



## RESUMEN

El Agua es uno de los recursos naturales indispensable para la vida en el planeta, hoy en día la cantidad de agua dulce existente en la Tierra es limitada, su calidad está sometida a una presión constante la cual puede verse comprometida por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones.

ETAPA E.P. luego de haber creado el Proyecto Yanuncay: “*Agua para el Futuro*” consideró tener datos históricos y estudios sobre la calidad del agua cruda que ingresa a la planta de tratamiento.

Para la investigación fue necesario el estudio Bacteriológico y Parasitológico del Agua Cruda utilizando metodologías importantes como: *Método del Número Más Probable por Tubos Múltiples* y la *Técnica de Centrifugación- Flotación con Sulfato de Zinc* respectivamente.

Los resultados obtenidos mediante estas metodologías nos permitieron determinar el Índice de Calidad del Agua Cruda; que fue desarrollado por la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos en 1970. Este presenta una escala de clasificación que van de *0 – 100 unidades*; con una calidad de *muy mala a excelente* del agua en estudio respectivamente.

Para la determinación del índice de calidad del agua de la cuenca del Yanuncay se utilizó tres parámetros importantes como son: Coliformes Fecales (NMP), Turbidez (NTU), pH.

Al culminar los estudios el resultado final me permitió saber que el agua de ingreso a la planta de potabilización es *Agua Regular*.

Permitiéndonos que sea el punto de partida para el estudio enfocado a la remoción de los microorganismos en los procesos de potabilización.

### **PALABRAS CLAVES:**

CALIDAD, CONTAMINACIÓN, NSF, ÍNDICE, AGUA CRUDA, PARÁMETROS, PARÁSITOS, BACTERIAS.

Autora:  
Lucrecia Brito Coronel



## ÍNDICE

ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS Y CURVAS .....	iv
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO I: GENERALIDADES</b>	
<i>EL AGUA</i>	
Definición .....	3
Importancia del Agua .....	3
Calidad del Agua .....	4-5
Contaminación del Agua .....	6
Tipos de Contaminación .....	7
Contaminantes del Agua .....	8
<i>GENERALIDADES MICROBIOLÓGICAS</i>	
Definición de Microbiología .....	9
Áreas de Microbiología .....	9
Características Biológicas de las Aguas Superficiales .....	10
Organismos Propios de las Aguas Superficiales .....	10
Organismos Patógenos de las Aguas Superficiales .....	11-12
Enfermedades relacionadas con el Agua .....	12-13
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y TOMA DE MUESTRA</b>	
<i>METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE LOS PARASITOS</i>	
Técnica para la Determinación de Parásitos en Agua .....	15
Toma de muestra .....	16
Funcionamiento del equipo de filtración .....	17
Concentración de la Muestra .....	18
Metodología Analítica para la Identificación de Parásitos .....	18
Metodología Aplicada a la Práctica .....	18-20
<i>METODOLOGÍA DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO</i>	
Técnica para el Análisis Bacteriológico .....	20
Autora:	
Lucrecia Brito Coronel	2



<i>Toma de Muestra</i> .....	21
<i>Fundamento del Método del Número Más Probable por tubos múltiples</i> ..	21-24
<i>Calculo del Número más Probable</i> .....	24-25
<i>Metodología Aplicada a la Parte Práctica</i> .....	25-26
<b>CAPÍTULO III: INDICES DE CALIDAD</b>	
<i>Definición del Índice de Calidad</i> .....	28
<i>Importancia</i> .....	28
<i>Usos del Índice de Calidad</i> .....	28
<i>Clasificación del Índice de Calidad</i> .....	29-30
<i>Cálculo del Índice de Calidad</i> .....	30-33
<b>CAPÍTULO IV: CÁLCULOS, RESULTADOS Y ANÁLISIS</b>	
<i>DATOS BACTERIOLÓGICOS</i> .....	35-49
<i>Cálculo del Índice de Calidad</i> .....	35
<i>Análisis de Datos</i> .....	50-52
<i>DATOS PARASITOLÓGICOS</i> .....	53
<i>Cálculos</i> .....	54
<i>Análisis de los Gráficos</i> .....	63
<b>CONCLUSIONES</b> .....	63-64
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	65
<b>ANEXOS</b> .....	66
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	76

### ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Índices de Calidad para Coliformes Fecales</i> .....	51
<i>Figura 2. Índices de Calidad para pH</i> .....	52
<i>Figura 3. Índices de Calidad para Turbiedad</i> .....	52
<i>Figura 4. Parásitos Representativos</i> .....	55
<i>Figura 5. Curvas Comparativas de Turbiedad y Total de Parásitos (m<sup>3</sup>)</i> .....	56
<i>Figura 6. Barras Comparativas del Promedio Total de Parásitos (m<sup>3</sup>)</i> .....	57
<i>Figura 7. Horas de Muestreo vs. Total de Parásitos (m<sup>3</sup>)</i> .....	58



*Figura 8 . Barras Comparativas del Promedio de Parásitos Representativos para cada mes ..... 59*

*Figura 9 . Barras de Giardia Lamblia y Tenia s.p.p para cada muestra ..... 60*

*Figura 10. Barra de Strongyloides para cada muestra ..... 61*

**ÍNDICE DE TABLAS**

*Tabla 1. ETA por Origen Bacteriano ..... 13*

*Tabla 2. ETA por Origen Parasitológico ..... 13*

*Tabla 3. Ensayos Parasitológicos ..... 21*

*Tabla 4. Volúmenes de Muestra y Serie de Tubos inoculados ..... 22*

*Tabla 5. Factores de Ponderación ..... 32*

*Tabla 6. Factores de Ponderación Recalculado ..... 33*

*Tabla 7. Calidad asignada según el valor del WQI ..... 33*

**ÍNDICE DE CURVAS**

*Curva 1. . Función de Calidad NSF de Coliformes Fecales ..... 31*

*Curva 2. . Función de Calidad NSF de Potencial de Hidrógeno ..... 31*

*Curva 3. . Función de Calidad NSF de Turbidez ..... 32*

**UNIVERSIDAD DE CUENCA**



**FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS  
ESCUELA DE BIOQUIMICA Y FARMACIA**

***“CALIDAD BACTERIOLÓGICA Y PARASITOLÓGICA DEL AGUA  
CRUDA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE  
SUSTAG”***

**Tesis previa a la obtención de  
título de Bioquímica y Farmacia**

**AUTORA:**

LUCRECIA BRITO CORONEL

**DIRECTOR:**

ING. PATRICIO VASQUEZ

**ASESORA:**

DRA. NOEMI LOAIZA MARTINEZ.

CUENCA - ENERO

2009- 2010



## DEDICATORIA

Le dedico con todo amor y cariño:  
A toda mi familia que es la fuerza que me guía en todo momento y cada paso de mi vida. En especial para mis padres que con todos sus ejemplos supieron guiarme en mi vida personal y profesional. Gracias Papito y Mamichis Querida los adoro.  
A mis hermanos por estar conmigo y apoyarme siempre los amo.



## AGRADECIMIENTOS

A todo el personal de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Sustag (ETAPA.EP) por haber permitido el desarrollo del proyecto.  
También de manera muy especial al Ing. Patricio Vásquez y a la Dra. Noemí Loaiza por toda su colaboración y constante apoyo.



## INTRODUCCIÓN

El Agua es uno de los recursos naturales indispensable para la vida en el planeta, hoy en día la cantidad de agua dulce existente en La Tierra es limitada, y su calidad está sometida a una presión constante.

El Agua dulce es importante para el consumo doméstico, la producción de alimentos y el uso recreativo. La calidad del agua puede verse comprometida por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones.

Por lo que Etapa EP siendo una empresa que se caracteriza por entregar un excelente servicio de Agua Potable a sus clientes y luego de haber creado el Proyecto Yanuncay: “*Agua para el Futuro*” creyó conveniente que la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Sustag cuente con datos históricos y estudios sobre la calidad del agua cruda que ingresa a la misma.

En esta investigación fue necesario el estudio Bacteriológico y Parasitológico del Agua cruda siguiendo metodologías exclusivas para su estudio. Para el análisis Parasitológico se utilizó la metodología probada para aguas residuales en el CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE (CEPIS) de Lima Perú y para el análisis Bacteriológico se utilizó el Método del Número más Probable por Tubos Múltiples.

Entonces el estudio tiene la finalidad de tener datos históricos y determinar la calidad bacteriológica y parasitológica del agua cruda que ingresa a la Planta de Potabilización.



**CAPÍTULO 1**

**GENERALIDADES**



## 1.1. EL AGUA

### 1.1.1. DEFINICIÓN

El Agua en estado puro es un líquido inodoro, incoloro e insípido, químicamente llamado dióxido de hidrogeno.

**Agua Cruda.-** *Es aquella que se encuentra en la naturaleza, que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características físicas, químicas y microbiológicas.*<sup>1</sup>

### 1.1.2. IMPORTANCIA DEL AGUA

El origen de la vida fue en el Agua; por lo tanto es la sustancia química más abundante en la Tierra e indispensable en la vida de los seres vivos. Siendo esencial para la vida del ser humano también constituye un medio ideal para el desarrollo de otros seres como son bacterias, virus, hongos y parásitos.

Además de ser una sustancia imprescindible para la vida por sus múltiples propiedades es ampliamente utilizada en actividades diarias tales como: la agricultura (70% al 80%), la industria (20%), el uso doméstico (6%), entre otras, convirtiéndose en uno de los recursos más apreciados en el planeta. De ahí la importancia de conservar y mantener la calidad de las fuentes naturales, de manera que se garantice su sostenibilidad y aprovechamiento para las futuras generaciones

Este fluido podemos encontrarlo en océanos, mares, ríos, glaciales, o aguas subterráneas, también forma parte de nuestras células y tejidos; al nacer nuestro cuerpo constituye un 75% de agua y en edad adulta llegamos a tener un 60%.

---

<sup>1</sup> INSTITUTO Ecuatoriano de Normalización, Agua Potable- Requisitos, Quito, 2006, p 10.



En el cuerpo humano realiza actividades indispensables para nuestra salud como son:

- Reacciones bioquímicas del organismo.
- Regulación de la temperatura corporal
- Se encarga de la homeostasis del cuerpo humano y
- Por último es utilizada como medio de transporte para todos los nutrientes, desechos y metabolitos.

El Agua no solo es trascendental en la vida de los seres vivos sino también para el planeta porque este recurso interviene en procesos importantes entre esos esta la regulación térmica del clima procurando que las variaciones sean menos bruscas. Además el Agua lluvia limpia la atmósfera de los contaminantes externos y ambientales.

Desempeña de forma especial un importante papel en la fotosíntesis de las plantas y, además, sirve de habitat a una gran parte de los organismos.

### 1.1.3. CALIDAD DEL AGUA

**Calidad del Agua** es aquella condición que valora la presencia o ausencia de contaminación, involucra monitoreo.

Los términos de valoración y monitoreo son confundidos frecuentemente y usados como sinónimos, por lo que vale la pena realizar una diferenciación entre ellos.

La **Valoración de la Calidad de Agua**, es la evaluación de la naturaleza química, física y biológica del Agua, en relación con su calidad natural, efectos humanos y uso pretendido incluidos: consumo,



recreación, irrigación y pesca; y particularmente, usos que pueden afectar la salud pública.<sup>2</sup>

Los principales objetivos de la valoración de la calidad del Agua pueden ser:

- Verificar si la Calidad del Agua observada es adecuada para el uso pretendido.
- Evaluación de impactos tales como la liberación de contaminantes.
- Estimar el flujo de nutrientes o contaminantes.

El proceso de la valoración de la Calidad del Agua, incluye el uso del **Monitoreo** como principal herramienta para definir la condición del recurso.

El monitoreo por su parte abarca en el tiempo de períodos de muestreo largos, mediciones estandarizadas, colección de información a intervalos de tiempos regulares con el fin de proveer datos que puedan ser usados para guardar información y proporcionarla; para verificar las relaciones causa-efecto.

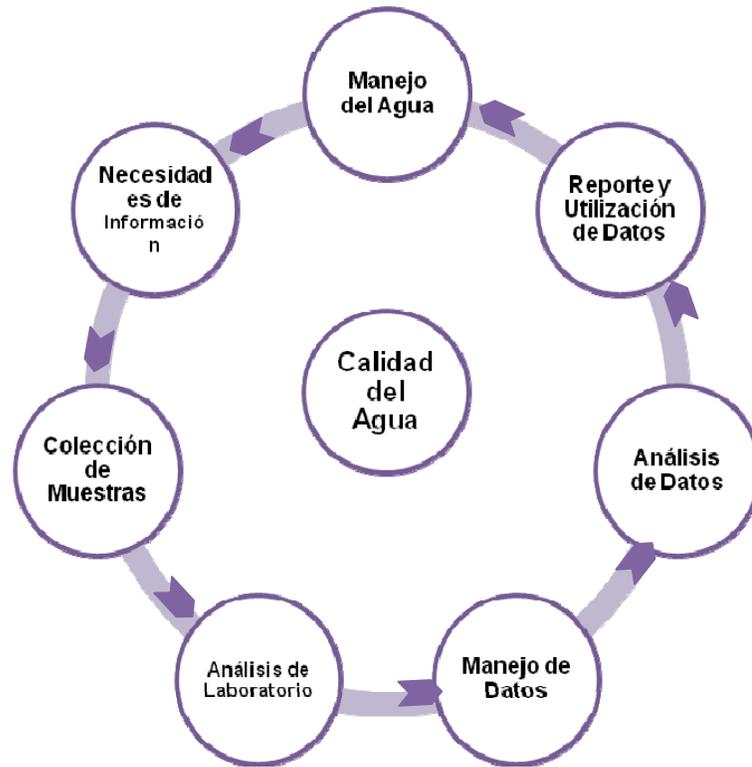
En cuanto al tipo de objetivo del programa existen 2 tipos diferentes de monitoreo:

- **Monitoreo de Objetivo Particular:** Direccionado a un área y problema específico y que involucre un conjunto simple de variables.
- **Monitoreo Multi- objetivo** el cual cubre varios usos del agua como: abastecimiento, uso humano, manufactura industrial, pesquerías o vía acuática, lo que requiere el registro de un conjunto numeroso de variables.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> FERNANDEZ Nelson y SOLANO Freddy, **Índices de Calidad y Contaminación del Agua**, Universidad de Pamplona Colombia, 2005, Capítulo I, p. 3.

<sup>3</sup> FERNANDEZ Nelson y SOLANO Freddy, *ibid*, p. 3-4.



### *Ciclo de Monitoreo para la Valoración de la Calidad del Agua*

Determinando la Calidad del Agua se puede conocer los atributos que esta presenta reuniendo así criterios de aceptabilidad para diversos usos.

Para determinar la Calidad de una muestra de agua es necesario analizar los siguientes parámetros: organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos.

- **Parámetros Organolépticos**
  - Color, olor, sabor
  
- **Parámetros Físicos**
  - Temperatura (temperatura óptima es de 8-15°C)
  - Conductividad (gracias a las sales)
  - Turbidez
  - pH y concentración de sales
  
- **Parámetros Químicos**

Incluyen a los orgánicos, los inorgánicos y los gases.



- *Parámetros Orgánicos*: Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO)
  - *Gases*: Nitrógeno, Oxígeno, Dióxido de carbono, sulfuro de hidrogeno, metano y amoniaco
- **Parámetros Microbiológicos**  
Se basa en medir la presencia de microorganismos que causan alteraciones en la salud como son las bacterias.

#### 1.1.4. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La **Contaminación** es la introducción en un medio cualquiera de un contaminante; es decir cualquier sustancia o forma de energía capaz de provocar daños, irreversibles o no en el medio ambiente.

Entonces **AGUA CONTAMINADA** es aquella a la que se le incorporan materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales, lixiviados e incluso como es en este caso de estudio las aguas eran contaminadas por sangre, vísceras y otros fluidos orgánicos originados en los camales clandestinos de la zona.

Para que podamos hablar de contaminación es necesario que el agente se introduzca por encima de la capacidad del medio para eliminarlo. No es, pues, una cuestión de qué productos se introducen, sino su cantidad. La proliferación de estos residuos supone un desequilibrio grave en el biosistema, hasta el punto de llegar a imposibilitar la vida de las especies existentes.

El incremento de población en el planeta es una de las causas para que se dé la contaminación del agua e incluso aparezcan diferentes tipos de contaminación que veremos a continuación.

##### 1.1.4.1. TIPOS DE CONTAMINACIÓN

El origen de la contaminación de las aguas puede ser de dos tipos: **natural** producida por actividades humanas o **antropogénica**. La



contaminación natural es mínima y se refiere a aquellos componentes que localizados en la corteza terrestre que resultan dañinos para la vida. Normalmente, los contaminantes naturales no se dan en concentraciones altas. En cambio, la contaminación antropogénica es mucho más peligrosa que la natural.

Existen varias *fuentes de contaminación* antropogénica:

- **Industriales.** Son diferentes tipos de compuestos y sustancias químicas residuales generados durante los procesos industriales.
- **Vertidos urbanos.** Los residuos urbanos que se descargan al agua en su mayoría son jabones, materia orgánica y productos de limpieza (provenientes de las viviendas); así como gasolinas y productos químicos (provenientes de las vías públicas).
- **Agricultura y ganadería.** Una gran cantidad de fertilizantes, pesticidas y otros productos agroquímicos utilizados en la agricultura, que contaminan las aguas cercanas a las áreas de producción.

#### 1.1.4.2. CONTAMINANTES DEL AGUA

La contaminación del agua puede estar producida por:

- **Compuestos Minerales.-** pueden ser sustancias tóxicas como: Metales pesados (plomo, mercurio, etc.), nitratos, nitritos.  
Otros elementos afectan a las propiedades organolépticas (color, olor y sabor) del agua que son el cobre, el hierro, etc.  
Otros producen el desarrollo de las algas y la eutrofización (disminución de la cantidad de O<sub>2</sub> disuelto en el agua) como el fósforo.
- **Compuestos Orgánicos.-** como fenoles, hidrocarburos, detergentes, etc. Producen también eutrofización del agua debido a una disminución

de la concentración de oxígeno ya que permite el desarrollo de los seres vivos y éstos consumen  $O_2$ .

- **Contaminación Microbiológica.-** Son bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades, como: cólera, tifoidea, salmonelosis, etc. Estos microorganismos llegan al agua en heces y otros restos orgánicos que producen las personas o animales infectados.
- **Contaminación Térmica.-** No muy mencionada pero ocasiona una disminución de la solubilidad del oxígeno en el agua.



Aspecto del Río Izhcarrumi después del camal ilícito

Tomado del Informe de los Impactos que causan los Camales Ilícitos en la Cuenca alta del Río Yanuncay

## 1.2. GENERALIDADES MICROBIOLÓGICAS

**1.2.1. DEFINICIÓN:** La **Microbiología** es el estudio de los microorganismos y sus actividades. Esto concierne a su forma, estructura, fisiología, reproducción, metabolismo e identificación. Éstos se denominan *MICROBIOS*, *MICROORGANISMOS* o *PROTISTAS*.



### 1.2.1.1. ÁREAS DE LA MICROBIOLOGÍA

- **Bacteriología.-** Estudia las bacterias, microorganismos procariotas unicelulares de estructura relativamente simple. Ejemplos: *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, etc.
- **Micología.-** Estudia los hongos, microorganismos eucariotas quimio heterótrofos, pueden ser unicelulares o multicelulares. Ejemplos: *Aspergillus fumigatus*, *Histoplasma capsulatum*, *Candida albicans*, etc.
- **Virología.-** Estudia los virus, agentes submicroscópicos filtrables, parásitos unicelulares obligados, que poseen un sólo tipo de ácido nucleíco rodeado de una cubierta proteica. Ejemplos: Virus de la rabia, virus de la poliomielitis, virus del sarampión.
- **Protozoología.-** Estudia los protozoarios, microorganismos unicelulares eucariotas. Ejemplos: *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolytica*, *Trypanosoma cruzi*, etc.

La microbiología esta aplicada para distintos aspectos como por ejemplo:

- Microbiología Medica
- Microbiología de Alimentos
- Microbiología Agrícola
- Microbiología Veterinaria
- Microbiología Industrial
- Microbiología aplicada al control de calidad de medicamentos y cosméticos.
- Microbiología Espacial
- **Microbiología del Agua.-** es muy importante que el agua para consumo humano y para otros usos esté pura y libre de



*bacterias patógenas. La Microbiología del Agua se ocupa de obtener aguas de óptima calidad y utiliza microorganismos con el fin de regenerar las aguas de desecho y hacerlas útiles.*

## **1.2.2. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE LAS AGUAS SUPERFICIALES**

### **1.2.2.1. Organismos Propios de las Aguas Superficiales**

En las aguas superficiales se encuentra una amplia gama de organismos no perceptibles a simple vista. En condiciones normales, estos organismos permiten el desarrollo de los ciclos biológicos y químicos en el cuerpo de agua y no son necesariamente nocivos para la salud o para el tratamiento del agua.

En las aguas superficiales existe un grupo de organismos que actúan en los procesos de biodegradación.

Los organismos que en forma normal se encuentran en las aguas superficiales son los siguientes:

- ~ *Algas*
- ~ *Bacterias*
- ~ *Protozoarios*
- ~ *Rotíferos, Copépodos y otros Crustáceos*
- ~ *Insectos*

### **1.2.2.2. Organismos Patógenos de las Aguas Superficiales.**

En las aguas superficiales podemos encontrar organismos patógenos tales como:

- ~ *Bacterias Patógenas*
- ~ *Enteroparásitos*
- ~ *Virus entéricos*
- ~ *Cianobacterias*



Sin embargo nuestro motivo de estudio está enfocado hacia dos clases de organismos patógenos exclusivos como son: *Bacterias Coliformes Totales* y *Fecales*, y *Parásitos*.

## 📍 BACTERIAS PATÓGENAS

Las bacterias patógenas de transmisión hídrica provienen de los seres humanos y de animales de sangre caliente (animales domésticos, ganados y animales silvestres). Estos llegan a los cursos del agua a través de las descargas de aguas, contaminación arrastrada por el agua lluvia, residuos industriales, escorrentías que pasan por los corrales e incluso la defecación a campo abierto, etc.

**GRUPO COLIFORME.-** Los Coliformes son bacterias que habitan en el intestino de los mamíferos y también se presentan como saprofitos en el ambiente, excepto la *Escherichia*, que tiene origen intestinal.

Su presencia en el agua puede indicar que el suministro de agua está contaminado con aguas negras u otros tipos de desechos de descomposición.

Generalmente se les encuentra en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo. Por lo que a las bacterias coliformes se les considera como indicadores de contaminación.

- **Coliformes totales.** Los Coliformes totales se caracterizan por su capacidad de fermentar la lactosa a 35-37 °C en 24-48 horas y producir ácido y gas.

Los Coliformes totales se reproducen en el ambiente, proporcionan información sobre el proceso de tratamiento y acerca de la calidad sanitaria del agua que ingresa al sistema y de la que circula en el sistema de distribución. No constituyen un indicador de contaminación fecal.



- **Coliformes (fecales).** Sirven para conocer que la muestra de agua en estudio está contaminada con excremento ya sea de origen humano o animal y directamente relacionada con la transmisión de agentes patógenos por el agua; siendo la ***Escherichia coli*** el principal indicador de contaminación fecal reciente.

Los Coliformes crecen a una temperatura de incubación de 44,5 °C. Esta temperatura inhibe el crecimiento de los Coliformes no termotolerantes.

## 📍 PARÁSITOS

Las aguas superficiales están expuestas a un sin número de factores que posibilitan la contaminación con parásitos.

### 📍 PROTOZOARIOS PATÓGENOS

Es difícil precisar el origen biológico de la contaminación parasitaria en aguas superficiales. Se ha demostrado la presencia de *Giardia* en el ganado vacuno y caballar, en ratas, ratones, y otros animales. Se piensa que existen varios reservorios naturales, tanto silvestres como domésticos. También se ha demostrado la importancia de los reservorios domésticos y silvestres de *Cryptosporidium*.

### 📍 HELMINTOS PATÓGENOS

En este grupo están incluidos los helmintos parásitos y de vida libre. En aguas superficiales se pueden presentar huevos de dos grupos de helmintos: los Nematodos y los Platelmintos.

#### 1.2.3. ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL AGUA. <sup>4</sup>

La transmisión de los organismos patógenos a través del agua ha sido la fuente más grave de epidemias de algunas enfermedades.

---

<sup>4</sup> ROMERO Alberto, **Calidad del Agua**, Colombia, 2005, Capítulo IV, p 212, 213



Entre las enfermedades más conocidas cuyos gérmenes pueden ser transmitidos por el agua están las siguientes:

**DE ORIGEN BACTERIAL**

<b>Enfermedad</b>	<b>Organismo Causante</b>	<b>Fuente del organismo en el Agua</b>
Gastroenteritis	<i>Salmonella s.p.p., Escherichia coli, Yersenia enterocolitica</i>	Excrementos humanos o de animales
Fiebre Tifoidea	<i>Salmonella typhi</i>	Excrementos humanos
Fiebre Paratifoidea	<i>Salmonella paratyphi</i>	Excrementos humanos o de animales
Salmonelosis	<i>Salmonella s.p.p.</i>	Excrementos humanos o de animales
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>	Excrementos humanos
Disentería Bacilar	<i>Shigella s.p.p.</i>	Excrementos humanos o de animales
Enfermedad de Weil	<i>Leptospira icterohaemorrhagiae</i>	Excrementos de ratas
Infecciones del oído	<i>Pseudomona aeruginosa</i>	Excrementos

**DE ORIGEN PARASITOLÓGICO**

<b>Enfermedad</b>	<b>Organismo Causante</b>	<b>Fuente del organismo en el Agua</b>
Disentería amebiana	<i>Entamoeba histolytica</i>	Excrementos humanos
Giardiasis	<i>Giardia Lamblia</i>	Excrementos humanos y animales
Ascariasis	<i>Ascaris Lumbricoides</i>	Excrementos humanos y animales
Criptosporidiosis	<i>Cryptosporidium parvum</i>	Excrementos humanos



Infecciones en los ojos	<i>Acanthamoeba</i>	Excrementos humanos
Gastroenteritis	<i>Cyclospora</i>	Excrementos humanos
Gastroenteritis	<i>Microspora</i>	Excrementos humanos
Toxoplasmosis	<i>Toxoplasma gondii</i>	Excrementos animales

---



**CAPÍTULO 2**

**METODOLOGÍA DE ANÁLISIS  
Y TOMA DE MUESTRA**



## 2.1. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE LOS PARÁSITOS

Los métodos para la detección de los parásitos en el agua aún no están estandarizados por lo que todavía se encuentran en investigación y debe tener presente que estos son susceptibles a modificaciones.

En un análisis Parasitológico de aguas es posible detectar quistes de los siguientes protozoarios: *Giardia*, *Entamoeba histolytica* y *Entamoeba coli* como indicador de contaminación fecal. En el grupo de los nematodos: huevos de *Áscaris*, *Trichuris* y larvas de *Strongyloides* y huevos de los siguientes cestodos: *Hymenolepis nana*, *Hymenolepis diminuta*, *Tenia*.

### 2.1.1. TÉCNICA PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁSITOS EN AGUA

Los parásitos se encuentran heterogéneamente dispersos en las aguas, por lo que es necesario concentrarlos.

Los métodos de sedimentación se usan preferentemente para concentrar huevos de helmintos. La flotación está indicada para detectar quistes de protozoarios como *Giardia*, *Entamoeba* y huevos de helmintos que no sedimentan fácilmente. Para estos métodos se emplean las soluciones con densidades mayores o menores que los huevos y quistes, la densidad es un factor que influye directamente en la eficiencia del método, tanto en la concentración como en la preservación de las características morfológicas.

Existen varios métodos para la determinación de parásitos entre los que tenemos Centrifugación, Flotación- Sedimentación con:

- Buffer aceto-acético y éter.
- Formol- éter o Formol étil acetato.
- Nitrato de Sodio.
- Sulfato de Zinc.



### 2.1.1.1. TOMA DE MUESTRA

El volumen de muestra requerido para el análisis de parásitos va a variar según el grado de turbidez.

Este también no solo va a depender del grado de turbidez sino también de la probabilidad de encontrar parásitos, a mayor carga de materia fecal mayor probabilidad de detectar parásitos, por lo tanto, el volumen de muestra será menor.

Volumen (metros cúbicos)	Clase de Agua
1- 5	Agua Cruda
5-10	Agua Filtrada
15	Agua Tratada

La frecuencia del muestreo es variable, pues dependerá de la fuente de agua, la calidad general, el tamaño, y las posibilidades de contaminación de éstas, así como también de la estación del año.

La toma de muestra se realiza con el equipo de filtración de campo el que consta de:

- **FILTRO.-** Este tiene que ser de propileno sus poros son de 0.5 micras de diámetro y su longitud es de 25 cm.
- **CARTUCHO PORTAFILTRO.-** El cartucho mide 26 cm de largo. Este es de propileno; y su diseño va de acuerdo a las características del filtro que se utiliza. Su función es permitir que el agua ingrese desde el exterior hacia el interior del filtro y por último el agua filtrada es eliminada hacia una manguera la cual está conectada al medidor.
- **MEDIDOR DE FLUJO.-** el hidrómetro permite controlar el volumen del agua que se filtra. Sus escalas nos permite leer el volumen filtrado en litros, decilitros, hectolitros y metros cúbicos.



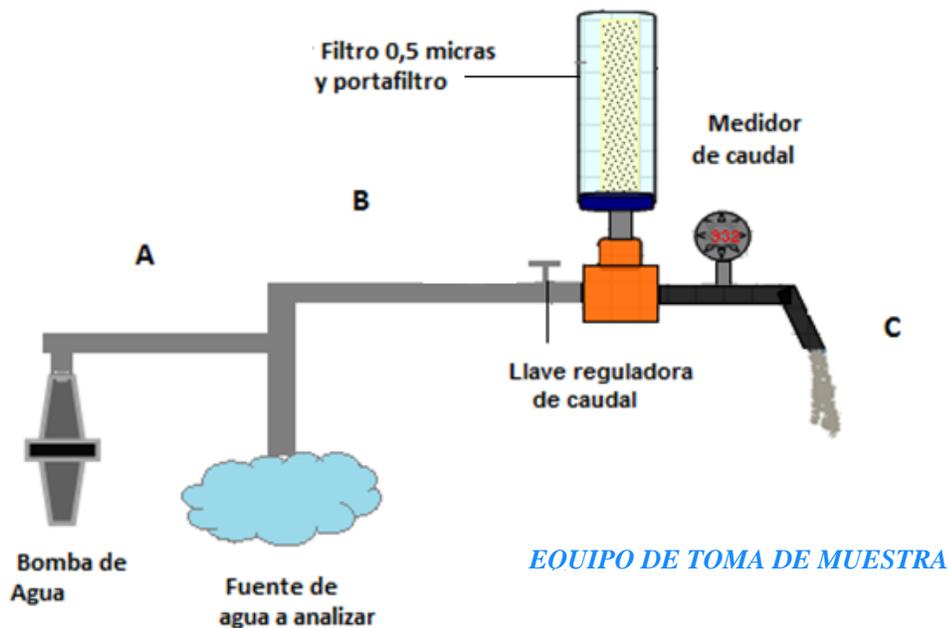
- **CONEXIONES Y MANGUERAS.-** Se deben usar mangueras resistentes a altas presiones para que puedan soportar la fuerza ejercida por el agua.
- **MOTOBOMBA DE AGUA.-** Se usa para ejercer presión y lograr el paso de un volumen grande de agua a través del filtro. El flujo debe ser de 15 a 35 litros por minuto.  
Esta se utiliza en el caso de que no tener agua a presión.

#### 2.1.1.2. FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE FILTRACIÓN.

El equipo se arma de acuerdo al esquema mostrado en el gráfico del equipo de toma de muestra.

Hacer que el agua ingrese por la manguera “A” gracias a la presión ejercida por la motobomba, después esta la transfiere a la manguera “B”, la misma que le conduce hacia el orificio de entrada del cartucho portafiltro, ya en el interior de este la dirección del agua es desde el exterior al interior del filtro.

El agua filtrada es conducida hacia el exterior del cartucho, está a su vez pasa por una conexión que llega al hidrómetro, el cual medirá el volumen que ha sido filtrado y finalmente el agua es eliminada a través de la manguera “C”.



### 2.1.1.3. CONCENTRACIÓN DE LA MUESTRA

El filtro debe ser llevado al laboratorio dentro de un cartucho o bolsas plásticas.

Para concentrar la muestra utilizamos la **Técnica de Centrifugación y Flotación con Sulfato de Zinc** la cual se fundamenta en la posibilidad de concentrar los parásitos por sedimentación y/o flotación, empleando soluciones con densidades conocidas.

Este método consiste en tomar volúmenes de agua apropiados y centrifugarla a 2500 rpm durante 5 minutos, decantando el sobrenadante, este proceso se repite varias veces hasta obtener un sobrenadante casi libre de materia en suspensión y un sedimento.

Se reparte más o menos 2 ml de sedimento en varios tubos, centrifugamos y eliminamos el sobrenadante, se adiciona sulfato de zinc y se homogeniza con agitación fuerte durante diez minutos, se centrifuga nuevamente por 5 minutos a 2500 rpm, adicionamos nuevamente sulfato de zinc hasta formar un menisco invertido, se coloca un cubreobjetos para que se adhieran los parásitos, esperar de 10 – 15 minutos y observar al microscopio.



#### **2.1.1.4. METODOLOGÍA ANALÍTICA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PARÁSITOS**

Su identificación se realiza en la observación de sus características morfológicas.

Esta observación es directa en el microscopio óptico de todo el portaobjetos; enfocando con lente de aumento de 40X.

El conteo se realiza directamente en cada placa como lo sugiere CEPIS (CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE), sumamos todo lo encontrado y se reporta como número de parásitos por litro de agua.

#### **2.1.2. METODOLOGÍA APLICADA A LA PARTE PRÁCTICA**

##### **2.1.2.1. TOMA DE MUESTRA**

Teniendo presente que para determinar a los parásitos en el agua cruda existe un volumen adecuado (tabla del apartado 2.1.1.1) entonces se procedió con la obtención de la muestra.

Así en el estudio del agua cruda de la planta de tratamiento se tomaron las muestras teniendo presente los indicadores como son la turbiedad y el volumen del agua para la recolección de ella.

Se recolectaron 30 muestras del canal de entrada de agua a la Planta de Tratamiento. En el proceso se empleó una técnica aséptica para proteger el instrumento y evitar contaminación cruzada. El volumen de la muestra del agua va a variar según el grado de turbidez y la probable concentración de parásitos.



### *Punto de Muestreo Agua Cruda*

La frecuencia de la toma de muestra depende de la turbiedad, razón por la cual la toma de muestra se la realizó en diferentes horarios y estación climática.

#### **2.1.2.2. CONCENTRACIÓN DE LA MUESTRA Y SU IDENTIFICACIÓN**

Una vez filtrado el volumen de la muestra, se procede a lavar el filtro de la siguiente manera:

Preparar una solución de Tritón X-100 al 0,5% y lavar el filtro varias veces hasta que quede limpio, esta solución arrastra todas las partículas adheridas a este.

El Tritón X-100 es una sustancia jabonosa (Éter mono [p- (1, 1,3 ,3-tetrametilbutil) fenílico] del polietilén glicol) su uso es recomendado por el laboratorio CEPIS.

Luego procedemos a la concentración de la muestra; con el agua de lavado de distribuye en tubos de centrífuga de 200 ml.

Centrifugamos por 5 minutos a 2500 rpm, descartamos el sobrenadante teniendo cuidado de no desprender el sedimento. Juntar los sedimentos

en un solo tubo (lavamos los tubos con la solución de Tritón X-100) hasta obtener un volumen entre 20 y 30 ml de sedimento.



A continuación procedemos cómo se explica en el punto 2.1.1.3 de la concentración de la muestra.

La identificación se realiza observando toda la placa con lente de 40 aumentos, tomándose en cuenta la morfología de cada parásito.

Sumar todo lo encontrado en cada familia y expresar como número de parásitos por litro, considerando el volumen inicial de la muestra.

## 2.2. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

El examen bacteriológico es importante porque permite determinar las características del agua en estado natural, a fin de realizar las siguientes acciones:

- Estudio del tipo de tratamiento adecuado.
- Uso para consumo, recreación, irrigación, etc.

También es importante porque permite realizar la medición de la eficacia del tratamiento del agua. Finalmente permite efectuar el control de calidad del agua distribuida. Cabe resaltar que la caracterización del agua depende del uso que se le va a dar.



### 2.2.1. TÉCNICA PARA EL ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

Entre los ensayos para determinar presencia o ausencia de bacterias del grupo Coliforme podemos citar los siguientes:

*Tabla 3. Ensayos Bacteriológicos*

<b>Técnica</b>	<b>Tipo</b>	<b>Determinación</b>	<b>Horas de duración</b>
Fermentación en tubos múltiples (tradicional)	Probabilidad	Coliformes totales y fecales	96 horas
Filtro de membrana (tradicional)	Cuantitativa	Coliformes totales y fecales	24 horas
Filtro de membrana con medio MT-7 horas	Cuantitativa	Coliformes totales y fecales	7 horas
Presencia- Ausencia con sustrato enzimático	Cualitativa	Coliformes totales fecales	-----

#### 2.2.1.1. TOMA DE MUESTRA

La recolección de la muestra es un punto crítico en el procedimiento de la evaluación de la calidad del agua. La selección del punto de muestreo tendrá como requisito principal que la muestra sea representativo del sistema, del componente, de las fuentes de agua, del reservorio, etc.

El envase para la toma de muestras tendrá las características apropiadas para el tipo de análisis que se efectuará. Para el análisis microbiológico, la muestra se tomará en un envase de 250 mililitros de capacidad, de vidrio o plástico autoclave, de boca ancha y de tapa rosca.

Para llenar el frasco con la muestra, se debe sostener el frasco por la parte inferior y sumergirlo hasta una profundidad aproximadamente 20 centímetros, con la boca del frasco ligeramente hacia arriba. Si se



trata de una corriente, colocar la boca del frasco en sentido contrario a la corriente del agua.

### 2.2.1.2. FUNDAMENTO DEL MÉTODO DEL NÚMERO MÁS PROBABLE POR TUBOS MÚLTIPLES.

Con esta técnica los resultados se expresan en términos de NMP (Número Más Probable) de microorganismos existentes. El método del NMP por tubos múltiples se fundamenta en un modelo de cálculo de probabilidades. De acuerdo con la alternativa de siembra elegida, se selecciona la tabla de NMP correspondiente para obtener el NMP de la muestra.

La técnica de fermentación en tubos múltiples es una alternativa para la determinación de Coliformes totales y se recomienda para el análisis de muestras de agua superficial que sirve como fuente de abastecimiento.

Volumen de la muestra en ml	Concentración C.L.S.T.	Número de Tubos Inoculados	
		Agua Clorada	Agua No Clorada
10	Doble	10	5
1	Simple	0	5
0,1 ( $10^{-1}$ )	Simple	0	5
0,01 ( $10^{-2}$ )	Simple	0	5

**Tabla 4. Volúmenes de Muestra y serie de tubos inoculados**

La técnica de fermentación en tubos múltiples para la determinación de Coliformes totales y termo resistentes consta de dos fases: **la fase presuntiva** y **la fase confirmatoria**.

Ambos procedimientos se explican a continuación: El procedimiento descrito inmediatamente es una versión simplificada de la *Technique Multiple Tube Fermentation for Members of the Coliform Group del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* y OMS.

Esta entidad realizó la variación de la técnica, al cambiar el Tubo Durham por el indicador púrpura de bromocresol 0,01 g/L en la preparación del medio, obteniendo Lauril Triptosa color morado. Evitando que la contaminación que causaba el Tubo Durham sea eliminada y que la lectura de este medio sea eficiente gracias al cambio de pH (morado - amarillo)

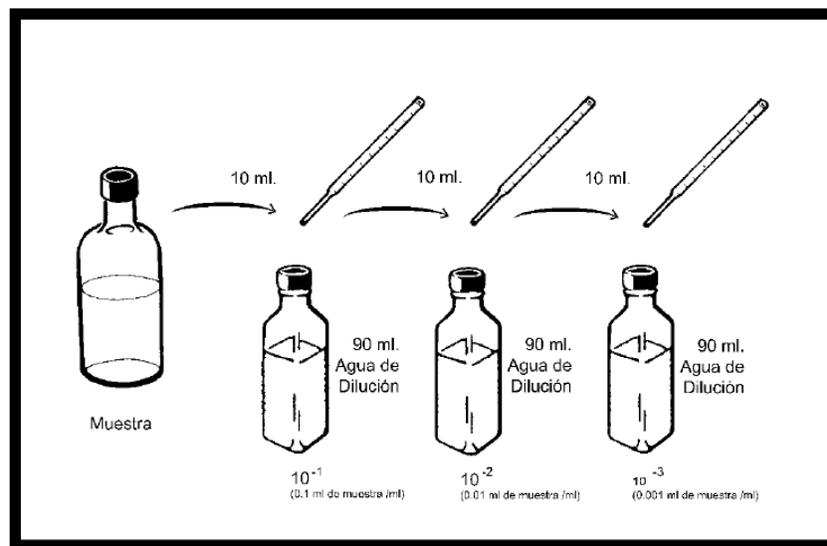
Para el *Standard Methods* existen dos tipos de siembras la primera para aguas con cloro y la segunda para aguas que no tienen ningún tipo de tratamiento.

Por cuestiones de estudio el segundo método de siembra será descrito:

### **PRUEBA PRESUNTIVA**

Homogenizar la muestra agitando un número no menor de 25 veces, inclinando el frasco y formando un ángulo de aproximadamente 45° entre el brazo y el antebrazo.

A continuación preparar las diluciones las cuales se efectúan de acuerdo al siguiente esquema de esa manera se obtiene una secuencia de diluciones ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ , etc.).



### **Modo de Preparar Diluciones**

Inocular la primera serie de 5 tubos con caldo de Lauril Triptosa a doble concentración con 10ml de muestra. Enseguida inocular un mililitro de muestra en 5 tubos correspondientes a la siguiente serie en medio simple, y así hasta terminar con los tubos escogidos para la siembra.

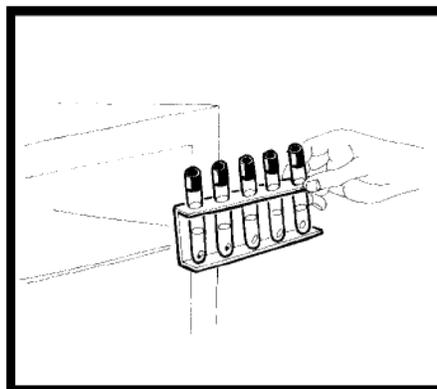
Los medios deben estar incubados con 24 horas de anticipación para evitar los falsos positivos.

Proceder de esta manera, sembrando de menor dilución (mayor volumen de muestra) a mayor dilución (menor volumen de muestra). Utilizar una pipeta por dilución.

Agitar la gradilla con los tubos inoculados y colocar la gradilla en la incubadora a  $35 \pm 0,5$  °C durante  $24 \pm 2$  horas y luego efectuar la primera lectura de los resultados.

Las bacterias Coliformes, fermentan la lactosa con la producción de gas y el consiguiente cambio de pH del medio (morado – amarillo).

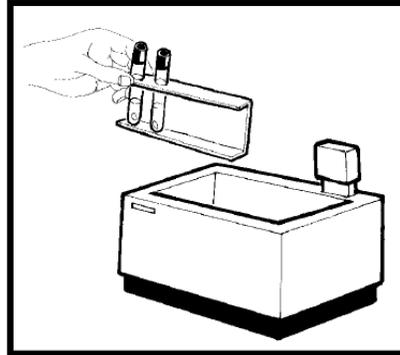
Incubar nuevamente los tubos con resultados negativos, por un periodo adicional de  $24 \pm 2$  horas. La segunda lectura (a las  $48 \pm 4$  horas) será hecha en las mismas condiciones, después de esta última lectura. Los tubos con resultado positivo serán separados para continuar la marcha analítica y los que resulten negativos serán descartados.



**PRUEBA CONFIRMATORIA PARA COLIFORMES  
TERMORESISTENTES**

Hacer pases de los tubos positivos de la prueba anterior a tubos con 10 mililitros de caldo EC.

Incubar los tubos en Baño María a  $44,5 \pm 0,2$  °C durante  $24 \pm 2$  horas.



Realizar la lectura considerando positivos todos los tubos que presentan turbiedad y formación de gas.

### 2.2.1.3. CÁLCULO DEL NUMERO MAS PROBABLE

Para este cálculo, se seleccionan los tubos con resultados positivos en las pruebas de Coliformes totales y termo resistentes, obtenidos en las tres series consecutivas inoculadas. Con los tubos positivos de cada serie se forma una combinación de números (también denominada *código*), que corresponde a un valor de Número Más Probable de Coliformes. (Tabla de NMP/ 100ml en anexos).

Cuando se obtiene códigos que no consten en las tablas el índice de NMP será calculado con la fórmula de Thomas:

$$NMP = \frac{\# \text{ Tubos positivos} \times 100}{\sqrt{\text{ml en los tubos negativos} \times \text{ml de todos los tubos}}}$$

También existe la fórmula de corrección para cuando la dilución es diferente a la de la tabla del índice de NMP/100ml:



$$\text{Fórmula de corrección} = \frac{\text{NMP (tabla)} \times 10}{\text{Dilución inicial}}$$

Cabe recalcar que la dilución inicial es el primer número para el código leído.

## 2.2.2. METODOLOGÍA APLICADA A LA PARTE PRÁCTICA

### 2.2.2.1. TOMA DE MUESTRA

Para la práctica las muestras fueron tomadas del canal de entrada del agua a la planta.

Se utilizó un frasco recolector de vidrio completamente esterilizado. Se recolectaron 300 muestras las cuales fueron tomadas en una frecuencia de cinco veces por día; teniendo presente que su hora de recolección se hizo de acuerdo a la información obtenida al iniciar el estudio.

Días: Lunes – Domingo

Horas: Mañana: 01h00 - 10h00

Tarde: 12h00 - 15h00

Las muestras que fueron recolectadas en la madrugada al no poder ser enseguida sembradas al mismo tiempo de la recolección se conservaron en refrigeración hasta el momento de ser sembradas.



**2.2.2.2. PROCEDIMIENTO DE SIEMBRA**

La siembra de cada de una de las muestras se realizó de la misma manera que se explicó en el fundamento del método.

**2.2.2.3. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO MÁS PROBABLE** Los datos obtenidos (tubos positivos) durante el proceso se proceden a determinar el Número Más Probable. Ejemplo:

N°	FECHA	DÍA	PROCEDENCIA	Tiempo de Incubación	PRUEBA	10ml	1ml	0,1ml	0,001ml	NMP/100ml
33	01/12/2009	Lunes	Agua Cruda. Planta de Sustag	24	Coliformes Totales	5/5	5/5	2/5	2/5	940
				48				0/5	0/5	
		01h00		24	Coliformes Fecales	5/5	5/5	2/5	2/5	940
				24						
34	01/12/2009	Miércoles	Agua Cruda. Planta de Sustag	24	Coliformes Totales	5/5	2/5	5/5	0/5	123,4
				48		0/5	1/5	0/5	0/5	
		03h00		24	Coliformes Fecales	5/5	2/5	5/5	0/5	123,4
				24		0/5	1/5	0/5	0/5	

En la muestra número 33 se calculó el NMP directamente de la tabla. En caso de la muestra 34 se realizó el cálculo mediante la fórmula así:

$$NMP = \frac{13ml \times 100}{\sqrt{2ml \times 55,55ml}} = 123,4NMP/ml$$



**CAPÍTULO 3**

**ÍNDICES DE CALIDAD**



### 3.1. Definición del Índice de Calidad

El índice de Calidad es una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros, los cuales sirven como medida de la calidad del agua. El índice de calidad puede ser representado por un número, un rango, un símbolo o color.<sup>5</sup>

### 3.2. Importancia

Su **importancia** radica en que la información puede ser fácilmente interpretada por una lista de valores numéricos; siendo una herramienta comunicativa para transmitir información obteniendo una idea clara. Estos índices deben ser capaces de entregar información integrada sobre la calidad del agua (si es buena, regular o mala) a cualquier tipo de usuario que requiera de este tipo de información.

### 3.3. Usos del Índice de Calidad<sup>6</sup>

El índice puede ser usado para mejorar o aumentar la información de la calidad del agua esto no implica que quiera reemplazar los medios de transmisión de la información existente. Los posibles usos de los índices son:

- **Manejo del Recurso.-** proveen información para las personas que son capaces de tomar decisiones sobre las prioridades del recurso.
- **Clasificación de áreas.-** el índice es utilizada para determinar la calidad del agua en diferentes áreas geográficas.

---

<sup>5</sup> FERNANDEZ Nelson y SOLANO Freddy, *ibid*, Capítulo 2, p 27-29



- **Aplicación de Normatividad.-** Permite determinar si sobrepasa o no las normatividades ambientales y políticas existentes.
- **Análisis de la Tendencia.-** El análisis de los índices en un periodo de tiempo, puede determinar si la calidad ambiental está disminuyendo o mejorando.
- **Información Pública.-** Pueden ser de gran utilidad en acciones de concientización y educación ambiental.
- **Investigación científica.-** Tienen el propósito de simplificar una gran cantidad de datos de manera que se pueda analizar fácilmente y proporcionar una visión de los fenómenos medioambientales.

### 3.4. Clasificación del Índice de Calidad <sup>7</sup>

Los índices de calidad pueden organizarse en 10 categorías dentro de cuatro grupos; las categorías están orientadas de acuerdo a su uso:

- **Grupo Uno.-** Es aplicada a los tensores e incluyen dos categorías:
  - Los indicadores en la fuente.
  - Los indicadores en un punto diferente a la fuente.
- **Grupo Dos.-** Mide la capacidad de estrés, incluye cuatro categorías:
  - Medidas simples como indicadores
  - Los indicadores basados en criterios o estándares
  - Los índices multiparámetro
  - Los índices multiparámetro empíricos
- **Grupo Tres.-** Incluye la categoría única de **Indicadores para Lagos** específicamente desarrollados para este tipo de sistemas.

---

<sup>7</sup> FERNANDEZ Nelson y SOLANO Freddy, *ibid.*



- **Grupo Cuatro.-** incluye subcategorías:
  - **Indicadores de la vida acuática**
  - **Indicadores del uso del agua.-** evalúan la compatibilidad del agua con usos.
  - **Indicadores basados en la percepción.-** los cuales se determinan por las opiniones del público y los usos de los cuerpos del agua

Teniendo toda esta extensa clasificación para este estudio nos hemos enfocado al **Índice de Calidad de Agua “Water Quality Index”**. Este índice fue desarrollado en 1970 por la *National Sanitation Foundation (NSF)* de Estados Unidos.

El NSF tiene la característica de ser un índice multiparámetro; en sus principios se basó en tres estudios.

En el primer estudio se realizó con 35 variables de contaminación incluidos en el índice los expertos opinaron sobre ellos y se clasificaron en tres categorías de acuerdo a si el parámetro debía ser: “no incluido”, “indeciso”, o “incluido”. Dentro de los incluidos debían dar una calificación de 1 a 5, de acuerdo a su mayor o menor importancia, siendo una calificación más significativa igual se incluyeron más variables.

En el segundo estudio nueve fueron las variables identificadas de mayor importancia: *Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales, pH, DBO<sub>5</sub>, Nitratos, Fosfatos, Desviación de la Temperatura, Turbidez y Sólidos Totales.*

En el tercer estudio los participantes fueron cuestionados sobre el desarrollo de curvas de valoración para cada variable. Los niveles de calidad tuvieron un rango de 0 a 100 que fueron localizadas en las ordenadas y los diferentes niveles de las variables en las abscisas permitiendo así realizar la curva que representaba la variación de la calidad del agua causada por el nivel de

contaminación de las variables. Estas curvas son conocidas como “**Relaciones Funcionales**” o “**Curvas de Función**”.<sup>8</sup>

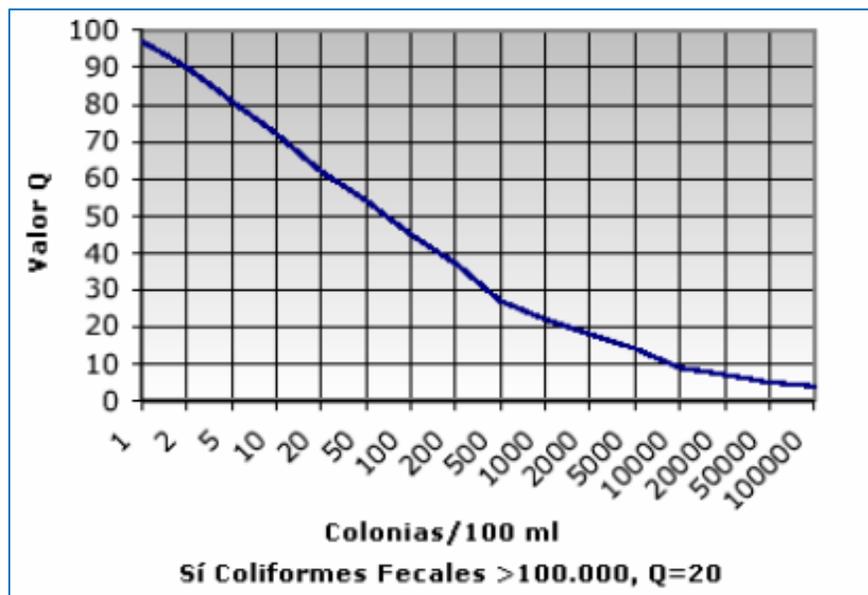
### 3.5. Cálculo del Índice de Calidad

Una alternativa para calcular el ICA es considerar una integración de parámetros y pesos de éstos, considerando una simple media aritmética de los pesos, tal como se muestra en la ecuación siguiente:

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i \cdot W_i$$

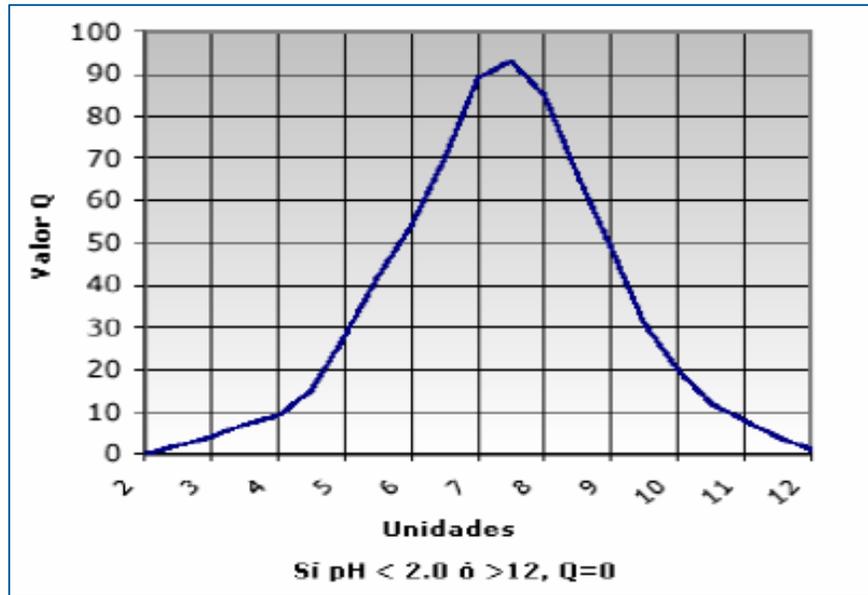
Donde; **WQI**: Índice de Calidad de Agua  
**SI<sub>i</sub>**: Subíndice del Parámetro i  
**W<sub>i</sub>**: Factor de Ponderación para el Subíndice.<sup>8</sup>

Después de que los parámetros son medidos y registrados, se procede a estimar el valor Q para cada parámetro, mediante curvas establecidas.

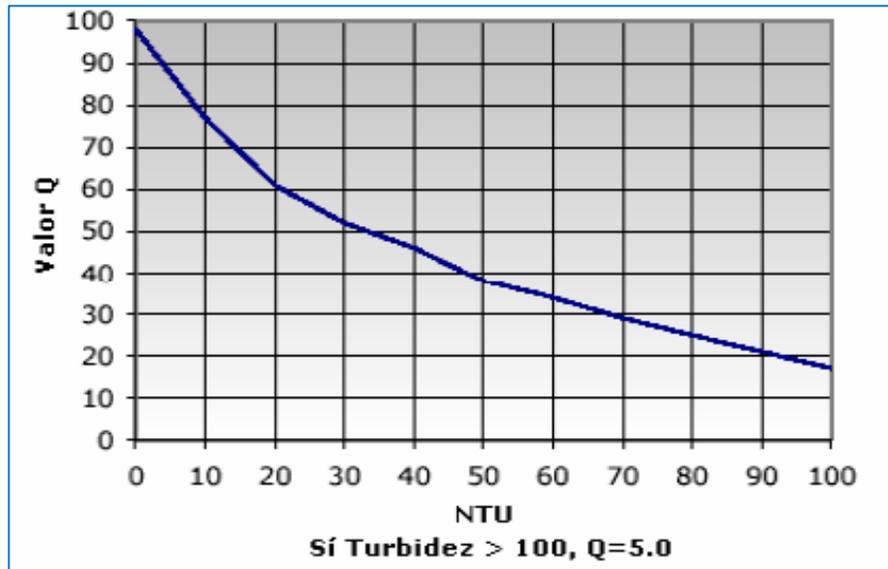


**Curva 1. Función de Calidad NSF Coliformes Fecales<sup>9</sup>**

<sup>8</sup> FERNANDEZ Nelson y SOLANO Freddy, *ibid*, Capítulo 3, p 43.



*Curva 2. Función de Calidad NSF Potencial de Hidrogeno<sup>9</sup>*



*Curva 3. Función de Calidad NSF de Turbidez<sup>9</sup>*

Cada valor Q es multiplicado por el factor de ponderación respectivo (tabla 5), que da una idea de la incidencia de ese parámetro en la calidad del agua.



PARÁMETRO	FACTOR DE PONDERACIÓN
Oxígeno Disuelto	0,17
Coliformes Fecales	0,16
pH	0,11
Demanda Bioquímica de Oxígeno	0,11
Temperatura	0,10
Fosfatos Totales	0,10
Nitratos	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos Totales	0,07

**Tabla 5. Factores de Ponderación <sup>9</sup>**

Si alguna de estas variables falta, el valor total del índice puede ser calculado por la distribución de su peso entre las demás variables y su posterior recalcu.

Por ejemplo, no pudieron ser registrados son: *Oxígeno Disuelto 0,17; Demanda Bioquímica de Oxígeno 0,11; Temperatura 0,10; Fosfatos Totales 0,10; Nitratos 0,10; Sólidos Totales 0,07*. Se suman **0,65** que será dividido entre 3 lo que dará 0,22, que se suma a cada uno de los factores de ponderación

PARÁMETRO	FACTOR DE PONDERACIÓN RECALCULADO
Coliformes Fecales	0,38
pH	0,33
Turbidez	0,30

**Tabla 6. Factor de Ponderación Recalculado**

A continuación se procede como de costumbre y el número de resultados es sumado, obteniéndose así el Índice de Calidad de Agua (WQI).

El resultado final es interpretado de acuerdo con la siguiente escala de clasificación en la que está representada por un color correspondiente a cada rango:

<sup>9</sup> FERNANDEZ Nelson y SOLANO Freddy, *ibid*, p 44- 46.



Rango	Calidad	Color	Criterios de Uso
90-100	Excelente (E)		No requiere purificación para su consumo
70-90	Buena (B)		Requiere purificación menor
50-70	Regular (R)		Tratamiento de Potabilización Indispensable
25-50	Mala (M)		Dudoso para potabilización
0-25	Muy mala (MM)		Inaceptable para potabilización

**Tabla 7. Calidad asignada según el valor del WQI.<sup>10</sup>**

<sup>10</sup> FERNANDEZ Nelson y SOLANO Freddy, ibid, p 47.



**CAPÍTULO 4**

**CÁLCULOS, RESULTADOS Y  
ANÁLISIS**

#### 4.1 DATOS BACTERIOLÓGICOS

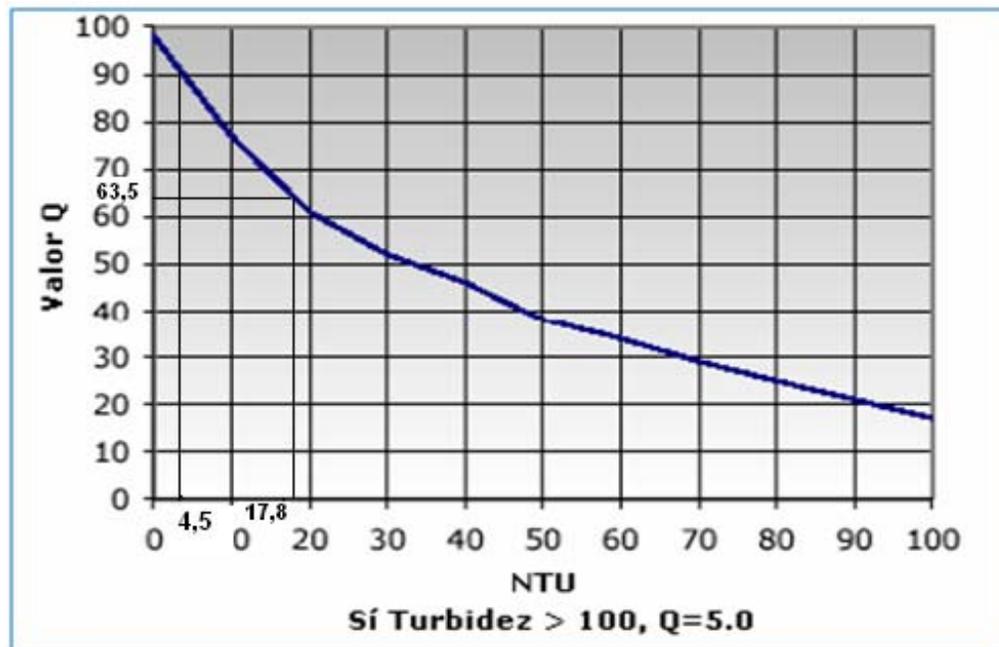
Los datos están divididos en dos secciones:

	EVENTO	HORAS DE MUESTREO
1	Antes del Cierre del Camal (Septiembre – Enero )	1. 01h00 a 05h00
		2. 06h00 a 12h00
2	Después del Cierre del Camal (Febrero - Mayo )	3. 12h30 a 18h00

##### 4.1.1 CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CALIDAD

Primero determinamos los valores de Q de la curva para cada muestra de los parámetros con la ayuda de las curvas que se encuentran en el Anexo 1.

Los datos obtenidos en la práctica interpolamos en la curva de cada parámetro como se ve a continuación:



Es así que:

- ✓ **4,5 NTU** interpolado nos da un valor **90Q**
- ✓ **17,8 NTU** interpolado nos da un valor **63,5Q**



Con estos valores procedemos a determinar la incidencia de cada parámetro en la calidad del agua. Esto se le determina:

*Incidencia de Coliformes Fecales = Valor de Q × Factor de Ponderación* C. Fecales

$$\text{Incidencia de Coliformes Fecales} = 80 \times 0,38 = 30,4$$

$$\text{Incidencia de Coliformes Fecales} = 30,4$$

*Incidencia del pH = Valor de Q × Factor de Ponderación* pH

$$\text{Incidencia del pH} = 63 \times 0,33 = 20,79$$

$$\text{Incidencia del pH} = 20,79$$

*Incidencia de Turbiedad = Valor de Q × Factor de Ponderación* Turbiedad

$$\text{Incidencia de Turbiedad} = 97,4 \times 0,3 = 29,22$$

$$\text{Incidencia de Turbiedad} = 29,22$$

La suma total de estas incidencias nos daría el Índice de Calidad del Agua el cual tiene escalas para poder determinar su calidad.

En nuestro caso sacamos un promedio de las 300 muestras de la incidencia de cada parámetro y con esto determinamos el índice de calidad del agua.

$$WQI = \sum_{i=1}^n S_{i1} \cdot W$$

Estos cálculos lo encontramos en el cuadro de resultados 1. Con este resultado nosotros comparamos con las escalas existentes y tenemos el Índice de Calidad del Agua.



**DATOS DEL EVENTO 1. ANTES DEL CIERRE DEL CAMAL**  
**(SEPTIEMBRE – ENERO)**

GENERAL		DATOS BACTERIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS				VALORES DE Q (valor interpolado)			INCIDENCIA DEL PARÁMETRO EN LA CALIDAD DEL AGUA (Q x W)		
# Muestra	Hora	NTU	pH	NMP Total /100ml	NMP Termoresist./ 100ml	Coliformes Fecales	pH	NTU	Coliformes Fecales	pH	NTU
1	01h00	0,83	7,76	330	330	34	91,55	97,35	12,92	30,21	29,21
2	01h00	2,09	7,26	1700	790	24	93,28	95,18	9,12	30,78	28,55
3	01h00	9,77	7,21	790	230	37	91,73	78,71	14,06	30,27	23,61
4	01h00	14,7	6,74	32	26	60	75,12	69,16	22,8	24,79	20,75
5	01h00	21,4	7,68	940	940	23	92,25	58,33	8,74	30,44	17,50
6	01h00	3,56	7,32	170	110	45	92,59	92,06	17,1	30,55	27,62
7	02h00	3,7	--	490	490	27	--	91,83	10,26	0,00	27,55
8	02h00	1,99	6,87	490	230	37	82,58	95,35	14,06	27,25	28,61
9	02h00	1,05	6,98	700	49	54	85,16	96,91	20,52	28,10	29,07
10	02h00	1,27	6,91	700	230	37	84,3	96,55	14,06	27,82	28,97
11	02h00	1,18	6,83	230	79	48	78,53	96,7	18,24	25,91	29,01
12	02h00	0,9	6,73	330	46	57	73,11	97,23	21,66	24,13	29,17
13	02h00	0,93	6,82	460	49	54	78,36	97,18	20,52	25,86	29,15
14	02h05	12,7	6,76	490	330	34	75,87	71,66	12,92	25,04	21,50
15	02h30	1,03	--	2800	440	29	--	96,95	11,02	0,00	29,09
16	03h00	1,16	7,75	170	110	45	88,09	96,73	17,1	29,07	29,02
17	03h00	15	7,32	2200	2200	18	92,59	68,33	6,84	30,55	20,50
18	03h00	12	6,84	59	50,4	50	80,86	73,33	19	26,68	22,00
19	03h00	18,9	7,44	35,01	29,04	63	93,11	63,33	23,94	30,73	19,00
20	03h00	2,94	7,35	350	330	34	92,07	93,76	12,92	30,38	28,13
21	03h25	1,82	7,21	1400	1400	21	91,73	95,63	7,98	30,27	28,69
22	04h00	1,94	6,81	230	170	37	77	95,43	14,06	25,41	28,63



GENERAL		DATOS BACTERIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS				VALORES DE Q (valor interpolado)			INCIDENCIA DEL PARÁMETRO EN LA CALIDAD DEL AGUA (Q x W)		
# Muestra	Hora	NTU	pH	NMP Total /100ml	NMP Termoresist./ 100ml	Coliformes Fecales	pH	NTU	Coliformes Fecales	pH	NTU
23	04h00	1,17	7,07	490	110	45	88,43	96,71	17,1	29,18	29,01
24	04h00	1,34	7,03	230	130	42	91,01	96,43	15,96	30,03	28,93
25	04h00	1,22	6,97	130	33	59	81,72	96,63	22,42	26,97	28,99
26	04h00	1	6,83	170	33	59	78,53	97	22,42	25,91	29,10
27	04h00	0,92	6,85	>24000	3500	15	82,75	97,2	5,7	27,31	29,16
28	04h20	18	6,77	170	140	41	77,41	54,16	15,58	25,55	16,25
29	05h00	1,14	7,73	49	49	54	91,9	96,76	20,52	30,33	29,03
30	05h00	14,4	7,44	790	490	27	93,11	70	10,26	30,73	21,00
31	05h00	8,01	6,86	5400	1600	19	82,58	81,66	7,22	27,25	24,50
32	05h00	19	7,42	1100	790	24	92,42	61,83	9,12	30,50	18,55
33	05h00	2,86	7,4	130	130	42	92,42	93,9	15,96	30,50	28,17
34	05h15	2,37	7,14	490	220	39	90,86	94,71	14,82	29,98	28,41
35	06h00	1,11	7	460	49	54	90	96,81	20,52	29,70	29,04
36	06h00	2,04	6,84	350	330	34	80,86	95,26	12,92	26,68	28,58
37	06h00	1,09	7,08	170	79	48	90,32	96,85	18,24	29,81	29,06
38	06h00	1,11	6,97	130	49	54	81,72	96,81	20,52	26,97	29,04
39	06h00	0,99	6,79	330	49	54	81,37	97	20,52	26,85	29,10
40	06h00	1,03	6,92	940	22	64	79,13	96,95	24,32	26,11	29,09
41	06h20	13,2	6,82	280	280	35	78,36	69,83	13,3	25,86	20,95
42	07h00	1,06	7,73	170	170	38	91,9	96,9	14,44	30,33	29,07
43	07h00	1,81	7,34	170	140	41	93,46	95,65	15,58	30,84	28,70
44	07h00	7,07	7,45	490	490	27	93,63	84,71	10,26	30,90	25,41
45	07h00	7,46	7,02	1700	1700	17	89,29	84,06	6,46	29,47	25,22
46	07h00	26,3	7,66	350	280	35	90,17	54,83	13,3	29,76	16,45



GENERAL		DATOS BACTERIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS				VALORES DE Q (valor interpolado)			INCIDENCIA DEL PARÁMETRO EN LA CALIDAD DEL AGUA (Q x W)		
# Muestra	Hora	NTU	pH	NMP Total /100ml	NMP Termoresist./ 100ml	Coliformes Fecales	pH	NTU	Coliformes Fecales	pH	NTU
47	07h00	4,5	7,09	280	280	35	86,88	90	13,3	28,67	27,00
48	08h00	11,9	6,8	790	490	27	81,03	75	10,26	26,74	22,50
49	08h00	1,99	6,85	490	130	42	82,75	95,35	15,96	27,31	28,61
50	08h00	1,52	7,25	790	490	27	90,51	96,13	10,26	29,87	28,84
51	08h00	1,83	7,2	2400	2400	16	90,83	95,61	6,08	29,97	28,68
52	08h00	1,3	7,02	790	230	37	89,29	96,5	14,06	29,47	28,95
53	08h00	1,4	6,94	79	22	64	82,58	96,33	24,32	27,25	28,90
54	08h20	1,07	--	490	490	27	--	96,88	10,26	0,00	29,06
55	08h30	1,53	--	330	6,8	80	--	96,11	30,4	0,00	28,83
56	08h30	--	--	790	8,2	77	--		29,26	0,00	0,00
57	08h30	1,15	--	1700	123,4	43	--	96,75	16,34	0,00	29,03
58	08h30	1,43	--	>24000	1400	23	--	96,28	8,74	0,00	28,88
59	08H30	1,23	--	790	220	39	--	96,61	14,82	0,00	28,98
60	08h30	1,47	7,84	540	94	47	87,74	96,21	17,86	28,95	28,86
61	08h30	1,38	7,01	110	110	45	88,6	96,36	17,1	29,24	28,91
62	08h30	1,72	7,06	3500	790	24	89,46	95,8	9,12	29,52	28,74
63	08H35	1,11	--	1400	18,61	65	--	96,81	24,7	0,00	29,04
64	08H35	1,62	--	330	280	35	--	95,96	13,3	0,00	28,79
65	08H35	1,81	--	1300	920	20	--	95,65	7,6	0,00	28,70
66	08h35	2,46	7,92	540	350	32	88,26	94,56	12,16	29,13	28,37
67	08h35	1,69	6,8	790	490	27	82,58	95,85	10,26	27,25	28,76
68	08H45	2,28	--	170	110	45	--	94,86	17,1	0,00	28,46
69	08H45	--	--	540	130	42	--	--	15,96	0,00	0,00

Autora:  
Lucrecia Brito Coronel



GENERAL		DATOS BACTERIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS				VALORES DE Q (valor interpolado)			INCIDENCIA DEL PARÁMETRO EN LA CALIDAD DEL AGUA (Q x W)		
# Muestra	Hora	NTU	pH	NMP Total /100ml	NMP Termoresist./ 100ml	Coliformes Fecales	pH	NTU	Coliformes Fecales	pH	NTU
70	08H45	--	--	700	700	25	--	--	9,5	0,00	0,00
71	08H45	2,8	--	700	33	59	--	94	22,42	0,00	28,20
72	08h45	0,98	--	490	110	45	--	97,1	17,1	0,00	29,13
73	08h45	1,17	7,96	840	280	35	89,13	96,71	13,3	29,41	29,01
74	08h45	4,99	6,75	3500	460	28	74,83	89,18	10,64	24,69	26,75
75	08h45	1,12	6,98	1300	79	48	85,16	96,8	18,24	28,10	29,04
76	08H45	--	--	1300	790	24	--	96,98	9,12	0,00	29,09
77	08H55	1,62	--	790	140	41	--	95,96	15,58	0,00	28,79
78	08h55	2,41	--	220	140	41	--	94,65	15,58	0,00	28,40
79	09H00	18	--	490	490	27	--	63,33	10,26	0,00	19,00
80	09H00	1,08	--	1300	790	24	--	96,86	9,12	0,00	29,06
81	09H00	1,22	--	490	17	66	--	96,63	25,08	0,00	28,99
82	09H00	1,03	--	790	430	30	--	96,95	11,4	0,00	29,09
83	09H00	--	--	700	46	57	--		21,66	0,00	0,00
84	09H00	1,48	--	13	13	71	--	96,2	26,98	0,00	28,86
85	09h00	2,15	--	330	330	34	--	95,08	12,92	0,00	28,52
86	09h00	12,9	7,46	1300	1300	22	95,01	71,83	8,36	31,35	21,55
87	09h00	2,85	7,25	350	240	37	90,51	93,91	14,06	29,87	28,17
88	09h00	1,6	7,22	790	790	24	91,38	96	9,12	30,16	28,80
89	09h00	1,66	6,99	1100	460	28	86,02	95,9	10,64	28,39	28,77
90	09h00	1,47	7,43	490	230	37	93,28	96,21	14,06	30,78	28,86
91	09h00	1,41	6,42	330	130	42	64,87	96,31	15,96	21,41	28,89
92	09h00	1,13	7,17	220	79	48	89,82	96,78	18,24	29,64	29,03
93	09h00	1,5	6,89	1600	140	41	82,3	96,16	15,58	27,16	28,85



GENERAL		DATOS BACTERIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS				VALORES DE Q (valor interpolado)			INCIDENCIA DEL PARÁMETRO EN LA CALIDAD DEL AGUA (Q x w)		
# Muestra	Hora	NTU	pH	NMP Total /100ml	NMP Termoresist./ 100ml	Coliformes Fecales	pH	NTU	Coliformes Fecales	pH	NTU
94	09H00	1,02	--	700	14	69	--	96,96	26,22	0,00	29,09
95	09H00	1,6	--	1300	70	52	--	96	19,76	0,00	28,80
96	09H00	--	--	790	110	45	--	--	17,1	0,00	0,00
97	09h15	1,53	--	17	17	66	--	96,11	25,08	0,00	28,83
98	09h15	1,78	--	330	13	71	--	95,7	26,98	0,00	28,71
99	09h30	1,61	6,77	140	140	40	77,41	95,98	15,2	25,55	28,79
100	09h30	1,42	6,9	280	79	48	83,44	96,3	18,24	27,54	28,89
101	10H00	1,55	--	792	240	37	--	96,08	14,06	0,00	28,82
102	10h00	10	6,83	140	110	45	78,53	77,16	17,1	25,91	23,15
103	10h00	1,92	6,91	1300	490	27	84,3	95,46	10,26	27,82	28,64
104	11H00	1,01	--	1700	84	46	--	96,36	17,48	0,00	28,91
105	11h30	0,88	--	220	32	60	--	97,26	22,8	0,00	29,18
106	12h30	1,24	--	3500	12	73	--	96,6	27,74	0,00	28,98
107	12H45	2,17	--	36	36	56	--	58,5	21,28	0,00	17,55
108	12H55	2,59	--	490	220	39	--	94,35	14,82	0,00	28,31
109	13H00	1,53	--	50	40	58	--	96,11	22,04	0,00	28,83
110	13H00	1,12	--	170	14	69	--	96,8	26,22	0,00	29,04
111	13H00	1,05	--	170	26	60	--	96,91	22,8	0,00	29,07
112	13H00	1,01	--	170	13	71	--	96,98	26,98	0,00	29,09
113	13H00	0,77	--	230	130	42	--	97,45	15,96	0,00	29,24
114	13H00	1,28	--	790	22	64	--	96,53	24,32	0,00	28,96
115	13H00	1,71	--	350	70	52	--	95,81	19,76	0,00	28,74
116	13H00	1,38	--	630	46	58	--	--	22,04	0,00	0,00



GENERAL		DATOS BACTERIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS				VALORES DE Q (valor interpolado)			INCIDENCIA DEL PARÁMETRO EN LA CALIDAD DEL AGUA (Q x w)		
# Muestra	Hora	NTU	pH	NMP Total /100ml	NMP Termoresist./ 100ml	Coliformes Fecales	pH	NTU	Coliformes Fecales	pH	NTU
117	13H00	--	--	1300	490	27	--	--	10,26	0,00	0,00
118	13H00	1,23	--	490	40	58	--	96,61	22,04	0,00	28,98
119	13H00	1,13	--	230	79	48	--	96,78	18,24	0,00	29,03
120	13H00	1,08	--	330	330	34	--	96,86	12,92	0,00	29,06
121	13H00	1,17	--	1400	170	38	--	96,71	14,44	0,00	29,01
122	13h00	2,26	--	14	11	74	--	94,9	28,12	0,00	28,47
123	13H00	2,53	--	120	26	60	--	94,45	22,8	0,00	28,34
124	13h00	1,44	--	79	22	64	--	96,26	24,32	0,00	28,88
125	13H30	1,19	--	490	17	66	--	96,68	25,08	0,00	29,00
126	13H45	1,13	--	110	49	54	--	96,78	20,52	0,00	29,03
127	14h00	2,31	--	220	3,6	88	--	94,81	33,44	0,00	28,44
128	14h00	1	--	790	170	38	--	97	14,44	0,00	29,10
129	14h03	--	--	84	33	59	--	--	22,42	0,00	0,00
130	14h20	1,11	--	2200	2200	18	--	96,81	6,84	0,00	29,04
131	14h30	1,73	6,73	330	330	34	73,11	95,78	12,92	24,13	28,73
132	14h30	3,36	6,77	3500	700	25	77,41	92,38	9,5	25,55	27,71
133	14h45	1,35	8,18	48	48	55	76,82	96,41	20,9	25,35	28,92
134	14h50	2,33	--	230	230	37	--	94,78	14,06	0,00	28,43
135	14h50	1,18	7,45	940	430	30	93,63	96,7	11,4	30,90	29,01
136	15h00	--	--	580	540	26	--	--	9,88	0,00	0,00
137	15h00	1,08	--	110	33	59	--	96,86	22,42	0,00	29,06
138	15h00	4,07	--	79	14	69	--	90,71	26,22	0,00	27,21
139	15h00	28	--	4300	4300	13	--	53,33	4,94	0,00	16,00
140	15h00	1,28	8,37	1100	47	56	71,7	96,53	21,28	23,66	28,96



## DATOS DEL EVENTO 2. DESPUÉS DEL CIERRE DEL CAMAL

(FEBRERO – MAYO)

GENERAL		DATOS BACTERIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS				VALORES DE Q (valor interpolado)			INCIDENCIA DEL PARÁMETRO EN LA CALIDAD DEL AGUA (Q x W)		
# Muestra	Hora	NTU	pH	NMP Total /100ml	NMP Termoresist./ 100ml	Coliformes Fecales	pH	NTU	Coliformes Fecales	pH	NTU
141	01h00	2,8	6,52	9200	1700	17	65,73	80,5	6,46	21,69	24,15
142	01h00	1,28	6,74	1300	140	41	75,12	95,95	15,58	24,79	28,79
143	01h00	1,22	6,71	490	240	37	83,44	97,33	14,06	27,54	29,20
144	01h00	0,86	6,65	1100	130	42	72,56	97,3	15,96	23,94	29,19
145	01h00	0,82	6,77	110	46	57	77,41	97,36	21,66	25,55	29,21
146	01h00	0,68	6,81	700	130	42	77	97,6	15,96	25,41	29,28
147	01h00	1,17	6,23	490	490	27	61,37	96,71	10,26	20,25	29,01
148	01h00	0,82	6,57	330	49	54	74,78	97,36	20,52	24,68	29,21
149	02h00	1,12	6,32	140	140	41	61,46	96,8	15,58	20,28	29,04
150	02h00	1,4	6,43	3500	490	27	64,7	93,58	10,26	21,35	28,07
151	02h00	5,84	6,42	220	130	42	62,31	96,3	15,96	20,56	28,89
152	02h00	1,2	6,58	1100	220	39	71,87	96,66	14,82	23,72	29,00
153	02h00	0,91	6,68	220	79	48	77,68	97,21	18,24	25,63	29,16
154	02h00	3,55	6,77	5400	790	24	77,41	92,08	9,12	25,55	27,62
155	02h00	1,83	6,33	1700	230	37	64,97	95,61	14,06	21,44	28,68
156	02h00	1,2	6,45	490	170	39	68,57	96,66	14,82	22,63	29,00
157	02h00	11,5	6,67	3500	3500	15	75,65	73,16	5,7	24,96	21,95
158	02h00	2,42	6,67	490	460	28	75,69	94,63	10,64	24,98	28,39
159	02h00	5,46	6,18	490	490	27	56,57	87,56	10,26	18,67	26,27
160	02h00	1,59	6,43	490	490	27	64,7	96,01	10,26	21,35	28,80
161	02h00	1,78	6,51	330	49	54	67,71	95,7	20,52	22,34	28,71
162	02h00	1,45	6,62	490	79	48	71,53	96,25	18,24	23,60	28,88



GENERAL		DATOS BACTERIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS				VALORES DE Q (valor interpolado)			INCIDENCIA DEL PARÁMETRO EN LA CALIDAD DEL AGUA (Q x W)		
# Muestra	Hora	NTU	pH	NMP Total /100ml	NMP Termoresist./ 100ml	Coliformes Fecales	pH	NTU	Coliformes Fecales	pH	NTU
163	02h00	2,88	6,62	1100	350	32	71,53	93,86	12,16	23,60	28,16
164	02h00	3,74	6,67	1400	490	27	75,69	91,76	10,26	24,98	27,53
165	02h00	2,67	6,69	280	220	39	63	94,21	14,82	20,79	28,26
166	02h00	3,51	6,63	1300	490	27	70,28	92,15	10,26	23,19	27,65
167	02h00	2,12	6,82	790	130	42	78,36	95,13	15,96	25,86	28,54
168	02h00	5,53	6,69	1300	220	39	63	87,45	14,82	20,79	26,24
169	02h00	7,15	6,79	790	790	24	81,37	84,58	9,12	26,85	25,37
170	02h00	3,97	6,83	430	220	39	78,53	91,38	14,82	25,91	27,41
171	02h00	9,17	6,98	>16000	1300	22	85,16	79,71	8,36	28,10	23,91
172	02h00	1,46	6,81	330	110	45	77	96,23	17,1	25,41	28,87
173	02h00	1,33	6,59	310	79	48	75,29	96,45	18,24	24,85	28,94
174	03h00	8,65	6,67	1100	790	24	75,69	80,58	9,12	24,98	24,17
175	03h00	1,63	6,78	490	130	42	81,54	96,76	15,96	26,91	29,03
176	03h00	0,8	6,7	230	79	48	73,97	97,4	18,24	24,41	29,22
177	03h00	1,05	6,74	790	170	38	75,12	96,91	14,44	24,79	29,07
178	03h00	0,9	6,73	170	170	38	73,11	97,23	14,44	24,13	29,17
179	03h00	0,83	6,95	790	140	41	86,19	97,35	15,58	28,44	29,21
180	03h00	1,26	6,5	490	490	27	67,02	96,56	10,26	22,12	28,97
181	03h00	0,87	7,1	330	330	34	90,34	97,28	12,92	29,81	29,18
182	04h00	1,12	6,37	170	70	52	64,02	96,86	19,76	21,13	29,06
183	04h00	3,05	6,52	940	330	34	64,87	90,65	12,92	21,41	27,20
184	04h00	1,42	6,57	700	110	45	74,78	96,48	17,1	24,68	28,94
185	04h00	1,15	6,64	130	79	48	78,7	96,75	18,24	25,97	29,03
186	04h00	0,95	6,84	940	220	39	80,86	97,15	14,82	26,68	29,15



GENERAL		DATOS BACTERIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS				VALORES DE Q (valor interpolado)			INCIDENCIA DEL PARÁMETRO EN LA CALIDAD DEL AGUA (Q x W)		
# Muestra	Hora	NTU	pH	NMP Total /100ml	NMP Termoresist./ 100ml	Coliformes Fecales	pH	NTU	Coliformes Fecales	pH	NTU
187	04h00	3,91	6,8	1300	490	27	81,03	91,48	10,26	26,74	27,44
188	04h00	1,68	6,42	140	33	59	62,31	95,86	22,42	20,56	28,76
189	04h00	1,11	6,41	170	170	38	66,85	96,81	14,44	22,06	29,04
190	04h00	17,8	6,5	5400	5400	12	67,02	63,5	4,56	22,12	19,05
191	04h00	2,69	6,74	460	110	45	75,12	94,18	17,1	24,79	28,25
192	04h00	3,98	6,36	5400	1100	21	63,25	91,36	7,98	20,87	27,41
193	04h00	1,4	6,58	230	230	37	71,87	96,33	14,06	23,72	28,90
194	04h00	2,38	6,41	330	330	34	66,85	94,7	12,92	22,06	28,41
195	04h00	1,5	6,54	230	23	62	70,85	96,16	23,56	23,38	28,85
196	04h00	1,62	6,57	170	79	48	74,78	95,96	18,24	24,68	28,79
197	04h00	4,97	6,74	1300	790	24	75,12	89,21	9,12	24,79	26,76
198	04h00	3,5	6,93	330	130	42	84,63	92,16	15,96	27,93	27,65
199	04h00	3,19	6,68	490	230	37	77,68	93,35	14,06	25,63	28,01
200	04h00	3,48	6,71	790	230	34	83,44	92,2	12,92	27,54	27,66
201	04h00	5	6,68	330	130	42	77,68	88,33	15,96	25,63	26,50
202	04h00	2,73	6,74	310	240	37	75,12	94,11	14,06	24,79	28,23
203	04h00	1,91	6,86	630	330	34	82,58	95,48	12,92	27,25	28,64
204	04h00	4,8	6,72	1300	490	27	74,26	89,5	10,26	24,51	26,85
205	04h00	6,97	6,92	2200	280	35	79,13	85,05	13,3	26,11	25,52
206	04h00	1,44	6,87	170	49	54	83,65	96,26	20,52	27,60	28,88
207	04h00	1,45	6,82	460	70	52	78,36	96,25	19,76	25,86	28,88
208	05h00	8,05	6,62	940	490	27	71,53	85,61	10,26	23,60	25,68
209	05h00	1,14	6,91	330	79	48	84,3	95,86	18,24	27,82	28,76
210	05h00	0,83	6,86	230	130	42	82,58	97,35	15,96	27,25	29,21



GENERAL		DATOS BACTERIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS				VALORES DE Q (valor interpolado)			INCIDENCIA DEL PARÁMETRO EN LA CALIDAD DEL AGUA (Q x W)		
# Muestra	Hora	NTU	pH	NMP Total /100ml	NMP Termoresist./ 100ml	Coliformes Fecales	pH	NTU	Coliformes Fecales	pH	NTU
211	05h00	0,84	6,93	1700	330	34	87,56	97,33	12,92	29,89	29,20
212	05h00	0,74	6,73	490	70	52	73,11	97,5	19,76	24,13	29,25
213	05h00	1,07	6,85	330	330	34	82,75	96,88	12,92	27,31	29,06
214	05h00	1,04	6,45	230	79	48	68,57	96,93	18,24	22,63	29,08
215	05h00	0,94	6,71	330	130	42	83,44	97,16	15,96	27,54	29,15
216	06h00	1,08	6,53	130	11	74	66,58	96,81	28,12	21,97	29,04
217	06h00	4,11	6,56	700	230	37	73,41	90,63	14,06	24,23	27,19
218	06h00	1,31	6,59	1100	490	27	75,29	96,6	10,26	24,85	28,98
219	06h00	1,4	6,76	130	130	42	75,87	96,33	15,96	25,04	28,90
220	06h00	1,04	6,87	2400	1300	22	83,65	96,93	8,36	27,60	29,08
221	06h00	2,4	6,82	2400	790	24	78,36	94,66	9,12	25,86	28,40
222	06h00	2,09	6,52	2400	170	38	65,73	95,18	14,44	21,69	28,55
223	06h00	1,12	6,49	700	170	38	65,04	96,8	14,44	21,46	29,04
224	06h00	6,76	6,28	9200	5400	12	61,88	85,4	4,56	20,42	25,62
225	06h00	3,39	6,63	700	700	25	74,95	92,35	9,5	24,73	27,71
226	06h00	3,54	6,57	790	490	27	74,78	92,1	10,26	24,68	27,63
227	06h00	1,47	6,62	1300	1300	22	71,53	96,21	8,36	23,60	28,86
228	06h00	2,54	6,5	1700	1700	17	67,02	94,43	6,46	22,12	28,33
229	06h00	1,49	6,62	790	330	34	71,53	96,18	12,92	23,60	28,85
230	06h00	1,37	6,55	230	230	37	68,57	96,38	14,06	22,63	28,91
231	06h00	4,47	6,73	1300	170	38	73,11	90,05	14,44	24,13	27,02
232	06h00	3,54	6,82	790	110	45	78,36	92,1	17,1	25,86	27,63
233	06h00	2,72	6,77	220	70	52	77,41	94,13	19,76	25,55	28,24
234	06h00	4,45	6,79	5400	490	27	81,37	90,08	10,26	26,85	27,02



GENERAL		DATOS BACTERIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS				VALORES DE Q (valor interpolado)			INCIDENCIA DEL PARÁMETRO EN LA CALIDAD DEL AGUA (Q x W)		
# Muestra	Hora	NTU	pH	NMP Total /100ml	NMP Termoresist./ 100ml	Coliformes Fecales	pH	NTU	Coliformes Fecales	pH	NTU
235	06h00	4,89	6,62	940	490	27	71,53	89,35	10,26	23,60	26,81
236	06h00	2,4	6,85	790	490	27	82,75	94,66	10,26	27,31	28,40
237	06h00	2,52	6,9	790	240	37	83,44	94,46	14,06	27,54	28,34
238	06h00	3,08	6,64	460	130	42	78,7	93,53	15,96	25,97	28,06
239	06h00	6,19	6,98	1400	310	36	85,16	86,35	13,68	28,10	25,91
240	06h00	1,5	6,93	130	79	48	87,56	96,16	18,24	28,89	28,85
241	06h00	1,39	6,89	140	49	54	82,3	96,35	20,52	27,16	28,91
242	07h00	6,63	6,49	1200	490	27	65,04	86,93	10,26	21,46	26,08
243	07h00	1,68	6,91	1300	1300	22	84,3	96,63	8,36	27,82	28,99
244	07h00	0,87	6,8	230	230	37	81,03	97,28	14,06	26,74	29,18
245	07h00	0,93	6,91	790	130	42	84,3	97,18	15,96	27,82	29,15
246	07h00	0,98	6,82	790	790	24	78,36	97,1	9,12	25,86	29,13
247	07h00	1,03	6,54	490	220	39	70,85	96,95	14,82	23,38	29,09
248	07h00	1,19	6,69	1400	540	26	63	96,68	9,88	20,79	29,00
249	08h00	1,11	6,54	790	490	27	70,85	96,33	10,26	23,38	28,90
250	08h00	4,12	6,62	2200	1100	21	71,53	94	7,98	23,60	28,20
251	08h00	1,24	6,63	790	140	41	74,95	96,53	15,58	24,73	28,96
252	08h00	1	6,93	1300	1300	22	87,56	97	8,36	28,89	29,10
253	08h00	2	6,84	3500	1100	21	80,86	95,33	7,98	26,68	28,60
254	08h00	1,99	6,51	1700	490	27	67,71	95,35	10,26	22,34	28,61
255	08h00	1,24	6,59	1300	150	40	75,29	96,6	15,2	24,85	28,98
256	08h00	6,14	6,36	1700	1700	17	63,25	86,43	6,46	20,87	25,93
257	08h00	2,62	6,65	1300	140	41	72,56	94,3	15,58	23,94	28,29
258	08h00	2,4	6,58	1700	1100	21	71,87	94,66	7,98	23,72	28,40
259	08h00	1,41	6,65	230	230	37	72,56	96,31	14,06	23,94	28,89



GENERAL		DATOS BACTERIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS				VALORES DE Q (valor interpolado)			INCIDENCIA DEL PARÁMETRO EN LA CALIDAD DEL AGUA (Q x W)		
# Muestra	Hora	NTU	pH	NMP Total /100ml	NMP Termoresist./ 100ml	Coliformes Fecales	pH	NTU	Coliformes Fecales	pH	NTU
260	08h00	2,32	6,39	490	330	34	65,14	94,8	12,92	21,50	28,44
261	08h00	1,56	6,34	330	49	54	63,6	96,06	20,52	20,99	28,82
262	08h00	1,33	6,51	330	230	37	67,71	96,44	14,06	22,34	28,93
263	08h00	4,88	6,72	790	490	27	74,26	89,36	10,26	24,51	26,81
264	08h00	3,18	6,66	220	110	45	72	93,36	17,1	23,76	28,01
265	08h00	2,8	6,9	230	230	37	83,44	94	14,06	27,54	28,20
266	08h00	3,57	6,83	330	79	48	78,53	92,05	18,24	25,91	27,62
267	08h00	4,43	7,08	790	490	27	90,32	90,11	10,26	29,81	27,03
268	08h00	4,33	7,11	1300	490	27	88,94	90,28	10,26	29,35	27,08
269	08h00	1,87	6,91	330	79	48	84,3	95,55	18,24	27,82	28,67
270	08h00	2,53	6,74	460	49	54	75,12	94,45	20,52	24,79	28,34
271	08h00	6,25	6,9	700	700	25	83,44	86,25	9,5	27,54	25,88
272	08h00	1,7	6,99	490	79	48	86,02	95,83	18,24	28,39	28,75
273	08h00	1,59	6,96	1300	790	24	86,53	96,01	9,12	28,55	28,80
274	09h00	1,22	6,9	170	70	52	83,44	96,63	19,76	27,54	28,99
275	09h00	0,93	6,78	490	170	38	74,83	97,18	14,44	24,69	29,15
276	09h00	1,13	6,5	230	230	37	67,02	96,78	14,06	22,12	29,03
277	09h00	0,84	6,65	490	330	34	72,56	97,33	12,92	23,94	29,20
278	09h45	0,98	6,89	490	490	27	82,3	97,1	10,26	27,16	29,13
279	10h00	7,75	6,82	1100	1100	21	78,36	83,58	7,98	25,86	25,07
280	10h00	1,8	6,48	280	33	59	66	95,55	22,42	21,78	28,67
281	10h00	7,72	6,34	2200	2200	18	63,6	83,63	6,84	20,99	25,09
282	10h00	2,15	6,6	230	230	37	74,26	95,08	14,06	24,51	28,52
283	10h00	2,51	6,57	1300	790	24	74,78	94,48	9,12	24,68	28,34



GENERAL		DATOS BACTERIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS				VALORES DE Q (valor interpolado)			INCIDENCIA DEL PARÁMETRO EN LA CALIDAD DEL AGUA (Q x W)		
# Muestra	Hora	NTU	pH	NMP Total /100ml	NMP Termoresist./ 100ml	Coliformes Fecales	pH	NTU	Coliformes Fecales	pH	NTU
284	10h00	1,59	6,59	140	140	41	75,29	96,01	15,58	24,85	28,80
285	10h00	1,87	6,45	330	230	37	68,57	95,55	14,06	22,63	28,67
286	10h00	1,66	6,35	330	14	69	64,8	95,9	26,22	21,38	28,77
287	10h00	1,2	6,36	490	110	45	63,25	96,66	17,1	20,87	29,00
288	10h00	6,19	6,61	1100	700	25	77,17	86,35	9,5	25,47	25,91
289	10h00	2,23	6,71	79	79	48	83,44	94,95	18,24	27,54	28,49
290	10h00	3,11	6,96	330	110	45	86,53	93,48	17,1	28,55	28,04
291	10h00	4,78	6,7	460	330	34	73,97	89,53	12,92	24,41	26,86
292	10h00	1,52	6,95	230	130	42	86,19	96,13	15,96	28,44	28,84
293	10h00	1,66	6,94	490	230	31	82,58	95,9	11,78	27,25	28,77
294	11h00	3,58	6,55	630	330	34	68,57	92,03	12,92	22,63	27,61
295	12h00	1,48	6,66	130	130	42	72	96,2	15,96	23,76	28,86
296	12h30	1,01	6,77	490	330	34	77,41	96,98	12,92	25,55	29,09
297	12h45	1,12	6,84	1300	790	24	80,86	96,8	9,12	26,68	29,04
298	12H45	1	6,78	490	170	38	81,54	97	14,44	26,91	29,10
299	13h00	1,21	6,3	220	140	41	64,28	96,65	15,58	21,21	29,00
300	13h00	1,65	6,57	280	94	47	74,78	95,91	17,86	24,68	28,77

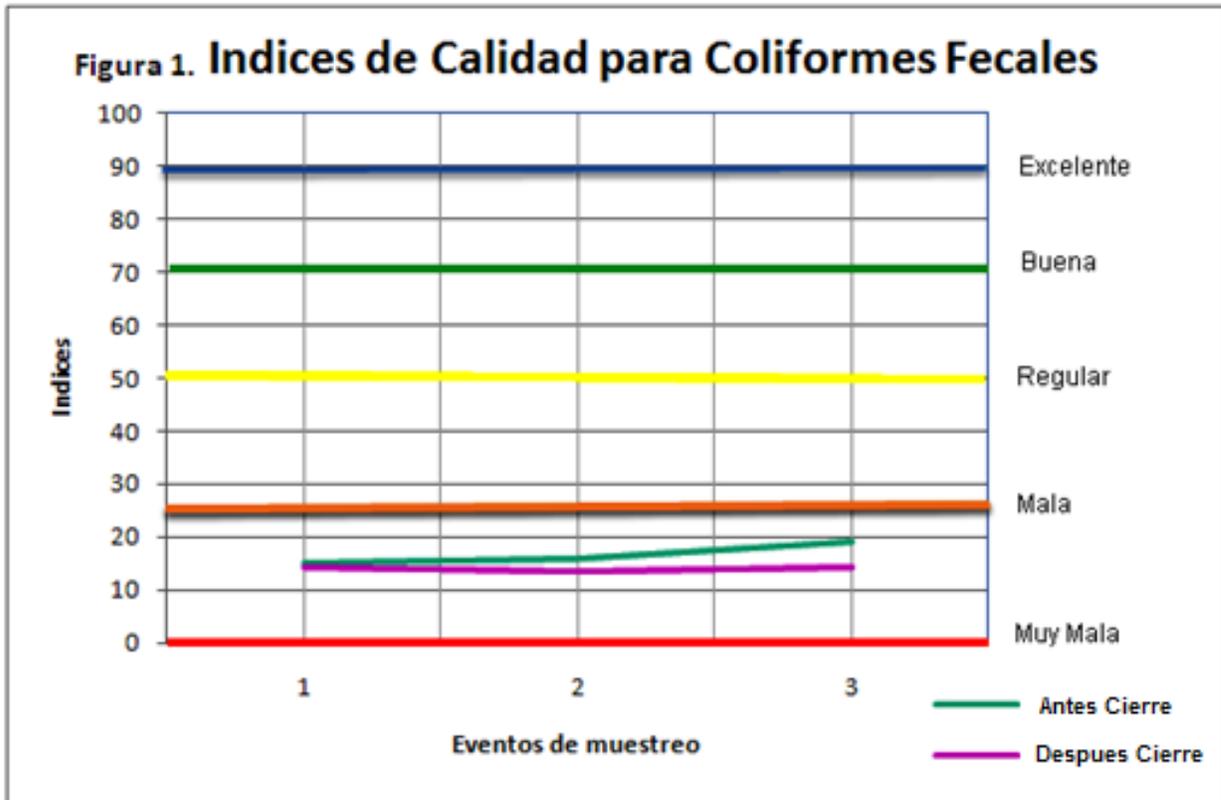


4.1.2 ANALISIS DE DATOS

PARAMETRO	UNIDADES	MÉTODO	EVENTOS DE MUESTREO						INDICE PROMEDIO POR PARAMETRO		INDICE PROMEDIO TOTAL POR PARAMETRO
			EVENTO 1			EVENTO 2			Antes Cierre Camal	Después Cierre Camal	
			Antes cierre camal			Después Cierre Camal					
			Horas de Muestreo			Horas de Muestreo					
1	2	3	1	2	3						
Coliformes Fecales	NMP / 100ml	Técnica de los Tubos Múltiples	14,91	15,84	19,24	14,36	13,34	14,31	16,66	14,00	15,33
pH	.....	Electroquímico	26,72	15,56	3,7	24,47	24,89	24,8	15,33	24,72	20,02
Turbiedad	NTU	Nefelométrico	26,07	25,96	24,81	28,01	28,18	28,98	25,61	28,39	27
						<b>INDICE DE CALIDAD</b>			<b>57,60</b>	<b>67,11</b>	<b>62,36</b>

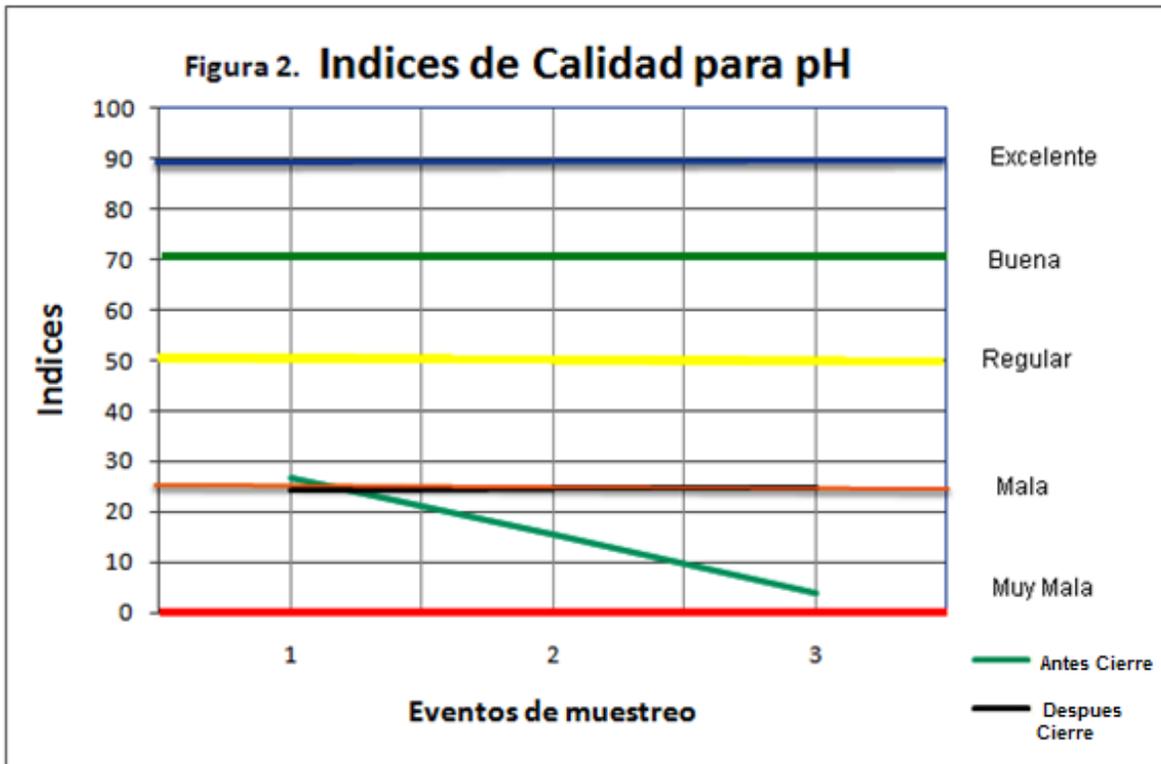


Respecto a los índices individuales de Calidad para los Coliformes fecales se clasifico dentro de la categoría **Muy mala**. De acuerdo a este resultado podemos ver que existe una severa contaminación por Coliformes que conlleva a pensar la diversidad de patógenos que suelen acompañar a estas comunidades bacterianas.

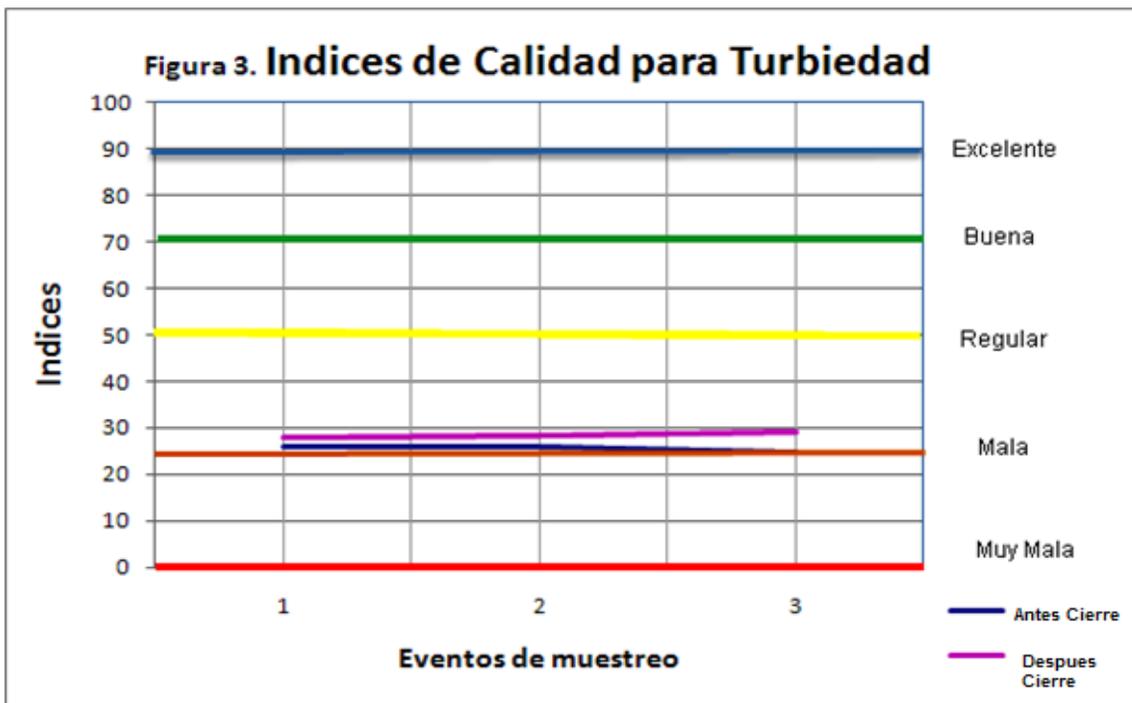


Los índices de calidad para este parámetro (figura 2) podemos ver que caracterizaron al agua como **Mala** para la primera hora de muestreo y a partir de la segunda el nivel desciende hasta llegar a un índice **muy malo**.

En cambio para el segundo evento de muestreo podemos ver que la calidad del agua es **mala** para las tres horas de muestreo.



Este parámetro presentó también una categorización de calidad *mala*.





4.2 DATOS PARASITOLÓGICOS

N° de muestra	Mes	Hora	Volumen (m <sup>3</sup> )	Turbiedad NTU	Total Parásitos (m <sup>3</sup> )	Quiste E. hist. (m <sup>3</sup> )	Quiste E. coli (m <sup>3</sup> )	Giardia Lamblia (m <sup>3</sup> )	Balantidium Coli (m <sup>3</sup> )	Ascaris Lumbri. (m <sup>3</sup> )	Trichuris Trichura (m <sup>3</sup> )	S.S. Huevos (m <sup>3</sup> )	S.S. Larvas (m <sup>3</sup> )	Tenia (m <sup>3</sup> )
1	Octubre	10h00	2,68	2,13	49	0,00	0,00	2,99	1,12	3,36	0,37	37,31	0,00	3,73
2	Octubre	08h50	1,27	2,35	65	0,79	4,72	13,39	0,00	0,79	0,00	31,50	0,00	14,17
3	Octubre	09h15	2,49	1,29	13	0,00	1,20	0,80	0,00	0,40	0,00	3,61	0,00	6,83
4	Octubre	09H00	2,30	1,00	7	0,00	0,43	2,61	0,00	1,30	0,00	0,87	0,87	1,30
5	Octubre	14H15	3,07	1,44	32	0,98	1,95	10,10	0,00	0,98	0,33	6,51	1,63	9,12
6	Octubre	21H00	1,89	1,49	61	0,98	1,59	16,93	0,00	0,00	0,00	23,81	3,70	14,81
7	Noviembre	08H50	4,20	1,40	15	0,24	0,95	0,71	0,00	0,24	0,00	7,62	2,86	1,90
8	Noviembre	08H30	2,57	1,28	80	1,17	5,06	12,45	0,00	1,17	0,00	43,97	7,78	8,17
9	Noviembre	08H45	1,38	2,28	25	0,00	0,72	0,72	0,00	0,00	0,00	9,42	13,77	0,72
10	Noviembre	11H30	2,36	1,09	23	1,27	0,00	2,54	0,42	0,00	0,42	5,51	1,69	11,02
11	Noviembre	08h45	1,65	1,00	38	0,00	1,82	1,82	0,00	1,21	0,61	10,91	9,70	11,52
12	Noviembre	01h00	2,02	12,14	15	1,49	0,00	3,96	0,00	0,00	0,00	3,47	4,46	1,49
13	Noviembre	03h30	1,27	10,01	55	0,79	0,00	5,51	0,00	0,00	0,00	19,69	27,56	1,57
14	Diciembre	4h40	1,20	3,68	32	1,67	1,67	7,50	0,00	0,00	1,67	10,83	5,00	3,33
15	Diciembre	08h45	1,07	5,30	85	0,93	1,87	8,41	0,00	0,00	0,00	42,06	25,23	6,54
16	Enero	12h15	1,73	1,91	50	2,31	1,73	3,47	0,00	0,58	0,00	8,09	28,90	4,62
17	Enero	15h30	5,67	1,81	8	0,53	0,53	0,18	0,00	0,35	0,00	3,88	1,23	1,41
18	Febrero	08h50	2,23	1,34	19	2,24	0,90	1,79	0,00	0,00	0,00	6,28	5,83	2,24
19	Febrero	08h45	1,48	1,76	27	0,68	0,68	1,35	0,00	0,00	0,00	12,84	8,11	3,38
20	Febrero	09h00	1,03	3,08	24	1,94	1,94	0,97	0,00	0,00	0,00	8,74	6,80	3,88
21	Marzo	09h00	2,67	2,07	8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	2,62	4,12	1,12
22	Marzo	08h55	1,99	2,73	16	1,51	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	5,03	4,02	4,52
23	Marzo	08h35	1,72	1,78	3	0,00	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	1,74	1,16	0,00
24	Marzo	14h00	2,74	4,28	11	0,36	0,73	0,73	0,00	0,00	0,36	2,19	2,92	4,01
25	Abril	15h15	3,53	2,49	5	0,57	0,85	0,57	0,00	0,28	0,00	1,13	0,28	1,13
26	Mayo	24h05	1,56	5,16	17	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	11,54	3,85
27	Mayo	14h30	3,85	1,30	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	1,30	3,38	0,26
28	Mayo	10h00	2,46	2,70	15	0,41	0,41	0,81	0,00	0,00	0,00	2,44	8,13	2,44
29	Mayo	09h00	1,35	3,31	22	2,22	2,22	0,00	0,00	0,00	0,00	4,44	9,63	3,70
30	Mayo	09h00	1,88	1,66	20	0,00	0,00	1,60	0,00	0,00	0,00	15,43	0,53	2,13

### 4.2.1 CÁLCULOS

Para calcular el porcentaje de parásitos en el Agua Cruda como indica la técnica se suma todo lo encontrado en cada familia y expresamos como numero de parásitos por litro considerando el volumen inicial de la muestra.

PROMEDIO VOLUMEN		TOTAL DE PARÁSITOS	
VOLUMEN FILTRADO		Recuento	1657
$m^3$	litros	$m^3$	litros
2,24	2240	0,846	846

$$\text{Total de Parásitos} = \frac{\text{Recuento de Parásitos en el Agua Cruda}}{\text{Volumen del Agua Filtrada (m}^3\text{, litros)}}$$

$$\text{Total de Parásitos} = \frac{1657 \text{ parásitos}}{2,24 m^3} = 739,73 \text{ Parásitos}/m^3$$

$$\text{Total de Parásitos} = \frac{1657 \text{ parásitos}}{2240} = 0,73973 \text{ Parásitos}/\text{litro}$$

Sin embargo durante el estudio los parásitos más representativos fueron:

Parásitos Representativos	<u>Parásitos</u> $m^3$	%
<i>Giardia lamblia</i> (quistes)	102	12,06
<i>Strongyloides</i> huevos	334	39,48
<i>Strongyloides</i> larvas	201	23,76
<i>Tenía s.p.p.</i> (Huevos)	135	15,96
Otros	74	8,75



FIGURA 4. PARÁSITOS REPRESENTATIVOS

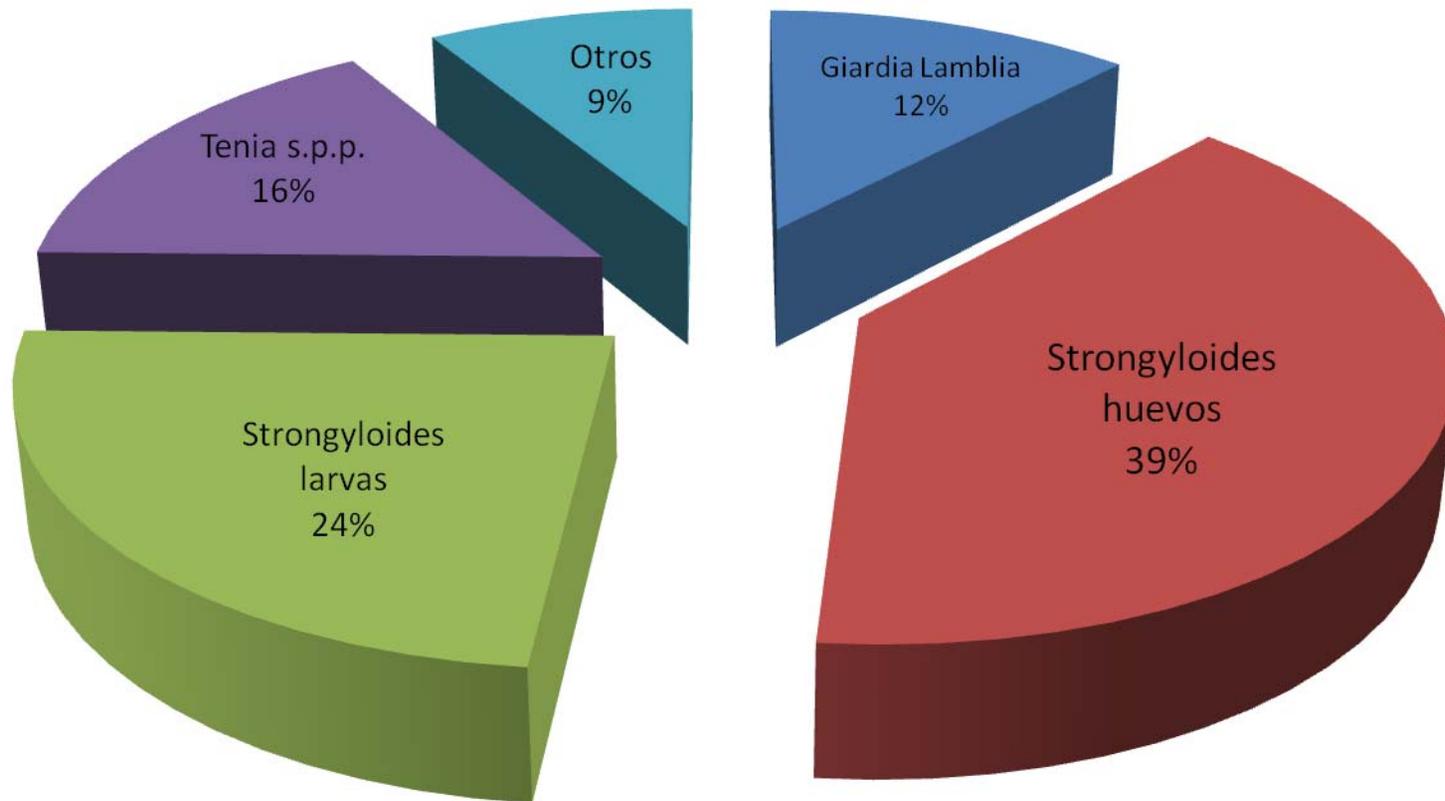
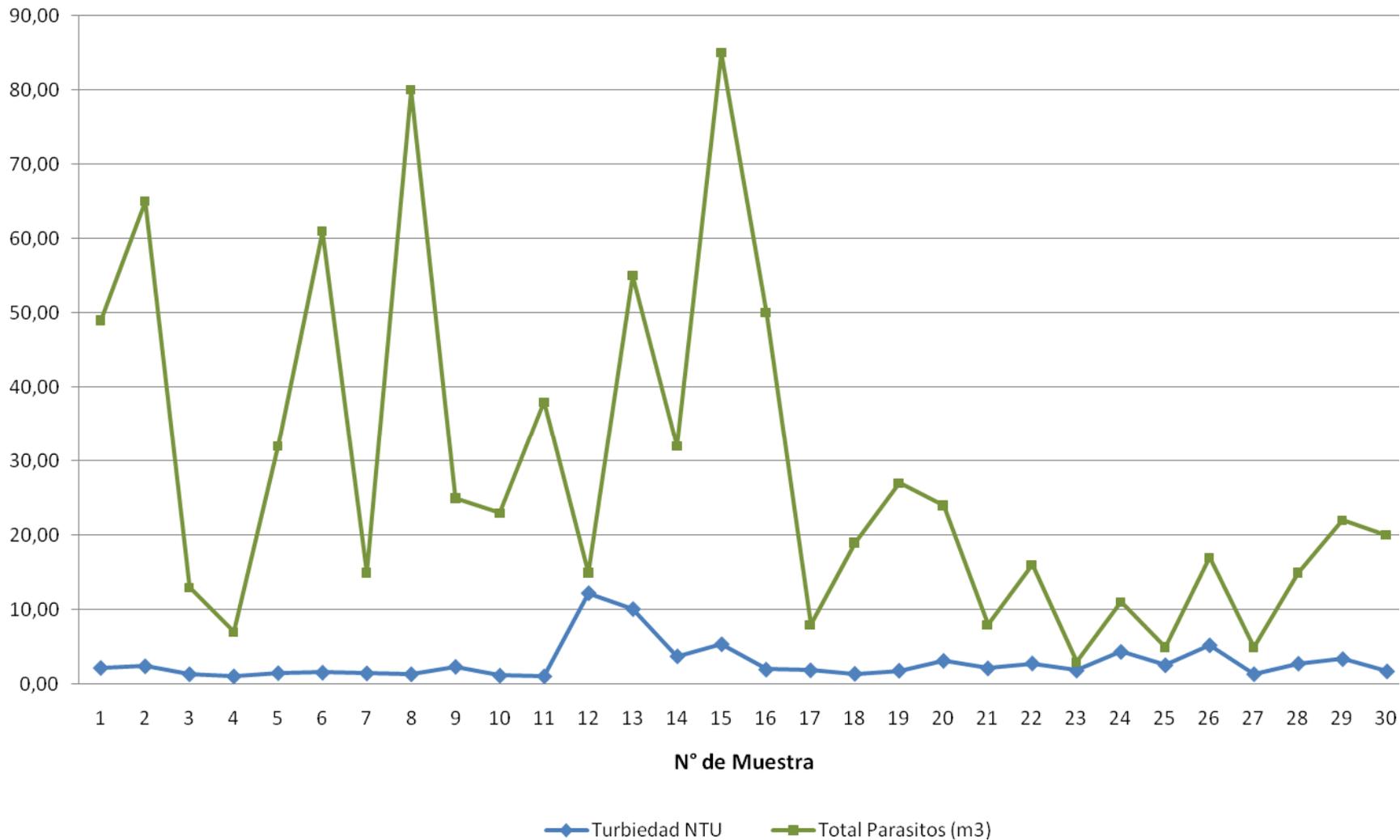




FIGURA 5. CURVAS COMPARATIVAS DE TURBIEDAD Y TOTAL DE PARÁSITOS (m<sup>3</sup>)





**FIGURA 6. BARRAS COMPARATIVAS DEL PROMEDIO TOTAL DE PARÁSITOS (m<sup>3</sup>)**

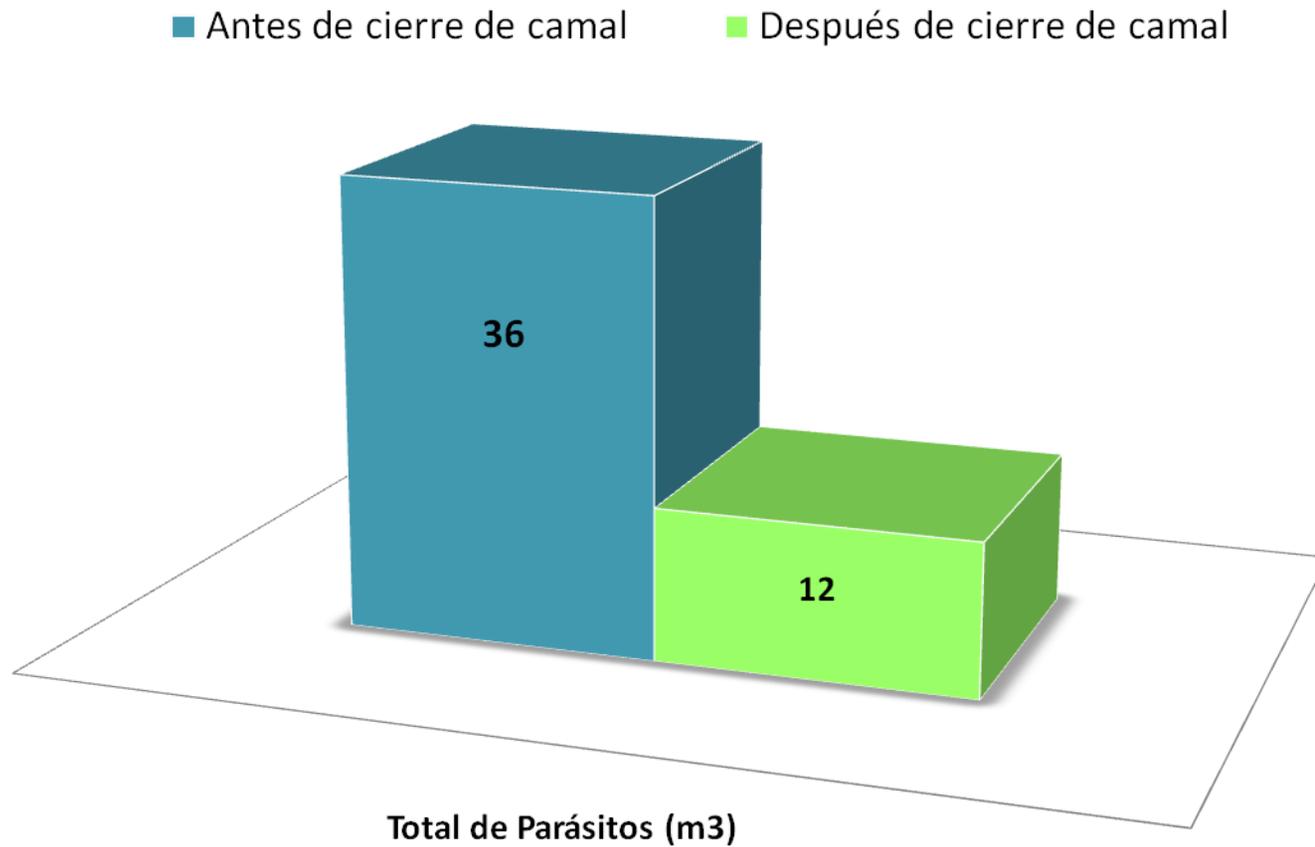




FIGURA 7. HORAS DE MUESTREO vs. TOTAL PARÁSITOS (m<sup>3</sup>)

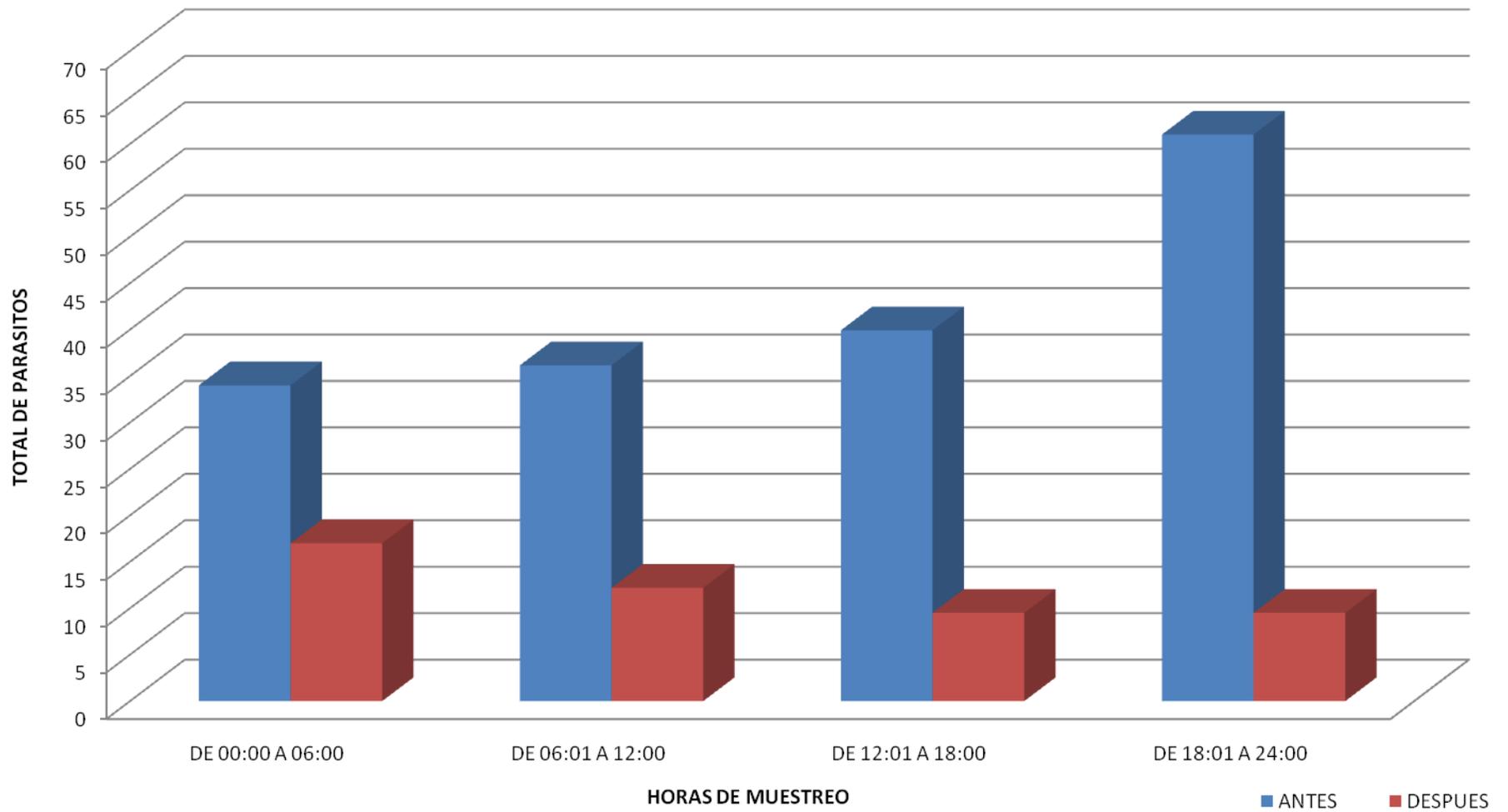




FIGURA 8. BARRAS COMPARATIVAS DEL PROMEDIO DE PARÁSITOS REPRESENTATIVOS PARA CADA MES

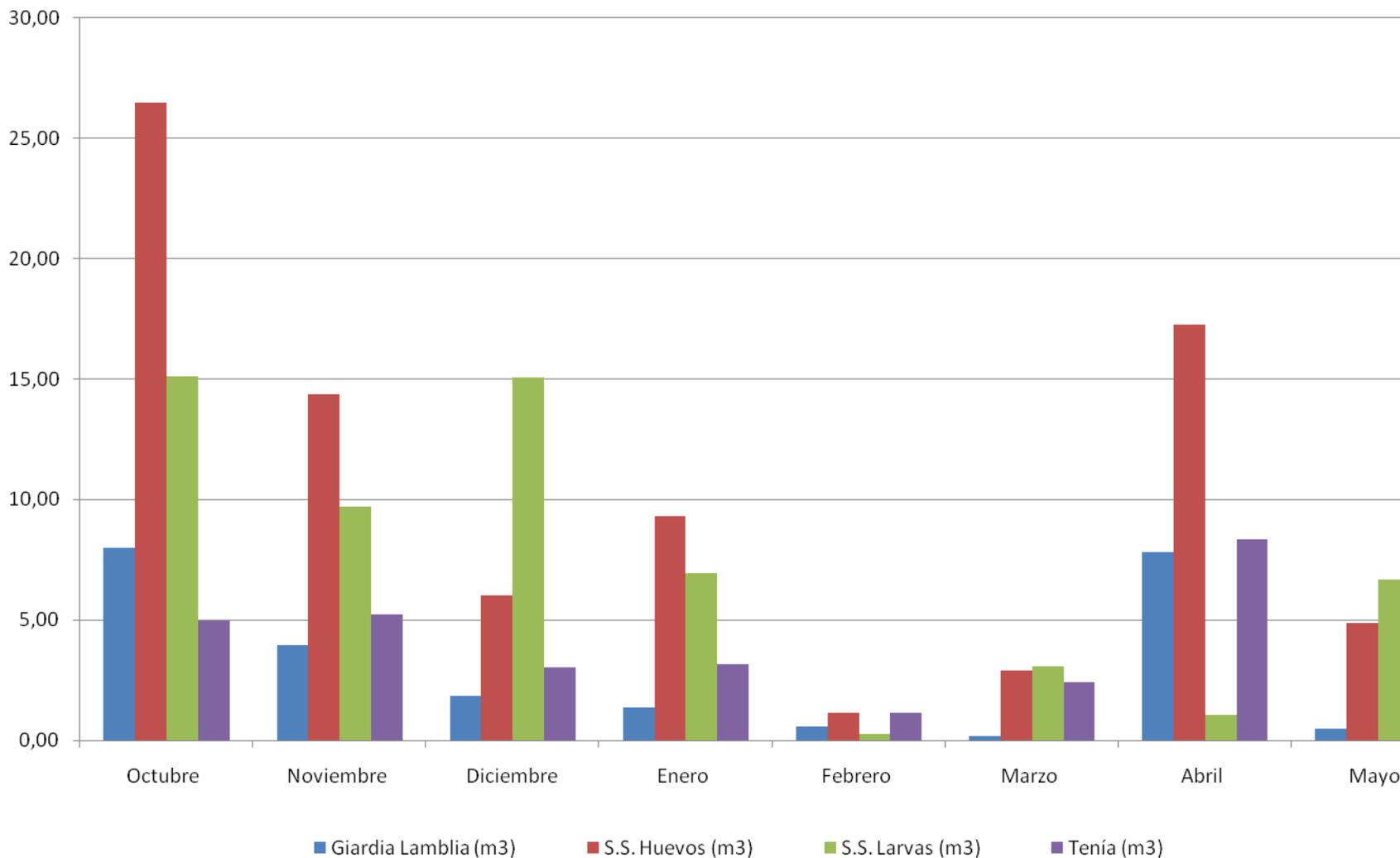




FIGURA 9. BARRAS DE QUISTES DE *Giardia lamblia* Y HUEVOS DE *Tenia s.p.p.* PARA CADA MUESTRA

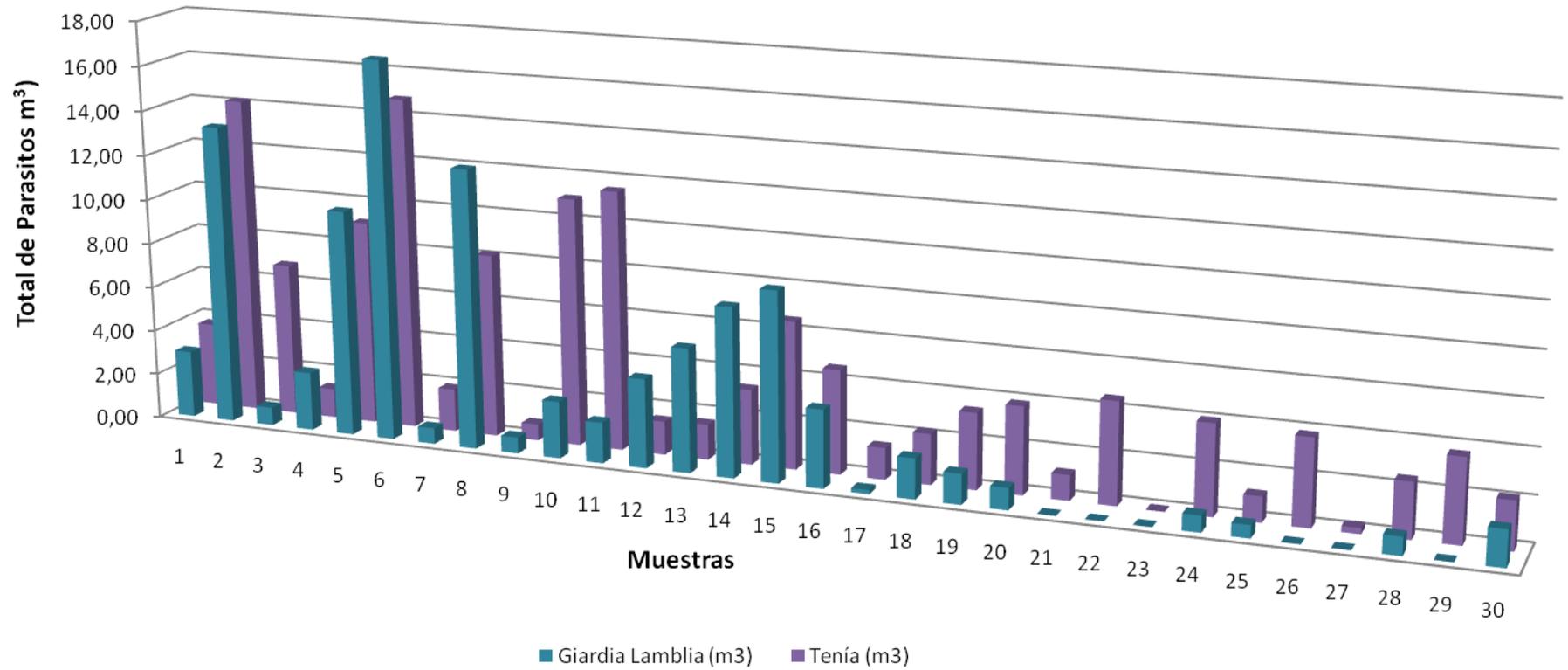
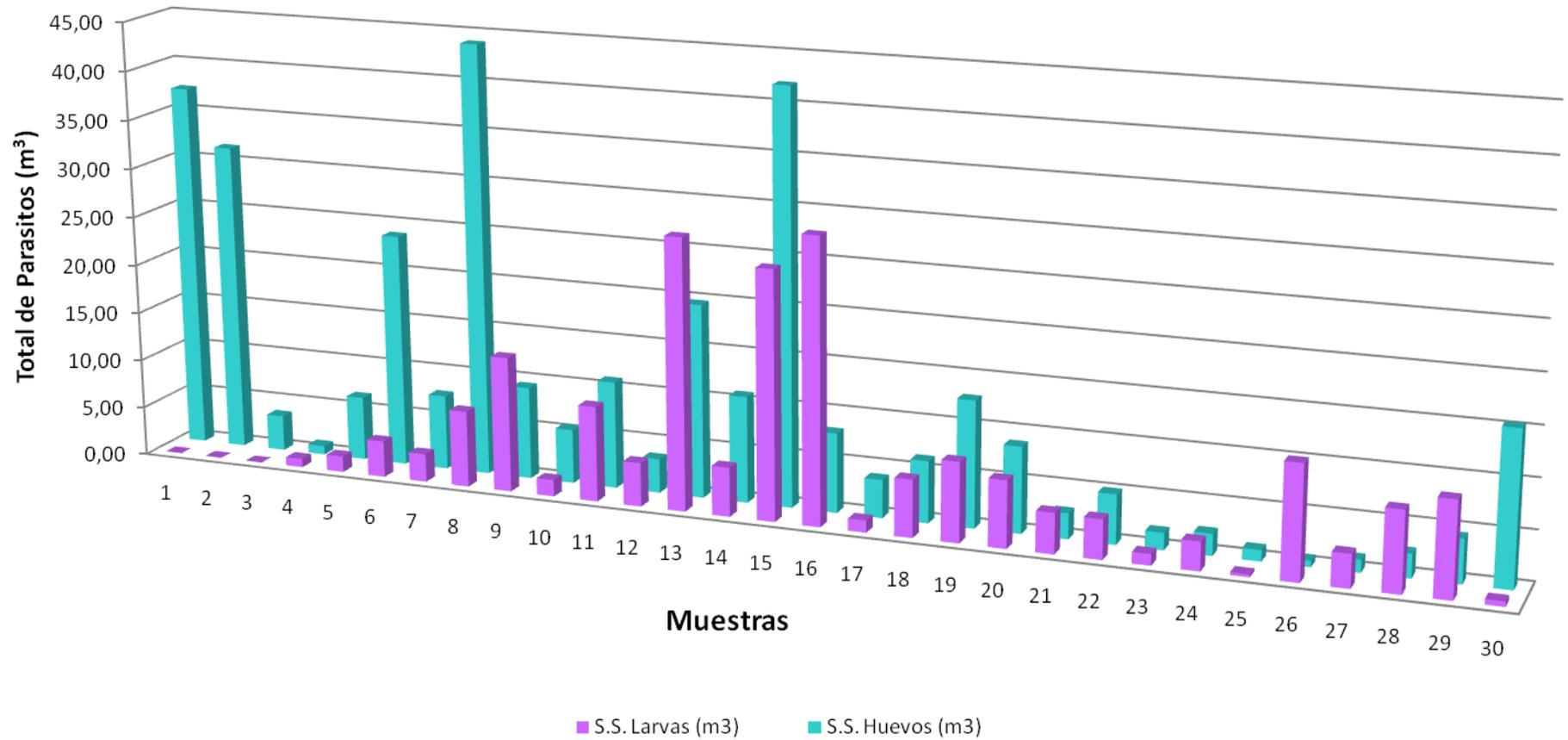




FIGURA 10. BARRAS DE *Strongyloides* PARA CADA MUESTRA





#### 4.2.2 ANÁLISIS DE LOS GRÁFICOS

En la figura 5 se puede observar que la contaminación es importante y que los datos expuestos en la gráfica se observa que la turbiedad no presenta relación con el número de parásitos.

En la figura 6 la contaminación para el agua cruda es mayor antes del cierre del camal en comparación con la existente para después del cierre del camal la cual decrece.

La figura 7 nos muestra que la contaminación con respecto a las horas de muestro es mayor en la noche en relación con el resto de horas muestreadas teniendo menor contaminación en el día, estos datos se los puede observar tanto antes y después del cierre del camal.

En la figura 8 la contaminación como podemos observar hasta el mes de Enero fue mayor y a partir del mes de Febrero desciende considerablemente; sin embargo en las figuras 9 y 10 se observa detalladamente la contaminación para cada muestra.



## CONCLUSIONES

Los estudios en el Agua Cruda que ingresa a la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Sustag permitieron obtener datos históricos tanto bacteriológicos y parasitológicos,

A partir de los datos bacteriológicos y la valoración del pH y turbiedad se determinó el índice de Calidad del Agua Cruda.

Según el “*Water Quality Index*” el valor de 62,36% ubica el agua cruda en un rango de **Agua Regular**; siendo necesario un tratamiento convencional de potabilización (floculación, sedimentación, filtración y desinfección) para el consumo humano.

La valoración de los parásitos en el Agua Cruda nos brindó información necesaria para saber que los 739,73 parásitos/m<sup>3</sup> de agua que ingresa a la planta implica una contaminación inferior a la contaminación que presenta el Agua Cruda que ingresa a las Plantas de Tratamiento de Agua Potable del Cebollar y Tixán.

Dentro de los parásitos más representativos son: *Giardia lamblia* 102 parásitos/m<sup>3</sup>, *Strongyloides* en sus estados evolutivos de: huevos 334 parásitos/m<sup>3</sup> y larvas 201 parásitos/m<sup>3</sup> y *Tenia s.p.p.* 135 parásitos/m<sup>3</sup>.



Esta contaminación es como consecuencia a la presencia de los camales porque mientras estos estaban presentes la contaminación fue más elevada en comparación cuando estos fueron cerrados.

Los eventos de muestreo fueron claves durante el estudio de la calidad debido a que se pudo observar que la hora de muestreo, día, fecha influyen como se pueden observar en los datos y las correspondientes gráficas.

El análisis parasitológico y bacteriológico sirven de punto de partida para el estudio enfocado a la remoción de los microorganismos en los procesos de potabilización puesto que esta determinación es la primera en su clase en la Planta de potabilización.



## RECOMENDACIONES

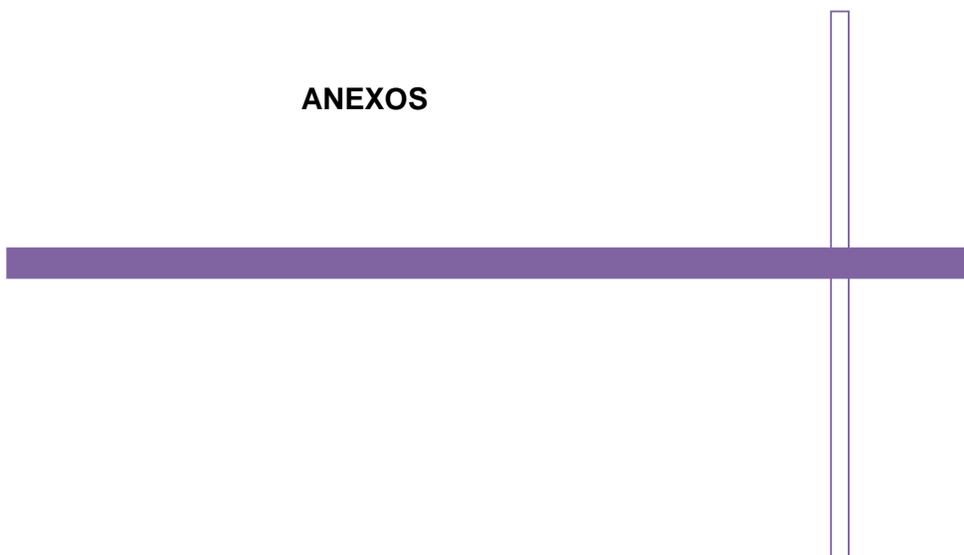
- Recomiendo mantener en capacitación continua al personal involucrado en los estudios microbiológicos.
- Al ser una Planta de potabilización completamente nueva y al obtener los registros de la contaminación presente en el agua se recomienda realizar un estudio sobre la remoción de los parásitos durante los procesos de tratamiento.
- El análisis bacteriológico del agua en la planta debe realizarse diariamente y en todos los procesos de su tratamiento para tener un mejor control durante la potabilización.
- Tener cuidado en la preparación de los medios de cultivo porque medios mal preparados nos llevarían a falsos resultados.
- El área de siembra es un lugar en donde existe variación de temperatura por lo que se recomienda tener controles de temperatura tanto en la incubadora como en el Baño María para así evitar que el crecimiento sea erróneo.



- En el estudio parasitológico es muy importante que la densidad de Sulfato de Zinc oscile entre 1,18 a 1,2 g/cc para permitir la flotación correcta de los parásitos.



**ANEXOS**





HUEVOS DE STRONGILOYDES

AUMENTO X 20

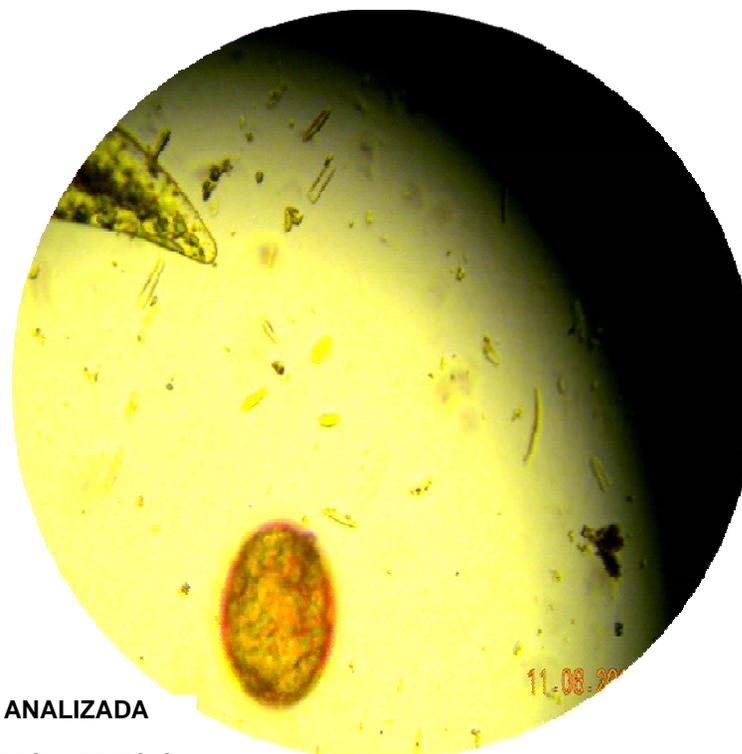


FOTO DE LA MUESTRA ANALIZADA

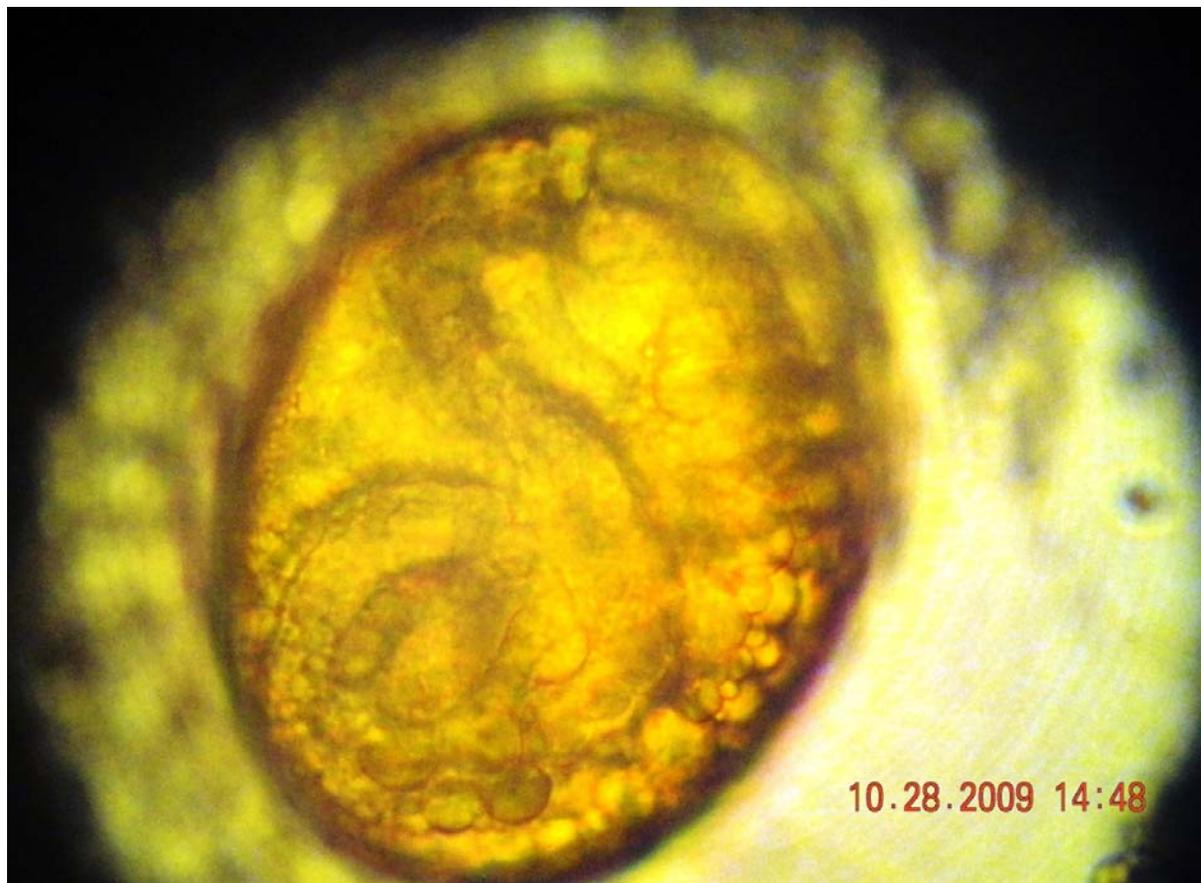
*TOMADA POR LUCRECIA BRITO C.*

UNIVERSIDAD DE CUENCA



HUEVO DE STRONGILOYDE

AUMENTO X 40



FOTOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS

*TOMADAS POR LUCRECIA BRITO CORONEL*

Autora:  
Lucrecia Brito Coronel



HUEVO DE STRONGILOYDE  
AUMENTO X 40

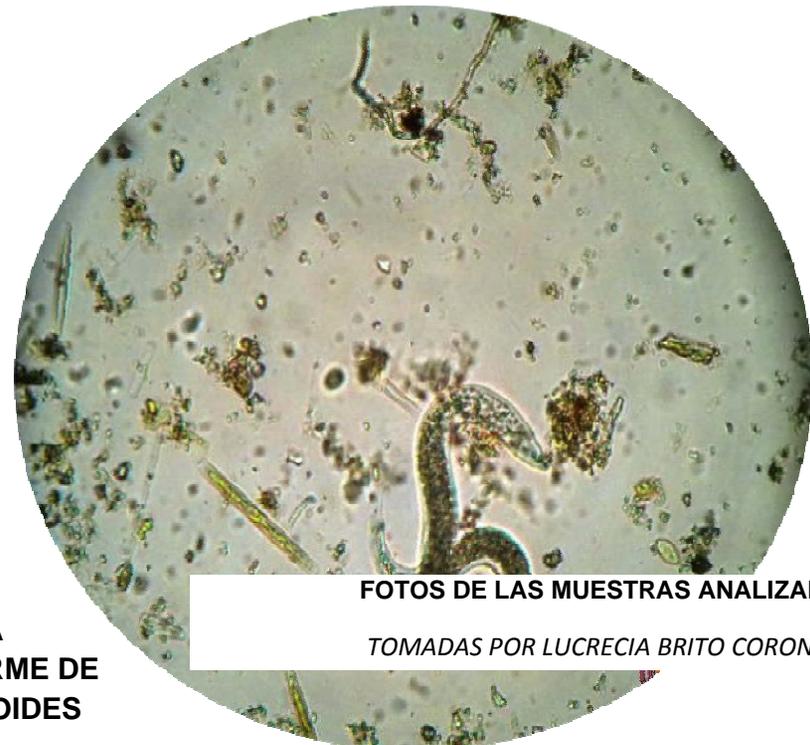




**LARVA RHABDITIFORME DE  
AUMENTO X 20**

**FOTOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS  
TOMADAS POR LUCRECIA BRITO CORONEL**

**STRONGYLOIDES**



**LARVA  
RHABDITIFORME DE  
STRONGYLOIDES**

**FOTOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS  
TOMADAS POR LUCRECIA BRITO CORONEL**

**AUMENTO X 40**



S.P.P.

AUMENTO X 40

HUEVO DE TENIA

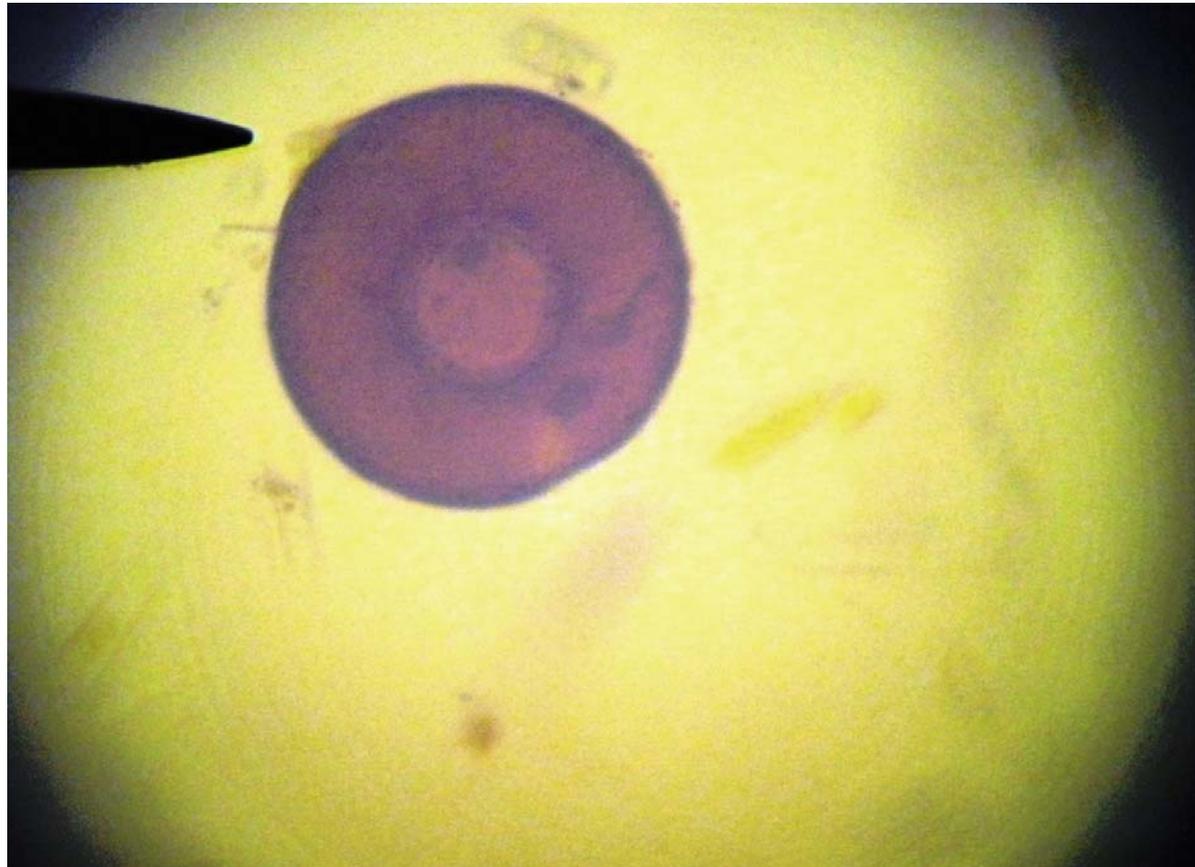


FOTOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS

TOMADAS POR LUCRECIA BRITO CORONEL



HUEVO DE TENIA  
AUMENTO X 40



S.P.P.



**HUEVO DE TENIA**  
**AUMENTO X**

**FOTO DE LA MUESTRA ANALIZADA**

*TOMADA POR LUCRECIA BRITO C.*

**S.P.P.**

**20**



**TROFOZOITO DE**

**FOTO DE LA MUESTRA ANALIZADA**

*TOMADA POR LUCRECIA BRITO C.*

**BALATIDIUM**



**COLI**  
**AUMENTO X 20**



**FOTO DE LA MUESTRA ANALIZADA**  
*TOMADA POR LUCRECIA BRITO C.*



TABLA DEL INDICE DE NMP/100ml

INDICE DE NMP / 100 ml PARA 5 TUBOS POR DILUCION (10,1 Y 0.1) ML											
Cód	NMP	Cód	NMP	Cód	NMP	Cód	NMP	Cód	NMP	Cód	NMP
000	< 1,8	130	8,3	300	7,8	351	26,7	442	47,0	524	150
001	1,8	131	10,0	301	11,0	352	29,7	443	44,0	530	79,0
002	3,6	140	10,0	302	13,0	400	13,0	444	48,3	531	110,0
010	1,8	200	4,5	310	11,0	401	17,0	450	41,0	532	140,0
011	3,6	201	6,8	311	14,0	402	21,0	451	48,0	533	170,0
012	5,5	202	9,1	312	17,0	403	25,0	500	23,0	534	210,0
020	3,7	203	11,3	313	19,0	410	17,0	501	31,0	535	123,4
021	5,5	210	6,8	320	14,0	411	21,0	502	43,0	540	130,0
022	7,4	211	9,2	321	17,0	412	26,0	503	58,0	541	170,0
030	5,6	212	12,0	322	20,0	413	31,0	510	33,0	542	220,0
100	2,0	213	14,0	323	22,3	420	22,0	511	46,0	543	280,0
101	4,0	220	9,3	330	17,0	421	26,0	512	63,0	544	350,0
102	6,0	221	12,0	331	21,0	422	32,0	513	84,0	545	430,0
110	4,0	222	14,0	332	24,0	423	38,0	514	66,3	550	240,0
111	6,1	230	12,0	333	25,6	430	27,0	515	73,8	551	350,0
112	8,1	231	14,0	340	21,0	431	33,0	520	49,0	552	540,0
120	6,1	232	16,5	341	24,0	432	39,0	521	70,0	553	920,0
121	8,2	240	15,0	342	26,2	440	34,0	522	94,0	554	1600,0
122	10,2	241	16,8	350	25,0	441	40,0	523	120,0	555	>1600
INDICE DE NMP para 10 tubos x 10 ml											
Cód	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NMP	<1.1	1,1	2,2	3,6	5,1	6,9	9,2	12	16,1	23	>23
BUFFER A: pesar 8.5 gr de KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , disolver en 125 ml de H <sub>2</sub> O, ajustar a pH 7.2 con NaOH 1N (45 ml aroximadamente), aforar a 250 ml.											
BUFFER B: Pesar 81.1 gr de Cl <sub>2</sub> Mg.6H <sub>2</sub> O, ò 50 gr de MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O, aforar a 1 lt.											
PREPARACION: Mezclar 1.25ml de Buffer A con 5 ml de Buffer B, por litro que se prepare.											



INDICE DE NMP/100ml PARA 5 TUBOS POR DILUCION									
Cód	NMP	Cód	NMP	Cód	NMP	Cód	NMP	Cód	NMP
000	<0.01	210	0.07	401	0.17	502	0.43	540	1.3
001	0.02	211	0.09	410	0.17	510	0.33	541	1.7
010	0.02	220	0.09	411	0.21	511	0.46	542	2.2
020	0.04	230	0.12	412	0.26	512	0.63	543	2.8
100	0.02	300	0.08	420	0.22	520	0.49	544	3.5
101	0.04	301	0.11	421	0.26	521	0.7	550	2.4
110	0.04	310	0.11	430	0.27	522	0.94	551	3.5
111	0.06	311	0.14	431	0.33	530	0.79	552	5.4
120	0.06	320	0.14	440	0.34	531	1.1	553	9.2
200	0.05	321	0.17	500	0.23	532	1.4	554	16
201	0.07	400	0.13	501	0.31	533	1.8	555	>24



## BIBLIOGRAFIA

- ABRIL Victoria y TORRES Paula, **Determinación de Remoción de Quistes de Entamoeba coli, Entamoeba histolytica, huevos de áscaris sp., Taenia solium- saginata, en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Tixán** (Titulo de Doctora en Bioquímica y Farmacia), Escuela de Bioquímica y Farmacia, Universidad de Cuenca, 2000-2001, Cuenca, Azuay, Ecuador.
  
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, **Métodos estándar para el examen de aguas y aguas de desecho**, 11<sup>ma</sup> Edición, Editorial Interamericana S.A. México, 1963.
  
- APHA, AWWA, WEF; **Standard Methods for the examination of water & wastewater**, 21<sup>ava</sup> Edición, Editorial Baltimore, 2005.
  
- ARBOLEDA Jorge, **Teoría y Práctica Purificación del Agua**, 3<sup>ra</sup> Edición, Tomo I, Editorial ACODAL, Colombia, 2000.
  
- ARBOLEDA Jorge, **Teoría y Práctica Purificación del Agua**, 3<sup>ra</sup> Edición, Tomo II, Editorial ACODAL, Colombia, 2000.
  
- ARCE Ma. Fernanda y LEIVA Marlín, **“Determinación de la calidad de agua de los ríos de la ciudad de Loja y diseño de líneas generales de acción para su recuperación y manejo”** (Título de Ingeniero en Gestión Ambiental), Escuela de Ciencias Biológicas y Ambientales Universidad Técnica Particular de Loja, 12 de Marzo del 2009, Loja, Loja, Ecuador.
  
- AURAZO Margarita, **Manual de Identificación y Cuantificación de Enteroparásitos en Aguas Residuales**, CEPIS, Lima- Perú, 1993.



- AURAZO Margarita, **Manual para Análisis de Calidad de Agua Bebida**, CEPIS- OPS, Lima, 2004.
  
- BOTERO David, **Parasitosis Humana**, 4<sup>ta</sup> Edición, Editorial CIB, Colombia, 2003.
  
- BROOKS Geo F., **Microbiología Médica de Jawetz, Melnick y Adelberg**, 8<sup>va</sup> Edición en español, Editorial Manual Moderno, México DF, 2005.
  
- CARRASCO Carolina y ESPINDOLA Jeanette, “**Planificación para la acreditación de la unidad de Microbiología del laboratorio de procesos ambientales del departamento de Ingeniería Geográfica**”, Facultad de Ingeniería, Universidad de Santiago de Chile, 2004, Santiago de Chile, Chile.
  
- CEPIS, Tratamiento **de Agua para Consumo Humano. Plantas de Filtración Rápida. Manual I: Teoría**, Tomo I, CEPIS- OPS, Lima, 2004.
  
- ENRIQUEZ Verónica, SORIA Adriana, SALOMON María; **Monitoreo de Parásitos Patógenos en afluentes agroindustriales**, En Revista de la Facultad de Ciencias agrarias, Vol. 35, N° 2, p 25-32  
Dirección URL del artículo:  
<http://bdigital.uncu.edu.ar/fichas.php?idobjeto=1747>.
  
- FERNANDEZ Nelson y SOLANO Fredy, **Índices de Calidad y Contaminación del Agua**, Editado Universidad de Pamplona Colombia, 2005.
  
- FORSYTHE S.J. y HAYES P.R., Principios Fundamentales de Microbiología (p.1-22), Higiene de los Alimentos, Microbiología y HACCP, 2<sup>da</sup> Edición, Editorial Acribia, 2002.
  
- GALLEGO Berenguer J, **Atlas de Parasitología**, 3<sup>ra</sup> Edición, Barcelona, Ediciones Javer S.A. 1971.



- GUEVARA Antonio, Manual **de Análisis de las Normas de Control de la Calidad de las Aguas**, CEPIS- OPS- OMS, Lima- Perú, 1996.
- INSTITUTO Ecuatoriano de Normalización, Agua Potable- Requisitos, Quito, 2006, p 10.
- ROMERO Alberto, **Calidad del Agua**, 2<sup>da</sup> Edición, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia, 2005.
- VARGAS Carmen, **Identificación y Cuantificación de Enteroparásitos en aguas residuales**, CEPIS-OPS-OMS, Lima, 1993.
- PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UCUMBAMBA, **Colección de Fotos del Laboratorio de Ucubamba**.
- BERENGUER GALLEGOS, **Atlas de Parasitología**, 3<sup>ra</sup> Edición, Editorial Jover s.a., 1971

#### INTERNET

- Coliforme Total. Determinación del Numero más Probable de Coliforme Total por la Técnica de los Tubos Múltiples, 25 junio 2010  
<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacd/scan/013761/013761-02.pdf>
- Buscadores: [www.csirrus.com](http://www.csirrus.com) y [www.google.com](http://www.google.com)