meses de febrero a junio del 2006, con la finalidad de determinar la capacidad de remoción de enteroparásitos entre lagunas de estabilización y biofiltros, de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totorá" en la ciudad de Ayacucho. Se analizaron 80 muestras procedentes del efluente del tanque Imhoff, efluentes de los 4 filtros percoladores y efluentes de las lagunas facultativas. Los muestreos se realizaron entre las 8 a 9 de la mañana, para ello se contó con un muestreador simple de 2 litros de capacidad, con el cual se tomaron las muestras en los puntos de muestreo establecidos, los cuales fueron transportados al Laboratorio de Microbiología Ambiental de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

El análisis cuantitativo de enteroparásitos fue realizada por la técnica de Ritchie (2003). El porcentaje de remoción promedio de enteroparásitos en los biofiltros en cuanto a *Giardia lamblia* fue de 90.98% y de *Entamoeba coli* fue de 83.96%. La capacidad de remoción de *Giardia lamblia* en los biofiltros 2 y 4 fueron de 88.08% y 90.58% respectivamente que son superiores a la capacidad de remoción de los biofiltros 1 y 3 que fueron de 86.29% y 85.17% respectivamente. La capacidad de remoción de *Entamoeba coli* en los biofiltros 2 y 4 fue de 85.13% y 90.87% respectivamente que son superiores a la capacidad de remoción de los biofiltros 1 y 3 que fue de 76.91% y 80.07% respectivamente. Para las lagunas facultativas el porcentaje de remoción promedio en cuanto a *Giardia lamblia* fue de 99.44% y de *Entamoeba coli* fue 97.81%.

Los resultados indican que la capacidad de remoción de las lagunas facultativas es más eficaz que la de los biofiltros.

**Palabras clave:** Remoción, enteroparásitos, biofiltro, laguna facultativa, aguas residuales.

## I. INTRODUCCIÓN

El agua, como motor de desarrollo y fuente de riqueza, ha constituido uno de los pilares fundamentales para el progreso del hombre, es un elemento imprescindible para todos los seres vivos, necesario para su mantenimiento, para formar parte de su composición ó como medio ambiente de múltiples especies. El aumento de la población mundial y la constante intervención del hombre en el ambiente está alterando la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, con descargas contaminantes, y volviendo cada vez más escasos los recursos hídricos naturales. La capacidad de remoción de enteroparásitos de las lagunas facultativas y biofiltros por la planta de tratamiento de aguas residuales "La Totorá" se ven afectadas debido al crecimiento demográfico en la ciudad de Ayacucho haciendo que el volumen de agua residual a tratar sea mayor.

Estudios realizados en el año 2001 por la Consultora CES Consulting Engineers Salzgitter GMBH comprobó que el estado que mostraba la Planta de Tratamiento "La Totorá", no era satisfactoria ya que ésta trabajaba con un caudal significativamente mayor al de su capacidad de diseño, con una sobrecarga del 45%, al tratar en promedio 260 L/S de agua cruda, situación que hacía que las unidades trabajaran deficientemente, por tal motivo se ha realizado trabajos de modificación y ampliación en esta planta, esto a fin de optimizar el sistema de

tratamiento logrando así una mayor capacidad de remoción de microorganismos patógenos e indicadores de contaminación fecal y desechos orgánicos e inorgánicos presentes en las aguas de desagüe provenientes de la ciudad; por ello, el presente trabajo de investigación está orientado a determinar la actual capacidad de remoción de enteroparásitos de las lagunas facultativas y biofiltros existentes en la planta de tratamiento, evaluar y comparar la eficacia de remoción de cada unidad operacional; por tal razón en el presente trabajo de investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- Comparar la capacidad de remoción de enteroparásitos entre las lagunas facultativas y biofiltros de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “La Totorá” Ayacucho, 2006.
- Identificar enteroparásitos presentes en las aguas afluentes y efluentes de las lagunas de estabilización y biofiltros de la planta de tratamiento de aguas residuales “La Totorá”.
- Realizar comparaciones de diversidad y carga de enteroparásitos que poseen las aguas afluentes y efluentes entre lagunas facultativas y biofiltros de la planta de tratamiento de aguas residuales.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Aguas residuales.

Bajo el término de aguas residuales, se agrupan habitualmente aguas de orígenes diversos. Se encuentran en esta categoría las aguas de origen urbano formadas por aguas domésticas (lavado corporal y de la ropa, lavado de locales, aguas de cocina) y las aguas residuales cargadas de heces y orines, toda esta masa de efluentes está más o menos diluida por las aguas de lavado de servicios públicos y las aguas pluviales. El agua, así colectada en una red de alcantarillado, aparece como un líquido turbio, generalmente grisáceo, que contiene materia en suspensión de origen mineral y orgánico en cantidades variables (Rodier, 1981).

Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua, que provienen de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual. Así de acuerdo con su origen, las aguas residuales pueden ser clasificadas como:

- Domésticas.- Son aquellas aguas que son utilizadas con fines higiénicos (sanitarios, cocinas, lavanderías, etc.) consisten básicamente en residuos

humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de las descargas de las instalaciones hidráulicas de la edificación y también en residuos orgánicos en establecimientos comerciales, públicos y similares.

- Industriales.- Son residuos líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.
- Infiltración y caudal adicionales.- Las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza, cajas de paso, estructuras de los pozos de registro, estaciones de bombeo, etc. Hay también aguas pluviales que son descargadas por medio de varias fuentes, como canales, drenajes y colectores de aguas de lluvia.
- Pluviales.- Son agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena tierra, hojas y otros residuos que puedan estar sobre el suelo (Rolim, 2000).

## **2.2. Composición de las aguas residuales**

El factor que más influye sobre el proceso de depuración del agua residual es, sin duda, su composición. La procedencia de un agua residual es un aspecto determinante de gran parte de sus características físicas, químicas y biológicas. El cuadro N°1 resume los principales contaminantes que se pueden encontrar en un agua residual y sus posibles efectos sobre el medio receptor.

Cuadro N°1 Contaminantes presentes en aguas residuales y sus posibles efectos sobre aguas receptoras.

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

Fuente: Kemmer y Mc Callion, 1996.

Las aguas residuales se componen básicamente de un 99,9% de agua en su estado conocido como de agua potable y de un 0,1% de sólidos, sean éstos disueltos o suspendidos. Este 0,1% de sólidos referido es el que requiere ser removido para que el agua pueda ser reutilizada. El agua sirve o actúa como medio de transporte de estos sólidos, los que pueden estar disueltos, en suspensión o flotando en la superficie del líquido. Las aguas residuales típicas contienen además gases disueltos ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$ ) (Rozano, 1995).

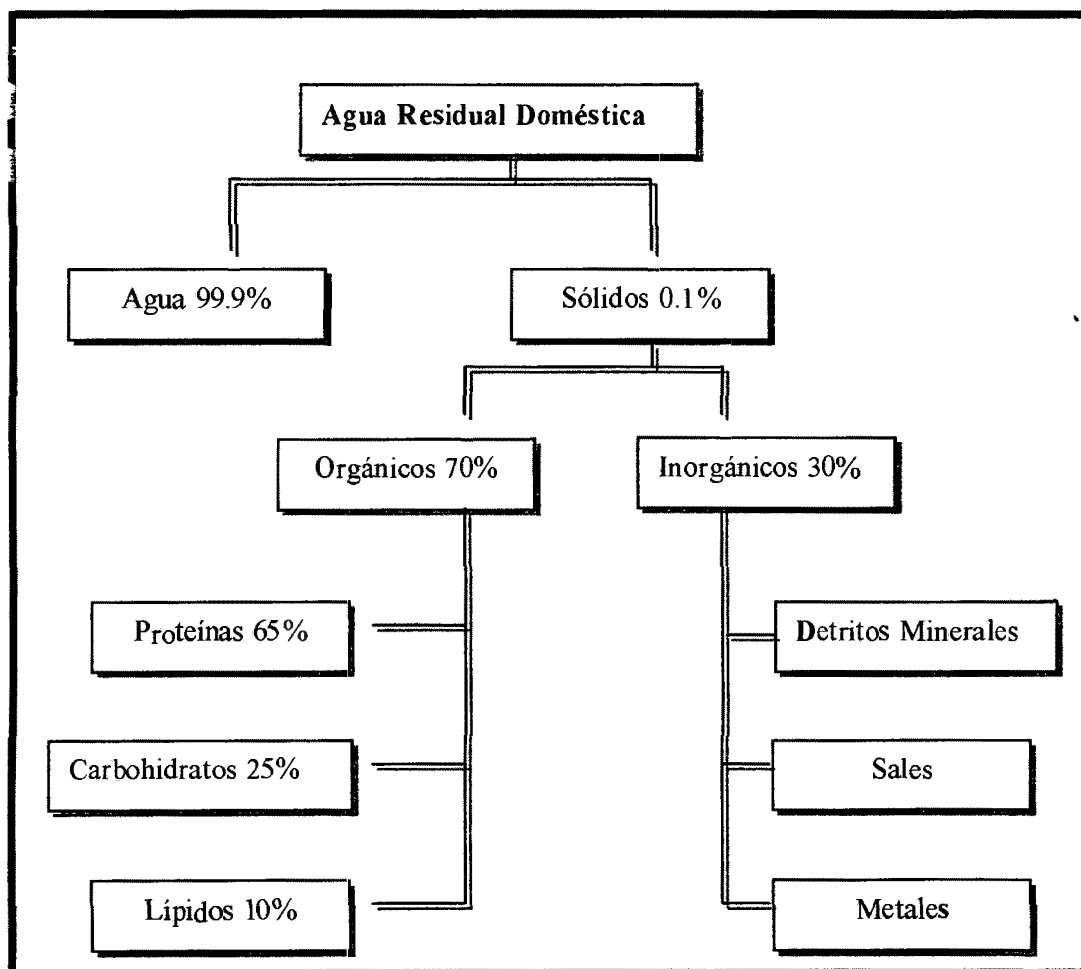


Figura N° 1. Composición de las aguas residuales  
Fuente: Tebbutt, 1997.

### **2.3. Características de las aguas residuales.**

Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y biológica.

**Físicas:** Las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el color, y la turbidez.

**Químicas:** El estudio de las características químicas de las aguas residuales se aborda en las siguientes: la materia orgánica, los gases presentes en el agua residual. El hecho de que la medición del contenido en materia orgánica se realice por separado viene justificado por su importancia en la gestión de la calidad del agua y del diseño de las instalaciones de tratamientos de agua.

**Biológicas:** Incluye las características como: principales grupos de microorganismos biológicos, organismos patógenos presentes en las aguas residuales, organismos utilizados como indicadores de contaminación, etc. (Tchobanoglous y Burton, 1995).

Las aguas residuales plantearán el mayor problema con el que se enfrentará la humanidad en los próximos años. En los países con escasas disponibilidades de agua dulce, la cuestión será más aguda. Las aguas residuales urbanas producen una serie de alteraciones en los cursos y planos de agua debido a los diversos productos que contienen, ya que las áreas receptoras son cada vez menos capaces de asimilar. La capacidad de auto purificación de una masa de agua es siempre limitada, mientras que el vertido de residuos a ella no tiene freno en el momento actual. Es decir, el volumen de aguas residuales depuradas no alcanzan en ningún país el nivel que debería tener hasta



compensar la diferencia que existe con la capacidad de auto depuración de los ríos (Seoanes, 1995).

#### **2.4. Tratamiento de aguas residuales.**

El tratamiento de aguas residuales es un proceso de etapas múltiples que incluyen procesos de tratamiento físicos y biológicos, dentro de estas etapas tenemos un tratamiento preliminar, primario, secundario y terciario.

Tratamiento Preliminar.- Incluye la remoción de sólidos suspendidos gruesos y sólidos suspendidos fijos. La remoción de sólidos suspendidos gruesos se lleva a cabo por rejillas de barras, con limpieza manual o mecanizada o mediante desintegradores o trituradores. Los sólidos suspendidos fijos de menores dimensiones como los detritos, minerales pesados, son removidos por medio de desarenadores (Rolim, 2000).

Tratamiento Primario.- Con este nombre se designa a los procesos cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos y puede ser por: sedimentación o flotación. De estos procesos, el más utilizado y que mejor se ajusta a las características de las aguas residuales es la sedimentación (Tchobanoglous y Burton, 1995).

Tratamiento Secundario.- Es fundamentalmente biológico con aireación seguido de clarificación (sedimentación) y cuenta con una unidad de recolección y manejo de lodos. Está diseñado para eliminar mayor parte de materia orgánica; por lo general, los procesos microbianos son aeróbicos; es decir, los microorganismos actúan en presencia de oxígeno disuelto y reducir la  $DBO_5$  (Tebbutt, 1997).

Dentro de los sistemas de tratamiento secundario encontramos procesos por lagunaje que se pueden clasificar en relación con la presencia de oxígeno en: 1) aerobios, 2) de maduración, 3) facultativos y 4) anaerobios.

También podemos encontrar procesos de tratamiento aerobio de cultivo en suspensión, procesos aerobios de tratamiento de cultivo fijo, procesos de tratamiento anaerobios de cultivos en suspensión y procesos anaerobios de tratamiento de cultivo fijo (Tchobanoglous y Burton, 1995).

Tratamiento Terciario.- Es un tratamiento físicoquímico que emplea precipitación, filtración y cloración para reducir marcadamente los niveles de nutrientes inorgánicos del afluente final (Pelkzar, 1981).

### **2.5. Selección de un proceso de tratamiento para aguas residuales.**

Las plantas de tratamiento son estructuras a construirse donde se proporcionará el desarrollo controlado de un proceso natural que permite reducir a niveles convenientes el contenido de materia orgánica y de varias sustancias de carácter físicoquímico o biológico peligrosos, para que, de esta forma, disminuya la contaminación de las aguas residuales antes de su descarga al medio natural, para favorecer en esta forma la recuperación y conservación de la calidad del agua de las fuentes receptoras (DAPSB, 2000).

La selección de un proceso de tratamiento de agua residual, o de la combinación adecuada de ellos, depende principalmente de:

- Las características del agua cruda.
- La calidad requerida del efluente.
- La disponibilidad del terreno.
- Características socioculturales de la localidad.
- Los impactos ambientales generados por la tecnología.
- Los costos de construcción y operación del sistema de tratamiento.
- La confiabilidad del sistema de tratamiento (Ministerio de Ambiente, 2005).

## **2.6. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “La Tatora”.**

La planta se encuentra ubicada planimétricamente entre las siguientes coordenadas:

NORTE	585.654 E - 8 547.489 N
SUR	585.762 E – 8 546.611 N
ESTE	585.996 E – 8 547.037 N
OESTE	585.442 E – 8 547.220 N

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “La Tatora” se encuentra ubicada al norte de la ciudad de Ayacucho, a unos 3,50 km siguiendo la carretera asfaltada que conduce a la ciudad de Huanta, con una altitud de 2 400 m.s.n.m. y una temperatura media anual de 15°C – 17°C.

**La Planta de Tratamiento consta de las siguientes unidades:**

### **2.6.1. Tratamiento preliminar.**

Son dispositivos formados por barras metálicas, paralelas, del mismo espesor e igualmente espaciadas. Se destinan a la remoción de sólidos gruesos en suspensión, así como de cuerpos flotantes, como papel, paño, madera y plástico. Tiene la finalidad de:

- Protección de los dispositivos de transporte de las aguas residuales contra obstrucción, especialmente de bomba, tuberías, piezas especiales, etc.
- El espaciamiento útil entre las barras se escoge en función al tipo de material que se quiere retener y de los equipos a proteger (Rolim, 2002).

Cámara de rejillas.- Está compuesta de tres canaletas de aproximación hacia las rejillas. La concepción constructiva de tales canaletas, ha previsto aguas arriba de las rejillas una forma trapezoidal en la parte inferior de las mismas por medio de cuñas de 25 cm de ancho y 50 cm de altura a manera de asegurar las velocidades requeridas. Para alcanzar una distribución proporcionada del afluente hacia las tres cámaras o canaletas, se cuenta con muros guía (pilas) en

la entrada y salida de las mismas. A objeto de aislar cada una de las unidades han sido previstas compuertas deslizantes de canal con vástago no ascendente ubicadas al inicio y a la salida de las canaletas. En lo referente a los equipos de rejillas se han provisto 2 unidades de rejillas escalonadas de limpieza automática. Este tipo de rejillas se encuentra conformado por láminas o barras en forma de escalera de manera que unas láminas son fijas y otras móviles, formando parte ésta últimas de un conjunto móvil que se mueve por ciclos en dirección ascendente de manera que los sólidos se van depositando y transportando al siguiente escalón de forma sucesiva hasta alcanzar el punto más alto donde se produce el vertido hacia tolvas ubicadas en la parte superior del transportador tipo tornillo sin eje para su conducción hacia el container. El tornillo se encuentra encapsulado en toda su longitud de manera que su transporte es higiénico y la generación de malos olores mínima.

El ciclo de trabajo se regula automáticamente según el nivel de agua frente a la rejilla. La determinación del nivel de agua ocurre mediante sondas. Alcanzando un valor preestablecido se pone en marcha el equipo iniciando así un ciclo de limpieza.

Desarenador.- Los desarenadores son unidades destinadas a retener arena y otros residuos minerales inertes y pesados que se encuentran en las aguas residuales (escombros, partículas de metal, carbón, etc). Estos materiales provienen del lavado, inundaciones, infiltraciones de aguas residuales de las industrias, etc. Son tanques de sedimentación diseñados para remover materia no putrescible que puede causar abrasión en canales o bombas y ocasionar su obstrucción. La materia removida, como no es biodegradable, debe recolectarse y disponerse en el área adecuada para el relleno (Rolim, 2002).

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Titora" cuenta con desarenadores rectos de flujo horizontal, sin aireación, con un sistema de

limpieza hidráulico. Consta de tres cámaras de 1,20 m de ancho cada una con una profundidad de canal de 2,50 m y una longitud efectiva de 30 m.

### 2.6.2. Tratamiento primario.

Con este nombre se designa a los procesos cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos y puede ser por: Sedimentación o Flotación. De estos procesos, el más utilizado y que mejor se ajusta a las características de las aguas residuales es la sedimentación. Las unidades o dispositivos de tratamiento que utilizan el proceso de sedimentación son:

- Tanques sépticos.
- Tanques Imhoff.
- Sedimentadores simples o primarios.

**Tanques Imhoff.-** Un tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario de dos niveles, conocido también como tanque de doble acción, los tanques Imhoff son utilizados como tanque de sedimentación y de digestión, sirven principalmente para la separación de sólidos suspendidos mediante sedimentación convirtiéndose en lodos y mediante flotación convirtiéndose en natas. Un tanque Imhoff se divide en:

- Cámara de sedimentación.- La cámara de sedimentación se encuentra situada en la parte superior del tanque, es el compartimiento al que ingresan las aguas a tratar, la cámara de sedimentación tiene en el fondo dos lozas convergentes con una inclinación de 60° respecto a la horizontal, en el fondo tiene una ranura y un solape de las lozas inclinadas gracias a esta disposición geométrica se evita que los gases producidos en la digestión, al seguir un camino ascendente, perturben la sedimentación de los sólidos.
- Zona neutra.- Se llama zona neutra al espacio comprendido entre la cámara de sedimentación y la cámara de digestión, ayuda a evitar que las espumas o

natas pasen de la cámara de digestión a la de sedimentación debido a la acción de los gases.

- Cámara de digestión.- Esta cámara se encuentra en la parte inferior del tanque Imhoff, puede estar formada en su fondo por dos o más tolvas que faciliten el drenado de los lodos, estos serán removidos mediante un tubo utilizando la carga hidrostática.
- Cámara de natas.- También llamada respiradero o cámara de espumas, es la cámara por la que son expulsados hacia la atmósfera los gases que se forman en la cámara de digestión por el proceso anaerobio que experimentan los sólidos sedimentables.

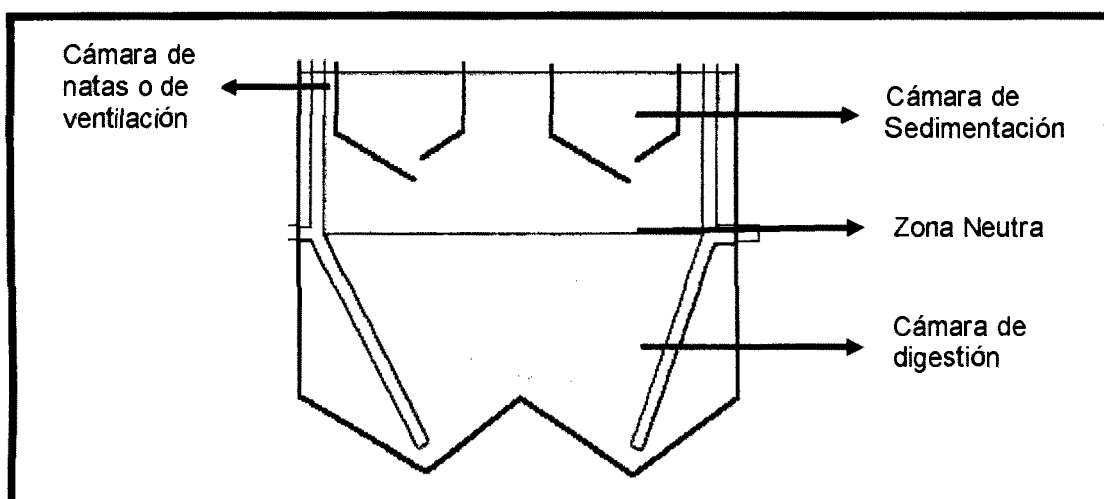


Figura N° 2: Representación esquemática de las partes de un Tanque Imhoff.  
Fuente: Días, y Bellot, 1995.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totorá" cuenta para el tratamiento primario con 6 tanques Imhoff, los que son alimentados por las aguas procedentes del efluente de los desarenadores. El periodo de retención nominal recomendado se encuentra en el rango de 1 a 2,5 h. Acorde al período de retención se produce una mayor o menor remoción de la carga orgánica.

### **2.6.3. Tratamiento secundario.**

El tratamiento secundario, se encuentra compuesta por 4 biofiltros, y dos lagunas facultativas. La sedimentación secundaria ocurre en las lagunas de sedimentación integrada (4 sedimentadores), las cuales tratan el efluente final de los filtros percoladores. Finalmente a objeto de mejorar la calidad microbiológica de los efluentes tratados, la planta consta de 3 lagunas de pulimento (maduración). El efluente es entregado al cauce natural del río Alameda por medio de una estructura disparadora y un canal trapezoidal ancho, revestido de roca (Consulting Engineers Salzgitter, 2002).

**Biofiltro.-** El biofiltro consiste en un lecho formado por un medio sumamente permeable al que se adhieren los microorganismos y a través del cual percola el agua residual. El medio filtrante suele estar formado por piedras, o diferentes materiales plásticos de relleno. Los filtros incluyen un sistema de drenaje inferior para recoger el líquido tratado y los sólidos biológicos que se hayan separado del medio. El líquido recogido pasa a un tanque de sedimentación en el que se pasan los sólidos del agua residual (Tchobanoglous y Burton, 1995).

La biomasa dispuesta sobre el material de contacto crece en función de la oferta de sustrato, por lo tanto, el espesor de la biopelícula crece más rápidamente en la zona superior y más lentamente en la inferior. Dado que el volumen de poros existente entre las partículas del material de relleno no puede incrementarse, se puede producir un taponamiento de los mismos impidiendo de esta manera la libre circulación de agua y de aire e interrumpir de esta manera el proceso. Para evitar este fenómeno el equipo aspersor (rociador) rotativo considerado en el diseño está en la capacidad de entregar la cantidad de agua necesaria de manera de abastecer con el sustrato necesario a los organismos y permitir el arrastre de la biopelícula en exceso (Tchobanoglous y Burton, 1995).

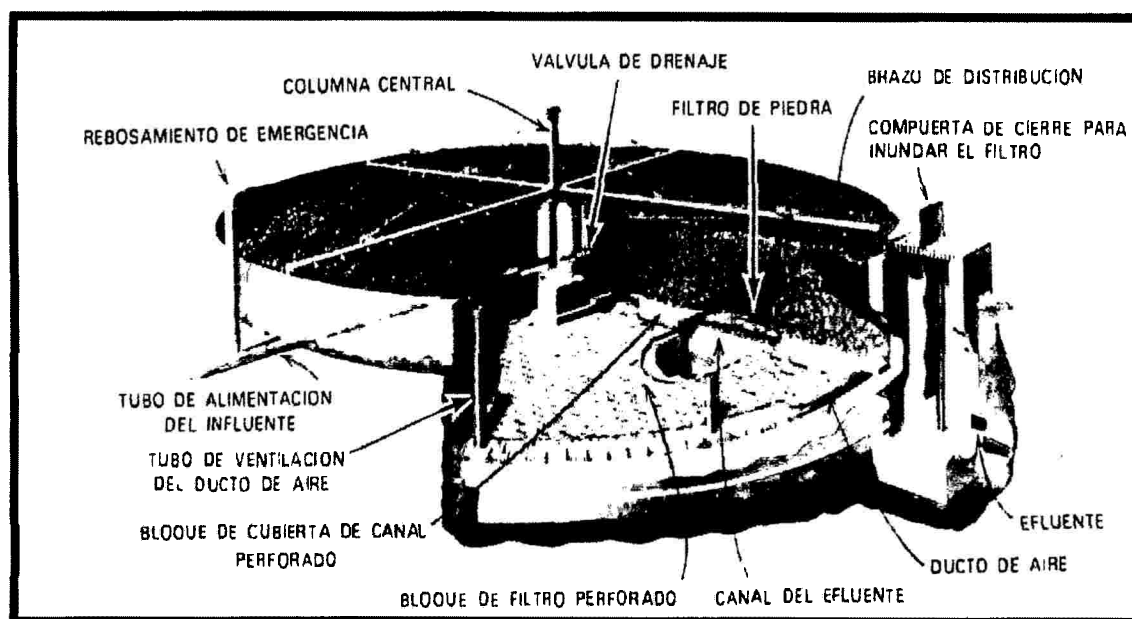


Figura N° 3: Representación esquemática de un filtro percolador.  
Fuente: Kemmer y Mc Callion, 1996.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totorá", posee 4 biofiltros cuya alimentación hidráulica se da por medio de rociadores rotativos de 4 brazos, cada filtro tiene 32 metros de diámetro, una altura de 4.5 m de lecho filtrante haciendo una altura total de 7 metros (Consulting Engineers Salzgitter, 2002).

El lecho filtrante tiene 4 zonas o capas. La inferior con una altura de 30 cm está conformada por granulometrías comprendidas entre 100 y 150 mm. La capa suprayacente con una altura de 30 cm está conformada por granulometrías comprendidas entre 80 y 100 mm. La capa suprayacente inmediata tiene una profundidad de 3,50 m y está conformada por granulometrías comprendidas entre 40 y 80 mm. La capa superior y en una altura de 40 cm está conformada por granulometrías comprendidas entre 60 y 80 mm. No se empleó bajo ningún concepto un tamaño de partícula menor a 40 mm (Consulting Engineers Salzgitter, 2002).



**Lagunas facultativas.-** Las lagunas facultativas son llamadas así por que tienen una capa aerobia superficial, una zona facultativa intermedia y una capa anaerobia en el fondo. En este tipo de laguna los procesos de oxidación bacteriana convierten el material orgánico en dióxido de carbono, amonio y fosfatos. Las bacterias predominantes responsables de los procesos oxidativos son *Pseudomonas spp.*, *Flavobacterium spp.* y *Alcaligenes spp.* La existencia de nutrientes ( $\text{NH}_4^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$ ) proporciona un ambiente favorable para que se desarrollen las poblaciones de algas, y a través de la fotosíntesis generan gran cantidad de oxígeno disuelto. Este oxígeno está disponible para que las bacterias aerobias continúen con la oxidación de la materia orgánica. En las lagunas facultativas existe una relación mutualista entre las algas y las bacterias. Sin embargo, algunos géneros de algas son capaces de metabolizar directamente la materia orgánica y también, hacer fotosíntesis; este tipo de metabolismo restringido a unos pocos microorganismos se denomina mixotrofia (Rolim, 2000).

El oxígeno producido por la fotosíntesis, que puede alcanzar niveles de oxígeno disuelto de 15 a 30 mg/L en las postrimerías de la tarde, está presente en la actividad bacteriológica aerobia, aunque el nivel de oxígeno disuelto desciende durante la noche y puede llegar a cero si la laguna está sobrecargada (Tebbutt, 1997).

Las lagunas facultativas son variantes más simples de los sistemas de lagunas de estabilización. Básicamente el proceso consiste en la retención de aguas residuales por un periodo de tiempo largo o suficiente como para que los procesos naturales de estabilización de la materia orgánica se lleven a cabo. Las principales ventajas o desventajas, están asociadas a los fenómenos naturales (Von, 1996).

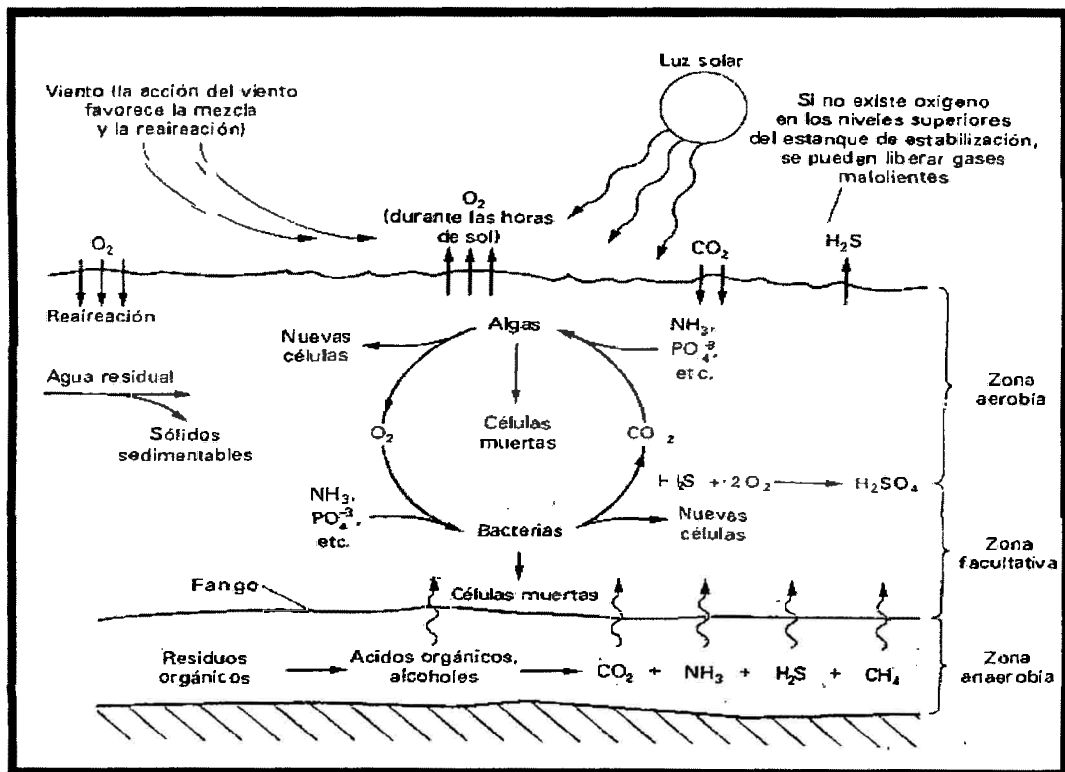


Figura N°4: Representación bioquímica de una laguna facultativa.  
Fuente: Tchobanoglous y Burton, 1995.

**Lagunas de Maduración.-** Las lagunas de maduración posibilitan un pulimento del efluente de cualquiera de los sistemas de tratamiento de aguas residuales. El principal objetivo es el de la remoción de patógenos y remoción adicional de DBO. Las lagunas de maduración, constituyen una alternativa bastante económica en la desinfección del efluente por métodos más convencionales como la cloración (Von, 1996).

Son lagunas que reciben una carga orgánica muy baja cuyo uso primario es como una etapa secundaria de tratamiento, enseguida de una laguna facultativa o de otro tipo de unidad de tratamiento biológico. También en estas lagunas hay gran crecimiento de algas, pero su característica más importante es la alta remoción de bacterias patógenas que se logra debido a que el ambiente es desfavorable para estos microorganismos (Tebbutt, 1997).

El estanque de maduración o estanque terciario, es utilizado para mejorar los efluentes de procesos de tratamientos secundarios convencionales, tales como filtros percoladores o fangos activados (Tchobanoglous y Burton, 1995).

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Tatora", está compuesto por 2 lagunas de tipo facultativo y 3 lagunas de maduración o pulimento. Las lagunas facultativas son alimentadas con parte del efluente del tanque Imhoff 6, aproximadamente un 33%. La laguna facultativa 1 tiene un área de 1593 m<sup>2</sup>, una longitud de 344 m, un ancho promedio de 56 m y un volumen máximo de 35100 m<sup>3</sup>. La laguna facultativa 2 tiene un área de 1333 m<sup>2</sup>, una longitud de 341 m, un ancho promedio de 49 m y un volumen máximo de 29700 m<sup>3</sup> (Consulting Engineers Salzgitter, 2002).

El tratamiento a través de lagunas tiene tres objetivos: (Rolim, 2000).

- Remover de las aguas residuales la materia orgánica que ocasiona la contaminación.
- Eliminar los microorganismos patógenos que representan un grave peligro para la salud.
- Utilizar su efluente para la reutilización, con otras finalidades, como agricultura. Por tanto, los factores que influyen sobre la calidad deseada para el efluente de las lagunas de estabilización depende de la visión de los diferentes sectores:
  - Salud: número de microorganismos patógenos o indicadores.
  - Medio ambiente: principales indicadores de la contaminación, es decir, la DBO<sub>5</sub> y los sólidos suspendidos.
  - Reutilización: dependiendo el uso que se le dará al efluente, se definirán los criterios para la reducción de DBO<sub>5</sub> y SST y bacteriológica.

## **2.7. Agentes patógenos en aguas residuales.**

Las aguas residuales están contaminadas por una fuerte carga de organismos patógenos excretados por individuos enfermos o portadores sanos. Entre estos agentes patógenos se encuentran los protozoarios y los helmintos que parasitan al hombre y son evacuados con las heces y esputo. En menos cantidad se encuentran en los parásitos propios de animales, pero que pueden ser causa de zoonosis parasitaria (León, 1995).

Los riesgos efectivos para la salud pública causadas por el uso de materias fecales se pueden dividir en tres amplias categorías: -aquellos que afectan a los consumidores de cultivos fertilizados con materias fecales (riesgo para el consumidor), aquellos que afectan a los campesinos y los trabajadores de lagunas (riesgo para el trabajador), y aquellos que afectan a las poblaciones que viven cerca de proyectos de reutilización de materias fecales (riesgo para la población cercana). En lugares donde no existe restricción del uso de materias fecales ni del riego con aguas residuales, permitiendo un crecimiento de todo tipo de productos comestibles, son de interés tanto el riesgo para el consumidor como el riesgo para el trabajador. En el caso donde el uso es limitado a ciertos cultivos, tales como productos consumidos cocidos o procesados, se evita el riesgo para el consumidor pero no para el trabajador (Strauss, 1998).

### **2.7.1. Supervivencia de los agentes patógenos.**

Los periodos de supervivencia de los agentes patógenos están en función tanto del tipo de cepa como de los factores climáticos y ambientales; es por ello la gran variación de dichos periodos que reporta la literatura. La información actual indica que casi todos los agentes patógenos sobreviven en el suelo y en los estanques el tiempo suficiente como para presentar peligro en los agricultores y piscicultores. En el cuadro Nº 2 se indica la supervivencia de estos agentes en el suelo y los cultivos, durante los climas cálidos (20° - 30°C) (CEPIS, 1998).

Cuadro Nº 2 Periodos de supervivencia de ciertos agentes patógenos excretados en el suelo y las superficies de los cultivos a 20-30 °C.

Agente patógeno	Periodo de supervivencia	
	En el suelo	En los cultivos
<b>Virus</b> Enterovirus	<100, comúnmente <20 días	<60, comúnmente <15 días
<b>Bacterias</b> <i>Coliformes fecales</i>	<70, comúnmente <20 días	<30, comúnmente <15 días
<i>Salmonella sp.</i>	<70, comúnmente <20 días	<30, comúnmente <15 días
<i>Vibrio cholerae</i>	<20, comúnmente <10 días	<5, comúnmente <2 días
<b>Protozoarios</b> Quiste de <i>Entamoeba histolytica</i>	<20, comúnmente <10 días	<10, comúnmente <10, días
<b>Helmintos</b> Huevos de <i>Ascaris lumbricoides</i>		<60, comúnmente <30 días <30, comúnmente <10 días
Larvas de anquilostomas	Muchos meses	<60, comúnmente <30 días
Huevos de <i>Taenia saginata</i>	<90, comúnmente <30 días	<60, comúnmente <30 días
Huevos de <i>Trichuris trichiura</i>	Muchos meses	<60, comúnmente <30 días

Fuente: Shuval, 1986

Cuadro Nº 3 Protozoos y helmintos parásitos del hombre que pueden ser transmitidos por la utilización de aguas residuales sin tratar.

PARASITO	EN SUELO EN LEGUMBRES, EN PECES DE LAGUNAS, etc.	MECANISMO DE INFECCIÓN
<b>PRTOZOARIOS</b>		
<i>Entamoeba histolytica</i>	Sobrevive varios días en suelo y/o legumbres	Ingiriendo alimentos contaminados
<i>Giardia lamblia</i>	Sobrevive 12 días en suelo y/o legumbres en buenas condiciones	Ingiriendo alimentos
<b>HELMITOS</b>		
<b>a. En contacto con el agua, infección a través de la piel</b>		
<i>Shistosoma sp.</i>	Huevos caen al agua, infectan los caracoles y las furcocercarias contaminan al hombre	Durante la irrigación los agricultores corren el riesgo
<b>b. Contaminación de peces.</b>		
<i>Clonorchis sinensis</i>	Huevos de parásitos caen al agua e infectan a los peces	Ingestión de carne cruda de pescado contaminado
<i>Dyphyllobothrium latum</i>	Los huevos contaminan el agua, luego continúa su desarrollo y contamina al pez.	Ingestión de carne cruda de pescado contaminado
<b>c. En contacto con el suelo, infección a través de la piel</b>		
<i>Necator americanos</i> <i>Ancylostoma duodenale</i> <i>Strongyloides stercoralis</i>	Los huevos llegan con las aguas residuales, desarrollan y las larvas filariforme infectan al hombre	Agricultores
<b>d. A través del suelo/boca</b>		
<i>Ascaris lumbricoides</i> <i>Trichuris trichiura</i>	Los huevecillos mudan en el suelo y se vuelven infectivos	Ingestión de los alimentos contaminados
<b>e. Contaminación de animales, alimentos para el hombre</b>		
<i>Taenia saginata</i>	Los huevos contaminan los pastos que sirven de alimento al ganado vacuno	Ingestión de carne mal cocida
<i>Taenia solium</i>	Los huevos contaminan los alimentos que comen cerdos	Ingestión de carne mal cocida

FUENTE: Shuval, 1986

## 2.8. Parasitismo.

El parasitismo es un estado de asociación biológica entre dos especies vivas diferentes, el parásito con el hospedero que de manera temporal o permanente, viven a expensas de otro organismo de distintas especies, el tracto digestivo del hombre es capaz de albergar una gran variedad de parásitos, tanto protozoarios como helmintos, los cuales pueden ser patógenos o comensales.

El enteroparásito se localiza a lo largo del intestino delgado o del intestino grueso. La relación que guarda con la mucosa intestinal es variable y por

consiguiente el daño directo que en ella provocan son también diversos. Así los áscaris son parásitos del lumen intestinal y tienen poco contacto con la mucosa, sin producir daño histológico otros causan daño por medio de ventosas (céstodos), de expansiones alares (oxiuros) (Arias, 1994).

El término parásito se aplica generalmente a un organismo más débil que obtiene alimento de otro organismo y aprovecha todos los beneficios de la asociación, el hospedero puede sufrir efectos dañinos por varios trastornos funcionales y orgánicos (Madigan, M. y col 2004).

La distribución depende de las condiciones sociales y económicas aunque muchas especies importantes de parásitos son cosmopolitas; la supervivencia, el desarrollo larvario y la transmisión son más fáciles en los países tropicales, donde reina condiciones óptimas de temperatura, humedad lo que no hay en una región templada (Madigan, M. y col 2004).

Muchos organismos parásitos tienen un solo hospedero pasando a través de un contacto físico directo o por medio de formas resistentes o semirresistentes que son capaces de sobrevivir en algún tiempo fuera de su hospedero. La exposición a la infección puede tener una o varias vías de las siguientes fuentes:

- Suelo o agua contaminada.
- Alimento que contenga los estados inmaduros infectantes del parásito.
- Insectos chupadores de sangre.
- Animales domésticos o salvajes que contengan el parásito.
- Otra persona, su ropa, ropa de cama.
- Autoinfección (Arias, 1994).

Los conocimientos científicos de las parasitosis están por lo general bien establecidos si se compara con otras enfermedades humanas. Se saben bien

las características biológicas de la mayoría de los parásitos, los mecanismos de invasión, localización en el organismo, patología, tratamiento y medidas de prevención y control. A pesar de lo anterior las infecciones parasitarias están ampliamente difundidas y su prevalencia es en la actualidad similar, en muchas regiones del mundo, a la que existía 50 años o más. Las razones para esto se derivan de la complejidad de los factores epidemiológicos que las condicionan y de la dificultad para controlar o eliminar estos factores que son los siguientes:

- Contaminación fecal.- La contaminación fecal de la tierra o el agua es frecuente en regiones pobres donde no existe adecuada disposición de excretas y la defecación se hace en el suelo.
- Condiciones ambientales.- La presencia de suelos húmedos y con temperaturas apropiadas es indispensable para la sobrevivencia de los parásitos.
- Vida rural.- La ausencia de letrinas en los lugares de trabajo rural es el factor predominante para la alta prevalencia de las parasitosis intestinales en estas zonas. La costumbre de no usar zapatos y de tener contacto con aguas. La exposición a la picadura de insectos favorece la infección de parásitos transmitidos por ellos.
- Deficiencias en higiene y educación.- La mala higiene personal y la ausencia de conocimientos sobre transmisión y prevención de las enfermedades parasitarias, son favorables a la presencia de estas. Condición presente en grupos de nivel socio económico inferior, que a la vez habitan en zonas con deficiente saneamiento ambiental.
- Costumbres alimenticias.- La contaminación de alimentos y agua de bebida favorecen el parasitismo intestinal.



- Migraciones humanas.- El movimiento de personas de zonas endémicas a regiones no endémicas ha permitido la diseminación de ciertas parasitosis.
- Inmunosupresión.- Los factores que han llevado a la diseminación del VIH con su consecuencia, el SIDA, han determinado que aparezcan nuevos parásitos patógenos para el hombre, como los microsporidios y que otros ya existentes se diseminen y causen mayor enfermedad (Botero y Restrepo, 2004).

### **2.8.1. Enteroparásitos más frecuentes en aguas residuales.**

Entre los enteroparásitos que se encuentran con mayor frecuencia en las aguas residuales y los más importantes desde el punto de salud humana son:

#### **a) Protozoarios:**

*Entamoeba histolytica*- Es un protozoo que produce la amibiasis, la disentería amebiana y la hepatitis amebiana. El quiste mide entre 3 y 5 micrómetros y es la única forma en la que se observa en aguas, tiene forma redonda u oval, es hialino, con pared lisa. El estadio de trofozoito mide entre 10 y 60 micrómetros, se encuentra alojado en el huésped definitivo que es el hombre.

Los trofozoitos se ubican en el intestino y posteriormente se transforman en quistes y salen al exterior con las heces. Estos quistes se dispersan en el ambiente y contaminan las aguas superficiales, el suelo y los alimentos.

Los quistes son sumamente resistentes a los factores ambientales pueden sobrevivir en el medio externo y actúan como fases infecciosas, la infección se produce cuando los alimentos o bebidas son contaminadas por manipuladores infectados o como consecuencia de las condiciones sanitarias no adecuadas; en cambio, el estadio de trofozoito no es capaz de sobrevivir en el medio fuera del huésped. También es posible la transmisión directa de persona a persona (Aurazo, 2004).

La distribución geográfica de las amebas es amplia, puede considerarse una parasitosis cosmopolita pues se encuentra casos en todo el mundo pero con prevalencia muy variable (Arias, 1994).

*Entamoeba coli*.- El trofozoito mide de 20 a 30 micras, posee endoplasma con gránulos gruesos, vacuolas y bacterias, pero sin eritrocitos. El ectoplasma da origen a pseudópodos romos que aparecen simultáneamente en varias partes de la célula y le imprimen movimiento lento. El núcleo presenta un cariosoma grande y excéntrico, cromatina alrededor de la membrana nuclear dispuesta en masas grandes e irregulares. El quiste es redondeado o ligeramente ovoide, de 15 a 30 micras, tiene más de 4 núcleos cuando está maduro (Botero y Restrepo, 2004).

Este protozooario es tal vez el comensal mas frecuente del intestino grueso del hombre, y su forma trofozoítica generalmente se confunde con *Entamoeba histolytica*, el quiste generalmente posee ocho núcleos. La *Entamoeba coli* se transmite por fecalismo de forma similar que *Entamoeba histolytica*, su distribución es mundial y las prevalencias oscilan entre el 10% y 40% (Arias, 1994).

*Endolimax nana*.- El trofozoito mide entre 6 y 15 micras, el endoplasma presenta vacuolas. Los pseudópodos son pequeños y aparecen simultáneamente en forma brusca. El núcleo presenta cariosoma grande, que puede verse aún en preparaciones sin colorear. La cromatina de la membrana nuclear no existe o es muy pequeña. El quiste mide de 5 a 10 micras, puede ser redondo u ovalado y presenta, cuando está maduro, 4 núcleos que se observan como puntos brillantes (Botero y Restrepo, 2004).

Su habitud es el lumen del intestino grueso; el mecanismo de la infección es por la ingestión de quistes en alimentos o bebidas contaminadas con deposiciones.

Su distribución es muy amplia y su prevalencia oscila entre 10% y 30%, no produce daño (Arias, 1994).

*Giardia lamblia*. - Agente etiológico de la giardiasis, llamada también lambliasis. Es un protozoo flagelado que presenta dos estadios evolutivos: el quiste y el trofozoíto. El quiste es la forma en la que se encuentra en aguas, tiene forma elipsoide, mide de 9 a 12 micrómetros, su pared es lisa, tiene dos o cuatro núcleos que se tiñen intensamente con colorantes como el lugol. El estadio de trofozoíto se encuentra en el huésped, que es el hombre. Mide de 12 a 15 micrómetros de largo, es piriforme, con simetría bilateral, el extremo anterior ancho y redondo y el extremo posterior termina en punta. Es el único protozoo común que se encuentra en el duodeno y el yeyuno del hombre, tanto los trofozoítos como los quistes salen al exterior con las deposiciones del huésped. Se dispersan en el ambiente y contaminan las aguas superficiales, los suelos y los alimentos. El trofozoíto muere rápidamente y los quistes sobreviven a las condiciones ambientales. Los quistes son ingeridos por el hombre mediante la ingestión de agua o alimentos contaminados. Se ha demostrado que los quistes son sumamente resistentes a la desinfección con cloro y sobreviven en el ambiente durante varios meses (Aurazo, 2004).

*Balantidium coli*. - Es el protozoo de mayor tamaño que afecta al hombre, el trofozoíto es de forma ovalada, con una longitud promedio de 50 a 200 micras y 40 a 50 micras de ancho. Está rodeado de cilios que le permiten un deslizamiento rápido. Posee en la parte anterior una boca o citostoma con cilios largos que le sirve para obtener el alimento, el cual pasa a vacuolas digestivas (Botero y Restrepo, 2004).

La infección persiste en el intestino por la multiplicación de los trofozoítos, estos sufren enquistamiento en la luz intestinal, salen con las materias fecales y son infectantes inmediatamente. La transmisión se hace por cualquier mecanismo

que permite la ingestión de los quistes, después de ingeridos la membrana quística se destruye y de cada quiste emerge un trofozoito en el intestino (Arias, 1994).

*Iodamoeba butschlii*.- Su nombre genérico deriva de la constante presencia tanto en el trofozoito como en el quiste, de una vacuola de glicógeno altamente iodofílica. Su distribución es mundial, pero la prevalencia es menos que la *Entamoeba coli*. Su hábitat es el lumen del intestino grueso, fundamentalmente el ciego. La forma de transmisión es por fecalismo, al ingerirse alimentos o bebidas contaminadas con deposiciones humanas. Su disposición es principalmente en zonas de clima tropical (Arias, 1994).

#### **b. Helmintos:**

*Taenia solium*.- Produce la teniasis y la cisticercosis. El cerdo es el huésped definitivo habitual. El espécimen adulto mide de 3 a 5 metros de longitud, presenta un escólex armado con una corona de ganchos con los cuales se fija al intestino. El hombre se infecta al consumir carne de cerdo mal cocida, pero también puede contaminarse con la ingestión de huevos de *Taenia solium* y adquirir la enfermedad llamada cisticercosis. El hombre puede adquirir la cisticercosis por la ingestión de huevos de *Taenia* en el agua o en los alimentos. Los huevos miden entre 30 y 40 micrómetros de diámetro, son esféricos, de paredes gruesas y radiadas y en su interior encierran un embrión provisto de seis ganchos, llamado embrión hexacanto. Esta es la forma infectiva para el huésped intermediario (Aurazo, 2004).

*Ascaris lumbricoides*.- Es el agente etiológico de la ascariasis. Es un nematodo que presenta diferenciación sexual. La hembra mide aproximadamente 30 centímetros y el macho 15 centímetros. Tienen los extremos aguzados y son de color rosa nacarado. La hembra puede desovar aproximadamente 200.000 huevos por día.

Los huevos son de color parduzco y los fecundados tienen forma elíptica, miden de 45 a 75 micrómetros de largo y de 35 a 50 micrómetros de ancho. Tienen una cubierta externa gruesa de superficie mamelonada y de color café. Los huevos deben madurar en el suelo antes de ser infectivos. El hombre se infecta al ingerir agua y verduras contaminadas con huevos de *Ascaris*. En el organismo humano cumplen un complicado mecanismo de desarrollo hasta que los adultos se instalan en el intestino delgado (Aurazo, 2004).

*Trichuris trichiura*- Es el agente etiológico de la tricocefalosis. Es un Nematodo blanquecino que presenta diferenciación sexual. La hembra mide de 35 a 50 milímetros de largo y el macho, de 20 a 25 milímetros. Es delgado en la parte anterior y en la parte posterior, grueso. Se ha calculado que se eliminan entre 200 y 300 huevos por gramo de heces por cada hembra.

Los huevos son elípticos, de color parduzco, miden alrededor de 40 a 50 micrómetros y presentan una gruesa envoltura de doble contorno. En ambos polos tienen tampones mucosos que confieren al huevo un aspecto típico de tonel. El huevo debe desarrollarse en el medio ambiente para ser infectivo. Presenta una gran resistencia a las condiciones adversas del ambiente y puede conservar su viabilidad durante años. El único huésped es el hombre, que se infecta al ingerir agua y alimentos contaminados con huevos de *Trichuris trichiura* (Aurazo, 2004).

*Strongiloides stercoralis*- los gusanos adultos habitan en la mucosa y la submucosa del duodeno y el yeyuno. Los huevos eclosionan inmediatamente y liberan larvas que emigran a la luz del intestino y son expulsados con las heces. Después de unos pocos días en el suelo, se transforman en larvas filariformes infecciosas. Al igual que las *uncinarias*, las larvas de *Strongiloides* penetran por la piel de los humanos, emigran a través de los pulmones y llegan al intestino, donde maduran alrededor de dos semanas (Arias, 1994).

*Uncinarias*- las hembras adultas de las *uncinarias*: *Ancylostoma duodenale* y *Necator americanus* depositan huevos de membrana fina, que hacen eclosionar en las heces poco después de salir del organismo del hospedero. Las larvas se alimentan de bacterias hasta que adquieren capacidad infecciosa y después emigran alejándose de la masa fecal. La infección se produce cuando las larvas entran en contacto con la piel desprotegida, en caso de *Ancylostoma duodenale*, también cuando son deglutidos (Arias, 1994).

### **2.9. Antecedentes.**

La presencia de parásitos en las aguas residuales es uno de los factores de riesgo más importantes en los países con alta incidencia de parasitosis, ya que estos organismos pueden infectar a la población a través de las fuentes de agua de consumo y de riego. Ante esta realidad epidemiológica de nuestros países, es de vital importancia que las tecnologías para el tratamiento de aguas residuales sean eficientes en la remoción de estos organismos. Esta es otra característica atractiva de las lagunas de estabilización: su gran eficiencia en la remoción de parásitos (León, 1995).

La materia fecal humana contaminada es el principal vehículo de transmisión de enfermedades infecciosas que se propagan por el agua. Datos del banco mundial demuestran que el 25% del total de los enfermos atendidos en los centros de salud presentan enfermedades relacionadas con las excretas. En poblaciones donde la pobreza y la desnutrición son endémicas, las diarreas e infecciones respiratorias son las principales causas de muertes en niños menores de dos años. Las condiciones que favorecen a la transmisión de microorganismos patógenos están relacionadas con las deficiencias de saneamiento básico y con las precarias condiciones socioeconómicas (Rolim, 2000).

Desde 1981, los protozoarios entéricos son más reconocidos en la ingeniería sanitaria y ambiental, como causantes en brotes infecciosos transmitidos por el agua. Los protozoarios patógenos más comunes en las heces humanas son: *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolytica* y *Balantidium coli*. Más recientemente fueron aisladas especies de *Cryptosporidium* (Rolim, 2000).

De Abreu (2008), en su trabajo de investigación titulado "identificación y cuantificación de metales pesados, parásitos y bacterias en aguas residuales crudas y tratadas en la Estación de tratamiento de aguas residuales de Riberão Preto – Sao Paulo, Brasil": menciona que la concentración media de quistes de protozoarios en aguas residuales crudas en Estados Unidos va de 10,000 a 1000,000 quistes/L y el valor medio/L de los parásitos encontrados en afluentes y efluentes de la ETAR Riberão Preto (Brasil) en el periodo de un año de 1833 y 1500 de *Entamoeba coli* en afluentes y efluentes respectivamente y de 5166 y 1666 de *Giardia sp*, en afluentes y efluentes respectivamente.

De Abreu (2008), también menciona que en las muestras de aguas residuales analizadas, los parásitos que encontraron mayor prevalencia fueron: *Ascaris sp*, *Hymenolepis sp*, *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*, *Isospora belli*, *Endolimax nana*, *Iodamoeba butschlii*, *Giardia sp* y *Balantidium coli*.

En los países desarrollados el principal objetivo del tratamiento es la remoción de materias orgánicas y nutrientes, pues una tifoidea o un caso de parasitismo son excepcionales. En cambio, en los países en desarrollo, el objetivo prioritario de tratamiento de las aguas residuales debe ser la remoción de parásitos, bacterias y virus patógenos que ocasionan enfermedades endémicas. La opción tecnológica mediante la cual se alcanza plenamente el objetivo de "no patógenos", corresponde a las lagunas de estabilización (Flores y León 1996).

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales domesticas fueron originalmente concebidas para remover materia orgánica y sólidos.

Posteriormente surgió la preocupación en reducir otros constituyentes, como los nutrientes y organismos patógenos; actualmente se considera que las estaciones de tratamiento deben actuar como verdaderas barreras de la diseminación de diversas enfermedades, principalmente en los países en que los patrones de salud pública son precarios y los índices de morbilidad y mortalidad elevados (De Abreu, 2008).

Las lagunas de estabilización se comenzaron a usar en América Latina en 1958 para el tratamiento de aguas residuales, teniéndose mucho más éxito que con las plantas convencionales. Se considera que en 1993 existen más de 3000 lagunas de estabilización en América Latina y el Caribe. Su uso se popularizó y la gran mayoría de lagunas construidas continúan operando. Sin embargo, el uso de lagunas de estabilización obligó a romper con algunas tradiciones del tratamiento que establecen que los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales deben tener una DBO y una concentración de sólidos suspendidos menor de 30 mg/L. Los efluentes de las lagunas de estabilización no logran una concentración tan baja de sólidos suspendidos pero en cambio pueden llegar a tener calidades microbiológicas muy buenas. Lo que se quiere es proteger la salud pública, las lagunas son una herramienta excelente (León, 1999).

Shuval y col. (1986), revisaron minuciosamente la gran cantidad de estudios epidemiológicos disponibles acerca del riego de cultivos con aguas residuales recopilados en un informe reciente del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD/Banco Mundial. Las conclusiones más importantes se pueden resumir de la manera siguiente: El riego de cultivos con aguas residuales no tratadas causa un exceso importante de infecciones de enteroparásitos intestinales tanto en los consumidores de cultivos irrigados como en las personas que trabajan en los campos irrigados. El riego con aguas



residuales debidamente tratadas no causa un exceso de infección intestinal con enteroparásitos. El cólera y probablemente la fiebre tifoidea, puede ser en efecto transmitida por legumbres irrigadas con aguas residuales no tratadas. El ganado que pasta en prados irrigados con aguas residuales crudas puede infectarse con *Taenia saginata*. No obstante, existe poca evidencia de riesgos efectivos de infección humana (Strauss, 1998).

Existe una investigación importante sobre la evidencia epidemiológica acerca del uso de excretas en la agricultura (Blum y Feachem, 1985). Las conclusiones de este estudio son muy parecidas a las del estudio sobre el riego con aguas residuales del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD/Banco Mundial y establecen que: La fertilización de los cultivos con excretas no tratadas causan un exceso significativamente de infecciones. Parece que el tratamiento de excretas puede reducir la transmisión de infecciones de nematodos. La fertilización de arrozales con excretas puede causar un exceso de infección de esquistosoma entre los cultivadores de arroz y el ganado puede ser infectado con *Taenia sp.*, pero es improbable que contraiga salmonellosis (Strauss, 1998).

Blum y Feachem (1985), también revisaron la evidencia epidemiológica referente a la transmisión de enfermedades asociadas con el uso acuicultural de excretas y aguas residuales. Debido a la cantidad y calidad limitada de datos disponibles, la conclusión de este estudio es menos evidente que los resultados obtenidos acerca del uso agrícola de aguas residuales y excretas. No existe un indicio de transmisión de enfermedades por transferencia pasiva de virus, bacteria o protozoarios mediante peces y verduras acuáticas. No obstante prevalece un riesgo potencial considerable, especialmente por medio de recontaminación debido a una higiene de cocina y personal inadecuado (Strauss, 1998).

### **Antecedentes nacionales.**

El tratamiento y reuso de aguas residuales se inicia en el Perú en la década del 60, con la implementación de las lagunas de estabilización de San Juan, en Lima. Este sistema, considerado como la opción tecnológica más viable para alcanzar el objetivo "no patógenos", se ha venido aplicando al 78% de las plantas existentes en el país. Sin embargo, la cobertura de tratamiento sólo llega al 17.6% de las aguas residuales generadas, ya que la crisis económica ha limitado las inversiones en este rubro.

El Perú es la sede del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), y con algunas instituciones nacionales viene estudiando desde 1977 el sistema de lagunas de estabilización para reusar las aguas en diversas actividades agropecuarias. Entre los principales resultados obtenidos se pueden mencionar:

- El sistema de lagunas de estabilización tiene gran capacidad para remover patógenos, lo cual asegura el uso de sus efluentes en agricultura, garantizando la calidad sanitaria de los productos.
- Los efluentes tratados que alcanzan niveles de 10 000 coliformes fecales/100ml son apropiados para obtener productos agrícolas piscícolas libres de patógenos.
- Las aguas residuales tratadas aportan los nutrientes necesarios para los cultivos agrícolas, evitando los costos de fertilización.
- Se ha implementado la tecnología del cultivo de peces (Tilapia) con aguas residuales tratadas, obteniéndose 4 400 kg/ha sin adicionar alimentos artificiales.

- Se ha desarrollado un programa de dimensionamiento, metrado, costeo y evaluación económica para sistemas integrados de tratamiento y de reuso de aguas residuales (MINSA, 1999).

#### **Antecedentes regionales.**

García (1997), al realizar el estudio “Identificación de Enteroparásitos en Aguas Afluentes y Efluentes de la Planta de Tratamiento La Totorilla de Ayacucho” arribó a las siguientes conclusiones: En aguas afluentes se identificaron los siguientes enteroparásitos: quistes de *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, *Balantidium coli*, *Iodamoeba bustchli* y huevos de: *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Hymenolepis nana*, *Taenia sp*, *Uncinaria*. En aguas efluentes se detectaron los siguientes helmintos: *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Hymenolepis nana*, *Uncinarias*, *Taenia sp*.

Gómez (1999), al realizar el estudio “Detección e Identificación de Enteroparásitos en agua de riego y hortalizas del valle de la Totorilla, valle de la Compañía y Chacco” llegó a las siguientes conclusiones: Las muestras de verduras procedentes del valle la totorilla presentaron una contaminación parasitaria en un 86% y las aguas de riego utilizadas en este lugar mostraron una contaminación del 90%. Las muestras de verduras procedentes del valle de Chacco presentaron una contaminación parasitaria en un 38% y las aguas de riego utilizadas en este lugar mostraron una contaminación del 83%. Las muestras de verduras procedentes del valle la compañía presentaron una contaminación parasitaria en un 18% y las aguas de riego utilizadas en este lugar mostraron una contaminación de 70%.

Matta (2001), al realizar el estudio “Enteroparásitos en Hortalizas Regadas con Aguas Contaminadas por Efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Huanta-Ayacucho”, concluyó: Los quistes, huevos o larvas de enteroparásitos, detectados e identificados en muestras de hortalizas cultivadas

en la zona de Alameda baja de Huanta, fueron de: *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Hymenolepis nana*, *Uncinarias* y *Strongyloides stercoralis*. El 33% de las muestras de hortalizas analizadas, presentaron larvas, huevos o quistes de parásitos intestinales. Las muestras de "lechuga" presentaron mayor porcentaje de contaminación, así el 60% estuvieron contaminadas. De los enteroparásitos hallados, el que estuvo en mayor frecuencia y cuantía fue *Ascaris lumbricoides*, pues se registró en el 23% de las muestras analizadas y en el se detectaron 86 huevos, que presentaron el 63% del total de enteroparásitos. El grado de contaminación y la diversidad de enteroparásitos presentes en las aguas de riego, influyen directamente en la contaminación de las hortalizas, cualitativa y cuantitativamente.

Prado (1998), en su estudio "Cuantificación de Enteroparásitos y Estudio de Viabilidad de *Ascaris lumbricoides* en Aguas Residuales Afluentes y Efluentes de la Planta de Tratamiento La Alameda-Huanta", llegó a las siguientes conclusiones: En las aguas residuales afluentes se detectaron 652 enteroparásitos por litro, 72.71% de protozoarios y 27.29% de helmintos. En las aguas residuales efluentes se han encontrado 92 enteroparásitos por litro; 70.89% para protozoarios y un 29.11% para helmintos. El porcentaje de remoción de los enteroparásitos en las aguas residuales tratadas de dicha planta, fue para protozoarios en un 83.11% y helmintos un 76.8%. Las aguas residuales favorecen la evolución, desarrollo y supervivencia de huevos de *Ascaris lumbricoides*. El tiempo de evolución hasta el estado de huevo larvado de *Ascaris* resultó ser 14 días a una temperatura de 37°C contados desde el primer día de la incubación.

Condezo (1986), en su trabajo de investigación: "Estudio Físico Químico y Bacteriológico de las Lagunas de Estabilización de Ayacucho", llegó a la

conclusión de que si bien existía un buen porcentaje de disminución del número de coliformes totales y fecales, las aguas efluentes contenían cantidades importantes de estos organismos. En años posteriores se fueron modificando las estructuras de las pozas de oxidación, con la finalidad de lograr mayor capacidad de remoción de microorganismos y desechos orgánicos e inorgánicos.

Villantoy (2008), en su trabajo de investigación: Capacidad de remoción de enteroparásitos de la planta de tratamiento de aguas residuales "Ichpico" Huanta, llegó a las siguientes conclusiones: La capacidad total de remoción de la laguna facultativa primaria A fue: quistes de protozoarios 75.43% y huevos de helmintos 70.21%; de la laguna facultativa primaria B fue: quistes de protozoarios 80.88% y huevos de helmintos 73.50%; y la capacidad de remoción de la laguna secundaria fue: quistes de protozoarios 96.88% y de huevos de helmintos 98.42%. Esto en relación a las lagunas primarias A y B. La capacidad total de remoción de enteroparásito fue para protozoarios de 99.36% y de helmintos fue de 99.56%.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1.- Ubicación de la planta de tratamiento.**

La planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Tatora" se encuentra ubicada al norte de la ciudad de Ayacucho, a unos 3,50 km siguiendo la carretera asfaltada que conduce a la ciudad de Huanta. El acceso tiene lugar desde la mencionada carretera por medio de un camino de herradura hasta alcanzar el actual portón de ingreso a la planta de tratamiento de aguas residuales luego de aproximadamente 800 m de recorrido. Linda hacia el norte con la carretera Ayacucho-Huanta, hacia el sur con el río Alameda, hacia el este con varias chacras donde las principales actividades económicas son la agricultura y ganadería y hacia el oeste con una zona poblada caracterizada por casas unifamiliares con huertos y emplazadas a lo largo del camino de acceso sea directamente colindantes con la planta o al frente del mencionado camino.

#### **3.2.- Puntos de muestreo.**

Se realizaron muestreos de la caja de distribución N° 4, efluente del tanque Imhoff N° 6, efluentes de los 4 biofiltros, efluentes de las lagunas facultativas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Tatora", (Véase el Anexo N° 4), de tal manera se establecieron 08 puntos de muestreo que a continuación se detallan:

1. Caja de distribución N° 4, efluente de tanques Imhoff y afluente de los filtros percoladores.
2. Efluente del tanque Imhoff N° 6 (IMH 6), afluente de las lagunas facultativas 1 y 2.
3. Efluente del biofiltro N° 1 (B1).
4. Efluente del biofiltro N° 2 (B2).
5. Efluente del biofiltro N° 3 (B3).
6. Efluente del biofiltro N° 4 (B4).
7. Efluente de la laguna facultativa N° 1 (LF1).
8. Efluente de la laguna facultativa N° 2 (LF2).

### **3.3.- Número de muestras y frecuencia de muestreos.**

Las muestras fueron tomadas cada quince días a partir del mes de febrero hasta el mes de junio del 2006; se tomaron 8 muestras cada 15 días, haciendo un total de 80 muestras analizadas.

### **3.4.- Muestreo.**

Los muestreos de los afluentes y efluentes se realizaron con la debida precaución, para lo cual fue necesario el uso de guantes quirúrgicos descartables y para la toma de muestra fue necesaria la ayuda de un muestreador simple.

Los muestreos se realizaron entre las 8 a 9 de la mañana, para ello se contó con un muestreador simple con el cual se tomaron las muestras en los puntos de muestreo establecidos, se depositó la muestra en frascos de plástico con capacidad de 2 litros, no fue necesario que estén estériles, pero fueron lavados con abundante agua y enjuagados con agua destilada.

El volumen final de la muestra fue de 2 litros los cuales fueron transportados al Laboratorio de Microbiología Ambiental de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

La muestra de agua residual se dejó sedimentar por un espacio de 24 horas.

### **3.5.- Análisis Parasitológico.**

#### **3.5.1. Identificación y cuantificación de enteroparásitos.**

##### **Método de Ritchie o de sedimentación por centrifugación y flotación.**

Se basa en la concentración de los quistes y huevos por sedimentación mediante la centrifugación, con la ayuda de formol y éter para separar y visualizar los elementos parasitarios.

##### **Protocolo del Método de Ritchie (INS 2003).**

- Se descartó el 90% del sobrenadante dejando aproximadamente 100 ml, se dejó sedimentar por un espacio de 1 – 2 horas.
- Luego se decantó el sobrenadante y se dejó un sedimento de aproximadamente 10 ml.
- Cuidadosamente se transfirió el sedimento en tubos de centrifuga graduados de 10 ml.
- Se centrifugó el sedimento a 3000 rpm durante tres minutos, se desechó el sobrenadante y se recuperó el sedimento; se repitió el procedimiento por tres veces con el fin de obtener el sobrenadante limpio o claro, se resuspendió con agua destilada.
- Se adicionó 1 ml de formalina al 10% y 0.5 ml de éter, se tapó el tubo y se agitó vigorosamente por 20 segundos.
- Se centrifugó a 2000 rpm durante un minuto, se eliminó la tapa de detritus que se formó en la superficie; con la ayuda de una pipeta Pasteur se descartó todo el sobrenadante excepto el sedimento y se transfirió con una



pipeta automática 50ul a la lámina porta objeto, se cubrió con laminillas cubreobjetos.

- Se observó en el microscopio con objetivos de 10x ó 40x.

### 3.6.- Determinación de la capacidad de remoción.

La capacidad de remoción fue determinada en base a las diferencias de cargas orgánicas entre el afluente y el efluente de la planta de tratamiento. Entonces, la eficiencia de remoción fue calculada usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Remoción} = \frac{C (\text{afluente}) - C (\text{efluente})}{C (\text{afluente})} \times 100$$

Donde: C representa la concentración del parámetro (número de huevos o quistes).

### 3.7.- Procesamiento de datos.

Los resultados obtenidos fueron ordenados, se calcularon el promedio y porcentajes de remoción de enteroparásitos, resultados que fueron presentados en histogramas de frecuencia.

## **IV. RESULTADOS**

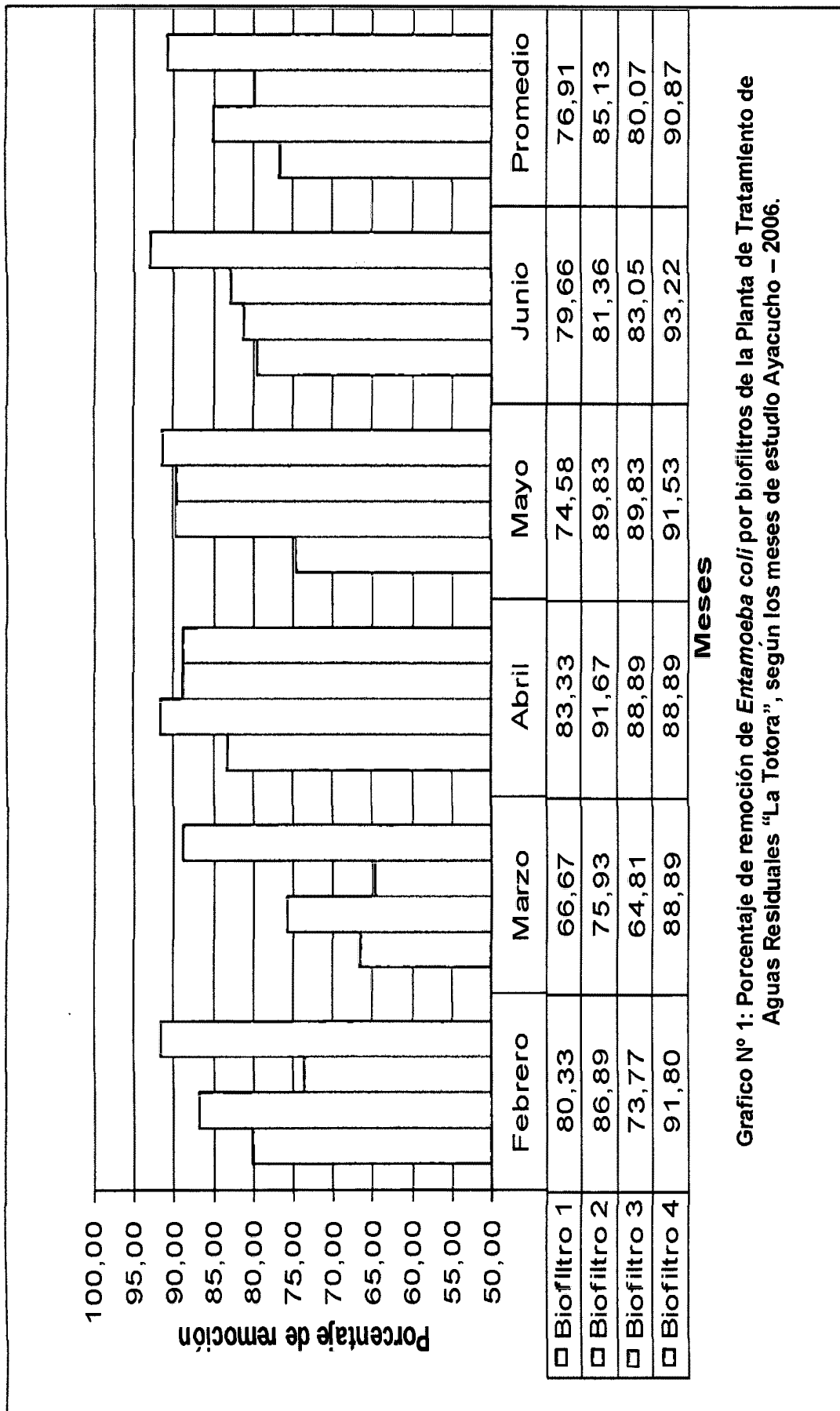
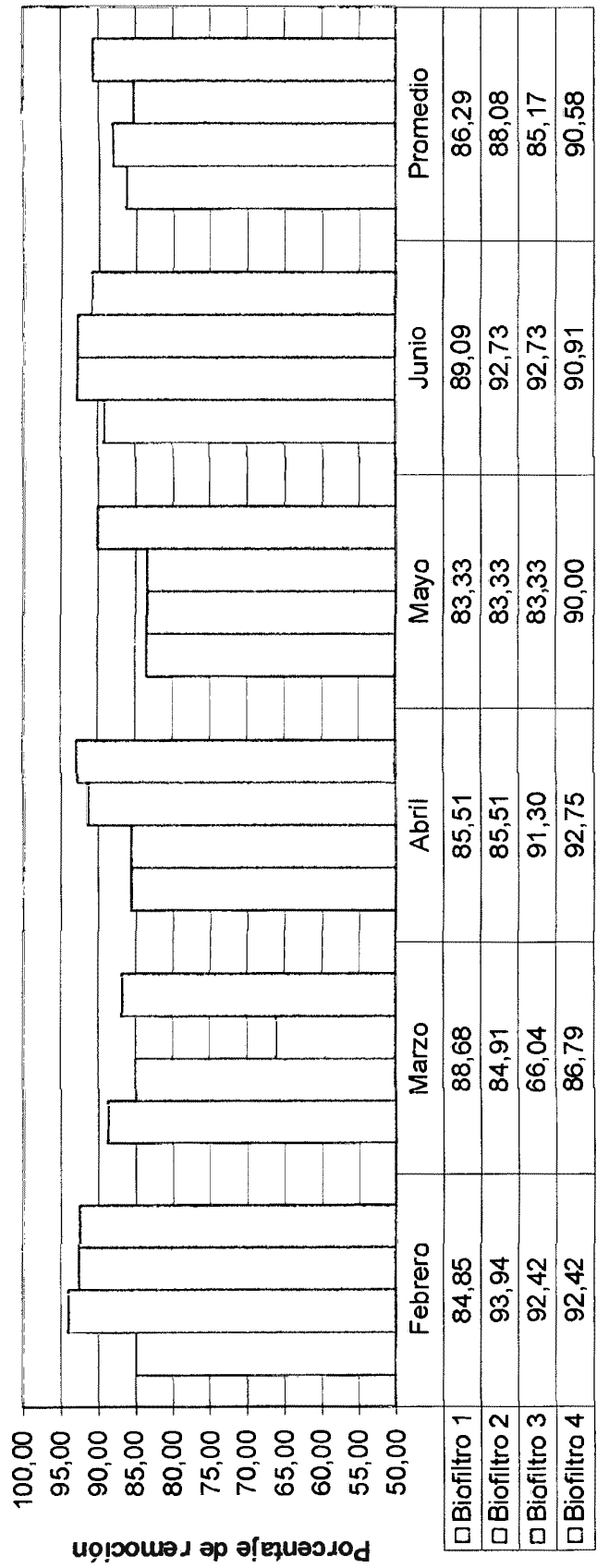
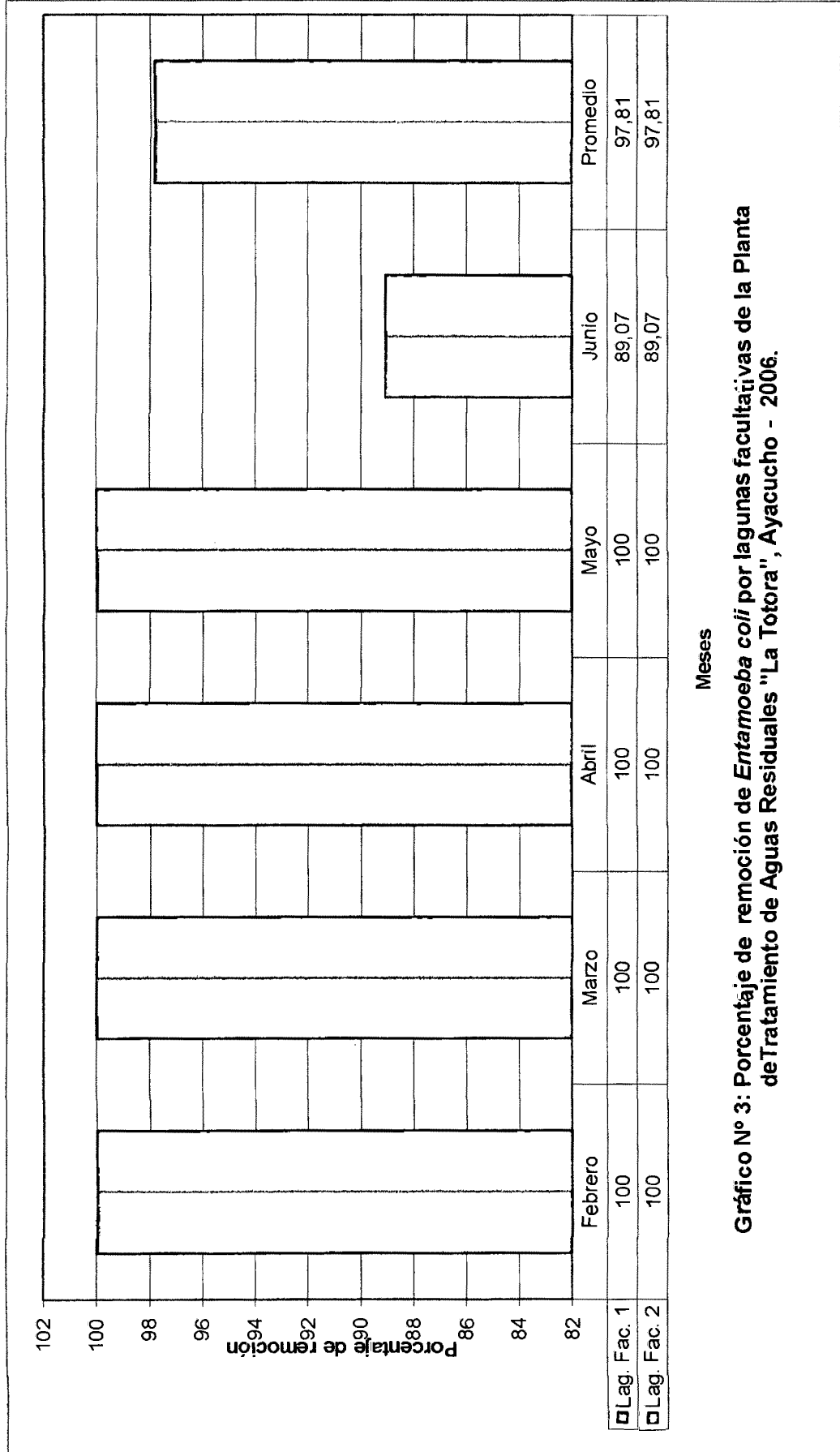


Grafico N° 1: Porcentaje de remoción de *Entamoeba coli* por biofiltros de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totora", según los meses de estudio Ayacucho – 2006.

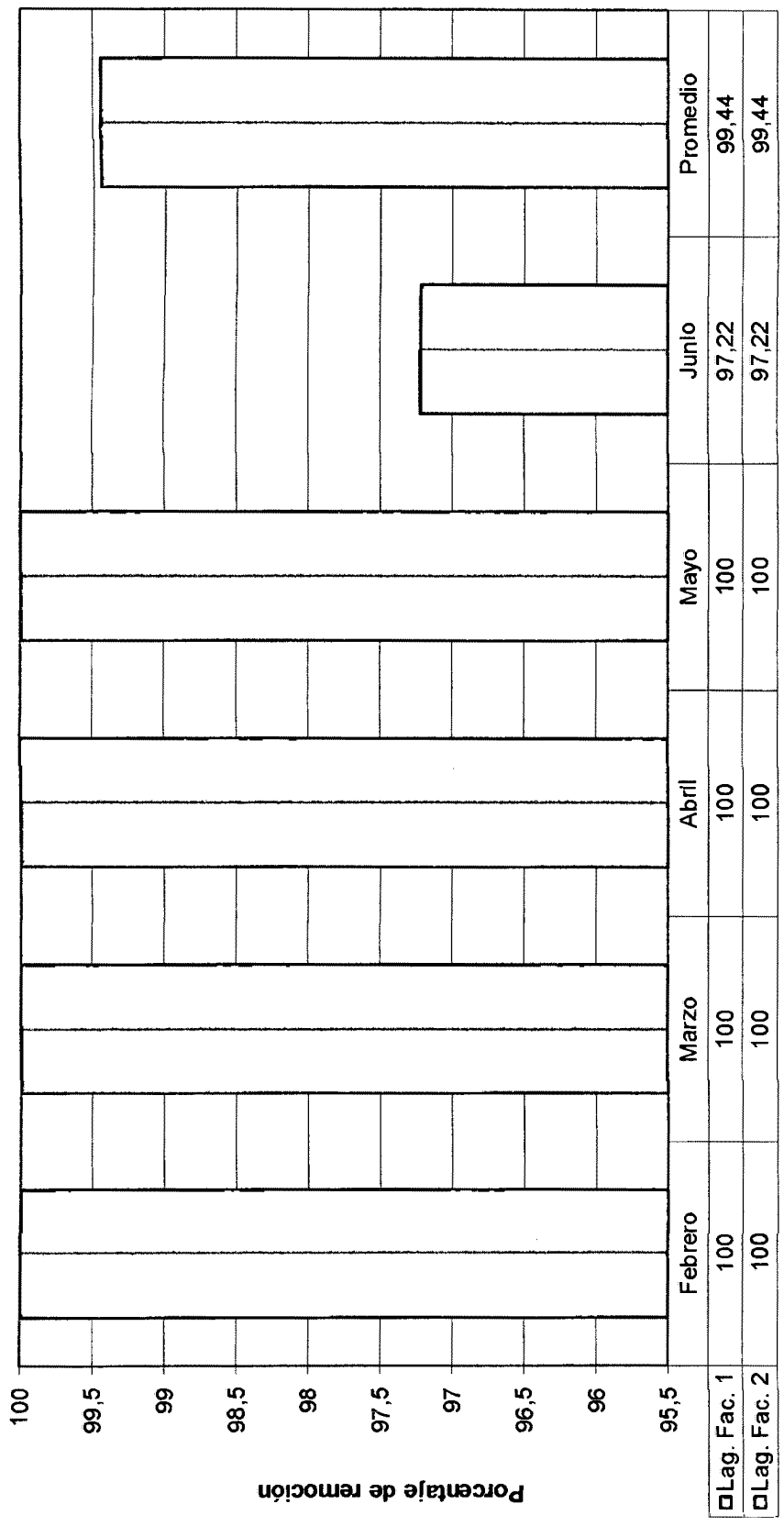


Meses

Gráfico N° 2: Porcentaje de remoción de *Giardia lamblia* por biofiltros de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Tatora": Ayacucho - 2006.



**Gráfico N° 3: Porcentaje de remoción de Entamoeba coli por lagunas facultativas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totora", Ayacucho - 2006.**



**Gráfico Nº 4: Porcentaje de remoción de *Giardia lamblia* en lagunas facultativas de la Planta de Tratamiento Aguas Residuales "La Totorá", Ayacucho - 2006.**

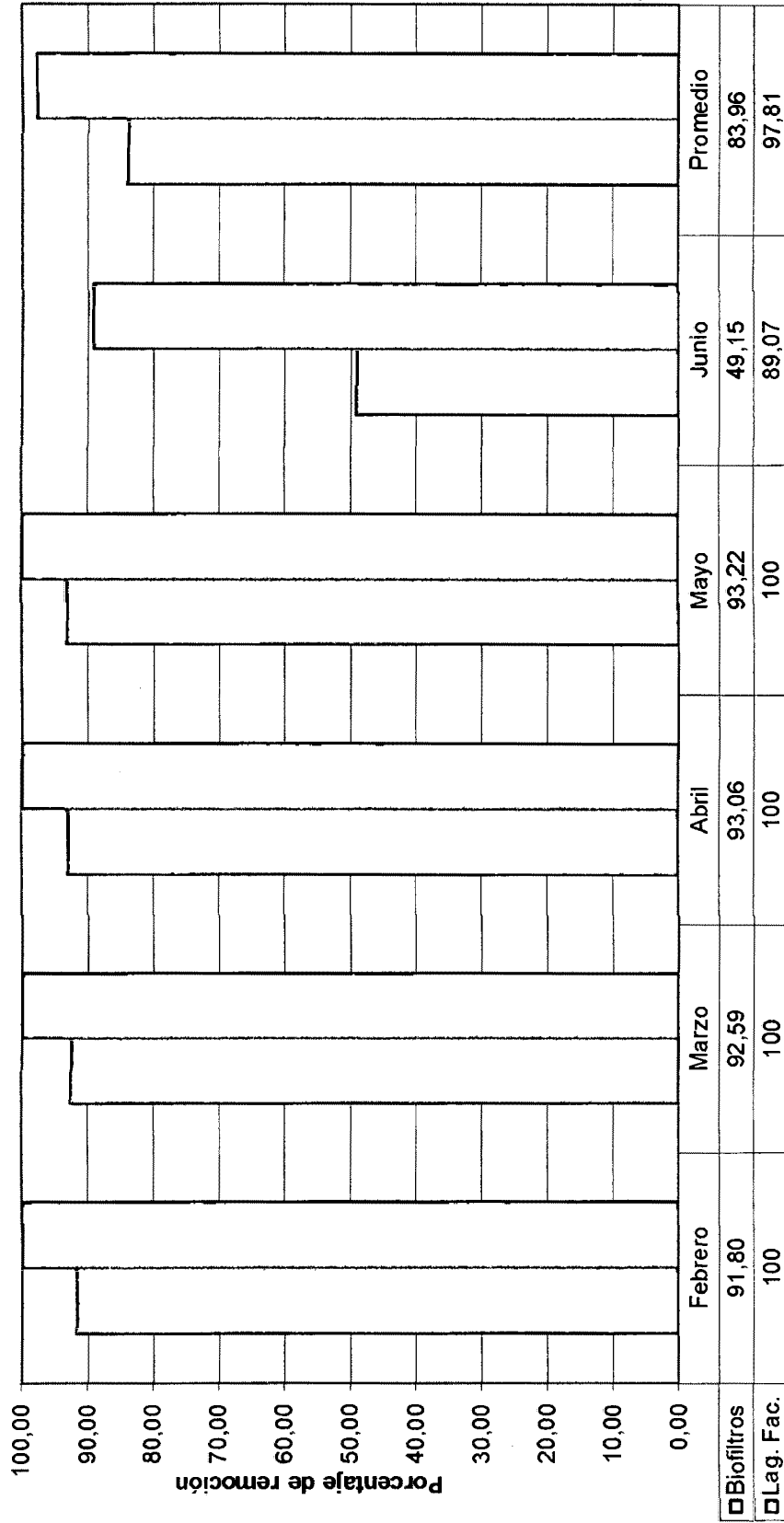


Gráfico N° 5: Porcentaje de remoción de *Entamoeba coli*, comparativa entre lagunas facultativas y biofiltros de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Tatora" - Ayacucho 2006".

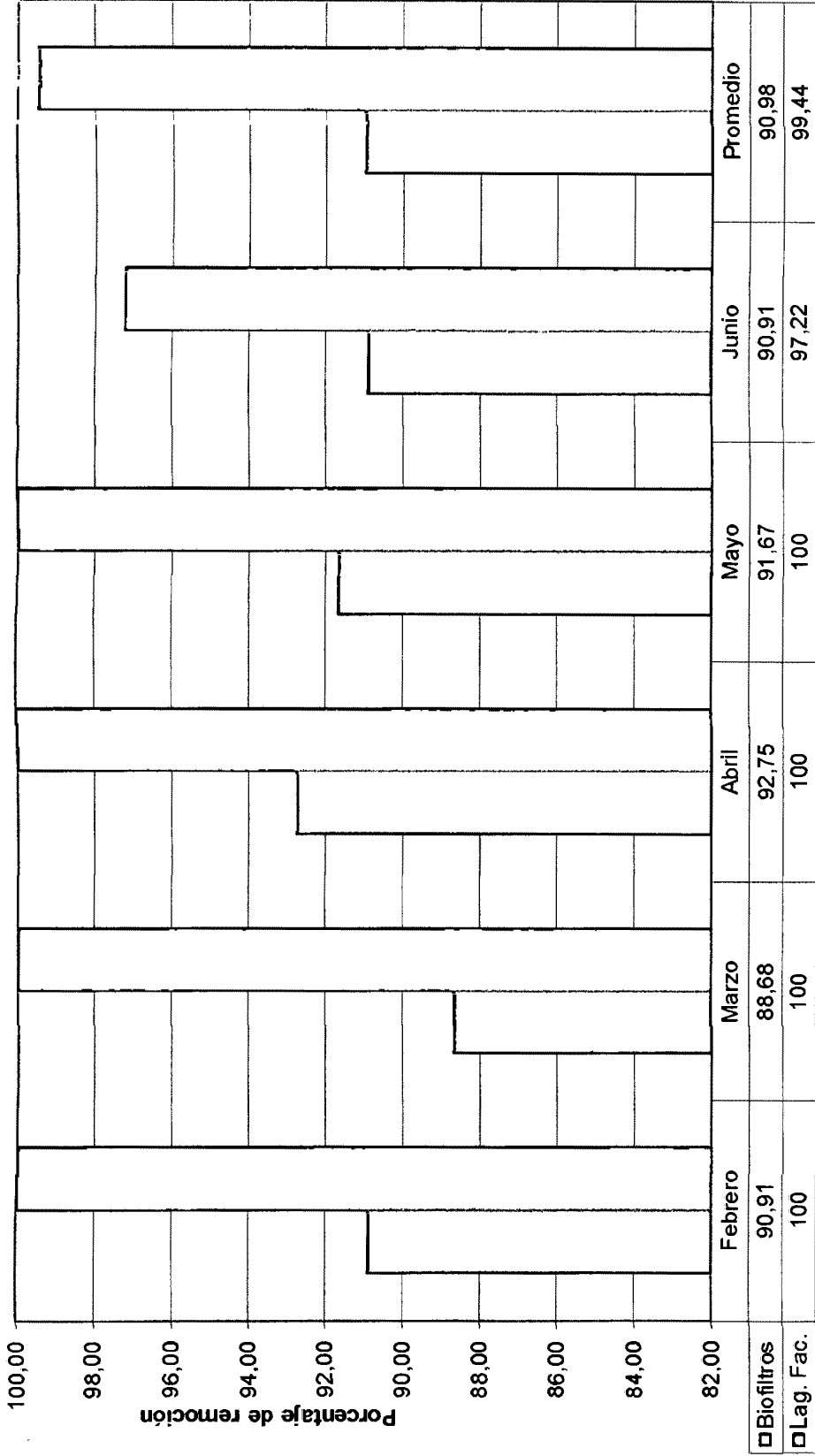


Gráfico N° 6: Porcentaje de remoción de *Giardia lamblia* comparativa entre lagunas facultativas y biofiltros de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totora", Ayacucho - 2006.



## V. DISCUSIÓN

Se tomará como punto de partida la explicación del porqué solo se encontraron estructuras de resistencia de dos especies de protozoarios y ninguna de helmintos, esto se debería a la capacidad de remoción de materia orgánica y sólidos en suspensión de los sistemas de tratamiento preliminar y primario como son la cámara de rejillas, los desarenadores y los tanques Imhoff.

La forma de diseño del tanque Imhoff permite la remoción periódica de sólidos en las cámaras de entrada de agua y cámaras de ventilación, además de precipitar y digerir la materia orgánica que precipita a la cámara inferior.

Esto nos lleva a la explicación de por qué se encontraron solo dos especies de parásitos en afluentes de los biofiltros y lagunas facultativas: la eficiente remoción de sólidos en suspensión de los sistemas de tratamiento preliminar y el tiempo de retención de los tanques Imhoff (1 -1.5 horas), tiempo en el cual los huevos de helmintos ya han precipitado una distancia considerable que no permitiría su salida del tanque, salida que es por rebose, por lo que solo los quistes con menor densidad serían capaces de pasar este sistema de tratamiento (Consulting Engineers Salzgitter, 2002).

En el gráfico N° 1, se observa la eficiencia remocional de los biofiltros, en lo que respecta a *Entamoeba coli*, eficiencia que se encuentra por encima de un 75% a excepción del mes de marzo, en el que se observan las eficiencias más bajas a

lo largo del estudio, esto indicaría la necesidad de emprender labores de mantenimiento del biofiltro. Como promedio general se ve una eficiencia mayor en los biofiltros 2 y 4 con un 85.13% y 90.87% de remoción respectivamente, seguidos por los filtros N° 3 y 4 con eficiencias remocionales de 80.07 y 76.91% respectivamente.

En el gráfico N° 2, se observa la eficiencia remocional de los biofiltros, en lo que respecta a *Giardia lamblia*, eficiencia que se encuentra por encima de un 83% a excepción del mes de marzo, en el que se observan una reducción en la eficiencia del biofiltro N° 3 llegando a registrarse como promedio mensual una remoción de 66.04%, esta disminución, concuerda con lo encontrado en el gráfico N° 1. Como promedio general se ve una eficiencia mayor en los biofiltros 2 y 4 con un 88.08 y 90.58% de remoción respectivamente, seguidos por los filtros N° 3 y 1 con eficiencias remocionales de 85.17 y 86.29% respectivamente.

Los gráficos 1 y 2 coinciden con los datos obtenidos reportando mayor eficiencia remocional en los biofiltros 2 y 4 y menores eficiencias en los biofiltros 1 y 3.

Castro, 1990, en muestras de aguas residuales de los distritos: San Juan, Callao, San Martín de Porres, de Lima-Perú observó que los protozoarios más frecuentes fueron: *Giardia lamblia* (30.7%) y *Entamoeba coli* (47.3%) y entre los helmintos *Ascaris lumbricoides* (29.7%).

En el gráfico N° 3, se describe la eficiencia remocional de las lagunas facultativas en la que se puede observar que las eficiencias remocionales para *Entamoeba coli* son de un 100% en los meses de febrero a mayo, eficiencia que se ve disminuida en el mes de Junio en la que se tiene como valor promedio de remoción de 89.07%. Como valores promedio se tiene una eficiencia remocional de 97.81% para la laguna facultativa N° 1 y 2.

En el gráfico N° 4, se describe la eficiencia remocional de las lagunas facultativas en la que se puede observar que las eficiencias remocionales para

*Giardia lamblia* son de un 100% en los meses de febrero a mayo, eficiencia que se ve disminuida en el mes de Junio en la que se tiene como valor promedio de remoción de 97.2%. Como valores promedio se tiene una eficiencia remocional de 99.44% para la laguna facultativa Nº 1 y 2, esto concuerda con lo descrito en el gráfico Nº 3.

Los valores encontrados en los gráficos Nº 3 y 4 se deben a que las lagunas facultativas 1 y 2 están trabajando con caudales menores a los que se concibieron en el parámetro de diseño, aproximadamente 25 l/S, actualmente vienen trabajando con caudales menores a 5 l/S, por este motivo el período de retención de las lagunas es mucho mayor generando una población de algas considerable e incrementando el tiempo de retención hidráulica, estos datos coinciden con lo reportado por Aybar, en su trabajo de investigación: Capacidad de remoción de bacterias coliformes fecales y DBO<sub>5</sub> en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “La Totorá”, investigación en la que reporta una considerable interferencia de la biomasa algal en el ensayo de la determinación de la DBO<sub>5</sub>, al ser el tiempo de retención hidráulica mucho mayor por los caudales vertidos a estas lagunas, caudales que son mucho muy inferiores para las que fueron construidas. Se nota una disminución en la eficiencia remocional en el mes de junio, esto se debería a que junio es uno de los meses más fríos del año.

León, (1999), en la conferencia “Tecnologías de tratamiento de aguas residuales usadas en América Latina y El Caribe” considera que un incremento en la temperatura aumenta el decaimiento bacterial por el incremento de la actividad metabólica, lo que origina mayor susceptibilidad a las sustancias tóxicas, hacen que los predadores se multipliquen más rápidamente y por ello el número de bacterias disminuye más velozmente.

Rolim (2000), en su libro "Sistemas de lagunas de estabilización", considera que las reacciones físicas, químicas y bioquímicas que ocurren en las lagunas de estabilización son muy influenciadas por la temperatura.

Flores y León (1996), indican que las lagunas de estabilización en los países en desarrollo, el objetivo prioritario de tratamiento de las aguas residuales, debe ser la remoción de parásitos, bacterias y virus patógenos pues son males endémicos en nuestros países, y no la remoción de materia orgánica y nutrientes, que es el objetivo de tratamiento en los países desarrollados, en donde una tifoidea o un caso de parasitismo son excepcionales. La opción tecnológica que permite alcanzar el objetivo "no patógenos", son las lagunas de estabilización. Tomando como base el período de retención, las lagunas pueden lograr la remoción total de patógenos.

En el gráfico Nº 5, se muestra la eficacia comparativa de remoción de *Entamoeba coli* entre lagunas facultativas y biofiltros en conjunto, se puede observar que la eficiencia remocional promedio de los biofiltros se mantienen por encima del 90% en los meses de febrero a mayo, remoción que se ve disminuida en el mes de junio a un 49.15% de remoción. Con respecto a las lagunas facultativas, estas mantienen una eficiencia remocional promedio de un 100% de los meses de febrero a mayo, remoción que se ve disminuida en el mes de junio hasta un 89.07% de remoción. En ambos casos se observa la disminución de la capacidad de remoción en el mes de junio, esto debido a que es uno de los meses más fríos del año. El promedio general de remoción para los biofiltros es de 83.96% y para las lagunas facultativas es de un 97.81%.

En el gráfico Nº 6, se muestra la eficacia comparativa de remoción de *Giardia lamblia* entre lagunas facultativas y biofiltros en conjunto, se puede observar que la eficiencia remocional promedio de los biofiltros se mantienen por encima del 88% en los meses de febrero a Junio. Con respecto a las lagunas facultativas,

estas mantienen una eficiencia remocional promedio de un 100% de los meses de febrero a mayo, remoción que se ve disminuida en el mes de junio hasta un 97.22% de remoción. El promedio general de remoción para los biofiltros es de 90.98% y para las lagunas facultativas es de 99.44%. De acuerdo a lo observado en los gráficos 5 y 6 podría decirse que la remoción de enteroparásitos por lagunas es más eficiente que los biofiltros.

Estos datos son respaldados por investigaciones realizadas por el CEPIS que demostraron la gran eficiencia de remoción de parásitos (huevos de helmintos y quistes de protozoos), virus y bacterias patógenas que se logra en las lagunas a menos que se adicione al proceso la desinfección del efluente, que encarece y hace más compleja la operación (Moscoso, 1999).

La capacidad de remoción de enteroparásitos de las lagunas facultativas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totorá" durante los meses de febrero a junio del 2006 son más eficaces en comparación a los biofiltros, para *Entamoeba coli* en un 13.85 unidades porcentuales y para *Giardia lamblia* en un 8.46 unidades porcentuales, sin embargo según el análisis estadístico de comparación por Kruskal – Wallis no es significativo con  $p= 0.067$  para *Entamoeba coli* y 0.007 para *Giardia lamblia* respectivamente.

Según Mora y Silva (1986), citado por De Abreu (2008), mencionan que el tratamiento adecuado para la remoción de parásitos sería por el proceso de lagunas de estabilización con tiempos de retención elevado. En Napur (India), donde las lagunas de estabilización con tiempo de retención de 6 a 7 días, fue observado que la mayoría de los parásitos eran removidos en la primera laguna, estos resultados respaldan lo encontrado en el presente trabajo de investigación, en el que las lagunas de estabilización de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "la totora" muestran una mayor eficacia de remoción de enteroparásitos, en comparación con los biofiltros.

El motivo por el cual las lagunas facultativas trabajan a un caudal mucho menor al de su capacidad de diseño (25 l/S cada laguna) es por que al incrementar un caudal mayor las lagunas hacen "cortocircuitos", tomando una coloración marrón y emitiendo malos olores, es por esto que trabajan con un caudal bastante reducido.

Rolim (2000), en su libro "Sistemas de lagunas de estabilización", considera que los protozoarios entéricos son más reconocidos en la ingeniería sanitaria y ambiental, como causantes de brotes infecciosos transmitidos por el agua, indica también que los protozoarios entéricos más comunes en las heces humanas son: *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolytica* y *Balantidium coli*, reporte que coincide con lo encontrado en el presente trabajo, esto con respecto a los dos primeros.

## VI. CONCLUSIONES

1. La capacidad de remoción de enteroparásitos de las lagunas facultativas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totorá" durante los meses de febrero a junio del 2006 son más eficaces en comparación a los biofiltros, para *Entamoeba coli* en un 13.85 unidades porcentuales y para *Giardia lamblia* en un 8.46 unidades porcentuales.
2. Los enteroparásitos identificados en las aguas afluentes y efluentes de las lagunas facultativas y biofiltros de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totorá" durante los meses de febrero a junio del 2006 fueron *Giardia lamblia* y *Entamoeba coli*.
3. El promedio de la capacidad de remoción de *Entamoeba coli* en las lagunas facultativas fue de 97.81% y el de los biofiltros 83.96%.
4. El promedio de la capacidad de remoción de *Giardia lamblia* en las lagunas facultativas fue de 99.44% y el de los biofiltros 90.89%.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Realizar trabajos de investigación sobre la relativa fragilidad de las lagunas facultativas al incrementar el caudal para así poder optimizar el proceso de tratamiento.
2. Realizar trabajos de investigación sobre la peligrosidad y viabilidad de estructuras de resistencia como huevos y quistes en los lodos efluentes de los tanques Imhoff, su correcta utilización y disposición.
3. Realizar trabajos de Investigación en los filtros percoladores para determinar su velocidad de arrastre óptima y función de biofiltros para establecer un protocolo de manejo y limpieza.
4. Implementar el tratamiento terciario de los efluentes con el uso de humedales artificiales para alcanzar los estándares de calidad.
5. Almacenar el gas metano y usarlo como combustible usando colectores removibles sobre los tanques Imhoff.



### VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Arias, A.** 1994. Parasitología Clínica. Segunda Edición. Santiago de Chile.
2. **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. Lima, CEPIS,
3. **Aybar, C.** 2005. Evaluación de la Capacidad de Remoción de Bacterias Coliformes Fecales y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Tototra" Ayacucho.
4. **Blum, D .and Feachem.** 1985. Health Aspects of Nightsoil and sludge Use in Agriculture and aquaculture – Part III. An Epidemiological Perspective IRCWD Report No. 05/85. International Reference Centre for Waste Disposal, CH-8600 Duebendorf, Suiza.
5. **Botero, D. y Restrepo, M.** 2004. Parasitosis Humanas. Segunda Edición. Medellin, Colombia.
6. **Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS)** 1998. Revistas para la toma de muestras de agua para análisis Químico y Microbiológico. Laboratorio OMS.OPS.CEPIS – LIMA.
7. **Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).**2004. Proyecto regional Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial. <http://www.bvsde.ops-oms.org/elproyecto/aguaresi/antece.html>.
8. **Consulting Engineers Salzgitter (CES) GMBH.** 2001. Estudio de impacto ambiental proyecto de agua potable y alcantarillado de Ayacucho. Volumen II, Tomo I.
9. **Consulting Engineers Salzgitter (CES) GMBH.** 2002. Estudio definitivo – informe final proyecto de agua potable y alcantarillado de Ayacucho.
10. **Condezo, G.** 1985. Estudio físico químico y bacteriológico de las lagunas de estabilización de Ayacucho (marzo – agosto). Tesis– UNSCH.
11. **DAPSB, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico.** 2000. Bogotá.
12. **De Abreu, K.** 2008. Identificación y cuantificación de metales pesados, parásitos y bacterias en aguas residuales crudas y tratadas de la Estación de Tratamiento en Aguas Residuales de Riberao Preto-Sao Paulo. Tesis de Maestria. Universidad de Sao Paulo. Escola de Efermagen de Riberao Preto-Brasil.

13. **Díaz, J. y Bellot, F.** 1995. Evaluación de tanques imhoff Ciudad de la Paz. VII Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Santa Cruz – Bolivia.
14. **Entidad Prestadora de Servicios de Agua y Saneamiento; y Consulting Engineers Salzgitter (CES) GmbH.** 2004. Manual de operación y mantenimiento del sistema. Proyecto de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Ayacucho - Perú.
15. **Flores, A. y León G.** 1996. Revista técnica REPINDEX N° 57. CEPIS. OMS.OPS.URL:/www.cepis.opsoms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/repindex/rep042/rep042.html.
16. **García, L.** 1997. Identificación de Enteroparásitos en Aguas Afluentes y Efluentes de la Planta de Tratamiento la Totorilla de Ayacucho. Tesis- Facultad de Ciencias Biológicas. UNSCH.
17. **Gómez, D.** 1999. Detección e Identificación de Enteroparásitos en agua de riego y hortalizas del Valle de la Totorilla, Valle de la Compañía y Chacco. Tesis- Facultad de Ciencias Biológicas. UNSCH.
18. **Kemmer, F. y Mc Callion, J.** 1996. Manual del agua, su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. Vol. II. Editorial Mc Graw Hill. México.
19. **León, G.** 1999. Tecnologías de tratamiento de aguas residuales usadas en América Latina y El Caribe. Sexto curso taller internacional. Lima – Perú.
20. **Madigan M, M., Martinko, J., Parker, J.** 2004. Biología de los Microorganismos. Décima Edición. Editorial Prentice Hill Hispanoamericana S.A. México.
21. **Matta, H.** 2001. Enteroparásitos en Hortalizas Regadas con Afluentes y Efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Huanta. Tesis- Facultad de Ciencias Biológicas. UNSCH.
22. **Ministerio de Ambiente.** 2005. Guía para la Selección, Evaluación, Rehabilitación y Seguimiento de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, OMS, Colombia.
23. **Ministerio de Salud (MINSA).** 1999. Lagunas de estabilización. Sexto curso taller internacional. Lima.

24. **Moscoso, J.** 1999. Uso de Efluentes de lagunas de estabilización en actividades agropecuarias. Seminario Internacional. Santa Fe de Bogotá-Colombia.
25. **Naveda, M.** 1999. Capacidad de remoción de bacterias indicadoras de contaminación y DBO<sub>5</sub> en aguas residuales tratadas en la planta "La Totorá". Tesis-UNSCH. Ayacucho- Perú.
26. **Prado, E.** 1987 Cuantificación de Enteroparásitos y Estudio de Viabilidad de *Ascaris lumbricoides* en Aguas Residuales Afluentes y Efluentes de la Planta de Tratamiento La Alameda Huanta. Tesis-UNSCH.
27. **Pelkzar, M.** 1981. Microbiología. Cuarta Edición. Editorial Mc Graw Hill. España.
28. **Proyecto regional Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina.** 2004. Realidad y Potencial <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsaar/elproyecto/aguaresi/antece.html>.
29. **Rodier, J.** 1981. Análisis de las aguas. Ediciones Omega. S.A. Barcelona, España.
30. **Rolim, S.** 2000. Sistema de Lagunas de estabilización. Editorial Mc Graw Hill Interamericana. Bogotá – Colombia.
31. **Rozano, E.** 1995. Tratamiento Biológico de las Aguas Residuales. Editorial Díaz de Santos S.A. Madrid.
32. **Shuval, H.I.** 2002. Wastewater Irrigation in Developing Countries Health Effects and technical.
33. **Seoanez, M.** 1995. Aguas Residuales Urbanas. Ediciones Mundi Prensa. Madrid – España.
34. **Strauss, M.** 1998. Seminario Taller Saneamiento Básico y Sostenibilidad, Reuso de Aguas Servidas. Implicaciones para la Salud. Cali- Colombia.
35. **Tebbutt, T.** 1997. Fundamentos de control de la calidad de agua. Editorial Limusa S.A. México.
36. **Tchobanoglous, G. y Burton, F.** 1995. Ingeniería de aguas residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización. METCALF y EDDY. Inc Vol. I. Tercera edición. Editorial Mc Graw Hill. España.
37. **Von, M.** 1996 .Lagunas de estabilización. Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Universidad Federal de Minas Gerais. Editorial SEGRAG. Brasil.

38. **Villantoy, E.** 2008. Capacidad de remoción de enteroparásitos de la planta de tratamiento de aguas residuales Ichpico- Huanta.

## **ANEXOS**

Anexo N° 1

Cuadro N° 4: Resultados de la determinación cuantitativa de *Entamoeba coli* en afluentes y efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales "La Totorá", Ayacucho – 2006.

Protozoario	<i>Entamoeba coli</i> ( N° Quistes / 1 litro de muestra)											
	Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio			
Mes	Fecha	Quistes	Fecha	Quistes	Fecha	Quistes	Fecha	Quistes	Fecha	Quistes		
Fecha de muestreo	06/02/06	11200	06/03/06	10800	03/04/06	14800	19/04/06	10800	03/05/06	12800	05/06/06	12800
Afluente biofiltro	13200	1600	3200	4000	3200	2800	2000	2800	2800	3200	2800	2000
Efluente biofiltro 1	1200	2000	3200	2000	2000	1200	1200	1200	1200	1200	1200	3200
Efluente biofiltro 2	3200	3200	4800	2800	2000	2000	1200	1200	1200	1200	2000	2000
Efluente biofiltro 3	1200	800	1200	1200	2000	2000	1200	1200	800	1200	800	800
Efluente biofiltro 4	1200	800	800	800	800	800	1200	800	800	800	11200	800
Efluente Biofiltros	12000	11200	10000	10000	12000	13200	13200	10800	14800	13200	11200	11200
Efluente Imhoff 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1333	1333
Efluente Lag. Fac. 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1333	1333
Efluente Lag. Fac. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1333	1333

Anexo N° 2

Cuadro N° 5: Resultados de la determinación cuantitativa de *Giardia lamblia* en afluentes y efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales "La Tatora", Ayacucho – 2006.

Protozoario	<i>Giardia lamblia</i> ( N° Quistes / 1 litro de muestra)											
	Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio			
Mes	Fecha	N° Quistes	Fecha	N° Quistes	Fecha	N° Quistes	Fecha	N° Quistes	Fecha	N° Quistes		
Fecha de muestreo	06/02/06	20/02/06	06/03/06	20/06/06	03/04/06	19/04/06	03/05/06	22/05/06	05/06/06	19/06/06		
Afluente biofiltro	13200	13200	12000	9200	14800	12800	11200	12800	11200	10800		
Efluente biofiltro 1	2800	1200	1200	1200	2000	2000	2000	2000	1200	1200		
Efluente biofiltro 2	800	800	1200	2000	2000	2000	2000	2000	800	800		
Efluente biofiltro 3	800	1200	6000	1200	1200	1200	2800	1200	800	800		
Efluente biofiltro 4	1200	800	2000	800	1200	800	1200	1200	800	1200		
Efluente Biofiltros	1200	1200	1200	1200	1200	800	1200	800	800	1200		
Efluente Imhoff 6	13200	10800	9200	13200	13200	12000	10000	12800	10800	13200		
Efluente Lag. Fac. 1	0	0	0	0	0	0	0	0	666.6	0		
Efluente Lag. Fac. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	666.6	0		

### Anexo N° 3



Fotografía 01: Procesamiento de la muestra en centrifuga para el análisis de identificación y cuantificación de enteroparásitos. UNSCH-Laboratorio de Microbiología.



Fotografía 02: Identificación y cuantificación de enteroparásitos. UNSCH-Laboratorio de Microbiología.





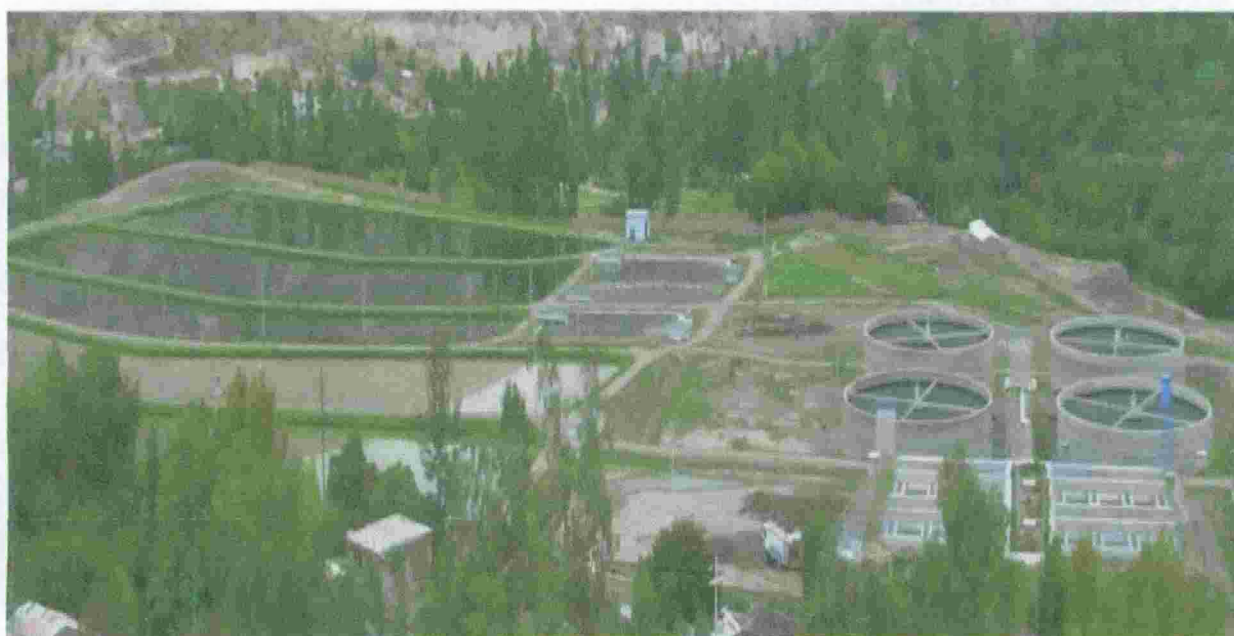
Fotografía 03: Laguna facultativa 1 de la planta de tratamiento de aguas residuales “La Totora”- Ayacucho



Fotografía 04: Biofiltro de la planta de tratamiento de aguas residuales “La Totora”- Ayacucho 2006



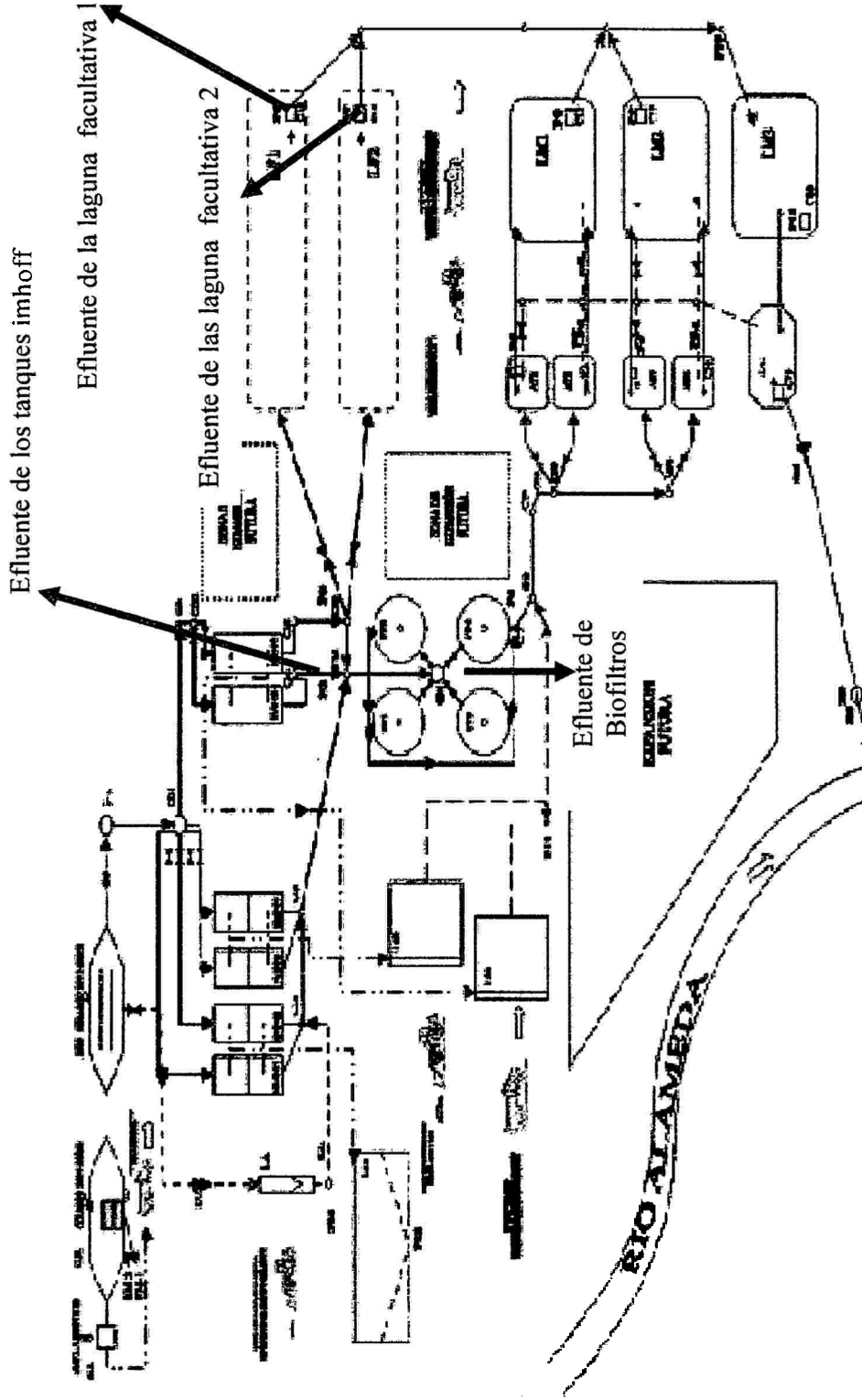
Fotografía 05. Biofiltros de la planta de tratamiento de aguas residuales "La Totorá"- Ayacucho



06: Vista panorámica de la planta de tratamiento de aguas residuales "La Totorá"- Ayacucho.

Anexo N° 4

Plano de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totorá", Ayacucho - 2006.



## MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO	PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	VARIABLES	METODOLOGÍA
"Eficacia comparativa entre lagunas facultativas y biofiltros de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales La Totorá - Ayacucho 2006"	¿Cuál será la eficacia de remoción de enteroparásitos de las lagunas facultativas y biofiltros, en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales La Totorá?	Las lagunas facultativas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totorá" muestran mayor eficacia en la remoción de enteroparásitos, a diferencia de los biofiltros debido a que los tiempos de retención son más largos y permiten una mayor sedimentación.	<p><b>General:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparar la capacidad de remoción de enteroparásitos entre Lagunas Facultativas y Biofiltros de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totorá" Ayacucho - 2006.</li> </ul> <p><b>Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar enteroparásitos presentes en las aguas afluentes y efluentes de las lagunas facultativas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totorá"</li> <li>• Identificar enteroparásitos presentes en las aguas afluentes y efluentes de los biofiltros de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totorá"</li> <li>• Realizar comparaciones de diversidad y carga de enteroparásitos que poseen las aguas afluentes y efluentes entre lagunas facultativas y biofiltros de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totorá"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aguas Residuales</li> <li>• Composición de las Aguas Residuales</li> <li>• Características de las Aguas Residuales</li> <li>• Tratamiento de Aguas Residuales</li> <li>• Planta de Tratamiento de aguas residuales "La Totorá"</li> <li>• Agentes patógenos en Aguas Residuales</li> <li>• Parasitismo</li> <li>• Enteroparásitos más frecuentes en Aguas Residuales</li> </ul>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de remoción de enteroparásitos de las lagunas facultativas.</li> <li>• Capacidad de remoción de enteroparásitos de los biofiltros.</li> <li>• Volumen de agua tratada.</li> <li>• Tiempo de retención.</li> </ul> <p><b>Variable Dependiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de quistes y huevos de enteroparásitos en efluentes de las lagunas facultativas.</li> <li>• Número de quistes y huevos de enteroparásitos en efluentes de los biofiltros</li> </ul>	<p><b>Población</b></p> <p>Está constituido por afluentes y efluentes de las lagunas facultativas y biofiltros de la planta de tratamiento de aguas residuales "La Totorá".</p> <p><b>Metodología</b></p> <p>Se tomaron 80 muestras de los afluentes y efluentes de las lagunas facultativas y biofiltros de la planta de tratamiento "La Totorá" por un período de 5 meses. Para la identificación y cuantificación de enteroparásitos se utilizó la técnica de Ritchie.</p>

**"Eficacia comparativa de remoción de enteroparásitos entre lagunas facultativas y biofiltros, de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales La Totorá, Ayacucho – 2006".**

Magaly J. Canales Ch, Saúl Chuchón M.

Escuela de Formación profesional de Biología, Facultad de Ciencias Biológicas.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la capacidad de remoción de enteroparásitos entre lagunas facultativas y biofiltros, de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totorá" en la ciudad de Ayacucho. Se analizaron 80 muestras procedentes del efluente del tanque Imhoff, efluentes de los 4 filtros percoladores y efluentes de las lagunas facultativas. Los análisis se efectuaron en el Laboratorio de Microbiología Ambiental de la Facultad de Ciencias Biológicas. El análisis cuantitativo de enteroparásitos fue realizada por la técnica de Ritchie (2003). El porcentaje de remoción promedio de enteroparásitos en los biofiltros en cuanto a *Giardia lamblia* fue de 90.98% y de *Entamoeba coli* fue de 83.96%. La capacidad de remoción de *Giardia lamblia* en los biofiltros 2 y 4 fueron de 88.08% y 90.58% respectivamente que son superiores a la capacidad de remoción de los biofiltros 1 y 3 que fueron de 86.29% y 85.17% respectivamente. La capacidad de remoción de *Entamoeba coli* en los biofiltros 2 y 4 fue de 85.13% y 90.87% respectivamente que son superiores a la capacidad de remoción de los biofiltros 1 y 3 que fue de 76.91% y 80.07% respectivamente. Para las lagunas facultativas el porcentaje de remoción promedio en cuanto a *Giardia lamblia* fue de 99.44% y de *Entamoeba coli* fue 97.81%.

Los resultados indican que la capacidad de remoción de las lagunas facultativas es más eficaz que la de los biofiltros.

**Palabras clave:** Remoción, enteroparásitos, biofiltro, laguna facultativa, aguas residuales.

ABSTRACT

The present investigation was to determine the capacity of removal of intestinal parasites among facultative ponds and biofilters Plant Wastewater Treatment "Totorá" in the city of Ayacucho. 80 samples were analyzed from the Imhoff tank effluent, effluent from 4 trickling filters and effluent from facultative ponds. The analysis was performed at the Laboratory of Environmental Microbiology, Faculty of Biological Sciences. Quantitative analysis of intestinal parasites was performed by the technique of Ritchie (2003). The average removal rate of intestinal parasites in biofilters in terms of *Giardia lamblia* was 90.98% and *Entamoeba coli* was 83.96%. The capacity for removal of *Giardia lamblia* in biofilters 2 and 4 were 88.08% and 90.58% respectively which are higher than the removal capacity of biofilter 1 and 3 were 86.29% and 85.17% respectively. The ability of *E. coli* removal in biofilters 2 and 4 was 85.13% and 90.87% respectively which are higher than the removal capacity of biofilters 1 and 3 was 76.91% and 80.07% respectively. Facultative ponds for the removal percentage average in *Giardia lamblia* was 99.44% and 97.81% was *Entamoeba coli*. The results indicate that the removal capacity of facultative lagoons is more effective than biofilters.

**Keywords:** Removal, enteric, biofilter, facultative lagoon, wastewater.

INTRODUCCIÓN

El aumento de la población mundial y la constante intervención del hombre en el ambiente están alterando la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, con descargas contaminantes, y volviendo cada vez más escasos los recursos hídricos naturales. Para minimizar estos problemas de contaminación, la tecnología ha desarrollado plantas de tratamiento con la finalidad de remover impurezas antes de eliminarlos a los cuerpos receptores; existiendo una gran diversidad de tecnologías, entre ellas, las lagunas y biofiltros. La capacidad de remoción de enteroparásitos de las lagunas facultativas y biofiltros por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totorá" se ven afectadas debido al crecimiento demográfico haciendo que el volumen de agua residual a tratar sea mayor.

Estudios realizados en el año 2001 por la Consultora CES comprobó que el estado que mostraba la Planta no era satisfactorio ya que ésta trabajaba con un caudal significativamente mayor al de su capacidad de diseño. En respuesta a estos resultados, EPSASA, hizo la ampliación de la referida planta, y a partir del 2004 viene funcionando con unidades de lagunas facultativas y biofiltros que operan en forma paralela; las cuales no fueron evaluadas en sus capacidades de remoción de contaminantes, por tal razón en el presente trabajo de investigación se plantearon los siguientes objetivos:

Magaly Canales ([micch00@hotmail.com](mailto:micch00@hotmail.com))

Fac. Cs. Biológicas, UNSCH, Ciudad Universitaria. Av. Independencia s/n. Telef.: (066) 312510 Anexo 145, [biounsch.decanat@latinmail.com](mailto:biounsch.decanat@latinmail.com)

- Comparar la capacidad de remoción de enteroparásitos entre las lagunas facultativas y biofiltros de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totorá" Ayacucho, 2006.
- Identificar enteroparásitos presentes en las aguas afluentes y efluentes de las lagunas de estabilización y biofiltros de la planta de tratamiento de aguas residuales "La Totorá".
- Realizar comparaciones de diversidad y carga de enteroparásitos que poseen las aguas afluentes y efluentes entre lagunas facultativas y biofiltros de la planta de tratamiento de aguas residuales.

METODOLOGIA

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Microbiología Ambiental de la Facultad de Ciencias Biológicas. El trabajo se realizó durante los meses comprendidos entre febrero a junio del 2006.

**Ubicación y frecuencia de muestreo.**

Las muestras fueron tomadas cada quince días a partir del mes de febrero hasta el mes de junio del 2006; se tomaron 8 muestras cada 15 días, haciendo un total de 80 muestras analizadas. Se establecieron 08 puntos de muestreo que a continuación se detallan:

1. Caja de distribución N° 4, efluente de tanques Imhoff y afluente de los filtros percoladores.
2. Efluente del tanque Imhoff N° 6 (IMH 6), afluente de las lagunas facultativas 1 y 2.
3. Efluente del biofiltro N° 1 (B1).
4. Efluente del biofiltro N° 2 (B2).
5. Efluente del biofiltro N° 3 (B3).
6. Efluente del biofiltro N° 4 (B4).
7. Efluente de la laguna facultativa N° 1 (LF1).
8. Efluente de la laguna facultativa N° 2 (LF2).

**Identificación y cuantificación de enteroparásitos**

El análisis cuantitativo de enteroparásitos fue realizada por la técnica de Ritchie (2003).

Este método se basa en la concentración de los quistes y huevos por sedimentación mediante la centrifugación, con la ayuda de formol y éter para separar y visualizar los elementos parasitarios.

**Determinación de la capacidad de remoción**

La capacidad de remoción fue determinada en base a las diferencias de cargas orgánicas entre el afluente y el efluente de la planta de tratamiento. Entonces, la eficiencia de remoción fue calculada usando la siguiente fórmula:

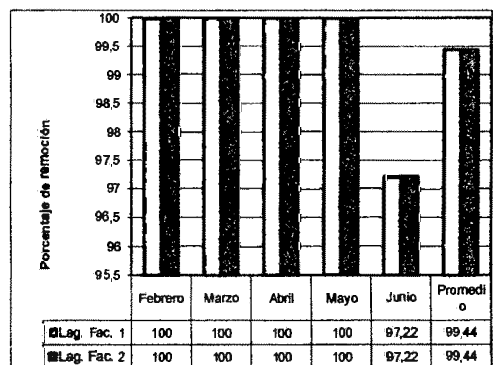
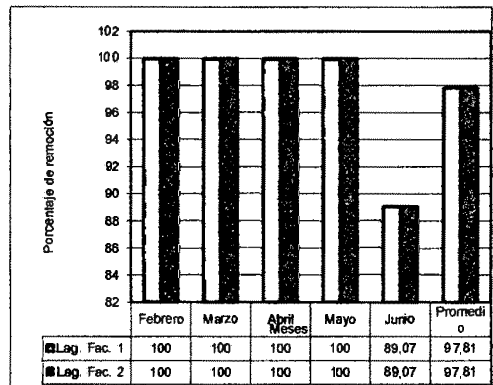
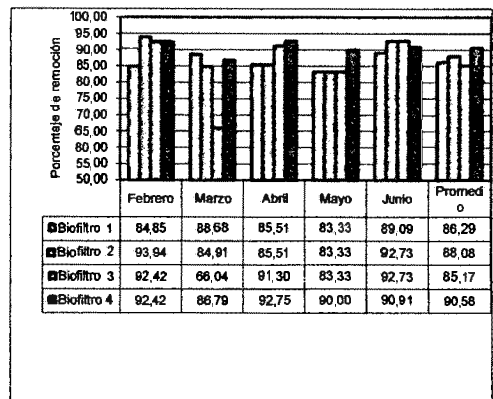
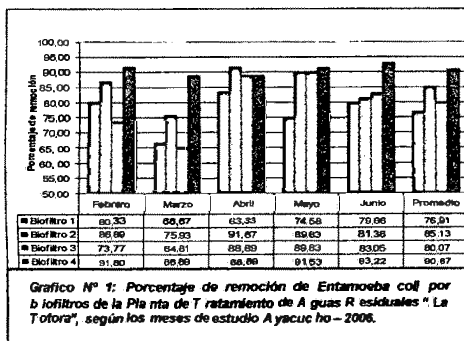
$$\% \text{ Remoción} = \frac{C(\text{afluente}) - C(\text{efluente})}{C(\text{afluente})} \times 100$$

Donde: C representa la concentración del parámetro (número de huevos o quistes).

**3.7.- Procesamiento de datos.**

Los resultados obtenidos fueron ordenados, se calcularon el promedio y porcentajes de remoción de enteroparásitos, resultados que fueron presentados en histogramas de frecuencia.

**RESULTADOS**



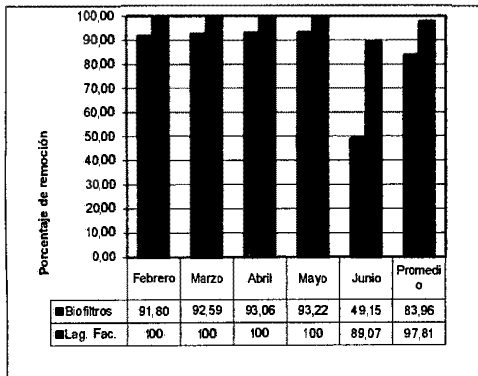


Gráfico N° 5: Porcentaje de remoción de *Entamoeba coli*, comparativa entre lagunas facultativas y biofiltros de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Tofora", según los meses de estudio Ayacucho – 2006

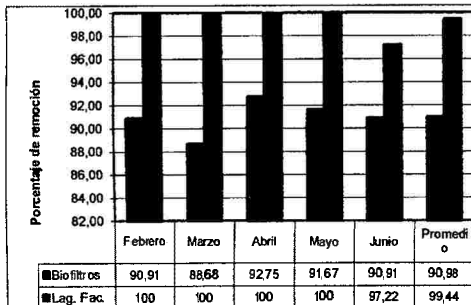


Gráfico N° 6: Porcentaje de remoción de *Giardia lamblia*, comparativa entre lagunas facultativas y biofiltros de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Tofora", según los meses de estudio Ayacucho – 2006

## DISCUSIÓN

Se tomará como punto de partida la explicación del porqué solo se encontraron estructuras de resistencia de dos especies de protozoarios y ninguna de helmintos, esto se debería a la capacidad de remoción de materia orgánica y sólidos en suspensión de los sistemas de tratamiento preliminar y primario como son la cámara de rejillas, los desarenadores y los tanques Imhoff.

La forma de diseño del tanque Imhoff permite la remoción periódica de sólidos en las cámaras de entrada de agua y cámaras de ventilación, además de precipitar y digerir la materia orgánica que precipita a la cámara inferior.

Esto nos lleva a la explicación de por qué se encontraron solo dos especies de parásitos en afluentes de los biofiltros y lagunas facultativas: la eficiente remoción de sólidos en suspensión de los sistemas de tratamiento preliminar y el tiempo de retención de los tanques Imhoff (1 -1.5 horas), tiempo en el cual los huevos de helmintos ya han precipitado una distancia considerable que no permitiría su salida del tanque, salida que es por rebose, por lo que solo los quistes con menor densidad serían capaces de pasar este sistema de tratamiento (Consulting Engineers Salzgitter, 2002).

En el gráfico N° 1, se observa la eficiencia remocional de los biofiltros, en lo que respecta a *Entamoeba coli*, eficiencia que se encuentra por encima de un 75% a

excepción del mes de marzo, en el que se observan las eficiencias más bajas a lo largo del estudio, esto indicaría la necesidad de emprender labores de mantenimiento del biofiltro. Como promedio general se ve una eficiencia mayor en los biofiltros 2 y 4 con un 85.13% y 90.87% de remoción respectivamente, seguidos por los filtros N° 3 y 4 con eficiencias remocionales de 80.07 y 76.91% respectivamente.

En el gráfico N° 2, se observa la eficiencia remocional de los biofiltros, en lo que respecta a *Giardia lamblia*, eficiencia que se encuentra por encima de un 83% a excepción del mes de marzo, en el que se observan una reducción en la eficiencia del biofiltro N° 3 llegando a registrarse como promedio mensual una remoción de 66.04%, esta disminución, concuerda con lo encontrado en el gráfico N° 1. Como promedio general se ve una eficiencia mayor en los biofiltros 2 y 4 con un 88.08 y 90.58% de remoción respectivamente, seguidos por los filtros N° 3 y 1 con eficiencias remocionales de 85.17 y 86.29% respectivamente.

Los gráficos 1 y 2 coinciden con los datos obtenidos reportando mayor eficiencia remocional en los biofiltros 2 y 4 y menores eficiencias en los biofiltros 1 y 3.

En el gráfico N° 3, se describe la eficiencia remocional de las lagunas facultativas en la que se puede observar que las eficiencias remocionales para *Entamoeba coli* son de un 100% en los meses de febrero a mayo, eficiencia que se ve disminuida en el mes de junio en la que se tiene como valor promedio de remoción de 89.07%. Como valores promedio se tiene una eficiencia remocional de 97.81% para la laguna facultativa N° 1 y 2.

En el gráfico N° 4, se describe la eficiencia remocional de las lagunas facultativas en la que se puede observar que las eficiencias remocionales para *Giardia lamblia* son de un 100% en los meses de febrero a mayo, eficiencia que se ve disminuida en el mes de junio en la que se tiene como valor promedio de remoción de 97.2%. Como valores promedio se tiene una eficiencia remocional de 99.44% para la laguna facultativa N° 1 y 2, esto concuerda con lo descrito en el gráfico N° 3.

En el gráfico N° 5, se muestra la eficacia comparativa de remoción de *Entamoeba coli* entre lagunas facultativas y biofiltros en conjunto, se puede observar que la eficiencia remocional promedio de los biofiltros se mantienen por encima del 90% en los meses de febrero a mayo, remoción que se ve disminuida en el mes de junio a un 49.15% de remoción. Con respecto a las lagunas facultativas, estas mantienen una eficiencia remocional promedio de un 100% de los meses de febrero a mayo, remoción que se ve disminuida en el mes de junio hasta un 89.07% de remoción. En ambos casos se observa la disminución de la capacidad de remoción en el mes de junio, esto debido a que es uno de los meses más fríos del año. El promedio general de remoción para los biofiltros es de 83.96% y para las lagunas facultativas es de un 97.81%.

En el gráfico N° 6, se muestra la eficacia comparativa de remoción de *Giardia lamblia* entre lagunas facultativas y biofiltros en conjunto, se puede observar que la eficiencia remocional promedio de los biofiltros se mantienen por encima del 88% en los meses de febrero a junio. Con respecto a las lagunas

facultativas, estas mantienen una eficiencia remocional promedio de un 100% de los meses de febrero a mayo, remoción que se ve disminuida en el mes de junio hasta un 97.22% de remoción. El promedio general de remoción para los biofiltros es de 90.98% y para las lagunas facultativas es de 99.44%. De acuerdo a lo observado en los gráficos 5 y 6 podría decirse que la remoción de enteroparásitos por lagunas es más eficiente que los biofiltros.

Estos datos son respaldados por investigaciones realizadas por el CEPIS que demostraron la gran eficiencia de remoción de parásitos (huevos de helmintos y quistes de protozoos), virus y bacterias patógenas que se logra en las lagunas a menos que se adicione al proceso la desinfección del efluente, que encarece y hace más compleja la operación (Moscoso, 1999).

La capacidad de remoción de enteroparásitos de las lagunas facultativas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totorá" durante los meses de febrero a junio del 2006 son más eficaces en comparación a los biofiltros, para *Entamoeba coli* en un 13.85 unidades porcentuales y para *Giardia lamblia* en un 8.46 unidades porcentuales, sin embargo según el análisis estadístico de comparación por Kruskal – Wallis no es significativo con  $p = 0.067$  para *Entamoeba coli* y  $0.007$  para *Giardia lamblia* respectivamente.

Según Mora y Silva (1986), citado por De Abreu (2008), mencionan que el tratamiento adecuado para la remoción de parásitos sería por el proceso de lagunas de estabilización con tiempos de retención elevado. En Napur (India), donde las lagunas de estabilización con tiempo de retención de 6 a 7 días, fue observado que la mayoría de los parásitos eran removidos en la primera laguna, estos resultados respaldan lo encontrado en el presente trabajo de investigación, en el que las lagunas de estabilización de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "la totora" muestran una mayor eficacia de remoción de enteroparásitos, en comparación con los biofiltros.

#### VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, A. 1994. Parasitología Clínica. Segunda Edición Santiago de Chile.
- 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. Lima, CEPIS.
- Aybar, C. 2005. Evaluación de la Capacidad de Remoción de Bacterias Coliformes Fecales y Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totora" Ayacucho.
- Blum, D. and Feachem. 1985. Health Aspects of Nightsoil and sludge Use in Agriculture and aquaculture – Part III. An Epidemiological Perspective IRCWD Report No. 05/85. International Reference Centre for Waste Disposal, CH-8600 Duebendorf, Suiza.
- Botero, D. y Restrepo, M. 2004. Parasitosis Humanas. Segunda Edición. Medellín, Colombia.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) 1998. Revistas para la toma de muestras de agua para análisis Químico y Microbiológico. Laboratorio OMS.OPS.CEPIS – LIMA.
- Consulting Engineers Salzgitter (CES) GMBH. 2002. Estudio definitivo – informe final proyecto de agua potable y alcantarillado de Ayacucho.
- Condezo, G. 1985. Estudio físico químico y bacteriológico de las lagunas de estabilización de Ayacucho (marzo – agosto). Tesis – UNSCH.
- DAPSB, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. 2000. Bogotá.
- De Abreu, K. 2008. Identificación y cuantificación de metales pesados, parásitos y bacterias en aguas residuales crudas y tratadas de la Estación de Tratamiento en Aguas Residuales de Riberao Preto-Sao Paulo. Tesis de Maestría. Universidad de Sao Paulo. Escola de Efermagem de Riberao Preto- Brasil.
- Díaz, J. y Bellot, F. 1995. Evaluación de tanques imhoff Ciudad de la Paz. VII Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Santa Cruz – Bolivia.
- García, L. 1997. Identificación de Enteroparásitos en Aguas Afluentes y Efluentes de la Planta de Tratamiento la Totorilla de Ayacucho. Tesis-Facultad de Ciencias Biológicas. UNSCH.
- Gómez, D. 1999. Detección e Identificación de Enteroparásitos en agua de riego y hortalizas del Valle de la Totorilla, Valle de la Compañía y Chacco. Tesis - Facultad de Ciencias Biológicas. UNSCH.
- Kemmer, F. y Mc Callion, J. 1996. Manual del agua, su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. Vol. II. Editorial Mc Graw Hill. México.
- León, G. 1999. Tecnologías de tratamiento de aguas residuales usadas en América Latina y El Caribe. Sexto curso taller internacional. Lima – Perú.
- Matta, H. 2001. Enteroparásitos en Hortalizas Regadas con Afluentes y Efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Huanta. Tesis- Facultad de Ciencias Biológicas. UNSCH.
- Ministerio de Ambiente. 2005. Guía para la Selección, Evaluación, Rehabilitación y Seguimiento de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, OMS, Colombia.
- Ministerio de Salud (MINSA). 1999. Lagunas de estabilización. Sexto curso taller internacional. Lima.
- Moscoso, J. 1999. Uso de Efluentes de lagunas de estabilización en actividades agropecuarias. Seminario Internacional. Santa Fe de Bogotá-Colombia.
- Naveda, M. 1999. Capacidad de remoción de bacterias indicadoras de contaminación y  $DBO_5$  en aguas residuales tratadas en la planta "La Totora". Tesis – UNSCH. Ayacucho – Perú.
- Prado, E. 1987. Cuantificación de Enteroparásitos y Estudio de Viabilidad de *Ascaris lumbricoides* en Aguas Residuales Afluentes y Efluentes de la Planta de Tratamiento La Alameda Huanta. Tesis-UNSCH.
- Pelkzar, M. 1981. Microbiología. Cuarta Edición. Editorial Mc Graw Hill. España.
- Proyecto regional Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina. 2004. Realidad y Potencial <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsaar/elproyecto/aguaresi/antece.html>.
- Rodler, J. 1981. Análisis de las aguas. Ediciones Omega. S.A. Barcelona, España.
- Rojim, S. 2000. Sistema de Lagunas de estabilización. Editorial Me Graw Hill Interamericana. Bogotá – Colombia.
- Prado, E. 1987. Cuantificación de Enteroparásitos y Estudio de Viabilidad de *Ascaris lumbricoides*



- en Aguas Residuales Afluentes y Efluentes de la Planta de Tratamiento La Alameda Huanta. Tesis-UNSCH.
27. **Pelkzar, M.** 1981. Microbiología. Cuarta Edición. Editorial Mc Graw Hill. España.
  28. **Proyecto regional Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina.** 2004. Realidad y Potencial <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsaar/elproyecto/aguaresi/antece.html>.
  29. **Rodier, J.** 1981. Análisis de las aguas. Ediciones Omega. S.A. Barcelona, España.
  30. **Rolim, S.** 2000. Sistema de Lagunas de estabilización. Editorial Mc Graw Hill Interamericana. Bogotá – Colombia.
  31. **Rozano, E.** 1995. Tratamiento Biológico de las Aguas Residuales. Editorial Díaz de Santos S.A. Madrid.
  32. **Shuval, H.I.** 2002. Wastewater Irrigation in Developing Countries Health Effects and technical.
  33. **Seoanez, M.** 1995. Aguas Residuales Urbanas. Ediciones Mundi Prensa. Madrid – España.
  34. **Strauss, M.** 1998. Seminario Taller Saneamiento Básico y Sostenibilidad, Reuso de Aguas Servidas. Implicaciones para la Salud. Cali-Colombia.
  35. **Tebbutt, T.** 1997. Fundamentos de control de la calidad de agua. Editorial Limusa S.A. México.
  36. **Tchobanoglous, G. y Burton, F.** 1995. Ingeniería de aguas residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización. METCALF y EDDY. Inc Vol. I. Tercera edición. Editorial Mc Graw Hill. España.
  37. **Von, M.** 1996. Lagunas de estabilización. Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Universidad Federal de Minas Gerais. Editorial SEGRAG. Brasil.
  38. **Villantoy, E.** 2008. Capacidad de remoción de enteroparásitos de la planta de tratamiento de aguas residuales Ichpico- Huanta.

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Resolución Decanal N° 210-2010-FCB-D

Bach. Magaly Judith Canales Chuchón


En la ciudad de Ayacucho siendo las cinco y treinta de la tarde del viernes 26 de noviembre del dos mil diez reunidos en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas los profesores presididos por el Decano MSc. Elmer Avalos Pérez y con la asistencia del Mg. Saúl Chuchón Martínez (asesor), Mg. Víctor Cárdenas López (miembro) , Mg. Edwin Portal Quicaña (miembro) actuando como secretaria Docente la Mg. Maricela López Sierralta, designados como jurados de la sustentación de tesis Titulado "Eficacia comparativa de remoción de enteroparásitos entre lagunas facultativas y biofiltros, de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales La Totorá, Ayacucho – 2006"; presentado por la Bach. Magaly Judith Canales Chuchón, quien con dicha sustentación pretende optar el título profesional para el título profesional de Bióloga con mención en la especialidad de Microbiología.


Luego de la verificación de los documentos en mesa el decano inicia el acto de sustentación solicitando a la secretaria docente que de lectura a la Resolución Decanal N° 210-2010-FCB-D y luego instruye a la sustentante sobre el tiempo de sustentación.

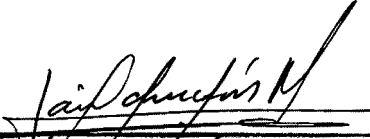
La sustentante inicia la sustentación haciendo uso de medios audiovisuales durante el tiempo correspondiente de 30 minutos, luego del cual el decano cede la palabra al Mg. Edwin Portal Quicaña quien es el cuarto jurado, el cual luego de la recomendación pregunta sobre los objetivos y resultados, indicando incluir un cuadro del segundo objetivo, también falta un cuadro de las comparaciones, sugiere en un croquis de la empresa indicar los puntos de muestreo, ¿Qué fue lo que indujo la elección de los meses de muestreo? ¿Qué análisis le realizó al gráfico N° 1?, sugiere aplicar prueba estadística , recomienda aplicación de ellos y culmino su participación, luego el decano cede la palabra al Mg. Víctor Cárdenas López quien pregunta sobre las ¿variantes de los datos den el mes de junio? y luego de algunas preguntas mas concluye su participación para dar paso al asesor quien aclara algunas dudas del jurado calificador. Luego el decano solicita a la sustentante y al público en general que abandonen el auditorio para que el jurado calificador pueda deliberar y evaluar el trabajo de investigación y adjudicarle la calificación pertinente, del cual se desprende lo siguiente:

MIEMBROS DEL JURADO	EXPOSICION	RESP. PREG.	PROMEDIO
Mg. Saúl Chuchón Martínez	17	16	17
Mg. Víctor Cárdenas López	17	17	17
Mg. Edwin Portal Quicaña	16	16	16


Como resultado de la calificación y evaluación, la sustentante tuvo como promedio la nota de diecisiete (17) del cual dan fe los miembros del jurado estampando su firma al pie del acta; siendo las siete y treinta de la noche se concluyó el Acto de sustentación.

  
 Msc. ELMER A. AVALOS PÉREZ  
 PRESIDENTE

  
 Mg. VÍCTOR CÁRDENAS LÓPEZ  
 MIEMBRO

  
 Mg. SAÚL A. CHUCHÓN MARTÍNEZ  
 MIEMBRO- ASESOR

  
 Mg. EDWIN PORTAL QUICAÑA  
 MIEMBRO

  
 Mg. MARICELA LÓPEZ SIERRALTA  
 SECRETARIA - DOCENTE