

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



**Calidad de agua y carga de helmintos endoparásitos en  
peces: Tilapia (*Oreochromis spp.*), Guapote Tigre  
(*Parachromis managuensis*) y Mojarra (*Amphilophus  
macracanthus*) del Embalse Cerrón Grande.**

**Por:**

David Jacob López Torres

Doris Argentina García Sánchez

Ana Eloísa Velásquez Mazariego

Ciudad Universitaria, noviembre de 2021



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA



**Calidad de agua y carga de helmintos endoparásitos en peces: Tilapia (*Oreochromis spp.*), Guapote Tigre (*Parachromis managuensis*) y Mojarra (*Amphilophus macracanthus*) del Embalse Cerrón Grande.**

**Por:**

David Jacob López Torres  
Doris Argentina García Sánchez  
Ana Eloísa Velásquez Mazariego

**Requisito para optar al título de:**

Ingeniero (a) Agrónomo

Ciudad Universitaria, noviembre de 2021

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:**

**LIC. M. Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

**SECRETARIO GENERAL:**

**ING. M. Sc. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**DECANO:**

**DR. FRANCISCO LARA ASCENCIO**

**SECRETARIO:**

**ING. AGR. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA**

**JEFA DEL DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**

---

**ING. AGR. M. Sc. BLANCA EUGENIA TORRES DE ORTÍZ**

**DOCENTES DIRECTORES**

---

**ING. AGR. M. Sc. JUAN FRANCISCO ALVARADO PANAMEÑO**

---

**LICDA. M. S.c. ADA YANIRA ARIAS DE LINARES**

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN**

---

**ING. AGR. CARLOS ENRIQUE RUANO IRAHETA**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al Dios todo poderoso y a mi madre: Tomasa del Carmen López Sánchez por el apoyo incondicional para cada proyecto realizado y por realizar, a mis hermanos, a mis compañeras y a los docentes directores de la presente investigación: ING. AGR. M. Sc. Juan Francisco Alvarado Panameño y LIC. Ada Yanira Arias De Linares, por ser mis mentores y apoyarme en este proceso académico con voluntad y paciencia y a mis maestros en general por compartir parte de sus conocimientos.

A todos ellos Gracias.

**David Jacob López Torres**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios creador del universo, a mi familia especialmente: a mi mamá Bertha Mazariego, mi papá Abelino Velásquez, mi abuela Elvira Mazariego, mi tía Marta Estrada y a mis hermanas Altagracia y Norma Velásquez por su apoyo incondicional, a la docente Raymunda Artiga por darme la oportunidad de trabajar, a Salvador Artiga mi cuñado por apoyarme con el transporte de mi casa hasta mi lugar de trabajo. También agradezco a mis compañeros de tesis David Torres y Doris Sánchez por su comprensión durante el trabajo de investigación; me demostraron que además de ser excelentes profesionales son excelentes personas con los cuales aprendí mucho tanto personal como académicamente, a Inocente Santos Roble, quien sin su ayuda no hubiéramos podido realizar esta investigación, y finalmente agradezco a mis asesores Francisco Panameño y Licenciada Ada Yanira de Linares por brindarnos su asesoría y paciencia en cuanto al trabajo de investigación.

**Ana Eloísa Velásquez Mazariego**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios Todopoderoso, que me ha dado la oportunidad de vivir hasta este momento y ha preparado cada paso que he logrado.

A Ing. Juan Francisco Panameño y Lic. Ada Yanira de Linares, por su invaluable apoyo, formación y soporte a la culminación con éxito de este estudio.

A la Universidad de El Salvador y a la Facultad de Ciencias Agronómicas por ser mi casa de estudios, en especial al Departamento de Zootecnia donde me han guiado excelentes docentes que han motivado mi espíritu por seguir desarrollándome profesionalmente.

A mis amigos, compañeros de estudios, ingeniero Leopoldo Serrano, quienes han sido parte indispensable durante mi carrera. Mis compañeros de investigación Ana Eloísa y David Jacob.

A Inocente Santos Roble, gran líder y pescador de la zona del Embalse Cerrón Grande, que siempre estuvo dispuesto en colaborar con la recolección de las muestras para la investigación.

A mis padres, Rosa Amelia Sánchez Herrera y Daniel García, por ser padres dedicados, amorosos, brindarme su apoyo y consejos durante toda mi vida. Mi familia, quienes me han apoyado y brindado amor.

**Doris Argentina García Sánchez**

## RESUMEN

La investigación, se realizó en cinco sitios ubicados en el Embalse Cerrón Grande, en el período que comprende de noviembre 2019 a febrero de 2020, con el objetivo de evaluar la calidad del agua y las cargas de helmintos endoparásitos en los peces: Guapote tigre (*Parachromis managuensis*), Tilapia (*Oreochromis* spp.) y Mojarra (*Amphilopus macracanthus*). Los muestreos se llevaron a cabo durante cuatro meses con un intervalo de 15 días, las muestras de peces fueron 140 unidades en total. El análisis de agua se realizó *in situ* con la sonda multiparámetro que incluyó los siguientes parámetros: pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, temperatura, sólidos disueltos totales, y nitratos, en laboratorio los parámetros DBO<sub>5</sub>, turbidez, fosfatos, coliformes fecales y totales.

La identificación de parásitos, se realizó mediante la observación estereoscópica, considerando las siguientes partes a observar: ojos, agallas, piel e intestinos. Los datos fueron ordenados en una matriz de Excel (Office®), y posteriormente analizados con un nivel de confianza del 95% y error del 5%, en el paquete estadístico para las Ciencias Sociales SPSS® versión 25.

Los resultados reflejan que el Embalse tiene una calidad de agua de regular a bueno encontrándose en el rango 66.3 a 80.3 del valor ICA, clasificada como apta para el riego según las Normas Oficiales Salvadoreñas: NSO 13.07.01:08 y NSO 13.49.01:09, la normativa mexicana PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017 y el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua superficiales No. 33903-MINAE-S de Costa Rica. En cuanto a cargas parasitarias, se determinó prevalencia general de 36.4%, presentando la mayor carga parasitaria el sitio Isla de Los Cabros con 44%, y la menor el sitio Santa Bárbara con 28%. Al realizar el análisis de correlación entre carga parasitaria e ICA, se tiene un valor de  $r=0.698$  y una probabilidad de error 0.00%, por lo tanto, la carga parasitaria aumenta entre mayor sea la calidad de agua.

Por lo tanto, se concluye que existe relación positiva entre calidad de agua y las cargas parasitarias en los tres peces estudiados, siendo la Mojarra (*Amphilopus macracanthus*) la especie más afectada y la menos afectada Tilapia (*Oreochromis* spp) en cuanto a presencia de parásitos helmintos del Embalse Cerrón Grande.

**Palabras clave:** Helmintos, ICA, parámetro, endoparásito, fisicoquímico, nematelminto, platelminto.

## SUMMARY

The research was carried out in five sites located in the Cerrón Grande Reservoir, in the period from November 2019 to February 2020, with the aim of evaluating the water quality and endoparasitic helminth loads in fish: Guapote tigre (*Parachromis managuensis*), Tilapia (*Oreochromis* spp.) And Mojarra (*Amphilopus macracanthus*). The samplings were carried out for four months with an interval of 15 days, the fish samples were 140 units in total. The water analysis was carried out in situ with the multiparameter probe that included the following parameters: pH, dissolved oxygen, electrical conductivity, temperature, total dissolved solids, and nitrates, in the laboratory the parameters BOD<sub>5</sub>, turbidity, phosphates, fecal and total coliforms.

The identification of parasites was carried out by stereoscopic observation, considering the following parts to observe: eyes, gills, skin and intestines. The data were ordered in an Excel matrix (Office®), and later analyzed with a confidence level of 95% and error of 5%, in the statistical package for the Social Sciences SPSS® version 25.

The results reflect that the Reservoir has a water quality from fair to good, being in the range 66.3 to 80.3 of the ICA value, classified as suitable for irrigation according to the Official Salvadoran Standards: NSO 13.07.01: 08 and NSO 13.49.01: 09, the Mexican regulation PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017 and the Regulation for the Evaluation and Classification of the Quality of Surface Water Bodies No. 33903-MINAE-S of Costa Rica. Regarding parasite loads, a general prevalence of 36.4% was determined, with the Isla de Los Cabros site having the highest parasite load with 44%, and the Santa Bárbara site with the lowest with 28%. When performing the correlation analysis between parasite load and ICA, there is a value of  $r = 0.698$  and a probability of error 0.00%, therefore, the parasite load increases the higher the water quality.

Therefore, it is concluded that there is a positive relationship between water quality and parasite loads in the three fish studied, the most affected species being Mojarra and the least affected Tilapia in terms of the presence of helminth parasites in the Cerron Grande Reservoir.

**Keywords:** Helminths, ICA, parameter, endoparasite, physicochemical, roundworm, flatworm.

## INDICE

### Contenido

AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	2
2.1 Gestión del Embalse Cerrón Grande .....	2
2.2 Calidad del agua.....	2
2.2.1 Índice de calidad del agua (ICA).....	3
2.2.2 Fuente de contaminación del agua .....	7
2.3 Marco regulatorio en materia ambiental en El Salvador .....	9
2.3.1 Ley del Medio Ambiente.....	9
2.3.2 Normativas de la pesca y la acuicultura .....	9
2.3.3 Normas Salvadoreñas Obligatorias.....	9
2.4 Parásitos helmintos.....	10
2.4.1 Platelminos. ....	10
2.4.2 Acantocéfalos .....	10
2.4.3 Nematodos .....	11
2.5 Carga parasitaria .....	11
2.6 Asociación parasitaria.....	12
2.7 Ictiofauna en Embalse Cerrón Grande .....	12
2.7.1 Tilapia ( <i>Oreochromis</i> spp.).....	13
2.7.2 Guapote tigre ( <i>Parachromis managuensis</i> ).....	13
2.7.3 Mojarra ( <i>Amphilophus macracanthus</i> ).....	14
2.7.4 Abundancia poblacional .....	14
2.7.5 Pesca.....	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1 Descripción del estudio .....	16
3.2 Metodología de campo .....	16

3.2.1	Pre muestreo de peces .....	16
3.2.2	Muestreo de peces .....	16
3.2.3	Muestreo de agua .....	17
3.2.4	Repeticiones .....	18
3.3	Metodología de laboratorio .....	18
3.3.1	Necropsia de peces .....	18
3.4	Metodología estadística.....	19
3.4.1.	Variables en estudio. ....	19
3.4.1.1	Calidad del agua .....	19
3.4.1.2	Cargas parasitarias.....	19
4.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	21
4.1	Calidad del agua .....	21
4.1.1	Análisis descriptivo. ....	21
4.1.2	Análisis inferencial .....	25
4.2	Cargas parasitarias .....	26
4.2.1	Análisis descriptivo .....	26
4.4.2	Asociaciones parasitarias .....	26
4.2.3	Análisis inferencial. ....	30
4.3	Relación entre calidad del agua y cargas parasitarias .....	30
4.3.1	Análisis descriptivo .....	30
4.3.2	Análisis inferencial .....	31
4.4	Calidad de agua y poblaciones de peces .....	32
4.4.1	Análisis descriptivo .....	32
4.4.2	Análisis inferencial .....	34
5.	CONCLUSIONES .....	35
6.	RECOMENDACIONES .....	36
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	37
8.	ANEXOS.....	44

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Clasificación del ICA propuesta por Brown.....	3
Cuadro 2 Prevalencia, Intensidad media y Abundancia .....	27
Cuadro A- 1 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua .....	54
Cuadro A- 2 Fecha, hora y sitio de muestreo .....	55
Cuadro A- 3 Análisis de varianza Índice de calidad de agua – sitios.....	56
Cuadro A- 4 Análisis de varianza Prevalencia parasitaria por sitio.....	56
Cuadro A- 5 Análisis de varianza, ICA y prevalencia parasitaria.....	56
Cuadro A- 6 Correlación de Pearson: ICA y variables asociadas.....	57
Cuadro A- 7 Correlación de Pearson: ICA y cargas parasitarias.....	58
Cuadro A- 8 Estimación Poblaciones de peces por kilómetro cuadrado .....	59
Cuadro A- 9 ANOVA ICA-Promedio de poblaciones por Kilómetro cuadrado .....	61
Cuadro A- 10 ANOVA SITIO- poblaciones de peces y calidad de agua.....	61
Cuadro A- 11 Correlación de Pearson para el ICA y Poblaciones.....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Índice de Calidad de Agua promedio .....	21
Figura 2 Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días DBO <sub>5</sub> .....	22
Figura 3 Solidos Totales Disueltos (SDT) .....	23
Figura 4 pH del valor promedio por sitio de muestreo.....	23
Figura 5 Oxígeno disuelto OD %.....	24
Figura 6 Coliformes fecales en NMP/100ml .....	25
Figura 7 Prevalencia parasitaria. ....	26
Figura 8 Clinostomum sp .....	28
Figura 9 Gyrodactylu sp.....	28
Figura 10 Diplostomum sp .....	29
Figura 11 Efecto de la calidad del agua en las cargas parasitarias.....	31
Figura 12 Efecto de la DBO <sub>5</sub> en las cargas parasitarias.....	31
Figura 13 Calidad del agua y poblaciones de peces .....	32
Figura 14 Población promedio de Tilapia.....	33
Figura 15 Población promedio de Guapote.....	33
Figura 16 Población promedio de Mojarra .....	34
Figura A. 1 Ubicación del área en estudio.....	44

Figura A. 2 Pre muestreos, verificación de equipo y sitios a evaluar.....	45
Figura A. 3 Calibración de equipo Sonda multiparámetro YSI Profesional Plus .....	45
Figura A. 4 Grupo de investigación en campo .....	46
Figura A. 5 Muestreo de agua, Medición de parámetros fisicoquímicos.....	46
Figura A. 6 Toma de muestra de agua para análisis de fosfatos, DBO5 y Coliformes.....	47
Figura A. 7 Registro de parámetros fisicoquímicos y condiciones ambientales.....	48
Figura A. 8 Muestreo de peces y conteo de capturas. ....	48
Figura A. 9 Muestras de peces etiquetadas con fecha y sitio de muestreo .....	49
Figura A. 10 Transporte de muestras a sus respectivos laboratorios .....	49
Figura A. 11 Equipo de investigación en laboratorio ELIZA .....	50
Figura A. 12 Disección y evisceración de peces .....	50
Figura A. 13 Preparación de muestras de heces para determinar presencia de huevecillos .....	51
Figura A. 14 Muestras de peces en laboratorio.....	51
Figura A. 15 Órganos internos de peces para observación directa al estereoscopio .....	51
Figura A. 16 Análisis macroscópico y examen estereoscópico de órganos internos de peces .....	52
Figura A. 17 Ventana SPSS, vista de variables .....	52
Figura A. 18 Ventana SPSS, vista de datos.....	53
Figura A. 19 Ciclo biológico esquemático de <i>Clinostomum</i> spp .....	77
Figura A. 20 Ciclo biológico esquemático de <i>Diplostomum</i> spp .....	77

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Cálculo de las poblaciones de peces .....	60
Anexo 2 Cálculo del índice de calidad ICA.....	63
Anexo 3 Claves taxonómicas para identificar helmintos digeneos adultos .....	70
Anexo 4 Clave para la identificación de metacercarias .....	71
Anexo 5 Clave para la identificación de monogeneos .....	74
Anexo 6 Clave para la identificación de cestodos .....	75
Anexo 7 Clave para la identificación de nematodos adultos.....	76
Anexo 8 Resultados de análisis microbiológicos muestreo sitio 1 .....	78
Anexo 9 Resultados de análisis microbiológicos muestreo sitio 2.....	79
Anexo 10 Resultados de análisis microbiológicos muestreo sitio 3.....	80

## 1. INTRODUCCIÓN

El parasitismo en vertebrados silvestres y particularmente en peces de agua dulce es un fenómeno universal que ocurre de manera natural. Muchos factores ambientales e inducidos por actividad humana pueden alterar el equilibrio de dicho fenómeno e influir en la distribución de las especies parásitas en un territorio (ADES, 2015).

El estudio de las comunidades de helmintos en cuerpos de agua dulce aporta información útil para evaluar la calidad ambiental y condiciones ecológicas locales (Méndez, 2013).

Los parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad del agua, son una opción para la interpretación de variables físicas, químicas y biológicas en programas de monitoreo de aguas superficiales, debido a que las diferentes variables son combinadas para generar el Índice de Calidad de Agua (ICA), que puede ser interpretado fácilmente tanto por expertos como por la comunidad en general, permitiendo valorar acciones potenciales en cuanto al uso del agua (Samboni *et al.* 2007).

El Embalse Cerrón Grande, es el cuerpo de agua más grande de El Salvador, abastecido por los ríos: Suquiapa, Sucio y Acelhuate, aportándole un 30 % de su caudal. Actualmente, es fuertemente contaminado por distintas fuentes (MARN, 2019); sin embargo, no hay estudios de la calidad de agua y el efecto que tiene en la abundancia de parásitos internos de los peces es por lo que fue necesario realizar esta investigación, con el fin de disponer de mayor conocimiento sobre el comportamiento biológico de las especies estudiadas y su relación con el hábitat, dado que la ausencia o presencia de ciertos helmintos podría estar relacionado con alteraciones importantes en los ecosistemas acuáticos y niveles de estrés en los peces, lo cual es importante para conocer el impacto ambiental y así contribuir a la toma de decisiones sobre el manejo y conservación de los recursos naturales de dicho cuerpo de agua.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Gestión del Embalse Cerrón Grande

El Embalse Cerrón Grande, localizado entre los departamentos de Chalatenango, San Salvador y Cuscatlán, fue declarado sitio Ramsar el 22 de noviembre de 2005, con un espejo de agua fluctuante estimado entre 13.5 a 14.8 Km<sup>2</sup>, es el mayor cuerpo de agua en territorio salvadoreño y el hábitat de numerosas especies tanto de peces como de aves nativas y migratorias (Gallo, 2005), siendo de relevancia para la pesca, recarga hídrica y producción de energía eléctrica entre otros servicios ambientales (MARN, 2018). Actualmente enfrenta problemas de deterioro causado por actividades agropecuarias que se desarrollan en la cuenca del embalse, así como la falta de aplicación de las leyes sobre este recurso, vigentes en cuanto a su uso y acceso (OSPESCA, 2017).

En 1995, el humedal recibía una descarga mensual de más de 8.5 millones de libras de excretas procedentes de 18 sistemas de aguas residuales que drenan de más de 1.5 millones de hogares del área metropolitana de San Salvador (PRISMA, 2011). El Embalse es abastecido por los ríos: Suquiapa, Sucio y Acelhuate, aportándole un 30 % de su caudal, con 154 fuentes de contaminación entre ellas: 17 industrias de metales y afines, 22 textileras, 7 fábricas de pintura y 11 fábricas de papel (MARN, 2019). De 145 fábricas que producen contaminantes sólidos, solo 9 tratan sus desechos y de 120 industrias que generan desechos líquidos, solo el 14 % realiza algún tipo de tratamiento para reducir la carga de contaminantes desechados (CESTA, 2011).

### 2.2 Calidad del agua

La calidad del agua se evalúa tradicionalmente con base en los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, sin embargo, en los últimos años, se han incluido parásitos helmintos como indicadores de gran sensibilidad a los cambios ambientales generados por restos de agroquímicos y metales pesados, la ausencia o presencia de ciertos helmintos podrían estar relacionados con niveles de estrés en los peces, lo que de igual manera refleja alteraciones importantes en los ecosistemas acuáticos (Jiménez *et al.* 2004). En muchos países, se ha utilizado la Ictiofauna como indicador de la calidad de agua, por ser el grupo más diverso entre los vertebrados, su abundancia o escases, es capaz de reflejar la degradación o restauración de un cuerpo de agua (Scott *et al.* 2013).

### 2.2.1 Índice de calidad del agua (ICA).

Según SNET (2019), Índice de Calidad de Agua (ICA), es una herramienta estadística para determinar la calidad de agua en un lugar y tiempo, intervienen nueve parámetros: pH (en unidades de pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DBO<sub>5</sub> mg/L), nitrato (NO<sub>3</sub> mg/L), fosfatos (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> mg/L), Oxígeno Disuelto (OD en % de saturación), temperatura (°C), turbidez (FAU), sólidos disueltos totales (mg/L) y microbiológico: coliformes fecales (NMP/100ml), a los cuales se asigna un peso relativo en centésimas según la importancia del parámetro correspondiente al factor de contaminación, la suma de estos pesos relativos es igual a 1 lo que en condiciones óptimas sería 100% como valor de máxima calidad y va disminuyendo con el aumento de la contaminación del agua, clasificándose como se detalla en el Cuadro 1.

Cuadro 1 Clasificación del ICA propuesta por Brown

Calidad de Agua	Color	Valor
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Fuente: SNET, 2019 Índice de Calidad del Agua General "ICA"

El cálculo del índice de calidad de agua se realiza usando la siguiente fórmula matemática:

$$ICA_{njt} = \left( \sum_{n=1}^{\infty} w_i \cdot I_{ikjt} \right)$$

Donde:

$ICA_{njt}$  Índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial j en el tiempo t, evaluado con base en n variables.

$w_i$  Ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad.

$I_{ikjt}$  Valor calculado de la variable.

n Número de parámetros involucradas en el cálculo del indicador (Rubio *et al*, 2014 y Storaci *et al*. 2013).

#### 2.2.1.1 Coliformes fecales

Debido a que un gran número de enfermedades son transmitidas por vía fecal-oral utilizando como vehículo los alimentos y el agua, es necesario contar con microorganismos que

funcionen como indicadores de contaminación fecal, éstos deben ser constantes, abundantes y exclusivos de la materia fecal, deben tener una sobrevivencia similar a la de los patógenos intestinales y debe de ser capaces de desarrollarse extra intestinalmente.

Los microorganismos coliformes constituyen un grupo heterogéneo con hábitat primordialmente intestinal. El grupo de bacterias coliformes totales comprende todos los bacilos Gram negativos aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados, que fermentan la lactosa con producción de gas en un lapso máximo de 48 h. a  $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Este grupo está conformado por 4 géneros principalmente: *Enterobacter*, *Escherichia*, *Citrobacter* y *Klebsiella* (Camacho *et al.* 2009).

#### 2.2.1.2 Oxígeno Disuelto (OD)

Las concentraciones de OD en aguas naturales dependen de las características fisicoquímicas y la actividad bioquímica de los organismos en los cuerpos de agua. El análisis del OD es clave en el control de la contaminación en las aguas naturales y en los procesos de tratamiento de las aguas residuales, industriales o domésticas.

Dentro de los parámetros fisicoquímicos, el oxígeno es el elemento más importante en el desarrollo de especies acuáticas, por ejemplo, el desarrollo óptimo del género *Oreochromis*, se da cuando los valores de OD están por encima de los 4 mg/L, valores menores al indicado, reducen el desarrollo de su biomasa e incrementan la tasa de mortalidad; no obstante, este género es capaz de sobrevivir con niveles bajos de OD (1.0 mg/L), pero esto provoca un efecto de estrés, siendo la principal causa de origen de infecciones patológicas (Calderer, 2001 y Jaime, 2008).

#### 2.2.1.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO<sub>5</sub>)

La DBO<sub>5</sub> es la cantidad de oxígeno necesaria para producir la oxidación biológica de las sustancias orgánicas biodegradables presentes en agua, a los 5 días a 20 grados Celsius. El valor de la DBO<sub>5</sub> para una fuente de agua aceptable (equivale al grado de polución de la corriente), debe ser igual o menor a 1.5 mg/L el valor promedio mensual.

Otros criterios adicionales para interpretar los valores de DBO<sub>5</sub> son: Agua apta para todos los usos si cumple con valores de DBO<sub>5</sub> inferiores a 3 mg/L; para consumo humano (mediante tratamientos convencionales), piscicultura y uso recreativo si los valores de DBO<sub>5</sub> están entre 3 y 5 mg/L; para riego, agua industrial y agua potable con valores de entre 5 y 10 mg/L; apta

para navegación y refrigeración con valores de DBO<sub>5</sub> entre 10 y 25 mg/L y no se recomienda su uso cuando la DBO<sub>5</sub> sea mayor a 25 mg/L (Lanza *et al.* 1999)

#### 2.2.1.4 pH

El pH es una medida del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o una solución, se mide en una escala de 0 a 14, un valor pH de 7 es neutro; esto significa que la sustancia o solución no es ácida ni alcalina, menos de 7 es más ácida y un valor del pH de más de 7 es alcalina, valores extremos de pH pueden originar alteraciones en la flora y fauna, por ejemplo, cambios en la solubilidad de los nutrientes y formación de precipitados.

Las especies de peces producidas en medios controlados generan resultados satisfactorios si se encuentran en un intervalo de pH de 6 a 8, fuera de dicho intervalo podrían presentarse dificultades en las branquias produciendo una lesión aguda con disfunción respiratoria y muerte, además en ocasiones se visualizan daños sobre la piel, aletas y córnea, así también se observan efecto a largo plazo en la fisiología y bajo crecimiento de los peces sobrevivientes (FAO, 2017).

#### 2.2.1.5 Nitratos

Nitrato y nitrito son compuestos solubles que contienen nitrógeno y oxígeno. En el ambiente nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) generalmente se convierte a nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Los niveles naturales de nitrato-N varían de cero a cerca de 4 mg/L. Su presencia proviene de la disolución de rocas y minerales, de la descomposición de materias vegetales y animales y de efluentes industriales, además de los arrastres por lavado de tierras agrícolas y de la aplicación de fertilizantes nitrogenados y plaguicidas. En piscicultura, los compuestos nitrogenados tienen carácter tóxico, se originan como productos del metabolismo de los organismos liberados durante la descomposición bacteriana sobre la materia orgánica animal o vegetal (Brenes, *et al* 2011 y Jiménez *et al.* 2012).

#### 2.2.1.6 Fosfatos

El fósforo puede encontrarse en forma mineral o compuestos orgánicos, comúnmente fosfato (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>). Es un componente importante en el sistema óseo de los seres vivos, en harina de huesos el porcentaje de fósforo es del 22-25%, en un cuerpo de agua permite la formación de biomasa vegetal, la cual requiere un aumento de la demanda biológica de oxígeno para su oxidación aerobia, además de los procesos de eutrofización y consecuentemente crecimiento

excesivo de la flora acuática, la cual invade la superficie de ríos, lagos y estanques, afectando la calidad del agua, dificultan el desarrollo, alimentación y captura de las especies piscícolas (Camacho *et al* 2009).

#### 2.2.1.7 Temperatura

La temperatura está determinada por la cantidad de energía calórica que es absorbida por un cuerpo de agua. La temperatura afecta la solubilidad del oxígeno en el agua, en cerca de un 40%, a mayor temperatura menor solubilidad y viceversa. Un cuerpo de agua que posee 14.6 mg/L de oxígeno a 0°C puede bajar su concentración a 6.4 mg/L a 40°C.

Para el desarrollo de especies acuáticas tropicales, la temperatura óptima, esta entre 28 y 32 °C aunque toleran variaciones de 5 °C, con variaciones mayores los peces reducen su actividad metabólica (Scott *et al.* 2013)

#### 2.2.1.8 Turbidez

El grado de turbidez varía de acuerdo a la naturaleza, tamaño y cantidad de partículas suspendidas, la turbidez causada por la suspensión de arcilla, actúa como filtro de los rayos solares, afecta la actividad fotosintética y su producción de oxígeno, limita la habilidad de los peces para localizar y capturar alimento y por consiguiente éste irá al fondo del agua incrementando la materia orgánica en descomposición (MARN, 2019).

#### 2.2.1.9 Sólidos totales

Los sólidos disueltos totales (SDT) comprenden los términos: Sólidos totales, sólidos suspendidos, y sólidos disueltos. Los SDT son una medida de la materia en una muestra de agua, más pequeñas de 2 micrones (2 millonésimas de un metro) y no pueden ser removidos por un filtro tradicional, (Lanza, *et al.* 1999); son básicamente la suma de todos los minerales, metales, y sales disueltas en el agua, la medida de este parámetro es un buen indicador de la calidad del agua. Una alta concentración de Sólidos Totales indica la presencia de contaminantes dañinos, como hierro, manganeso, sulfato, bromuros y arsénico (Sigler y Bauder *sf.*).

#### 2.2.1.10 Salinidad y Conductividad

Tanto la salinidad como la conductividad eléctrica corresponden a la concentración de todos los iones disueltos en el agua, especialmente el contenido de cloruros, cuanto mayor sea la

concentración salina, mayor será la conductividad eléctrica. En períodos secos hay un aumento significativo de la salinidad, en especies de agua dulce, el principal problema de las altas concentraciones salinas es la pérdida de agua a través de las células de la piel y branquias, en consecuencia, el tamaño de las gónadas de los peces se reduce considerablemente (Palleiro, 2011).

#### 2.2.1.11 Alcalinidad total y Dureza total

La alcalinidad corresponde a la concentración total de bases en el agua, expresada en mg/L de carbonato de calcio equivalente, representado por iones de carbonato y bicarbonato. La dureza total se define como la concentración de iones, básicamente Calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) y Magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) expresada en mg/L de carbonato de calcio equivalente. Se considera que el agua es blanda, si la concentración de iones se encuentra de 0 – 75 mg/L; moderadamente dura si está entre 75 – 150 mg/L; dura si se encuentra entre 150 – 300 mg/L, y muy dura si la concentración de iones es mayor a 300 mg/L (Jiménez *et al.* 2012).

#### 2.2.2 Fuente de contaminación del agua

Los principales contaminantes del agua incluyen bacterias, virus, parásitos, fertilizantes, pesticidas, fármacos, nitratos, fosfatos, plásticos, desechos fecales y hasta sustancias radiactivas. Estos elementos no siempre tiñen el agua, haciendo que la contaminación hídrica resulte invisible. La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el agua contaminada como aquella cuya "composición haya sido modificada de modo que no reúna las condiciones para el uso que se le hubiera destinado en su estado natural" (Jaime, 2008).

Las causas de la contaminación de los recursos hídricos superficiales están ligadas al desarrollo de las regiones, asentamientos urbanos, la industria y agricultura, aunado a la falta de sistemas de tratamiento de aguas residuales, aumentando en forma crítica la sustentabilidad de este recurso. Para comprender esta situación, debe conocerse cada causa y así ofrecer alternativas viables, reduciendo el impacto ambiental que estas generan (MARN, s.f).

#### 2.2.2.1 Contaminación agrícola

El uso del agua para fines agrícolas es un tema central en cualquier debate sobre los recursos hídricos y la seguridad alimentaria. En promedio, la agricultura ocupa el 70% del agua que se extrae en el mundo (Banco Mundial, 2021). Las actividades agrícolas aportan al ambiente

sustancias producto de la aplicación de herbicidas, insecticidas y fertilizantes, principalmente fosfatos y nitratos.

Las actividades agrícolas también impulsan la erosión, que finalmente llega a los ríos y lagos, reduciendo su capacidad para almacenar agua. Por último, el retorno del agua de riego origina salinización de los recursos hídricos lo cual afecta significativamente el equilibrio medioambiental (FAO, 2019).

#### 2.2.2.2 Contaminación de origen doméstico

Los productos domésticos se dividen en seis grandes categorías: productos de limpieza para el hogar, pinturas y solventes, cuidado de jardinería, productos automotrices, productos químicos para piscinas, productos de salud y belleza.

Cuando estos elementos se arrojan por el desagüe, a menudo se envían sin procesar directamente a las aguas cercanas. Estos a menudo incluyen medicamentos, perfumes y otros productos químicos perjudiciales para la vida acuática y para la calidad del agua. Las fragancias son halladas a menudo en el tejido de los peces. Las aguas residuales tienen un efecto igualmente de perjudicial, en que a menudo se envían al agua no tratada debido a una falta de regulación o mal funcionamiento de las instalaciones de tratamiento (OMS, 2016).

#### 2.2.2.3 Contaminación industrial

Hay una amplia gama de compuestos industriales que pueden ser liberados al medio ambiente. Muchos de estos causan problemas en la salud, tales como los disolventes clorados, hidrocarburos de petróleo, incluidos los hidrocarburos poli aromáticos y el combustible oxigenado de éter de metilo butilo terciario, y los plastificantes/bisfenoles resinas, adipatos y ftalatos (Gil *et al.* 2012) en El Salvador el 60% de la industria realiza descargas de contaminantes, que no han tenido un tratamiento adecuado para disminuir las sustancias dañinas, muchas fábricas se encuentran instaladas en lugares no adecuados o funcionan sin las medidas apropiadas para eliminar sus desechos, a pesar de que la industria usa menos agua que la agricultura, la contamina mucho más, usando en algunos casos, cianuros, fenoles, plomo, cobre, mercurio y zinc todas ellas son sustancias tóxicas (CESTA, 2011).

#### 2.2.2.4 Contaminación pluvial

Se da por la liberación de residuos y contaminantes que drenan a las escorrentías y luego son transportados hacia ríos, penetrando en aguas subterráneas o descargando en lagos o mares.

Por derrames o descargas de aguas residuales, eutrofización o descarga de basura. Esta contaminación se genera fundamentalmente en la superficie de las cuencas, en los aportes de las aguas residuales en tiempo seco y en la movilización de la carga de sedimentos depositados (García *et al.* 2012).

### **2.3 Marco regulatorio en materia ambiental en El Salvador**

En El Salvador, el medio ambiente está tutelado desde la perspectiva constitucional, la Constitución de la República de El Salvador en su artículo 117, dispone que “es deber del Estado proteger los recursos naturales, así como la diversidad e integridad del medio ambiente para garantizar el desarrollo sostenible” y declara de interés social la protección, conservación, aprovechamiento racional y restauración de los recursos naturales para lo cual se crean las leyes y normas: Ley del Medio Ambiente; Normativas de la pesca y la acuicultura, y Normas de agua para fines recreativos, de consumo y riego (CSJ, 2019).

#### **2.3.1 Ley del Medio Ambiente**

Se crea mediante Decreto Legislativo No. 233, de fecha 2 de marzo de 1998, publicada en el Diario Oficial No. 79, Tomo No. 339 del 4 de mayo del mismo año. En su Art. 49 establece: “El Ministerio será responsable de supervisar la disponibilidad y calidad del agua”; así mismo contempla que un reglamento especial contendrá las normas técnicas para tal efecto (MAG, 2012).

#### **2.3.2 Normativas de la pesca y la acuicultura**

Ley General de Ordenación y Promoción de Pesca y Acuicultura y su Reglamento, 2007, tiene por objeto, regular la ordenación y promoción de las actividades de pesca y acuicultura asegurando la conservación y el desarrollo sostenible de los recursos hidrobiológicos (FISDL, 2019).

#### **2.3.3 Normas Salvadoreñas Obligatorias**

Las normas: NSO 13.07.01:08 (para agua potable) y NSO 13.49.01:09 (para descarga de agua a un cuerpo receptor), tienen por objeto establecer las características y valores fisicoquímicos y microbiológicos máximos permisibles en aguas con fines de consumo humano, riego, desarrollo de actividades recreativas desarrollo de especies acuícolas y descargas controladas a los cuerpos de agua de El Salvador (CONACYT, 2009).

## 2.4 Parásitos helmintos

Los helmintos son organismos multicelulares que por lo general se observan a simple vista cuando son adultos. Al igual que los protozoos, los helmintos pueden ser de vida libre o de naturaleza parasitaria (Jiménez *et al.* 2004). Actualmente se conocen cerca de 100 parasitosis del hombre que son transmitidas por los peces, en su mayoría causadas por trematodos, cestodos y nematodos, lo que representa un problema de salud pública (Garrido Olvera *et al.* 2020). Existen tres grupos importantes de helmintos (helminto deriva de la palabra griega para “gusano”): gusanos planos (Platelmintos): incluyen los trematodos (duelas) y cestodos (tenias); mientras que los gusanos de cabeza espinosa (acantocéfalos). Las formas adultas de estos gusanos residen en el tracto gastrointestinal. Se cree que los acantocéfalos son una forma intermedia entre los cestodos y los nematodos o gusanos cilíndricos (Oliveira *et al.* 2020).

### 2.4.1 Platelminetos.

Los platelmintos están separados o clasificados en cuatro clases: cestodos, trematodos, turbelarios y monogeneos. Las clases monogenea, cestoda y turbellaria carecen de cabeza y pueden vivir libremente en escenarios marinos, acuáticos o terrestres (Esquivel, 2016). Los monogeneos son parásitos de animales como peces y anfibios y los cestodos y trematodos suelen hallarse en muchos mamíferos (Madrid *et al.* 2012).

Algunos trematodos parásitos del humano como: *Ascocotyle* (Longa) se ubica en intestino y se trasmite por consumo de peces del género *Centropomus* (robalito / robalo de aleta amarilla), *Cyprinus carpio* (carpa común). Otro trematodo que afecta el humano es *Clinostomum complanatum* se ubica en garganta y ojos, se adquiere por el consumo inapropiado de *Cichlasoma urophthalmum* (Mojarra) y *Dormitator maculatus* (Dormilón Gordo) (Goater *et al.* 2014).

Entre los cestodos más importantes para la salud pública se encuentran *Lígula intestinalis*, habita en aguas duces, es parásito secundario de *Chirostoma attenuatum* (pez charal prieto) y *Goodea atripinnis* (pez tiro) como hospedero definitivo el que se aloja en el estómago de los mamíferos piscívoras, entre ellos el humano (Bray *et al.* 2008).

### 2.4.2 Acantocéfalos

Los acantocéfalos constituyen un grupo monofilético de helmintos exclusivamente parásitos. Presentan una probóscide espinosa en el extremo anterior a la que le deben su nombre (del griego acantha: espina y kephale: cabeza) mediante la cual se fijan a los tejidos de su

hospedador. Son endoparásitos obligados del intestino de vertebrados y presentan un ciclo de vida heteroxeno, con al menos un hospedador intermediario artrópodo en el cual se desarrollan sus estadios larvales (Drago, 2017).

Este grupo comprenden aproximadamente 1200 especies, que generalmente miden unos pocos milímetros de longitud, aunque algunas pueden sobrepasar los 60 cm, tal es el caso del parásito del cerdo *Macracanthorhynchus hirudinaceus*. En humanos se han registrado casos de acantocefaliosis en niños de áreas rurales que ingieren escarabajos parasitados de modo accidental (García, *et al.* 2013), también se encontraron casos de acantocefaliosis en intestino humano provocado por *Corynosoma strumosum* debido al consumo de *Paralichthys californicus* (Lenguado) (Rojas Sánchez *et al* 2014).

#### 2.4.3 Nematodos

Los Nematodos son un grupo de gusanos cilíndricos taxonómica, ecológica y geográficamente muy diverso; en la actualidad se conocen aproximadamente 25.000 especies. Tienen un amplio rango de adaptaciones ecológicas, la mayoría de las especies son de vida libre y están presentes en hábitats tanto terrestres como acuáticos (marinos y de agua dulce), también se registraron especies parásitas de plantas (fitoparásitos) y de animales (invertebrados y vertebrados) (Quiroz, 2005).

La familia *Anisakidae* comprende a gusanos parásitos que en su ciclo vital dependen exclusivamente del medio acuático, e involucran hospedadores intermediarios (como seres pequeños invertebrados acuáticos y peces) y hospedadores definitivos (ballenas, delfines, lobos marinos y aves que comen peces) (Ramallo, 2019).

### 2.5 Carga parasitaria

En la parasitología tradicional existen dos formas de cuantificar una infección parasitaria en una población: la Prevalencia, que consiste el análisis de datos cualitativos de presencia y ausencia de especies de helmintos en los hospederos, y la Intensidad media con la cual se puede cuantificar una infección mediante el conteo total de parásitos en los hospederos dividido entre el número de hospederos parasitados (Estrada, 2013), mientras que la Carga Parasitaria se define como el número de parásitos que albergan los hospedadores, puede variar en función del hábito y el hábitat que puede contribuir en adquirir una gran diversidad y abundancia de helmintos, también es posible que existan diferencias entre las cargas

parasitarias de individuos juveniles y adultos por la cantidad y calidad de alimento consumido (Flores, 2012).

Al ser imposible estimar el número total de helmintos en un organismo vivo, éste se puede inferir utilizando la metodología de conteo de huevos por gramo de heces (HPG o EPG por sus siglas en inglés) utilizando la Cámara Mc Máster. La estimación se basa en la dilución de una cantidad determinada de heces en una solución de flotabilidad, tras lo cual al llevarse a la cámara permite contar los huevos que flotan (Sandoval *et al.* 2011).

## **2.6 Asociación parasitaria**

El parasitismo es un tipo de asociación biológica entre organismos de diferentes especies, en las que uno de ellos (el parásito) obtiene beneficio de esta relación y vive a expensas del otro (hospedador o huésped), causándole daño generalmente, mediante este tipo de relación, el parásito amplía su capacidad de supervivencia utilizando a otras especies para que cubran sus necesidades básicas y vitales, que no tienen por qué ser necesariamente cuestiones nutricionales (Pardo y Buitrago, 2005).

Existen diferentes causas de enfermedad que pueden afectar a los peces directamente o provocar continuos problemas de salud. Básicamente, cualquier factor que cause estrés o dificultades a los peces disminuye su resistencia a las enfermedades y aumenta la probabilidad de que se presenten problemas sanitarios. Las tres causas principales son: una alimentación inadecuada, estrés por exposición a productos tóxicos y ataque de organismos patógenos (León, 2007).

El conocimiento del parasitismo por helmintos es una información que más allá de los registros taxonómicos puede resultar una herramienta útil para resolver problemas atinentes a la biología pesquera (Pardo y Buitrago, 2005).

## **2.7 Ictiofauna en Embalse Cerrón Grande**

Según registros proporcionados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), las especies de peces introducidas al territorio salvadoreño han sido las: tilapias (*Oreochromis* spp.) entre 1962 y 2005; carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*); carpa cabezona (*Aristichthys nobilis*), carpa común (*Cyprinus carpio*) en 1962 y 1978; lobina negra (*Micropterus salmoides*) en 1962; guapote tigre (*Parachromis managuense*) en 1962 y camarón de agua dulce (*Macrobrachium rosenbergii*) en 1979 (FAO, 2017).

Para el año 2014, se reporta la identificación de 17 especies de peces en el Embalse Cerrón grande, en 2019 se registró un total de 19 especies acuícolas (MARN, 2018).

Las condiciones ambientales varían en los medios acuáticos según la zona y ecosistema involucrado (Jiménez y Mármol, 2004). En el Embalse, el OD presenta variaciones superficiales entre 4.0 a 9.0 mg/L en promedio, las concentraciones pueden descender a valores promedio menores de 2.0 mg/L a una profundidad de 10 m (Jiménez *et al* 2004), estas concentraciones se observan en zonas donde existe una importante presencia de cianofíceas y micro algas. Un registro nocturno en el área de Santa Bárbara reflejó un valor de 4.0 mg/L y otro antes de la salida del sol registró 5.06 mg/L, en febrero de 2013 reflejando que no existe descenso de los valores de OD en diferentes horas del día (ISCOS, 2017); sin embargo, la proliferación de cianofíceas y micro algas reduce la penetración de luz, posiblemente 15 cm o menos, debido a esto el pH se eleva hasta valores superiores a 9.5 en zonas del embalse donde se encuentran altas concentraciones de cianofíceas, contrario a zonas cercanas a ríos, donde las algas no proliferan y este parámetro se acerca a un pH neutro (Alegría, 2019).

#### 2.7.1 Tilapia (*Oreochromis* spp.)

Generalmente, se desarrolla en las zonas tropicales y subtropicales, actualmente existen cerca de 70 tipos y más de 100 híbridos alrededor del mundo. Este pez presenta muchos atributos adecuados para su domesticación, cría y consumo, entre ellos se incluyen: buena calidad y sabor de carne, tolerancia a distintos entornos, resistencia a enfermedades y fácil reproducción en cautividad (Candray y Ríos, 2006).

Según INTAGRI, 2020. Los parámetros fisicoquímicos del agua, influyen de manera significativa en el desarrollo de la tapia: la temperatura retarda o acelera su actividad biológica, el rango óptimo es de 28-32°C, cuando disminuye a 15°C los peces dejan de comer, las temperaturas letales se ubican entre los 10 y 11°C., cuando la temperatura es mayor a 30°C los peces requieren más oxígeno; la salinidad es otro parámetro de importancia, *O. niloticus* puede vivir, crecer y reproducirse a una salinidad de 24 partes por trillón, arriba de este valor podría ser letal para esta especie.

#### 2.7.2 Guapote tigre (*Parachromis managuensis*)

Puede encontrarse en aguas lentas o estancadas, habita en ríos y lagos, prefiriendo las aguas con fondos fangosos, troncos, rocas y mucha vegetación, alcanza alrededor de 45-55 cm de longitud, cuerpo elíptico, comprimido lateralmente y con una aleta caudal redondeada, además

cuentan con una boca relativamente grande, labios carnosos y mandíbulas protractiles que les diferencian de otros cíclidos centroamericanos, esta especie es depredadora, geográficamente distribuida en las comunidades de agua dulce del Sur de México y América Central (Amador, 2014).

### 2.7.3 Mojarra (*Amphilophus macracanthus*)

Se encuentra en arroyos, ríos, lagos y canales, en agua clara a lodosa, dulce a salobre; corriente leve a fuerte, por lo general moderada; sustrato de lodo, limos rodados, troncos; vegetación de algas, con preferencias de profundidad hasta 2 m, se han capturado especímenes en sitios con 22.4 ppt de salinidad, temperatura entre 21 y 32°C, y 4 ppm de OD (ISCOS, 2017).

### 2.7.4 Abundancia poblacional

La importancia de conocer las poblaciones de peces radica en determinar cuál es la cantidad anual máxima que puede extraerse sin perjudicar la capacidad de la población de dar el rendimiento esperado o llevar una especie al extremo de la extinción (FAO, 2019). Las poblaciones de los peces pueden verse afectadas por cambios súbitos en los cuerpos de agua, se regulan naturalmente por depredadores, por la pesca para consumo humano y por la mortalidad a causa de las cargas parasitarias (MARN, 2018).

La cantidad total de peces presente en un cuerpo de agua puede determinarse en términos absolutos, es decir, peso total (3 millones de toneladas) o de número total (60 millones de peces) y en términos relativos, basado en las capturas por unidad de tiempo, este método da una estimación mínima, pues se supone que se capturan todos los peces que encuentra el arte, lo que no es probable (FAO, 1971), el método tiene su principal aplicación en artes arrastrados por el fondo. Los cálculos se hacen en función de la superficie; por ejemplo, con un arte de arrastre se hicieron 1 000 lances al azar en 258,999 km<sup>2</sup> del fondo habitado por una población, suponiendo que en cada lance se barrió 194 km<sup>2</sup> de fondo y que la captura media fue de 60 peces, al barrer 129 499 km<sup>2</sup> se capturaron 60 000 peces (60 peces × 1 000 lances). Así pues, en 258,999 km<sup>2</sup> el número estimado de peces es de  $60\,000 \times 100\,000/500 = 12 \times 106$  peces. (FAO, 1975).

### 2.7.5 Pesca

La pesca artesanal en el humedal Cerrón Grande se considera el rubro económico más importante, (aún mayor que la agricultura de subsistencia); empleando en la mayoría de casos embarcaciones artesanales (cayucos de madera o fibra de vidrio), aunque existen lanchas de fibra de vidrio de 7 metros de largo impulsadas por motores fuera de borda de 10 a 25 caballos de fuerza. Para el año 2003, se reportó la existencia de 23 comunidades pesqueras distribuidas a lo largo del embalse; quienes albergan un total de 1,184 pescadores registrados por CENDEPESCA, los cuales cuentan con 487 botes. La producción anual estimada por el Consejo Agropecuario Centro americano (CAC) es de 4,489,879 Kg, sin tomar en cuenta capturas realizadas a través de métodos no legales. La sumatoria de los volúmenes reportados por comunidad y método de pesca reflejo a la fecha 17,451 kilogramos. Todos estos volúmenes son anuales (OSPESCA, 2017).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción del estudio

La investigación se realizó en el Embalse Cerrón Grande, también conocido como Lago Suchitlán (Figura A-1), ubicado en las coordenadas Centro: 14°03' Lat. N. y 89°04' Long. O, límite Sur-occidental: 13° 58' Lat. N y 89° 13' Long. O, límite Nor-oriental: 13° 58' Lat. N. y 88° 2' Long. O. El área comprende una extensión aproximada de 13.5 km<sup>2</sup> de espejo de agua distribuidos en 14 municipios, entre los departamentos: Cuscatlán, Chalatenango, Cabañas y San Salvador (ISCOS, 2017).

El estudio se llevó a cabo en el período comprendido de noviembre de 2019 a febrero de 2020, en los sitios: Isla La Tumbilla (14.045866 Lat. N -89.075492 Long. O), Isla De Los Cabros (Lat. N. 14.049251 Long. O. -89.080810), Isla Los Cabritos (Lat. N. 14.066104 Long. O. -89.093976), caserío Los Tibios (Lat. N. 14.070614 Long. O. -89.098823) y Santa Bárbara (Lat. N. 14.070282 Long. O. -89.089917), para el estudio se tomaron tres especies de importancia comercial: Tilapia (*O. spp.*), Mojarra (*A. macrocanthus*) y Guapote tigre (*P. managuense*).

La investigación fue de carácter exploratorio, por lo que no requirió de un diseño estadístico complejo, el tamaño de la muestra en peces se calculó con el método de muestreo probabilístico, debido a que todos individuos de la población pueden formar parte de la muestra, para lo cual se hizo uso de la máxima variabilidad, con un nivel de confianza del 95%, P y Q igual a 0.5 mediante la expresión.

$$n = pq/E^2$$

$$n = (0.25) / [0.05]^2 = 100$$

Dónde: **n** = muestra; **E** = Error; **P** y **Q** = probabilidad de éxito en las capturas.

#### 3.2 Metodología de campo

##### 3.2.1 Pre muestreo de peces

Se realizó una prueba previa para establecer los sitios de muestreo, estimación de costos, variabilidad de la población y la determinación de especies de mayor importancia, verificando el método de muestreo seleccionado.

##### 3.2.2 Muestreo de peces

El muestreo de peces se realizó a partir de las 8 am en coordinación con pescadores a una profundidad de 3 a 5 metros, utilizando redes #5 (orificio de malla de 2.5 cm x 2.5 cm, para peces de 150 g), para lo cual se recorrieron los sitios en lancha con motor fuera de borda con

40 caballos de capacidad. Las muestreas recolectadas en total sumaron 140 peces; 56 *O. spp.*, 46 *A. macracanthus* y 38 *P. managuensis* (Figura A-8).

#### 3.2.2.1 Transporte de muestras de peces

Los peces recolectados se colocaron en bolsas transparentes de polipropileno de 5 lb, debidamente identificadas y colocadas en hieleras marca Coleman de 50 litros de capacidad, manteniendo una temperatura de más o menos 4 °C para ser transportadas al laboratorio de Zootecnia de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

#### 3.2.3 Muestreo de agua

El muestreo de agua para el análisis químico y microbiológico, se realizó a partir de las de 8 am (Cuadro A-2) a una profundidad de 30 cm, siguiendo la metodología propuesta por el laboratorio de Química Agrícola y el laboratorio de Investigación y Diagnostico del Departamento de Protección Vegetal respectivamente (Facultad de Ciencias Agronómicas, UES).

##### 3.2.3.1 Muestreo de agua para análisis químico

Se utilizaron frascos de polietileno de 1L de capacidad, limpios y secos, al tomar la muestra los frascos se ambientaron, enjuagándolos tres veces y posteriormente se llenaron hasta el cuello del recipiente, las muestras de agua se tomaron a 100 m del punto de anclaje de la red de pesca.

##### 3.2.3.2 Muestreo de agua para análisis microbiológico

La muestra se tomó en frasco estéril, de PVC con capacidad de 1 litro, sumergiendo el frasco en el agua con el cuello hacia abajo, para evitar contaminar la muestra con la capa superficial de nata o sedimentos al fondo del cuerpo de agua. El muestreo se hizo a una profundidad de 15 a 30 cm y a 100 metros del punto de anclaje de lanchas, posteriormente se colocó el tapón bajo el agua (Erroa y Alvarenga, 2018).

### 3.2.3.3 Medición de parámetros para análisis y determinar Índice de Calidad de Agua (ICA)

#### 3.2.3.3.1 Toma de parámetros *in Situ*.

Para el análisis del agua se midió *in situ* mediante la sonda multiparámetro marca YSI modelo: Profesional Plus, los parámetros: pH, Oxígeno Disuelto (OD), Conductividad Eléctrica (CE), Sólidos Disueltos Totales (SDT), salinidad y nitratos.

#### 3.2.3.3.2 Toma de parámetros en laboratorio.

Para determinar otros parámetros fisicoquímicos: DBO<sub>5</sub>, fosfatos, turbidez y microbiológicos: coliformes fecales y totales, se transportaron muestras de agua de cada sitio en hieleras marca Coleman de 50 litros de capacidad, manteniendo una temperatura de más o menos 4°C hasta el laboratorio de Química Agrícola y laboratorio de Investigación y Diagnóstico del Departamento de Protección Vegetal respectivamente, de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

### 3.2.4 Repeticiones

Para obtener mayor representatividad en el estudio que relaciona las cargas parasitarias con los parámetros fisicoquímicos, se realizaron 5 repeticiones en un intervalo de 15 días por sitio muestreado, los análisis fisicoquímicos y microbiológicos para determinar ICA, se realizaron en tres momentos: en el primero, tercero y quinto muestreo según cronograma de actividades propuesto.

## 3.3 Metodología de laboratorio

### 3.3.1 Necropsia de peces

Se realizó según Ortega, (2013).

El pez se colocó en la charola con la cabeza hacia la mano izquierda y con el vientre del pez de frente: se retiró el opérculo para exponer las branquias luego una incisión en la línea media en dirección caudo-craneal, iniciando desde el orificio anal dirigido hacia la comisura inferior del opérculo, y por último se realizó un corte que inicio desde el orificio anal con dirección dorso-craneal, pasando por la línea lateral hacia la comisura superior del opérculo permitiendo exponer los órganos internos para posteriormente extraerlos y observarlos con ayuda microscopio estereoscópico (Figuras A-14.A-15 y A-16).

#### 3.3.1.1 Detección de parásitos internos

Se realizó mediante la extracción de branquias, sistema digestivo e hígado, los cuales fueron observados por la técnica squash que consiste en colocarlas en medio de dos placas de vidrio para ser observadas en el estereoscopio, también se extrajeron los ojos y cortes de piel para ser observados en el estereoscopio colocando gotas de solución salina para conservar la humedad de la muestra (Magaro *et al.* s.f).

Los helmintos encontrados se lavaron en solución salina dejándolos reposar por 12 horas y posteriormente fueron colocados en viales con una dilución de alcohol al 70%, rotulado con la ubicación anatómica de donde procede, número de muestra, fecha de muestreo y punto de muestreo. Se tomaron fotografías de los especímenes y se identificaron, usando claves taxonómicas/pictográficas, se incluyó: género y especie (Nombre Científico), solamente género o únicamente la familia, luego fueron registrados en una hoja de control parasitario (González y Vidal, 2008).

#### 3.3.1.2 Reporte de los resultados

Los valores obtenidos de calidad de agua se reportaron por sitio y las cargas parasitarias por especie de parásito y hospedero.

### 3.4 Metodología estadística

Los datos se registraron en Excel (Office®) y se realizó un análisis multivariado, haciendo uso del software Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales SPSS® versión 25, con el objetivo de determinar el grado de relación entre las variables y parámetros en estudio.

#### 3.4.1. Variables en estudio.

##### 3.4.1.1 Calidad del agua

Se estimó haciendo uso de los Parámetros: coliformes totales, pH (en unidades de pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub> en mg/L), Nitratos (NO<sub>3</sub> en mg/L), Fosfatos (PO<sub>4</sub> en mg/L), cambio de la Temperatura (en °C), Turbidez, Sólidos disueltos totales (SDT en mg/L) siguiendo la metodología del SNET (2019), como se muestra en el Anexo 2.

##### 3.4.1.2 Cargas parasitarias.

Se analizó una muestra n=140 para las especies de peces *O. spp*, *P. managuensis* y *A. macracanthus* de la cual se obtuvo sub muestras de 56, 46 y 38 individuos respectivamente,

las cargas parasitarias se estimaron en función de las variables abundancia, intensidad media y prevalencia parasitaria donde:

$$\text{Abundancia} = \frac{\text{número de parásitos registrados en una muestra } n}{\text{numero de la muestra}}$$

$$\text{Intensidad media} = \frac{\text{número de individuos de una especie parásita}}{\text{hospedador individual infectado}}$$

$$\text{Prevalencia} = \frac{\text{hospedadores infectados por una especie de parásito en particular}}{\text{Numero total de hospedadores examinados}} \times 100$$

#### 3.4.1.3 Poblaciones de peces

Se estimaron las poblaciones relativas de peces en base a la unidad de esfuerzo y el área de pesca según la metodología propuesta por FAO, 1971 (Cuadro A-8 y Anexo 1).

#### 3.4.1.4 Relación entre calidad de agua y cargas parasitarias

Se determinó mediante el análisis de Correlación de Pearson el cual indica cuan asociados se encuentra dos variables entre sí, en este caso calidad de agua y carga parasitaria (Cuadro A-7).

#### 3.4.1.5 Calidad de agua y poblaciones de peces

Se determinó por medio del análisis de correlación de Pearson el cual indica cuan asociados se encuentran dos variables entre sí, en este caso calidad de agua y población de peces (Cuadro A-11).

#### 3.4.1.6 Asociación parasitaria.

Se obtuvo por medio del análisis de los datos de prevalencia, abundancia e intensidad media, realizado para cada especie de pez en estudio.

## 4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para la organización, procesamiento y análisis de los datos obtenidos en la investigación, se aplicaron métodos estadísticos descriptivos e inferenciales, como se muestra a continuación:

### 4.1 Calidad del agua

#### 4.1.1 Análisis descriptivo.

El índice de calidad del agua ICA para los sitios: Cerro de la Tumbilla, Los Cabros, Los Cabritos, Los Tibios y Santa Bárbara, se encontraron en valores de: 74.9, 70.5, 73.3, 73.2 y 72 respectivamente (Figura 1), con un promedio general de 72.8 valor de ICA, clasificándolo como bueno según el SNET (2019), el valor más alto en calidad del agua se encontró el sitio Cerro de la Tumbilla, presentando un valor de 2.1% sobre el ICA promedio (Cuadro A-1), posiblemente ser el sitio más alejado de las comunidades que rodean el embalse, lo cual sugiere una ventaja sobre los demás sitios evaluados. Según el MARN (2017), en el periodo de enero a mayo de 2017, se reportó un ICA mínimo de 39 y un máximo de 68 con clasificación de “malo” a “regular” en siete sitios del Embalse Cerrón Grande. Torres *et al.*, 2010, sugieren que los cuerpos de agua con índices de calidad mayor que 70 y menores de 90%, son aptos para el desarrollo vida acuática, piscicultura y riego, pero no para la potabilización de forma convencional, coincidiendo con las normas oficiales salvadoreñas: NSO 13.07.01:08 (MINSAL, 2009); NSO 13.49.01:09 (CONACYT, 2009); normativa mexicana PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017 (SEGOB, 2018) y el reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua superficiales No. 33903-MINAE-S de Costa Rica (MINAE, 2007).

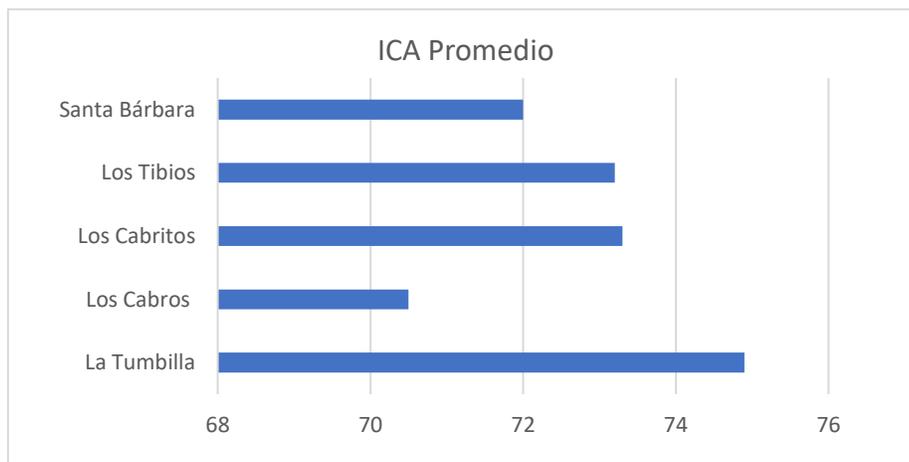


Figura 1 Índice de Calidad de Agua promedio  
UES, 10 de septiembre de 2021

La Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO<sub>5</sub>), se registró en valores de 1 a 15 mg/L (Figura 2), con promedio general de 7.8 mg/L; el sitio con menor valor fue el sitio 1 Cerro la Tumbilla, con una media de 6.14 mg/L; y el sitio 5 Santa Bárbara con la mayor DBO<sub>5</sub> 9.39 mg/L, posiblemente se deba a que el sitio presentó una gran cantidad de algas verdes y materia orgánica suspendida en el agua con una densidad evidentemente alta como se puede ver en la figura A-22. Según PRISMA, (2011) en los meses de agosto a noviembre se registra una invasión recurrente de algas verdes Jacinto acuático en el embalse Cerrón Grande, estas especies en ausencia de luz son consumidoras de oxígeno y al morir aportan gran cantidad de materia orgánica que es descompuesta por los microorganismos los cuales para su desarrollo también consumen el oxígeno disuelto en agua.

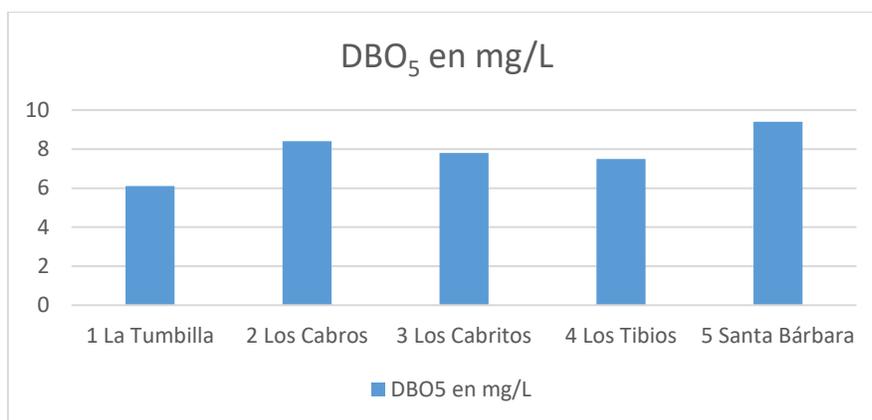


Figura 2 Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días DBO<sub>5</sub>.  
Valor promedio por sitio de muestreo. UES, 10 de septiembre de 2021

Los sólidos totales disueltos STD oscilaron en valores de 10 a 285 mg/L, en un promedio de 162.2 mg/L, por sitio. el valor más alto lo presento el sitio Cerro de la Tumbilla con 213.9 mg/L (Figura 3); mientras que el sitio Santa Bárbara presentó un valor de 127,5 mg/L, esto podría deberse al material parental, a la compasión y dilución de las rocas debido a la fluctuación en el nivel del agua considerando que los sitios La Tumbilla y Los cabros son más expuestos a estas variaciones. (PRISMA, 2011). Según las normas salvadoreñas oficiales: NSO 13.49.01:08 y NSO 13.49.01:09, el valor máximo permisible para este parámetro es 10 mg/L, si su uso es con fines de potabilización y menor a 60 mg/L si se usara con fines de riego; sin embargo, en la Norma oficial mexicana PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017 (SEGOB, 2018), considera que las aguas con SDT con un valor mayor a 20 mg/L deberían usarse únicamente

para el desarrollo de especies acuícolas por su alto contenido de residuos de material orgánico y microbiológico.

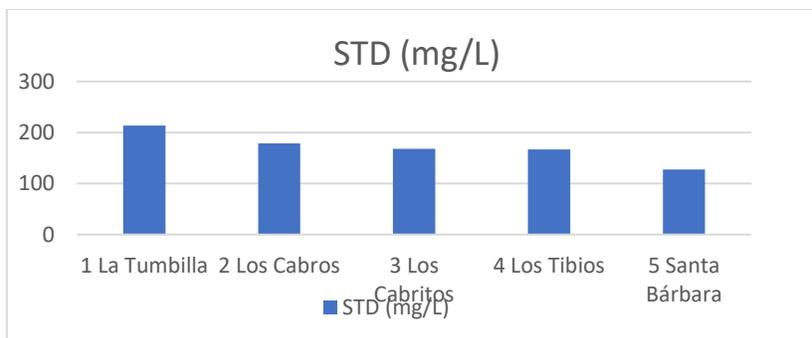


Figura 3 Solidos Totales Disueltos (STD)

Valor promedio por sitio de muestreo. UES, 10 de septiembre de 2021

En promedio el pH registrado durante el muestreo fue de 8.43 (Cuadro A-1), la oscilación de este parámetro para los cinco sitios se encontró con un valor de 7 a 9, (Figura 4) considerado como neutro a moderadamente alcalino, durante los muestreos el sitio registrado con el pH más bajo fue Isla de Los Cabros, mientras que los valores más altos se registraron en los sitios La Tumbilla y Santa Bárbara con pH de 8.3 y 8.6 respectivamente (Figura 4), esto posiblemente se deba a la correlación entre pH, conductividad eléctrica y Sólidos Totales Disueltos, los cuales son indicadores de contaminantes físicos de origen mineral a causa de la erosión propia de fluctuación de las aguas en los sitios evaluados (MARN, 2019). El valor del pH en agua es de importancia para la piscicultura, este parámetro es responsable de la inactivación de los parásitos helmintos, cuando este se encuentra en un valor superior a 9; pero también inactiva de los espermatozoides de las especies de fecundación externa (Maya *et al.* 2012).

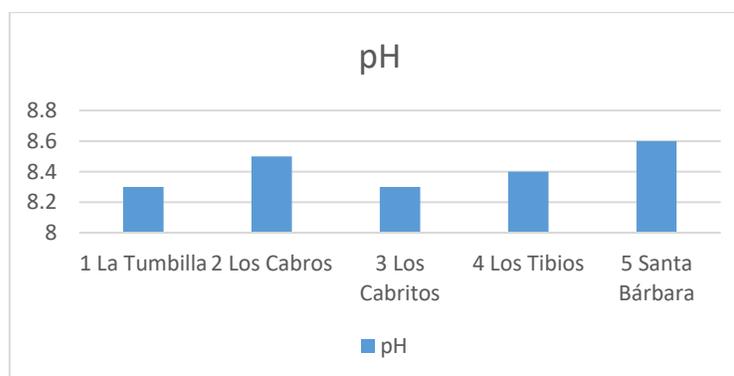


Figura 4 pH del valor promedio por sitio de muestreo

UES, 10 de septiembre de 2021

El valor promedio de OD en agua para los cinco sitios fue de 9.78 mg/L cómo se observa en la Figura 5, el valor más alto, se registró en el sitio Santa Bárbara, con 10.67 mg/L posiblemente por ser un sitio cercano las corrientes principales de agua que abastecen el Embalse, lo cual está relacionado la dilución del oxígeno Calderer, (2001).

Al realizar un análisis correlacional para los parámetros OD y Cargas parasitarias (Cuadro A-7) no se encontró una relación significativa entre estas variables, por lo cual podría decirse que, para los sitios en estudio el parámetro OD no afecta las cargas parasitarias en las especies Tipia, Mojarra y Guapote Tigre.

En cuanto al uso del agua, la Organización Mundial de la Salud establece que el OD debe ser mayor a 6.5 mg/L en aguas con fines de potabilización y desarrollo de actividades domésticas OMS (2006), niveles más bajos podrían estar relacionados con la contaminación por aumentos en las descargas de desechos humanos, de animales e industria y el crecimiento de la flora acuática (algas y lirios acuático) (Calderer, 2001).

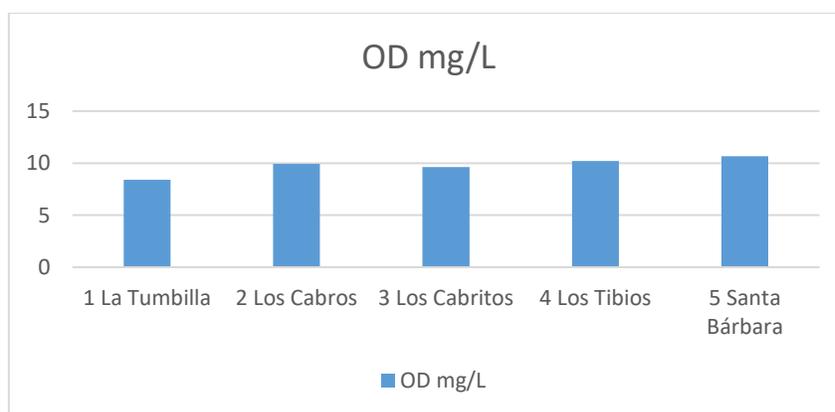


Figura 5 Oxígeno disuelto OD %

Valores promedio en Porcentaje de saturación. UES, 10 de septiembre de 2021

El valor promedio de los Coliformes fecales en NMP/100ml para el periodo de noviembre de 2019 a febrero de 2020 fue de 1.3 NMP/100ml en los sitios 1, 3 y 4 (Figura 6); mientras que en el sitio 2, su valor se encontró en 14 NMP/100ml, lo cual podría estar relacionado con la cercanía a la corriente principal del Rio Lempa y que este sitio es el más cercano al punto de descarga del rio Río Acelhuate (3.88 km de distancia), considerando que este cuerpo receptor recibe descargas de aguas grises de la zona metropolitana de San Salvador (MARN, 2011). Estos valores podrían considerarse bajos en comparación con los reflejados por el informe de la calidad de agua de los ríos de El Salvador (MARN, 2017), para ese año el agua del Embalse no cumplía con las características de calidad para potabilizarse por métodos convencionales

al encontrarse con valores fuera del rango máximo permitido para este uso, principalmente para el parámetro coliformes fecales, los cuales se registraron entre 2,400 a 92 millones de bacterias/100ml, siendo el máximo valor permitido de 2000 NMP/100ml y Fósforo en el rango de 0.26 a 8.9 mg/L, mientras su valor máximo deberá ser menor a 0.15 mg/L según las normas NSO 13.49.01:08 y NSO 13.49.01:09.

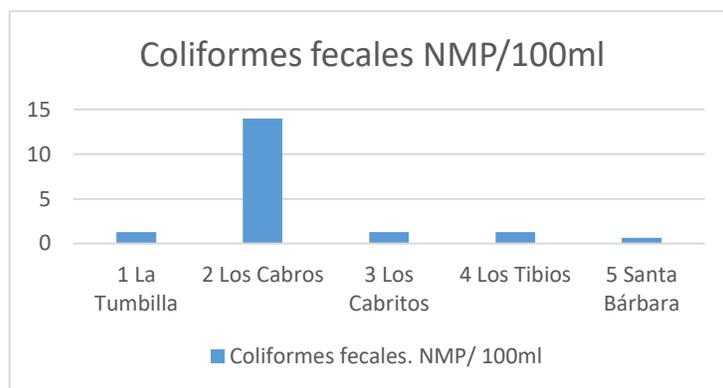


Figura 6 Coliformes fecales en NMP/100ml

Valores promedio por sitio de muestreo. UES, 10 de septiembre de 2021

#### 4.1.2 Análisis inferencial

Se demuestra estadísticamente (Cuadro A-3), con un nivel de confianza del 95% y un  $p > 0.05$ , que los sitios: Santa Bárbara, Los Tibios, Los Cabritos, Los Cabros y Cerro de la Tumbilla no presentaron diferencias significativas en calidad de agua, para los meses de noviembre de 2019 a febrero de 2020, por lo cual puede decirse que las características fisicoquímicas y microbiológicas de los sitios evaluados son semejantes en los cinco puntos de muestreo.

Mediante el análisis de correlación de Pearson (Cuadro A- 6), se observó que el ICA para los sitios en estudio: Santa Bárbara, Los Tibios, Los Cabritos, Los Cabros y Cerro de la Tumbilla, está determinado principalmente por los parámetros:  $DBO_5$  con un  $r = -0.911$  y una probabilidad de error de 0.00%; SDT con un  $r = -0.819$  y una probabilidad de error de 0.00% ambos con una correlación excelente, seguido de los parámetros físicos: pH con un  $r = -0.621$  y una probabilidad de error de 1.4 % y OD con un  $r = -0.573$  y una probabilidad de error de 2.6% con una correlación respectivamente buena, lo cual concuerda con Samboni *et al.* (2007), quienes describen los parámetros anteriores como los más relevantes para determinar el ICA.

## 4.2 Cargas parasitarias

### 4.2.1 Análisis descriptivo

Se analizó una muestra n=140 para las especies de peces *O. spp.*, *P. managuensis* y *A. macracanthus* (Cuadro 2) de la cual se obtuvo sub muestras de 56, 46 y 38 individuos respectivamente, los datos de carga parasitaria encontrados en las tres especies se presentan en términos de prevalencia, abundancia e intensidad media.

En cuanto cargas parasitarias por sitio, se encontró una prevalencia promedio de 36.4%, presentando la mayor carga parasitaria los peces provenientes del sitio Los Tibios con una prevalencia del 50 % y la menor el sitio La Tumbilla, con una prevalencia del 28% (Figura 7), lo cual es posiblemente bajo al compararla con los datos reportados por Panameño (2019), quien en un estudio similar reporta una prevalencia general de 65.38 % en 5 especies de peces del Embalse Cerrón Grande.

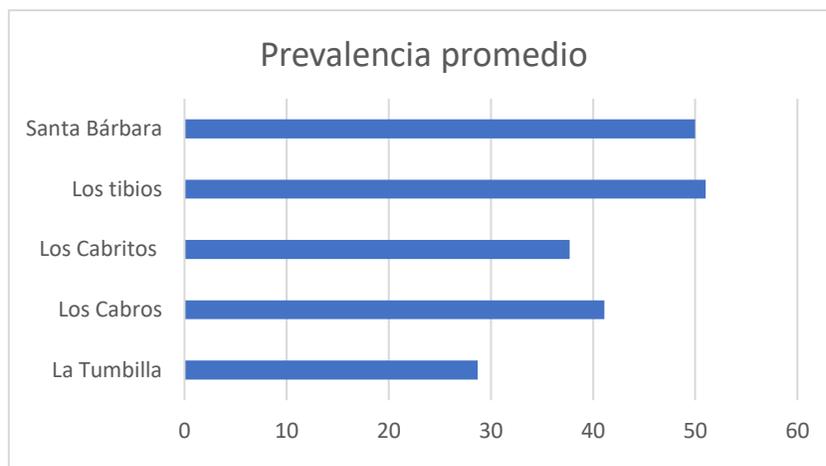


Figura 7 Prevalencia parasitaria.

Promedio para los sitios: Santa Bárbara, Los Tibios, Los Cabritos, Los Cabros y Cerro de la Tumbilla de noviembre de 2019 a febrero de 2020. UES, 10 de septiembre de 2021

### 4.4.2 Asociaciones parasitarias

Se registró la incidencia de tres helmintos ectoparásitos: *Clinostomum spp.*, encontrado en agallas de las especies: *O. spp.* y *P. Managuensis*; *Diplostomum spp.* con afinidad bien marcada por la región ocular de las tres especies de peces y *Gyrodactylus spp.*, encontrado en aletas y agallas de: *P. Managuensis* y *A. macracanthus*.

La prevalencia general por especie fue de 32.9%, como se muestra en el Cuadro 2, la mayor incidencia parasitaria se observó en la especie *A. macrocanthus*, de una muestra de 38 de peces se registró una prevalencia del 63.2%; de estas muestras, el 55.3% presentaron

diplostomiasis ocular y mientras que en el 7.9% se encontró *Gyrodactylus* spp, en aletas y agallas.

En un estudio similar, Andasol *et al.* (2014) encontraron una prevalencia de *Gyrodactylus* spp. en *Oreochromis niloticus* del 15%, mientras que Panameño, (2019), reportó una prevalencia general de 65.38 % en 5 especies de peces, y de 91.07%, 41.30% y 68.42% en: *A. macracanthus*, *P. managuensis* y *O. spp.* respectivamente, Cabrera (2019) determinó en *Oreochromis niloticus* una abundancia de 4 e intensidad media de 8 trematodos del género *Gyrodactylus*, sin embargo, difiere de los valores presentados en este estudio, al no encontrar asociaciones parasitarias de este tipo en *O. spp.*; en cambio, se reporta como abundancia e intensidad media general 0.94 y 2.35 especímenes por hospedero, según Lannacone, (2010) la baja riqueza parasitaria podría ser atribuida al periodo y duración del estudio, a las condiciones ambientales y al área donde se localizan y capturaran los peces.

Cuadro 2 Prevalencia, Intensidad media y Abundancia

Promedio de parásitos encontrados en: *O. spp.*, *P. managuensis* y *A. macracanthus*

Especie afectada	Muestra	Positivo	Parásitos		Prevalencia (%)		Abundancia	Intensidad media
			Especie /Órgano	Positivo	por parásito	Por especie afectada		
<b>O. spp.</b>	56	6	<i>Clinostomum</i> / Ag.	2	3.6	10.7	0.04	1
			<i>Diplostomum</i> / O.	4	7.1		0.1	5
<b>P. Managuensis</b>	46	16	<i>Clinostomum</i> / Ag.	6	13.1	34.8	0.13	1
			<i>Diplostomum</i> / O.	9	19.6		2.8	5.6
			<i>Gyrodactylus</i> / Al.; Ag.	1	2.2		0.02	1
<b>A. macrocanthus</b>	38	24	<i>Diplostomum</i> / O.	21	55.3	63.2	3.4	6.4
			<i>Gyrodactylus</i> / Al.; Ag.	3	7.9		0.1	1
<b>Total</b>	140	46	Promedio general.			<b>32.9</b>	<b>0.94</b>	<b>2.3</b>

Ag= agallas; Al = Aletas; O= Ojos. UES, 10 de septiembre de 2021

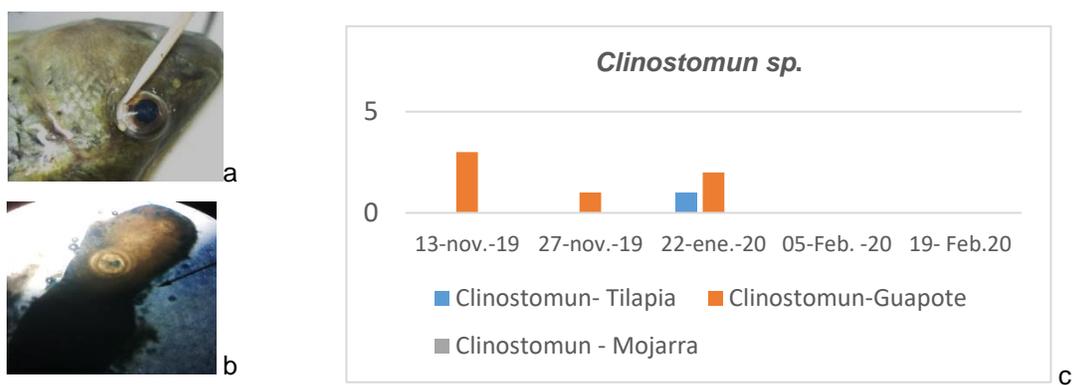


Figura 8 *Clinostomum* sp

a) Quiste b) Metacercaria, Hospedero: *P. managuensis* c) Promedio de parásitos por hospedero de noviembre de 2019 a febrero de 2020. UES, 10 de septiembre de 2021

En cuanto al período de muestreo y hospederos, *Clinostomun* sp. se registró en las especies: *O. spp.* y *P. managuensis*, en los meses de noviembre a enero, tal y como se muestra en la figura 8-c. Según Molina, (2017), el género *Clinostomum* pertenece a la familia *Clinostomidae*. Su ciclo de vida consta de dos hospederos intermedios y uno definitivo (Figura A-35), los huevos del parásito se incuban en el agua y el miracidio invade el pie de un caracol, abandonando este hospedero en estado de cercaria para enquistarse en el músculo del tejido conectivo de las especies de peces de agua dulce (Caffara *et al.* 2013), en la etapa de metacercaria presenta un color amarillo, miden entre 3 y 6 mm de largo, es común encontrarlas en las aletas caudal, dorsal y pectoral, el trematodo adulto se encuentra en la boca y el esófago de las garzas y otras aves piscívoras (Lemus *et al.* 2016).

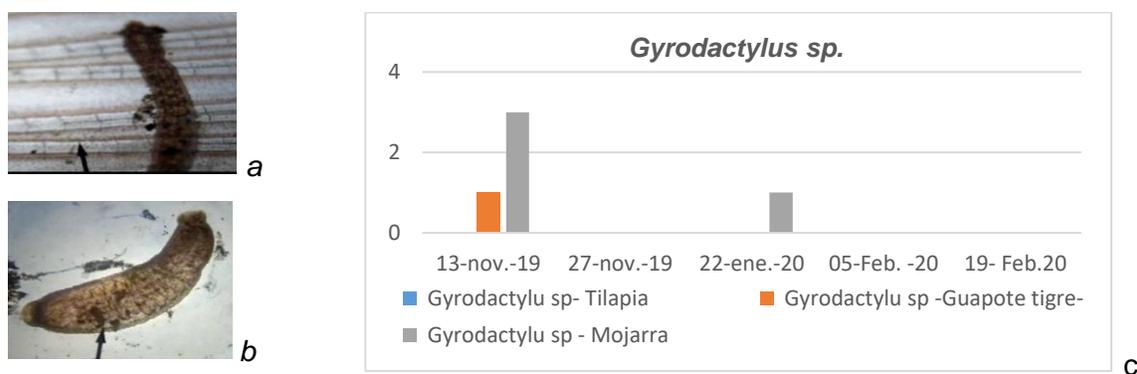


Figura 9 *Gyrodactylu* sp

a) *G. sp.* ubicado en aleta pectoral de *A. macracanthus* b) *G. sp.* observado en microscopio compuesto de campo claro con objetivo 10x. c) promedio de parásitos por hospedero. UES, 10 de septiembre de 2021

*Gyrodactylus* sp. se encontró principalmente en *A. macracanthus* y ocasionalmente en *P. managuensis* (Figura 9-c), en los meses de noviembre y enero.

Este helminto pertenece a la familia *Gyrodactylidae*, son trematodos vivíparos monogénicos, tienen un tamaño de 2 mm; es un gusano parásito de las branquias y se aferra a ellas mediante unos garfios, se alimentan de mucus, piel y sangre de los peces (Escobar, 2014). Los adultos contienen ya un embrión el cual se libera e infecta directamente a nuevos hospederos, los ciclos de vida de estos monogéneos son de 10 - 45 días y se acelera en ambientes tropicales (Salgado, sf).

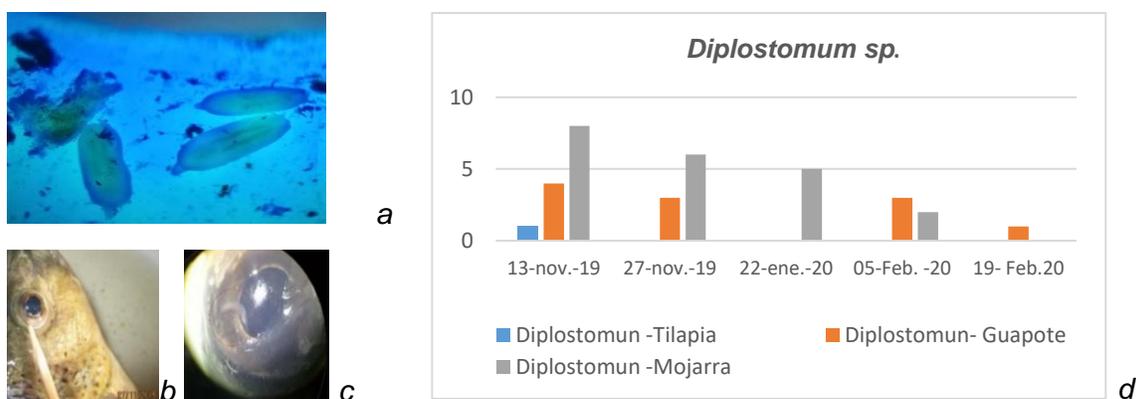


Figura 10 *Diplostomum* sp  
a) *D. spp.* observado microscopio compuesto objetivo 10x, b) *D. sp.*; metacercarias en región ocular de *P. managuensis*, c) *D. spp.* observado con microscopio estereoscópico d) Promedio de parásitos por hospedero en el periodo de noviembre de 2019 a febrero de 2020. UES, 10 de septiembre de 2021.

De la muestra de peces (n=140), 34 se registró parasitadas por *Diplostomum* sp. (Cuadro 2), lo que equivale a una prevalencia de 24.3%. Este helminto se encontró asociado a las tres especies de peces en estudio, con mayor presencia durante los meses de noviembre y diciembre y con una tendencia a la baja en los meses de enero y febrero.

*D. sp.*, es una de las especies más recurrentes en peces dulceacuícolas de climas tropicales, el género *Diplostomum* es de interés sobre todo por las pérdidas económicas producidas en piscicultura, los caracoles anfibios del género *Lymnaea* o *Galba* actúan como sus hospedadores intermediarios, los peces son segundos hospedadores y se infectan cuando las cercarias penetran por el tegumento, las branquias o los ojos, de los cuales realizan una rápida migración para transformarse después de 24 horas en metacercarias en el cristalino, afectando la vista de los peces y convirtiéndolos en presa fácil de las aves cerrando así el ciclo biológico de este parásito (Semenas, 1998).

Bajo condiciones naturales estos parásitos están casi siempre presentes en las poblaciones de peces, en un complejo y dinámico equilibrio con sus hospedadores, sin embargo, este equilibrio puede ser alterado por factores ambientales de origen humano o natural ya que el hombre modifica continuamente los factores bióticos y abióticos de las masas de aguas, ello hace que las condiciones naturales en las que viven los peces no sean tan ideales como se pretende (Lacasa, 1993).

#### 4.2.3 Análisis inferencial.

En cuanto a cargas parasitarias por sitio, se demuestra estadísticamente (Cuadro A-4), con un nivel de confianza del 95% y un  $p > 0.05$ , que las especies: *O. spp.*, *P. managuensis* y *A. macracanthus* no presentan diferencias significativas en cuanto a prevalencia parasitaria en los sitios: Santa Bárbara, Los Tibios, Los Cabritos, Los Cabros y Cerro de la Tumbilla.

### **4.3 Relación entre calidad del agua y cargas parasitarias**

#### 4.3.1 Análisis descriptivo

Al relacionar las variables: ICA y prevalencia parasitaria (Figura 11), se observa una tendencia en aumento para las cargas parasitarias en proporción directa a la calidad del agua.

Según Lacasa (1993), los parámetros físico-químicos tales como: temperatura del agua, turbidez, salinidad, oxígeno disuelto y pH, pueden incidir grandemente en el incremento o disminución de la fauna parasitaria, Samboni *et al* (2007) sugieren que las variables más importantes para clasificar el agua son: Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días ( $DBO_5$ ), Sólidos Totales Disueltos STD, pH y Oxígeno Disuelto en agua OD, por tanto, el ICA por sí solo no puede ser generalizado, ya que se podría terminar realizando juicios subjetivos, además bajo un solo indicador no se puede evaluar la dinámica de un sistema, por lo que es importante el estudio individual de cada una de estas variables.

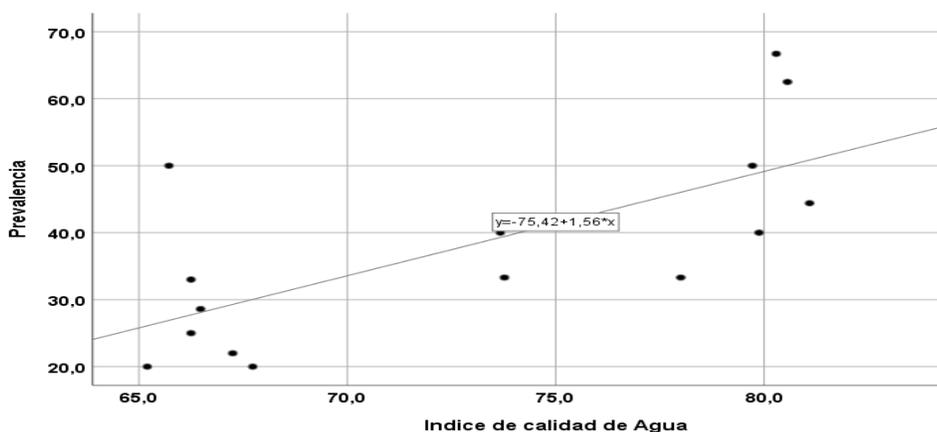


Figura 11 Efecto de la calidad del agua en las cargas parasitarias.

Muestra general n=140 de las especies de peces: *O. spp.*, *P. managuensis* y *A. macracanthus*, 56, 46 y 38 individuos respectivamente. UES, 10 de septiembre de 2021.

En la Figura 12, se presenta la interacción del parámetro DBO<sub>5</sub> y la prevalencia parasitaria, en la cual se observa relación inversa entre estas variables, sugiriendo que en sitios con alta DBO<sub>5</sub> existe una baja carga parasitaria.

Según Raffo y Ruiz (2014), un valor alto en el parámetro DBO<sub>5</sub> significa una carga igual de microorganismos encargados de la oxidación aeróbica de residuos orgánicos y una competencia por oxígeno con otros organismos, esto podría explicar cómo este parámetro afecta las poblaciones de parásitos helmintos en el de en el Embalse Cerrón Grande.

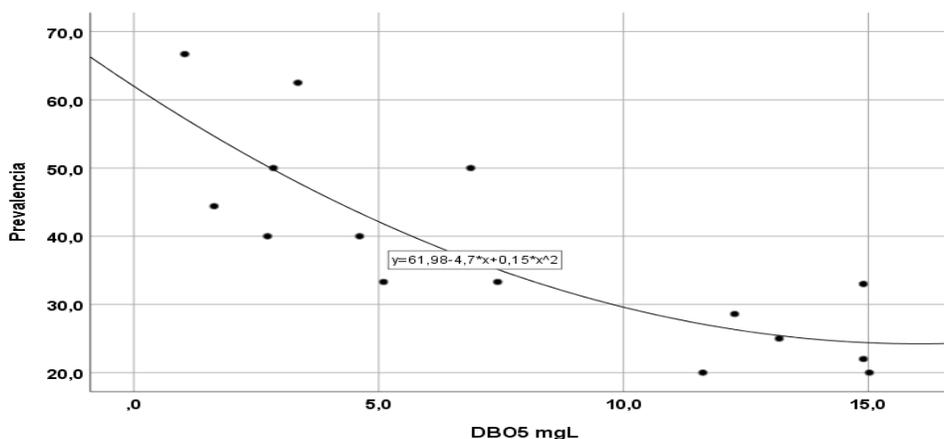


Figura 12 Efecto de la DBO<sub>5</sub> en las cargas parasitarias

UES, 10 de septiembre de 2021

#### 4.3.2 Análisis inferencial

Al evaluar la prevalencia parasitaria y el factor calidad del agua mediante de análisis de las varianzas (Cuadro A-5), se demuestra estadísticamente con un nivel de confianza del 95% y

un  $p < 0.05$ , que las cargas parasitarias presentan diferencias significativas cuando se da un cambio en calidad del agua.

#### 4.4 Calidad de agua y poblaciones de peces

##### 4.4.1 Análisis descriptivo

Se registró dos clasificaciones de agua (Figura 13); **Buena** con una ponderación de 71 a 84 y **regular** con un ICA de 64 a 70 (Cuadro A-9); para las poblaciones de peces: *O. spp.* (Tilapia), *P. managuensis* (Guapote) y *A. macracanthus* (Mojarra) se presentan datos estimados por unidad de esfuerzo por kilómetro cuadrado, como se observa en la Figura 13, las especies más abundantes fueron: *O. spp.* y *A. macracanthus* con un promedio poblacional de 89529.43 y 53813.78 especímenes respectivamente, estas dos especies se adaptan mejor a las condiciones presentadas en el embalse, lo cual concuerda con (OSPESCA, 2017) al sugerir que este cuerpo de agua es apto para el desarrollo de tilapia de forma controlada.

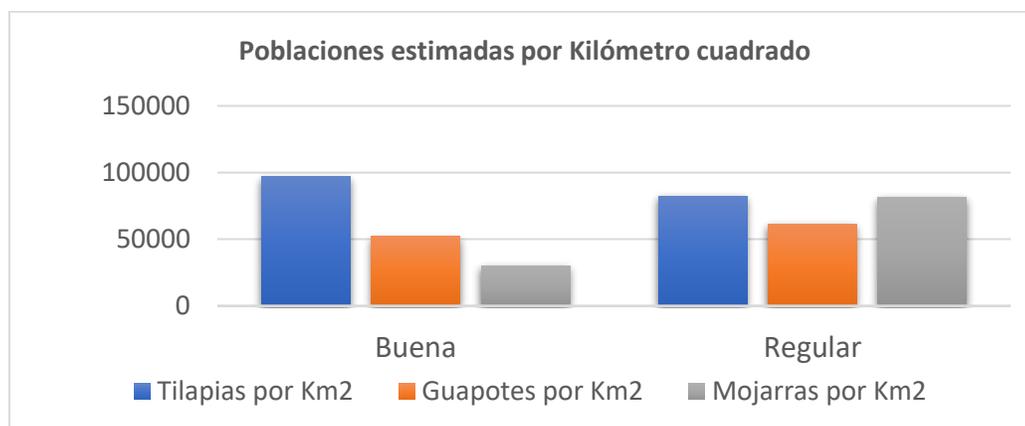


Figura 13 Calidad del agua y poblaciones de peces

UES, septiembre de 2021

Con relación a los sitios: La Tumbilla, Los Cabros, Los Cabritos, Los Tibios y Santa Bárbara (Figura 14, 15 y 16), se presentan diferentes condiciones para el desarrollo de las especies: *O. spp.*, *P. managuensis* y *A. macracanthus*, presentando las poblaciones más altas el sitio La Tumbilla. Según registros de OSPESCA (2017), para el período de 2004 -2005 se registró un incremento en las capturas principalmente de Guapote Tigre en 71.93%, y en Tilapia de 21.19%, siendo la especie Guapote Tigre la más abundante en el Embalse Cerrón Grande para esa fecha.

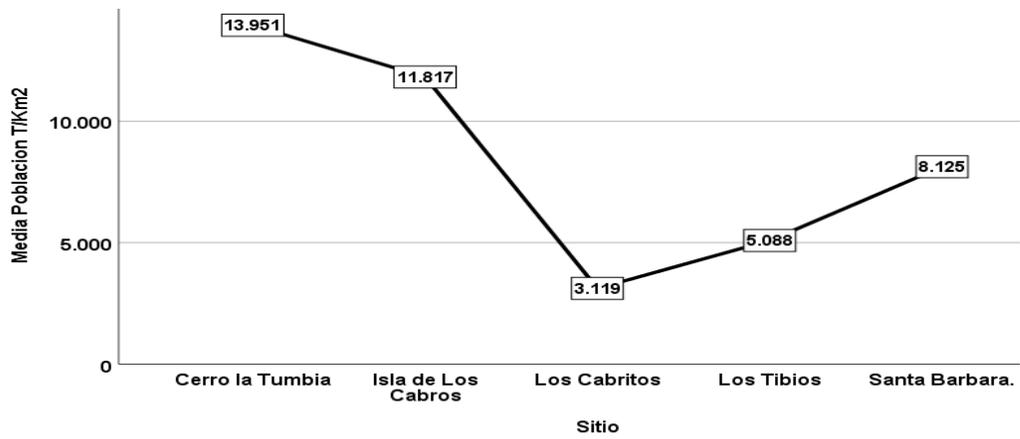


Figura 14 Población promedio de Tilapia

Estimada en base a unidad de esfuerzo por Kilómetro cuadrado de noviembre de 2019 a febrero de 2020 en cinco puntos del Embalse Cerrón Grande.

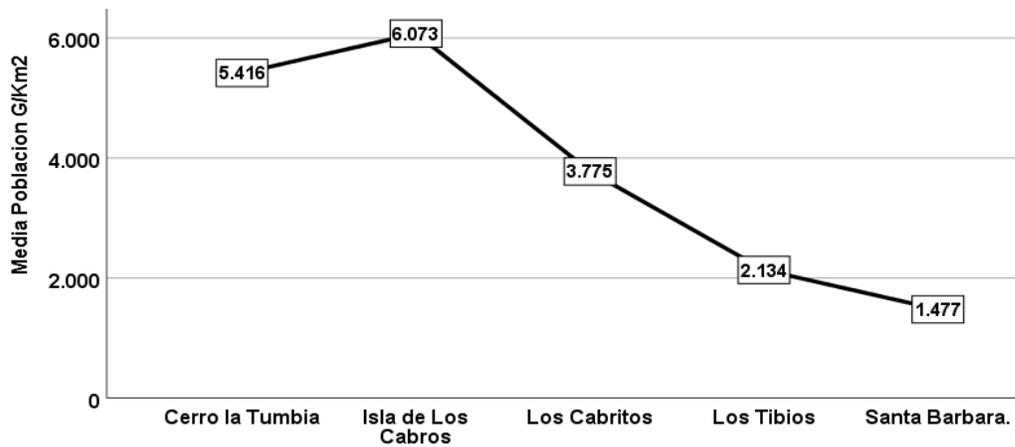


Figura 15 Población promedio de Guapote

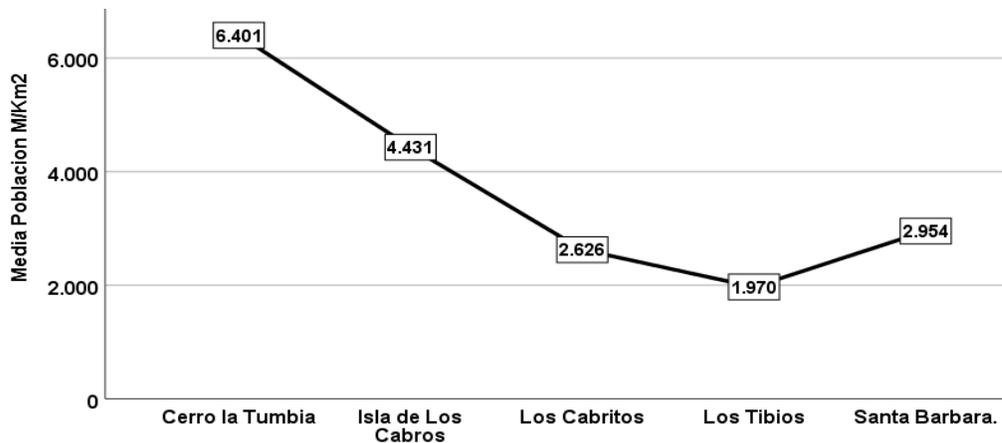


Figura 16 Población promedio de Mojarra

#### 4.4.2 Análisis inferencial

Mediante el análisis de varianza (Cuadro A-9), con un nivel de confianza del 95% y un  $p > 0.05$ , se puede decir que estadísticamente, las poblaciones de peces: *O. spp.* y *P. managuensis* no mostraron diferencias significativas cuando la calidad del agua cambió de **buena a regular**, sin embargo, Ortega y Vega (2013), consideran que los factores ambientales son determinantes para la reproducción y abundancia de las especies.

Según Tabares *et al.* (2005), la fauna acuática es muy sensible a los cambios físicos o químicos, la riqueza, diversidad y dominancia de las poblaciones de peces están relacionadas con los parámetros: dureza (mg/L), amonio (mg/L) y principalmente oxígeno, la composición iónica del medio, afecta la actividad flagelar en espermatozoides de peces dulceacuícolas de fecundación externa, Bistoni *et al.* (1999) consideran que la reproducción de los peces se puede ser afectada en aguas cuyo pH es inferior a 5.5, superior a 9 puede ser dañino para los huevecillos y los alevines (FAO 1971).

Al realizar el análisis de correlaciones (Cuadro A-11) para las variables: poblaciones de peces, ICA y los parámetros fisicoquímicos:  $DBO_5$ , SDT, pH, OD y microbiológico: coliformes fecales no se observan relaciones significativas entre variables.

## 5. CONCLUSIONES

Se concluyó que las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua están afectando negativamente las poblaciones de parásitos en peces del Embalse, de igual manera las cargas parasitarias disminuyen cuando la calidad del agua baja de categoría.

El Índice de Calidad de Agua (ICA), está determinado para este estudio principalmente por los parámetros: Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO<sub>5</sub>, Sólidos Disueltos Totales STD, pH y Oxígeno Disuelto OD, por lo que se hace necesario analizarlos individualmente para dar recomendaciones pertinentes en cuanto al uso adecuado del agua.

Ante el cambio en el ICA, de **bueno** a **regular**, las poblaciones de peces analizados no presentan alteraciones estadísticamente significativas.

El ICA para el Embalse Cerrón Grande se encuentra en la categoría buena según los resultados obtenidos, pero al analizar individualmente cada parámetro y compararlo con la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales NSO 13.49.01:08, no se cumple las condiciones para ser potabilizable con los límites establecidos en Sólidos Totales Disueltos (TDS) y turbidez, sin embargo, es indicada para riego de cultivos y desarrollo de vida acuática.

La especie Mojarra presentó mayor carga de helmintos parásitos en comparación con Guapote Tigre y Tilapia, por el contrario, la tilapia fue la más resistente, probablemente se deba a la gran adaptabilidad en el medio acuático y su desarrollo acelerado.

## 6. RECOMENDACIONES

Ampliar el estudio de la Ictiofauna y sus asociaciones parasitarias en el medio acuático, para incrementar el conocimiento de las especies nativas e introducidas, su adaptabilidad a los cambios naturales y de origen humano. Este estudio abre la posibilidad para investigadores y estudiantes de pregrado de profundizar la investigación ya que un estudio más extenso daría mayor confiabilidad a los resultados obtenidos.

Seleccionar dos o más cuerpos de agua de manera simultánea, considerando que el embalse por ser una sesión definida del río Lempa presento condiciones fisicoquímicas y microbiológicas semejantes.

Analizar individualmente el comportamiento de los helmintos parásitos, observándolos en diferentes medios y periodos climáticos.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos, se recomienda a la Universidad de El Salvador por ser una institución que aporta conocimiento científico a nuestra sociedad, realizar estudios similares, incluir los parámetros ambientales: radiación solar, precipitación, velocidad del viento y flora acuática que podrían estar relacionados tanto con las poblaciones de peces y sus cargas parasitarias.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- ADES (Asociación de Desarrollo Económico Social Santa Marta). 2015. Ictiofauna y Parasitismo en la sub cuenca del Rio Titihuapa, departamento de Cabañas y San Vicente. El Salvador. 25 p.
- Alegría, P.M; Alvarado, G.A; Barahona, A. A; Prieto, R. M; Ramos E. H. 2019. Estudio de la incorporación de diferentes geometrías en un Foto biorreactor a escala de planta piloto y su impacto en el cultivo de la *Microcystis aeruginosa*. CONIA. UCA, San Salvador, El Salvador. 9 p.
- Amador del Ángel, L.E; Guevara Carrió, R; Brito Pérez; Endañú Huerta, E. 2014. Aspectos biológicos e impacto socio-económico de los plecos del género *Pterygoplichthys* y dos cíclidos no nativos en el sistema fluvi lagunar deltaico Río Palizada, en el Área Natural Protegida Laguna de Términos, Campeche. UNACAR. IUCA. SNIB-CONABIO Ficha técnica mojarra pinta *Parachromis managuensis*, México D.F. 12 p.
- Andasol Serrano, I.G; Escobar López, D.A; Montes Rivera, N.L; Calderón, Meléndez O. L; Marroquín, M.M. 2014. Caracterización ecto-parasitológica (*Oreochromis niloticus*) en los laboratorios de cultivo en El Salvador. Artículo científico. UES. San salvador El Salvador. 26 p.
- Banco Mundial, 2021. El agua en la agricultura. (en line) consultado en septiembre de 2021 disponible en <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture#1>
- Bistoni, M; Hued, A; Videla, M; Sagretti, L. 1999. Efectos de la calidad del agua sobre las comunidades ícticas de la región central de Argentina. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Artículo científico. 11 p.
- Bray R., Gibson, D. Jones, A. 2008 Keys to the Trematoda. Vol. 3. CAB International, Londres. 848 p.
- Brenes, R; Cadena, A; Ruiz, R. 2011. Monitoreo de la concentración de nitrato en el acuífero del Valle de Puebla. Universidad Politécnica de Pachuca. Hidalgo. México. 9 p.
- Cabrera Soregui, M. A. 2019. Identificación y caracterización ultra estructural de monogeeos presentes en las branquias de Tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* Asociados a las lesiones histológicas procedentes de cultivos de la provincia de San Martín. Tesis. Lima Perú. 101 p.

- Caffara M; Bruni, G; Gustinelli C.A; Fioravanti, M. 2013. Metacercariae of *Clinostomum complanatum* (Trematoda: Digenea) in European newts *Triturus carnifex* and *Lissotriton vulgaris* (Caudata: Salamandridae). Florence, Italy.
- Calderer Reig, A. 2001. Influencia de la temperatura y la salinidad sobre el crecimiento y consumo de oxígeno de la dorada (*Sparusaurata L.*). Memoria. Universidad de Barcelona. España. 64 p.
- Camacho, A; Borja, C; Valero-Garcés, B; Sahuquillo, M; Cirujano, S; Soria, J.M; Rico, E; De la Hera, A; Santamans, A. C; García de Domingo, A; Chicote, A; Gosálvez, R.U. 2009. Aguas continentales retenidas. Ecosistemas lenticos de interior. Madrid España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 412 p.
- Candray Zelaya, M. A; Ríos Molina, C.W. 2006. Composición y abundancia de la Ictiofauna con importancia comercial en el estero de Jaltepeque, San Luis la Herradura, La Paz, El Salvador. Tesis. UES, San Salvador, El Salvador. 74 p.
- CESTA (Centro Salvadoreño de Tecnología de Apropiada). 2011. La Problemática Del Agua. Segunda Edición. San Salvador El Salvador. 24 p.
- CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología). 2009. Norma salvadoreña de aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor. Diario Oficial. Tomo N° 382. San Salvador, El Salvador. 17 P.
- CSJ (Corte suprema de Justicia de El Salvador). 2019. Constitución de la República de El Salvador 1983. San Salvador, El Salvador. 59 p.
- Drago, B. F. 2017. Macro parásitos; Diversidad y biología. UNLP. Argentina. 190 p.
- Erroa, R; Alvarenga, F. 2018. Manual de laboratorio de Microbiología Animal. UES. San Salvador, El Salvador. 89 p.
- Escobar, D; Montes, N; Andasol, G; Meléndez, O; Marroquín, M. 2014 Caracterización ectoparasitologica (*Oreochromis niloticus*) en los laboratorios de cultivo en El Salvador. 26 p.
- Esquivel Lindo, S. 2016. Zoología general. UNA. Managua, Nicaragua. 83 p.
- Estrada Botello, J. 2013. Manual de prácticas de parasitología. FMVZ. UAEM. Toluca, México. 50 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura). 1971. Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces. Editorial ACRIBIA, Royo, 23. Zaragoza, España. 2013 p.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura). 1975 Manual de ciencia pesquera Parte 2 - Métodos para investigar los recursos y su aplicación. Roma, Italia.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura). 2017. Visión general del sector acuícola de El Salvador (en línea). Consultado en 13 feb. 2019. Disponible en: [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_elsalvador/es](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_elsalvador/es).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2019. Introducción a la ecología y sus elementos (en línea). Consultado en 27 feb. 2019. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ah648s/AH648S07.htm>
- FISDL (Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local). 2019. Proyecto de desarrollo económico local resiliente marco de gestión ambiental y social del proyecto. GOES. El Salvador. 156 p.
- Flores Cascante, L. 2012. Caracterización de la carga parasitaria intestinal en ballenas azules del Golfo de California. Tesis. CICIMAR-IPN. Ciudad de México. 75 p.
- Gallo, M. 2005. Proyecto desarrollando capacidades y compartiendo tecnologías para la gestión de la diversidad en Centroamérica. INBio. Costa Rica. 157 p.
- García, E; Ibáñez, M; Mosqueira, G. 2012. Análisis crítico de la problemática y las soluciones adoptadas a nivel europeo en la gestión de las aguas pluviales en entornos urbanos de España (en línea). Consultado 15 jun. 2019. Disponible en: [https://observatoriagua.uib.es/repositori/suds\\_analisis\\_2012.pdf](https://observatoriagua.uib.es/repositori/suds_analisis_2012.pdf)
- García, L; García Vela, M; Mendoza, B. 2013. Biodiversidad de *Acanthocephala* en México DF, México. 6 p.
- Garrido Olvera, L; García Prieto, L; Osorio Sarabia, D. 2020. Ictiozoonosis potenciales de Tamaulipas CIENCIA UANL / AÑO 23, No.104, noviembre-diciembre 2020. (en línea) consultado 12 ene. 2021. Disponible en <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=10566>
- Goater T.M; Goater C.P; Esch G.W. 2014. Parasitism: the diversity and ecology of animal parasites, 2nd Ed. Cambridge University Press, New York. 497 p.
- González, A; Vidal, M. 2008. Las comunidades de helmintos del lenguado (*Symphurus plagiusa*) en la Costa de Campeche México. Rev. Mex. Biodiv. vol.79 no.1
- Gil, M.J.; Soto, A.M.; Usma, J.I.; Gutiérrez, O.D. Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. Producción + Limpia - Julio - diciembre de 2012. Vol.7, No.2 - 52•73. 22 p.

- INTAGRI (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2020. Requerimientos del Cultivo de Tilapia (en línea). Consultado 14 de abr. de 2020 disponible en <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/requerimientos-del-cultivo-de-tilapia>
- ISCOS (Instituto Sindical de Cooperación al Desarrollo) 2017. Plan de manejo integral participativo de los recursos naturales del humedal Embalse Cerrón Grande. El Salvador 107 p.
- Jaime Godoy, M.G. 2008. Determinación de la curva de calibración en la demanda Bioquímica de oxígeno por el método de la azida sódica modificada. Tesis. UES. San Salvador, El Salvador. 126 p.
- Jiménez Martínez, L.D; Contreras, R.J; Arias Rodríguez, L; Álvarez González, C.A; Carmona Díaz, E. 2012. Efecto de la salinidad en larvas de la mojarra *castarrica Cichlasomauro phthalmus* Tabasco, México. 9 p.
- Jiménez, I; Lino, S; Mármol, G; Herrera, N. 2004. Inventario Nacional y Diagnostico de los Humedales de El Salvador MARN/AECI. San Salvador, El Salvador. 333 p.
- Lacasa Millán, MI. 1993. Introducción a la parasito fauna de peces ciprinidos de la cuenca media del rio Llobregat. Tesis Dr. ES. Universidad autónoma de Barcelona. 393 p.
- Lannacone, J; Luis Morón, L; Guizado, S. 2010. Variación entre años de la fauna de parásitos metazoos de *Sciaena deliciosa* (Tschudi, 1846) (Perciformes: *Sciaenidae*) en Lima, Perú. Universidad Nacional Federico Villarreal. 9 p.
- Lanza, G; Minnick, G; Villegas, V. 1999. Educación ambiental para el trópico de Cochabamba. Guía del Maestro. UNDCP -VIMDESALT – FAO. Bolivia.
- Lemus Gómez, E.G; Mejía Meléndez, A.G; Rodríguez, M.G. 2016. Prevalencia de parásitos helmintos en peces de agua dulce del Embalse Cerrón Grande de EL Salvador. Tesis. UES. San Salvador, El Salvador. 65 p.
- León, R. A. 2007. Asociaciones y patologías en los peces dulceacuícolas, estuarios y marinos de Colombia: aguas libres y controladas. Fundación Maguaré. Manizales, Caldas, Colombia. 49 p.
- Madrid Valdebenito, V; Fernández Fonseca, I; Torrejón Godoy, E. 2012. Manual de parasitología humana. Universidad de concepción Chile. 223 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente). 2012. Caracterización de la cadena productiva de acuicultura (Tilapia). PDF. San Salvador, El Salvador. 63 p.

- Magaro, M; Uttaro, A; Serra, E; Ponce, P; Echenique, C; Nocito, I; Vasconi, M; Bertorini, G; Bogino, B; Indelman, P. Sf. Técnicas de diagnóstico parasitológico. Universidad nacional de Rosario. Argentina. 21 p.
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales), s.f. Evaluación de la calidad de agua de los ríos Acelhuate, Suquiapa y Sucio (en línea). Consultado 09 feb. 2019. Disponible en <http://www.snet.gob.sv/estudios/uploads/documento.estrategias.pdf>
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2011. Actualización del Catastro de Vertidos, Evaluación Sobre la Aplicación, Cumplimiento y Verificación del Marco Técnico y Jurídico de las Aguas Residuales en la Sub cuenca del Río Acelhuate. El Salvador. 42 p
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2017. Informe de la calidad de agua de los ríos de El Salvador. 84 p.
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2018. Inventario Nacional de Humedales El Salvador. 96 p.
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2019. Informe de la calidad de agua de los ríos de El Salvador. 80 p.
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2019 Situación del Embalse Cerrón Grande según inventario del MARN 2017 (en línea) consultado en 20 feb. 2019. Disponible en <http://gacetasuchitoto.com/index.php/2019/03/20/situacion-del-embalse-cerron-grande-segun-inventario>
- Maya, C; Torner, F; Lucario, E.; Hernández, E; Jiménez, B. 2012. Viability of six species of larval and non-larval helminth eggs for different conditions of temperature, pH and dryness. Water Res. 46:4770-82.
- MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía). 2007. Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales Diario Oficial La Gaceta N. 178. Costa Rica, 16 p.
- MINSAL (Ministerio de Salud de El Salvador). 2009. Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08. Agua potable. Diario Oficial Tomo 383 109. San Salvador, El Salvador 20 p.
- Molina, C. 2017 Parásitos y medio ambiente. Universidad de Sevilla, España. 44 p.
- OMS (Organización Mundial de la Salud), 2006. Guías para la calidad del agua potable. Volumen 1. 408 p.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2016. Salud y medio ambiente. 69. <sup>a</sup> Asamblea mundial de la salud A69/18 punto 13.5 del orden del día provisional. 13 p.

- Ortega, S; Vega, L. 2013. Manual de prácticas de laboratorio de acuicultura. UNAM. México. 19 p.
- OSPESCA (Organización del sector pesquero y acuícola del Istmo Centroamericano). 2017. Embalse del Cerrón Grande; información general y de identificación (en línea) consultado 02 feb. 2018. Disponible en: <https://climapesca.org/2017/05/09/embalse-del-cerron-grande/>
- Palleiro Nayar, J. S. 2011. XVI Congreso nacional de oceanografía. Asociación de Oceanólogos de México, A.C. Informe final SNIB CONABIO proyecto No. IU002. México D.F. 362 p.
- Pardo Cobas, E; Buitrago, M. 2005. Parasitología Veterinaria. UNA. Nicaragua. 125 p.
- Panameño, J.F. 2019. Monitoreo de parásitos helmintos en peces del Embalse Cerrón Grande. UES. San Salvador, El Salvador. Revista Minerva pp. 79-94
- PRISMA (Programa Salvadoreño De Investigación Sobre Desarrollo Y Medio Ambiente). 2011. Estudio agroambiental de las tierras fluctuantes del humedal Cerrón Grande (en línea). Consultado. 22 jun. 2019. Disponible en: <https://www.prisma.org.sv/publicaciones/estudio-agroambiental-de-las-tierras-fluctuantes-del-humedal-cerron-grande/>
- Quiroz Romero, H. 2005. Parasitología y enfermedades de animales domésticos. México DF. P. 368.
- Raffo Lecca, E; Ruiz Lizama, E. 2014. Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. Industrial Data, vol. 17, núm. 1, enero-junio. Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima, Perú. páginas. 71-80
- Ramallo, J. 2019. Larvas de *Contracaecum*. Gusanos blancos. Universo Tucumano N° 42. ISSN 2618-3161. Argentina. 12 p.
- Rojas Sánchez, D; Marcos Rafa Lamothe, M.R; García-Prieto L.G. 2014. Parasitosis transmitida por el consumo de peces en México. Academia Mexicana de Ciencias. P 84.
- Rubio Arias, H.O; Ortiz Delgado, R.C; Quintana Martínez, R.M; Saucedo Terán, R.A; Ochoa Rivero, J.M; Rey Burciag, N.I. 2014. Índice de calidad de agua (ICA) en la presa la boquilla en Chihuahua, México. Agropecuarios vol.1 no.2 Villahermosa. 12 p.
- Salgado, G. sf. Atlas de helmintos de agua dulce de México (Las especies más comunes de helmintos). México. 38 p.
- Samboni, N; Carvajal Y, Escobar, J. 2007 Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua Colombia (en línea) Consultado 15 abr. 2019. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/643/64327320.pdf>

- Sandoval, E; Morales, G; Ybarra, N; Borges, J. 2011. Comparación entre dos modelos diferentes de cámaras de McMaster empleadas para el conteo coproscópico en el diagnóstico de infecciones por nematodos gastro entéricos en rumiantes. Nota Técnica. INIA. Yaracuy, Venezuela. 7 p.
- Scott, M; Flores, P, Griselda; Hernández, B; Christian; García, A; Berenice; Ordaz, Jorge; Oyarzun, G. 2013. El uso de helmintos parásitos como bio-indicadores en la evaluación de la calidad del agua: Lago de Tecocomulco vs. Laguna de Metztlán, Hidalgo, México Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas. México. 11 P.
- Semenas, L. s.f. Primer registro de diplostomiasis ocular en trucha arco iris cultivada en Patagonia, Argentina. 8 p.
- Sigler, A; Bauder, J. Sf. Alcalinidad, pH y sólidos disueltos totales. Universidad Estatal de Montana, departamento de Recursos de la Tierra y Ciencias Ambientales US. 1 P.
- SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales). 2019. Índice de Calidad del Agua General "ICA (en línea) consultado en 17 may. 2019. Disponible en: <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>
- SEGOB (secretaría de Gobernación). 2018. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Ciudad de México. 20 p.
- Storaci Koschelov, V; Fernández Da Silva, R; Smits Briedis, G. 2013. Evaluación de la calidad del agua del río Cúpira (La Cumaca, estado Carabobo, Venezuela) mediante bio indicadores microbiológicos y parámetros fisicoquímicos. INTERCIENCIA, vol. 38, núm. 7, Caracas, Venezuela. p. 480-487.
- Tabares, C.J; Tarazona, A.M; Ángel, M.O. 2005. Fisiología de la activación del espermatozoide en peces de agua dulce. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia 13 p.
- Torres, P; Cruz, C; Patiño, P; Escobar, J.C; Pérez, A. 2010. Aplicación de índices de calidad de agua - ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano. Ingeniería E Investigación VOL. 30 No. 3, p. 86-95

## 8. ANEXOS.

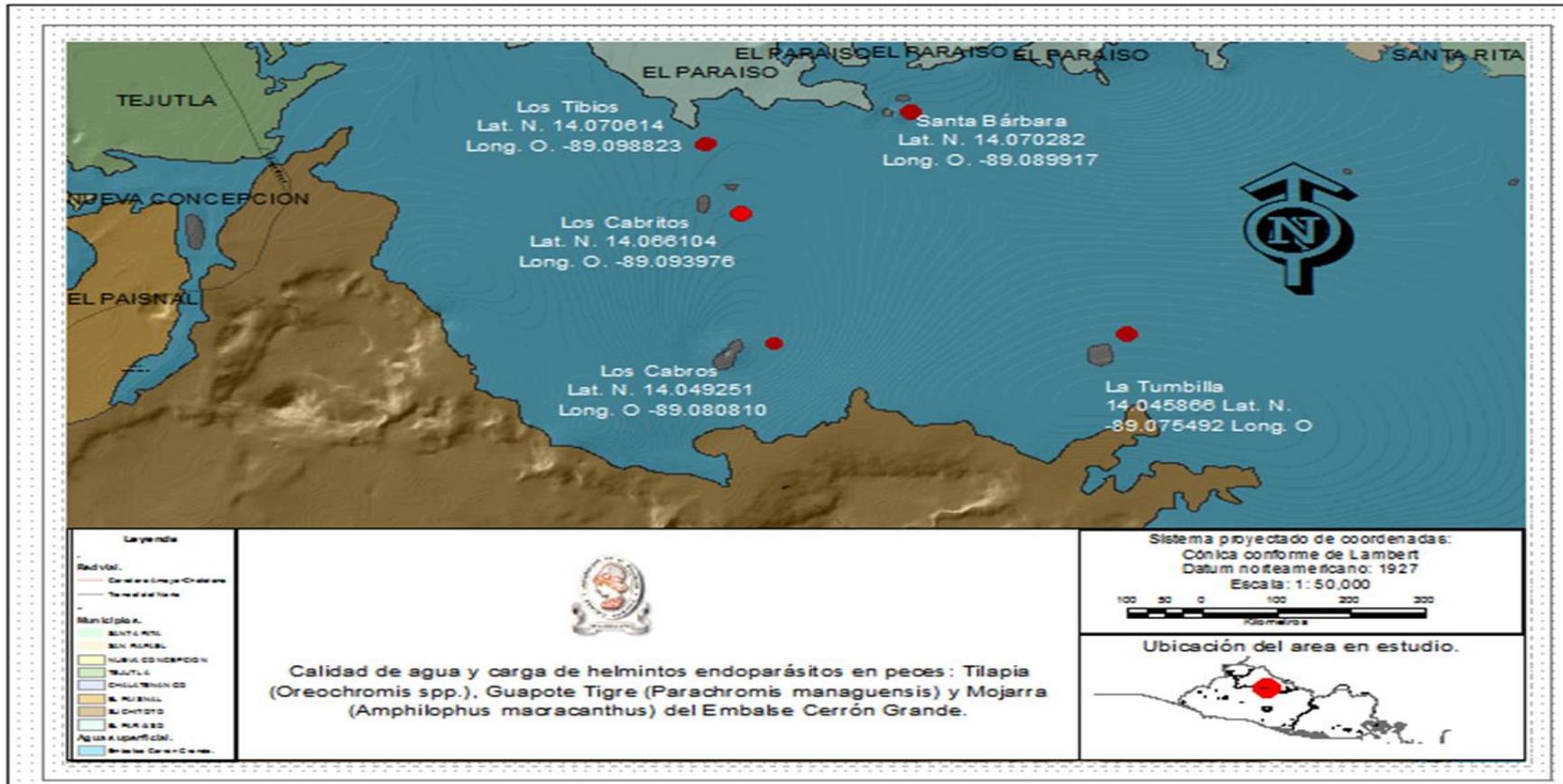


Figura A. 1 Ubicación del área en estudio



Figura A. 2 Pre muestreos, verificación de equipo y sitios a evaluar  
*UES, 10 de septiembre de 2021*



Figura A. 3 Calibración de equipo Sonda multiparámetro YSI Profesional Plus  
*UES, 10 de septiembre de 2021*



Figura A. 4 Grupo de investigación en campo  
Transportándose a sitios de muestreo  
*UES, 10 de septiembre de 2021*



Figura A. 5 Muestreo de agua, Medición de parámetros fisicoquímicos  
sonda YSI Profesional Plus. *UES, 10 de septiembre de 2021*



Figura A. 6 Toma de muestra de agua para análisis de fosfatos, DBO5 y Coliformes  
En laboratorio de química agrícola y protección vegetal respectivamente. UES, 10 de septiembre de 2021



Figura A. 7 Registro de parámetros fisicoquímicos y condiciones ambientales  
*UES, 10 de septiembre de 2021*



Figura A. 8 Muestreo de peces y conteo de capturas.  
*UES, 10 de septiembre de 2021*



Figura A. 9 Muestras de peces etiquetadas con fecha y sitio de muestreo

*UES, 10 de septiembre de 2021*



Figura A. 10 Transporte de muestras a sus respectivos laboratorios

*UES, 10 de septiembre de 2021*



Figura A. 11 Equipo de investigación en laboratorio ELIZA  
*UES, 10 de septiembre de 2021*



Figura A. 12 Disección y evisceración de peces  
*UES, 10 de septiembre de 2021*



Figura A. 13 Preparación de muestras de heces para determinar presencia de huevecillos

*UES, 10 de septiembre de 2021*



Figura A. 14 Muestras de peces en laboratorio

*UES, 10 de septiembre de 2021*



Figura A. 15 Órganos internos de peces para observación directa al estereoscopio

*UES, 10 de septiembre de 2021*



Figura A. 16 Análisis macroscópico y examen estereoscópico de órganos internos de peces.

UES, 10 de septiembre de 2021

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rc
1	Siteo	Numérico	8	0	Siteo	{1, Cerro la ...	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entr
2	PH	Numérico	8	2	pH	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entr
3	DBO5mgL	Numérico	8	2	DBO	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entr
4	ODporcentaje	Numérico	8	2	OD %	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entr
5	Nitratos	Numérico	8	2	NO3-	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entr
6	Fosfatos	Numérico	8	2	PO4 <sup>2-</sup>	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entr
7	Tambiente	Numérico	8	2	T Ambiente	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entr
8	Tagua	Numérico	8	2	T Agua	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entr
9	Turbidez	Numérico	8	2		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entr
10	STD	Numérico	8	2		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entr
11	ColiFecal	Numérico	8	0	Coliformes	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entr
12	ColiTotal	Numérico	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entr
13	ICA	Numérico	8	2		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entr
14	ICAcategoria	Numérico	8	2		{1,00, Excel...	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entr
15	PresionAtm	Numérico	8	2		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entr
16	CE	Numérico	8	2		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entr
17	Salinidad	Numérico	8	2		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entr
18	Prevalencia	Numérico	8	1		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entr
19	CapturaTilapia	Numérico	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entr
20	CapturGuap...	Numérico	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entr
21	CapturaMoja	Numérico	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entr
22	prevalencia...	Numérico	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entr
23	Prevalencia...	Numérico	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entr
24	Prevalencia...	Numérico	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Ordinal	Entr
25	PoblEstriTila	Numérico	8	2	Poblacion Tilapia	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Desconocido	Entr

Figura A. 17 Ventana SPSS, vista de variables

Calidad de agua y carga de helmintos endoparásitos en peces: Tilapia (*Oreochromis* spp.), Guapote Tigre (*Parachromis managuensis*) y Mojarra (*Amphilophus macracanthus*) del Embalse Cerrón Grande.

UES, 10 de septiembre de 2021

datos de tess 11Mayo.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

25 : PrevalenciaPARgu... Visible: 27 de 27 variables

	Sitio	PH	DBO5mg L	ODporcen taje	Nitratos	Fosfatos	Tambien e	Tagua	Turbidez	STD	ColiFecal
1	Cerro la Tu...	8,52	1,04	65,90	,36	,30	29,80	29,80	4,00	9,59	4
2	Isla de Los...	8,03	3,35	125,90	,17	,60	28,60	29,60	9,00	11,11	3
3	Los Cabritos	7,94	2,73	115,20	,80	,60	31,80	29,50	8,00	10,93	4
4	Los Tibios	7,86	2,85	110,80	,80	,60	33,40	29,60	6,00	10,75	4
5	Santa Barb...	7,51	1,64	84,70	5,00	,50	27,50	29,20	5,00	10,06	3
6	Cerro la Tu...	7,41	.	48,60	5,10	,50	31,10	29,40	5,00	151,45	.
7	Isla de Los...	9,15	.	106,60	4,43	,60	27,50	29,90	10,00	170,30	.
8	Los Cabritos	9,01	.	100,50	8,67	,60	29,50	30,20	8,00	159,90	.
9	Los Tibios	9,11	.	90,30	6,84	,60	29,70	30,40	6,00	168,35	.
10	Santa Barb...	9,08	.	96,90	5,39	,50	29,70	30,40	5,00	16,61	.
11	Cerro la Tu...	7,50	5,10	75,70	,89	,60	25,50	26,90	10,00	239,50	0
12	Isla de Los...	7,70	6,88	75,50	1,50	1,70	26,70	27,30	35,00	285,35	40
13	Los Cabritos	7,30	7,43	79,00	1,50	1,00	27,80	27,30	43,00	245,70	0
14	Los Tibios	7,20	4,61	86,20	1,77	,90	28,80	28,10	125,00	241,86	0
15	Santa Barb...	8,50	11,62	72,90	1,51	,80	29,80	28,10	118,00	223,60	0
16	Cerro la Tu...	9,14	.	190,00	2,08	,60	30,80	28,90	19,00	185,50	.
17	Isla de Los...	8,54	.	108,10	1,98	,60	31,50	29,60	20,00	230,06	.
18	Los Cabritos	8,64	.	124,40	1,61	,60	32,70	29,70	20,00	195,65	.
19	Los Tibios	8,58	.	123,80	1,59	,60	34,20	29,70	8,00	189,80	.
20	Santa Barb...	8,59	.	123,80	1,63	,50	32,60	30,20	10,00	183,95	.
21	Cerro la Tu...	9,16	12,27	164,00	2,15	,60	30,00	28,90	129,00	213,85	0
22	Isla de Los...	9,09	15,02	196,80	2,18	,80	35,30	29,30	38,00	247,60	0

Vista de datos Vista de variables

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode:ON

Figura A. 18 Ventana SPSS, vista de datos

UES, 10 de septiembre de 2021

Cuadro A- 1 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua  
(Embalse Cerrón Grande de noviembre de 2019 a febrero de 2020)

Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua, valores promedio por sitio y valor máximo permitido según su uso												
Sitio	OD Inicial %	Coliformes fecales. NMP/ 100ml	pH	DBO <sub>5</sub> en mg/L	Diferencia de T (°C)	PO <sub>4</sub> mg/L	NO <sub>3</sub> (mg/L)	Turbidez FAU	STD (mg/L)	OD mg/L	ICA promedio Puntuación	Categoría
<b>1 La Tumbilla</b>	108,8	1,3	8.3	6,1	0.66	0,5	2,1	33,4	213,9	8,4	74,9	Buena
<b>2 Los Cabros</b>	122,6	14,0	8,5	8,4	0.78	0,9	2,1	22,4	178,6	9.95	70,5	Buena
<b>3 Los Cabritos</b>	180,5	1,3	8,3	7,8	1.88	0,7	2,9	23,4	167,9	9.64	73,3	Buena
<b>4 Los Tibios</b>	122,2	1,3	8,4	7,5	3,30	0,7	2,7	31,8	166,9	10,22	73,2	Buena
<b>5 Santa Bárbara.</b>	115,6	0.66	8,6	9,4	1.06	0,6	3,1	31,8	127,5	10,67	72,0	Buena
<b>Mínimo</b>	49	0	7	1	-2	0	0	4	10	4	65	
<b>Máximo</b>	200	40	9	15	8	2	9	129	285	15	81	
<b>Media</b>	129,9	3.87	8,4	7,8	1.54	0.68	2,6	28,6	162.24	9.78	72.79	Buena
<b>Desviación estándar</b>	45.458	10.148	0.694	5.268	2.573	0.261	2.117	37.801	91.734	3.151	6.557	
<b>ii - V. Max. Potable</b>		<1.1** /<20*	8.5**		1*		<5*/ 45**	5**/ 250*	<10*	4** / <20*		
<b>iii -V. Max. Riego</b>		20- 1000*	6,5-8,5*		1*		5 - <10*	50	10 - 25*	20- 25*		
<b>iii -V. Max. Descarga</b>		2000 ***	7.5***	60***	±5 ***		10 - <14*	±5 (33.6)***	60***	25- 50*		
<b>iv-V. Max. vida acuática</b>		1000****	6.5- 8.5****		35****				20****			

i - Valores promedio por sitio muestreado

ii - Valores máximos permitidos para agua potable

iii - Valores máximos permitidos en agua para riego

iv - Valores máximos permitidos para descargas de aguas residuales

UES, 10 de septiembre de 2021

\* Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua superficiales No. 33903-MINAE-S. Costa Rica.

\*\* Norma Salvadoreña Agua potable NSO 13.07.01:08

\*\*\* Norma salvadoreña obligatoria NSO 13.49.01:09. Aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor

\*\*\*\* Norma oficial mexicana PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017

Cuadro A- 2 Fecha, hora y sitio de muestreo

Fecha de muestreo	Ambiente	Sitio	Hora	ICA	Clasificación
13/11/2019	Parcial – nublado	La Tumbilla	8:50 am	80,29	Buena
13/11/2019	Parcial – nublado	Los Cabros	9:20 am	80,56	Buena
13/11/2019	Parcial – nublado	Los Cabritos	9:40 am	79,88	Buena
13/11/2019	Parcial – nublado	Los Tibios	9:50 am	79,72	Buena
13/11/2019	Parcial – nublado	Santa Bárbara	10:03 am	81,09	Buena
27/11/2019	Cielo despejado	La Tumbilla	9:18 am		
27/11/2019	Cielo despejado	Los Cabros	9:53 am		
27/11/2019	Cielo despejado	Los Cabritos	9:38 am		
27/11/2019	Cielo despejado	Los Tibios	9:59 am		
27/11/2019	Cielo despejado	Santa Bárbara	10:05 am		
22/01/2020	Cielo despejado	La Tumbilla	9:00 am	78,00	Buena
22/01/2020	Cielo despejado	Los Cabros	9:10 am	65,72	Regular
22/01/2020	Cielo despejado	Los Cabritos	9:37 am	73,77	Buena
22/01/2020	Cielo despejado	Los Tibios	10:17 am	73,67	Buena
22/01/2020	Cielo despejado		10:22 am	67,73	Regular
05/02/2020	Cielo despejado	La Tumbilla	9:55 am		
05/02/2020	Agua verde	Los Cabros	10:44 am		
05/02/2020		Los Cabritos	10:49 am		
05/02/2020		Los Tibios	11:17 am		
05/02/2020		Santa Bárbara	10:49 am		
19/02/2020	Algas verdes, abundantes	La Tumbilla	9:46 am	66,48	Regular
19/02/2020	Agua espesa verde	Los Cabros	10:06 am	65,2	Regular
19/02/2020	Agua verde	Los Cabritos	10:15 am	66,25	Regular
19/02/2020		Los Tibios	10:24 am	66,25	Regular
19/02/2020		Santa Bárbara	10:43 am	67,25	Regular

UES, 10 de septiembre de 2021

Cuadro A- 3 Análisis de varianza Índice de calidad de agua – sitios

<b>ANOVA ICA</b>					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	32,559	4	8,140	0,143	0,962
Dentro de grupos	569,374	10	56,937		
Total	601,932	14			

UES, 10 de septiembre de 2021

Cuadro A- 4 Análisis de varianza Prevalencia parasitaria por sitio

<b>ANOVA Prevalencia general</b>					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1020,427	4	255,107	1,862	0,194
Dentro de grupos	1369,953	10	136,995		
Total	2390,380	14			

UES, 10 de septiembre de 2021

Cuadro A- 5 Análisis de varianza, ICA y prevalencia parasitaria

<b>ANOVA Prevalencia</b>					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1200,693	2	600,346	4,023	0,046
Dentro de grupos	1790,651	12	149,221		
Total	2991,344	14			

UES, 10 de septiembre de 2021

#### Prueba de hipótesis

Según el análisis de varianza (Cuadro A-5) y el efecto de la calidad del agua en las cargas parasitarias (Figura 3); se acepta la hipótesis alterna H1: Las cargas parasitarias de los peces se incrementan en el agua de mayor calidad y en consecuencia se rechaza la Hipótesis nula

Cuadro A- 6 Correlación de Pearson: ICA y variables asociadas

CORRELACIONES											
		ICA	DBO <sub>5</sub>	STD	pH	OD %	Coliformes	NO <sup>3-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	T. ° C Diferencia	Turbidez
ICA	Correlación de Pearson	1	-0,911**	-0,819**	-0,621*	-0,573*	-0,159	-0,210	-0,571*	-0,547*	-0,470
	Sig. (bilateral)		0,000	0,000	0,014	0,026	0,570	0,452	0,026	0,035	0,077
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
DBO <sub>5</sub>	Correlación de Pearson	-0,911**	1	0,697**	0,763**	0,770**	-0,184	0,218	0,282	0,696**	0,326
	Sig. (bilateral)	0,000		0,004	0,001	0,001	0,511	0,435	0,309	0,004	0,236
STD	Correlación de Pearson	-0,819**	0,697**	1	0,111	0,229	0,146	-0,064	0,578**	0,268	0,449*
	Sig. (bilateral)	0,000	0,004		0,596	0,270	0,604	0,762	0,002	0,195	0,024
pH	Correlación de Pearson	-0,621*	0,763**	0,111	1	0,652**	-0,250	0,266	-0,226	0,317	-0,071
	Sig. (bilateral)	0,014	0,001	0,596		0,000	0,369	0,199	0,278	0,123	0,736
OD %	Correlación de Pearson	-0,573*	0,770**	,229	0,652**	1	-0,308	-0,187	0,028	0,669**	0,038
	Sig. (bilateral)	0,026	0,001	0,270	0,000		0,263	0,371	0,896	0,000	0,857
Coliformes	Correlación de Pearson	-0,159	-0,184	0,146	-0,250	-0,308	1	-0,076	0,740**	-0,280	-0,127
	Sig. (bilateral)	0,570	0,511	0,604	0,369	0,263		0,788	0,002	0,312	0,653
NO <sup>3-</sup>	Correlación de Pearson	-0,210	0,218	-0,064	0,266	-0,187	-0,076	1	-0,183	-0,332	-0,215
	Sig. (bilateral)	0,452	0,435	0,762	0,199	0,371	0,788		0,382	0,105	0,303
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Correlación de Pearson	-0,571*	0,282	0,578**	-0,226	0,028	0,740**	-0,183	1	0,098	0,315
	Sig. (bilateral)	0,026	0,309	0,002	0,278	0,896	0,002	0,382		0,642	0,125
Temperatura °C	Correlación de Pearson	-0,547*	0,696**	0,268	0,317	0,669**	-0,280	-0,332	0,098	1	0,039
	Sig. (bilateral)	0,035	0,004	0,195	0,123	0,000	0,312	0,105	0,642		0,854
Turbidez	Correlación de Pearson	-0,470	0,326	0,449*	-0,071	0,038	-0,127	-0,215	0,315	0,039	1
	Sig. (bilateral)	0,077	0,236	0,024	0,736	0,857	0,653	0,303	0,125	0,854	

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).; \* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Cuadro A- 7 Correlación de Pearson: ICA y cargas parasitarias

Correlaciones												
		PH	DBO <sub>5</sub>	OD%	NO <sub>3</sub> -	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Turbidez	STD	Coliformes fecales	ICA	Abundancia	Prevalencia
Coliformes Totales	Correlación de Pearson	-0,476*	-0,041	-0,567*	-0,097	0,780**	0,359	0,558*	0,643**	-0,265	0,608**	-0,074
	Sig. (unilateral)	0,036	0,442	0,014	0,366	0,000	0,094	0,015	0,005	0,170	0,008	0,396
	Covarianza	-970	-600	-80829	-305	678	44952	171020	17988	-4798	5508,33	-1433,6
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
ICA.	Correlación de Pearson	-0,621**	-0,911**	-0,573*	-0,210	-0,571*	-0,470*	-0,819**	-0,159	1	0,288	0,369
	Sig. (unilateral)	0,0	0,0	0,01	0,2	0,0	0,039	0,000	0,285		0,149	0,088
	Covarianza	-3,007	-31,47	-194	-1,574	-1,183	-139,9	-597,2	-10,6	42,9	6,196	16,928
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Abundancia	Correlación de Pearson	-0,262	-0,552*	-0,322	0,169	0,331	-0,097	-0,094	0,730**	0,288	1	0,123
	Sig. (unilateral)	0,103	0,016	0,058	0,209	0,053	0,322	0,328	0,001	0,149		0,278
	Covarianza	-,729	-9,557	-58,638	1,435	,346	-14,757	-34,422	24,332	6,196	16,060	4,754
	N	25	15	25	25	25	25	25	15	15	25	25
Prevalencia	Correlación de Pearson	-0,192	-0,362	-0,270	0,079	-0,188	-0,302	-0,135	0,148	0,369	0,123	1
	Sig. (unilateral)	0,180	0,092	0,096	0,354	0,184	0,071	0,260	0,299	0,088	0,278	
	Covarianza	-1,276	-13,33	-117,8	1,607	-,472	-109,516	-119,2	10,509	16,92	4,754	92,274
	N	25	15	25	25	25	25	25	15	15	25	25

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (unilateral). \* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (unilateral). Método de extracción: análisis de componentes principales. Método de rotación: Varimax con normalización Kais. UES, 10 de septiembre de 2021

Cuadro A- 8 Estimación Poblaciones de peces por kilómetro cuadrado

Fecha	Sitio	Capturas por tiro			Factor	Tiros de pesca por turno	Población estimada por Km2 = Factor * # de tiros			Área de Embalse cerrón Grande km <sup>2</sup>	Población estimada para el área total del Embalse Cerrón Grande. =población por Km <sup>2</sup> * 14.8Km <sup>2</sup>		
		Tilapia	Guapote tigre	Mojarra			Tilapias	Guapote tigre	Mojarras/		Tilapias	Guapote tigre	Mojarras
13/11/2019	1	1	3	3	102,58	4,8	492	1477	1477,15	14,8	7287	21861,84	21861,84
27/11/2019		20	30	5	102,58	4,8	9848	14772	2461,92	14,8	145746	218618,49	36436,41
22/01/2020		60	24	24	102,58	4,8	29543	11817	11817,21	14,8	437237	174894,79	174894,79
05/02/2020		5	6	8	102,58	4,8	2462	2954	3939,07	14,8	36436	43723,69	58298,26
19/02/2020		24	6	12	102,58	4,8	11817	2954	5908,60	14,8	174895	43723,69	87447,39
13/11/2019	2	12	6	8	102,58	4,8	5909	2954	3939,07	14,8	87447	43723,69	58298,26
27/11/2019		12	1	10	102,58	4,8	5909	492	4923,84	14,8	87447	7287,28	72872,83
22/01/2020		48	16	9	102,58	4,8	23634	7878	4431,45	14,8	349790	116596,53	65585,54
05/02/2020		7	3	6	102,58	4,8	3447	1477	2954,30	14,8	51011	21861,84	43723,69
19/02/2020		12	15	10	102,58	4,8	5909	7386	4923,84	14,8	87447	109309,24	72872,83
13/11/2019	3	4	5	4	102,58	4,8	1970	2462	1969,53	14,8	29149	36436,41	29149,13
27/11/2019		4	3	4	102,58	4,8	1970	1477	1969,53	14,8	29149	21861,84	29149,13
22/01/2020		12	10	6	102,58	4,8	5909	4924	2954,30	14,8	87447	72872,83	43723,69
05/02/2020		2	3	4	102,58	4,8	985	1477	1969,53	14,8	14575	21861,84	29149,13
19/02/2020		3	8	6	102,58	4,8	1477	3939	2954,30	14,8	21862	58298,26	43723,69
13/11/2019	4	4	2	4	102,58	4,8	1970	985	1969,53	14,8	29149	14574,56	29149,13
27/11/2019		48	1	1	102,58	4,8	23634	492	492,38	14,8	349790	7287,28	7287,28
22/01/2020		24	5	0	102,58	4,8	11817	2462	0	14,8	174895	36436,41	0
05/02/2020		0	0	0	102,58	4,8	0	0	0	14,8	0	0	0
19/02/2020		3	6	0	102,58	4,8	1477	2954	0	14,8	21862	43723,69	0
13/11/2019	5	0	0	0	102,58	4,8	0	0	0	14,8	0	0	0
27/11/2019		10	20	25	102,58	4,8	4924	9848	12309,6	14,8	72873	145745,6	182182,08
22/01/2020		18	0	6	102,58	4,8	8863	0	2954,30	14,8	131171	0	43723,69
05/02/2020		0	0	0	102,58	4,8	0	0	0	14,8	0	0	0
19/02/2020		15	3	6	102,58	4,8	7386	1477	2954,304	14,8	109309	21861,84	43723,69
	Total.	348	176	161	102,58	4,8	171350	86660	16515,38	14,8	2535975	1282561,84	244427,62

Considerando una jornada diaria diurna de 12 horas de pesca incluyendo descanso. La estimación se realizó tomando en cuenta lo siguiente; en promedio se realizó un tiro cada 2.5 Horas o 4.8 tiros por jornada (tiro = tendido y recogida de trasmallo de aproximadamente 350 metros equivalente al perímetro de pesca con el cual se calculó el área de captura) y un área de 14.8 Km2 de espejo de agua en Embalse Cerrón Grande. UES, 10 de septiembre de 2021.

## Anexo 1 Cálculo de las poblaciones de peces

Por unidad de esfuerzo y área de pesca.

El área de pesca se calculó en base a área de circunferencia  $A_c = \pi r^2$  partiendo de la fórmula de perímetro  $p_c = 2\pi r$ .

se consideró perímetro a la longitud del trasmallo 350 m.

$$p = 2\pi r:$$

de esta manera:

$$r = p/2\pi$$

$$r = 350m / (2 * 3.1415)$$

$$r = 55,70 \text{ m}$$

$$A = \pi r^2$$

$$A = (3,1415 * 55,70m)^2$$

$$A = 9748,2 \text{ m}^2$$

Equivalente a  $0,0097482 \text{ km}^2$

Para el cálculo de poblaciones por kilómetro cuadrado se determinó un factor de conversión de metros cuadrados a kilómetros cuadrados considerando que:

$$1 \text{ km}^2 = 1,000,000 \text{ m}^2$$

Así en  $9748,2 \text{ m}^2$  (área de pesca) si se realiza 1 captura, en  $1,000,000 \text{ m}^2$  se obtendrían x número de capturas.

$$9748,2 \text{ m}^2 \text{ -----} 1$$

$$1,000,000 \text{ m}^2 \text{ -----} x$$

$$X = 102.58$$

De esta forma 102.58 es nuestro factor y al multiplicarlo por cualquier número de capturas en el área de pesca antes descrita nos dará un resultado en  $\text{km}^2$

Así:

La Población estimada por  $\text{Km}^2 =$  Factor multiplicado por tiros realizados en una jornada

$$\text{Población estimada} = 102.58 * 4.8$$

**Cuadro A- 9 ANOVA ICA-Promedio de poblaciones por Kilómetro cuadrado**  
Embalse Cerrón Grande, período comprendido de noviembre de 2019 a febrero de 2020

<b>Informe</b>				
ICA Clasificado		Tilapias por Km <sup>2</sup>	Guapotes por Km <sup>2</sup>	Mojarras por Km <sup>2</sup>
Bueno	Media	96816,71	52052,02	30190,17
	Varianza	14704946373,57	5548155484,89	237705841,19
	Desv. Desviación	121263,95	74485,94	15417,71
	Error estándar de la media	45833,46	28153,04	5827,34
	Rango	342503	211331	51011
Regular	Media	82242,14	61421,39	81374,66
	Varianza	2791775318,14	2422576551,74	2897735355,57
	Desv. Desviación	52837,25	49219,67	53830,61
	Error estándar de la media	19970,60	18603,28	21976,25
	Rango	153033	138458	153033
Total	Media	89529,43	56736,70	53813,78
	Varianza	8132599508,72	3702433820,27	2031587402,15
	Desv. Desviación	90180,92	60847,62	45073,13
	Error estándar de la media	24101,86	16262,21	12501,03
	Rango	342503	211331	174895

Cálculo de poblaciones por unidad de esfuerzo (A-15). haciendo uso de software SPSS con base a datos de Cuadro A-9. UES, 10 de septiembre de 2021

**Cuadro A- 10 ANOVA SITIO- poblaciones de peces y calidad de agua**

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Población T/Km <sup>2</sup>	Entre grupos	622872,071	1	622872,071	0,008	0,931
	Dentro de grupos	962746588,857	12	80228882,405		
	Total	963369460,929	13			
Población G/Km <sup>2</sup>	Entre grupos	1022668,315	1	1022668,315	0,096	0,762
	Dentro de grupos	117064442,762	11	10642222,069		
	Total	118087111,077	12			
Población M/Km <sup>2</sup>	Entre grupos	,083	1	0,083	0,000	1,000
	Dentro de grupos	84771486,833	10	8477148,683		
	Total	84771486,917	11			

Nivel de confianza 95%. UES, 10 de septiembre de 2021

Cuadro A- 11 Correlación de Pearson para el ICA y Poblaciones

Especies: *O. spp.*, *P. managuensis* y *A. macracanthus*.

Correlaciones		ICA	Tilapias / Km <sup>2</sup>	Guapotes / Km <sup>2</sup>	Mojarras/ Km <sup>2</sup>
Índice de calidad de Agua ICA	Correlación de Pearson	1	-0,089	-0,036	-0,463
	Sig. (bilateral)		0,762	0,902	0,111
	N	15	14	14	13
Tilapias por Km <sup>2</sup>	Correlación de Pearson	-0,089	1	0,035	-0,059
	Sig. (bilateral)	0,762		0,906	0,848
	N	14	14	14	13
Guapotes por Km <sup>2</sup>	Correlación de Pearson	-0,036	0,035	1	0,423
	Sig. (bilateral)	0,902	0,906		0,150
	N	14	14	14	13
Mojarras por Km <sup>2</sup>	Correlación de Pearson	-0,463	-0,059	0,423	1
	Sig. (bilateral)	0,111	0,848	0,150	
	N	13	13	13	13
DBO <sub>5</sub> mg/L	Correlación de Pearson	-0,911**	-0,031	0,175	0,436
	Sig. (bilateral)	0,000	0,916	0,550	0,137
	N	15	14	14	13
Sólidos Totales mg/L	Correlación de Pearson	-0,819**	0,370	0,277	0,266
	Sig. (bilateral)	0,000	0,193	0,337	0,379
	N	15	14	14	13
pH	Correlación de Pearson	-0,621*	-0,309	0,036	0,327
	Sig. (bilateral)	0,014	0,282	0,902	0,276
	N	15	14	14	13
OD % de saturación	Correlación de Pearson	-0,573*	-0,113	-0,097	-0,040
	Sig. (bilateral)	0,026	0,700	0,742	0,897
	N	15	14	14	13
Coliformes fecales	Correlación de Pearson	-0,159	-0,073	-0,289	0,076
	Sig. (bilateral)	0,570	0,804	0,316	0,804
	N	15	14	14	13

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral); \* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Método de extracción: análisis de componentes principales. Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser. UES, 10 de septiembre de 2021

**NOTA: las figuras y cuadros citadas en este apartado son exclusivas para el cálculo del ICA, no hacen referencia al resto del documento.**

Para calcular el Índice de Brown se puede utilizar una suma lineal ponderada de los subíndices ( $ICA_a$ ) o una función ponderada multiplicativa ( $ICA_m$ ). Estas agregaciones se expresan matemáticamente como sigue:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i) \quad (1)$$

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{w_i}) \quad (2)$$

Donde:

$w_i$ : Pesos relativos asignados a cada parámetro ( $Sub_i$ ), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

$Sub_i$ : Subíndice del parámetro  $i$ .

Otros autores (Landwehr y Denninger, 1976), demostraron que el cálculo de los "ICA" mediante técnicas multiplicativas es superior a las aritméticas, es decir que son mucho más sensibles a la variación de los parámetros, reflejando con mayor precisión un cambio de calidad. Es por esta razón que la técnica que se aplicará en este estudio es la multiplicativa. Para determinar el valor del "ICA" es necesario sustituir los datos en la ecuación 2 obteniendo los  $Sub_i$  de distintas graficas como se explicará a continuación, dicho valor se eleva por sus respectivos  $w_i$  de la Tabla 1 se multiplican los 9 resultados obteniendo de esta manera el "ICA". Los pesos de los diversos parámetros son:

Tabla 1 Pesos relativos para cada parámetro del "ICA"

i	sub <sub>i</sub>	w <sub>i</sub>
1	Coliformes fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO <sub>5</sub>	0.10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Temperatura	0.18
7	Turbidez	0.08
8	Solidos Totales	0.09
9	Oxígeno Disuelto	0,17

Los pasos a seguir para calcular los (Sub<sub>i</sub>) del Índice de Calidad General son:

Si los Coliformes fecales son mayores de 100,000 Bact/100 mL el (Sub<sub>1</sub>) es igual a 3. Si el valor de Coliformes fecales es menor de 100,000 Bact/100 mL, buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 1 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub<sub>1</sub>) de Coliformes fecales, se procede a elevarlo al peso w<sub>1</sub>.

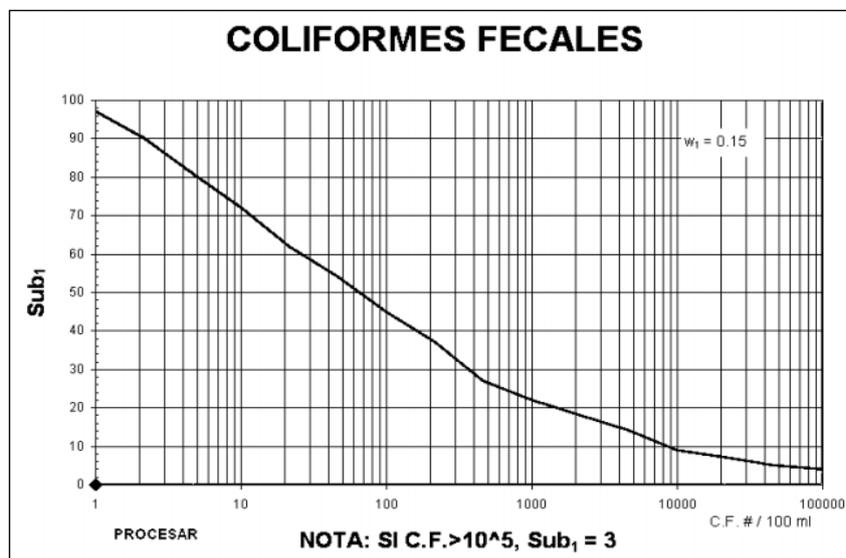
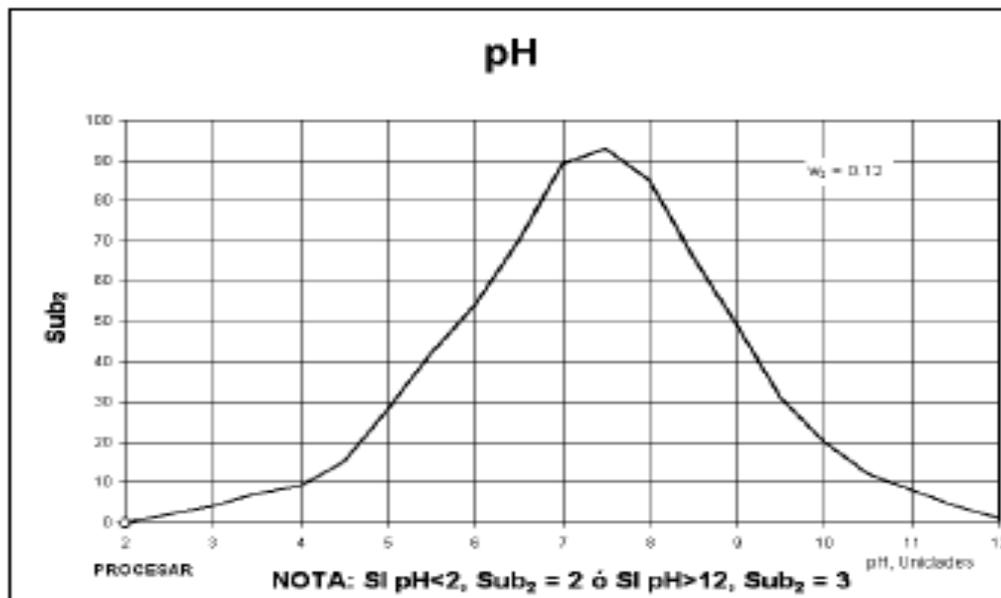


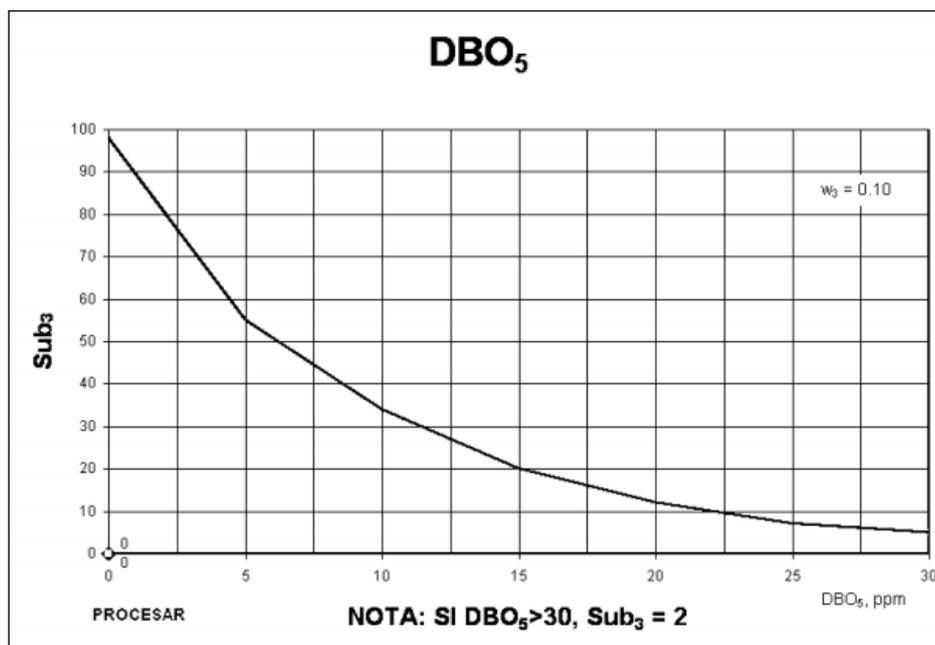
Figura 1 Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales

Si el valor de pH es menor o igual a 2 unidades el (Sub<sub>2</sub>) es igual a 2, sí el valor de pH es mayor o igual a 10 unidades el (Sub<sub>2</sub>) es igual a 3. Si el valor de pH esta entre 2 y 10 buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 2 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub<sub>2</sub>) de pH y se procede a elevarlo al peso w<sub>2</sub>

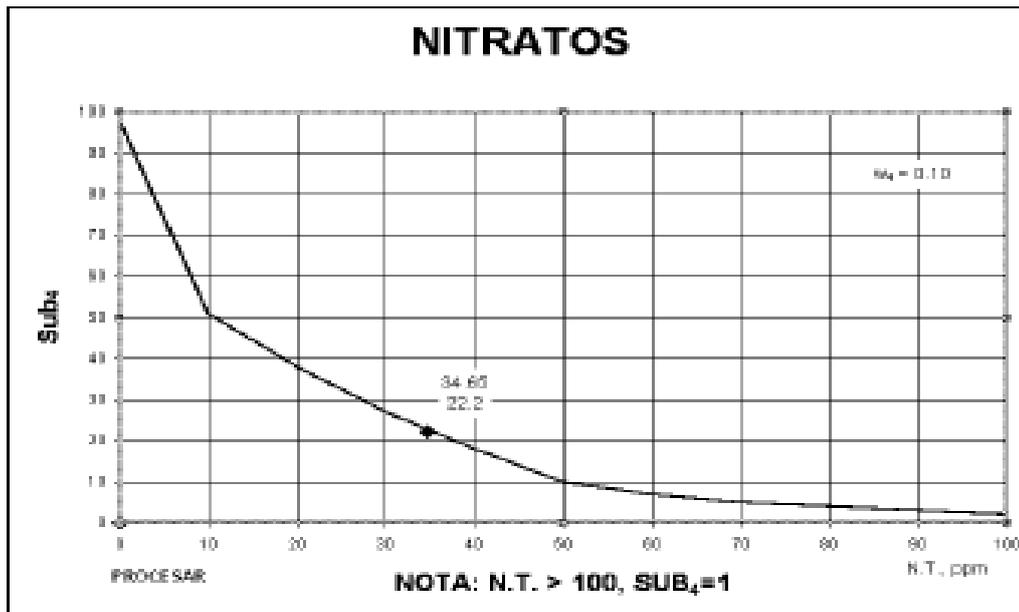


**Figura 2 Valoración de la calidad de agua en función del pH**

Si la DBO<sub>5</sub> es mayor de 30 mg/L el (Sub<sub>3</sub>) es igual a 2. Si la DBO<sub>5</sub> es menor de 30 mg/L buscar el valor en el eje de (X), en la Figura 3 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub<sub>3</sub>) de DBO<sub>5</sub> y se procede a elevarlo al peso  $w_3$ .

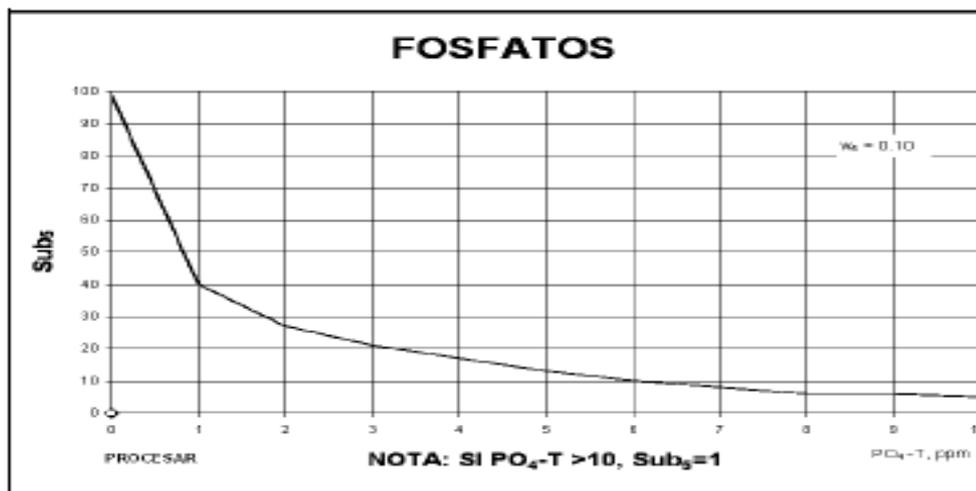


Si Nitratos es mayor de 100 mg/L el (Sub<sub>4</sub>) es igual a 2. Si Nitratos es menor de 100 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 4 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub<sub>4</sub>) de Nitratos y se procede a elevarlo al peso  $w_4$ .



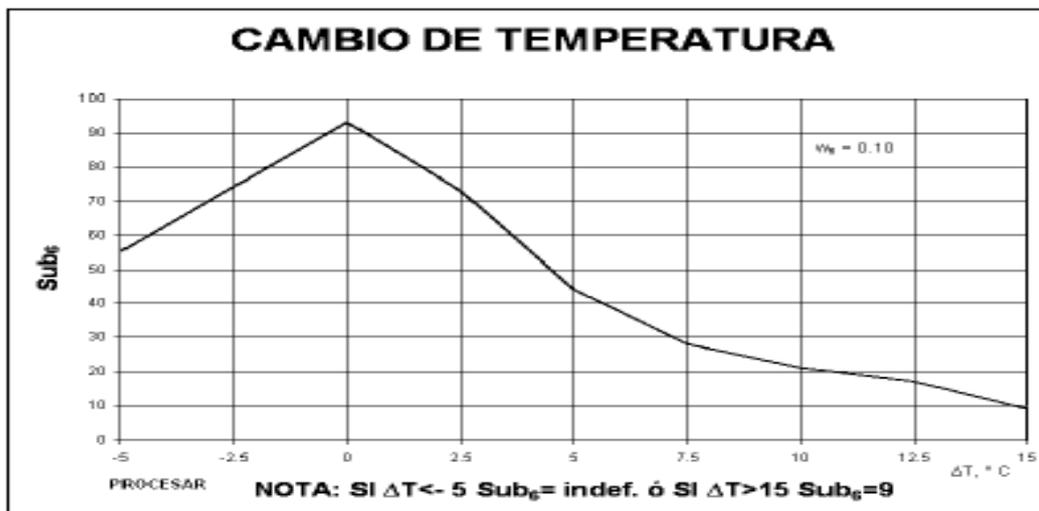
**Figura 4 Valoración de la calidad de agua en función del Nitrógeno**

Si el Fosfatos es mayor de 10 mg/L el (Sub<sub>5</sub>) es igual a 5. Si el Fosfatos es menor de 10 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 5 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub<sub>5</sub>) y se procede a elevarlo al peso  $w_5$ .



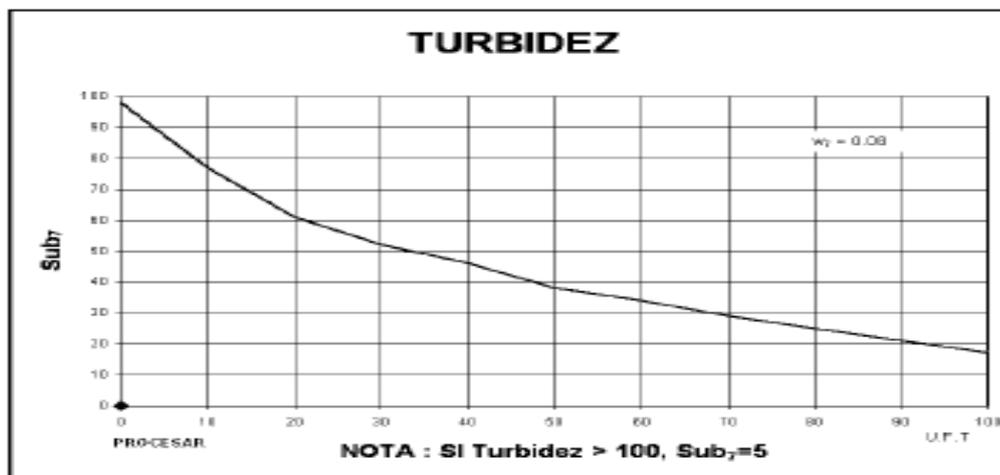
**Figura 5 Valoración de la calidad de agua en función del Fósforo**

Para el parámetro de Temperatura (Sub<sub>6</sub>) primero hay que calcular la diferencia entre la T° ambiente y la T° Muestra y con el valor obtenido proceder. Si el valor de esa diferencia es mayor de 15°C el (Sub<sub>6</sub>) es igual a 9. Si el valor obtenido es menor de 15°C, buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 6 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub<sub>6</sub>) de Temperatura y se procede a elevarlo al peso  $w_6$ .



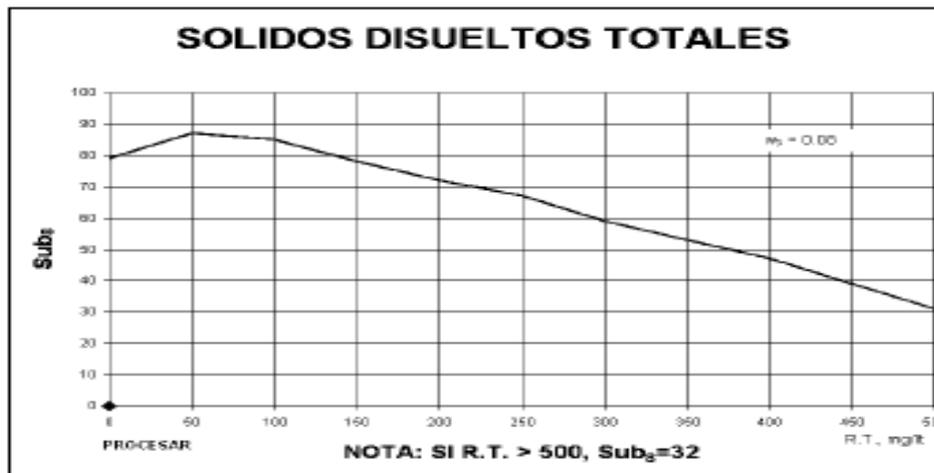
**Figura 6 Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura**

Si la Turbidez es mayor de 100 FAU el (Sub<sub>7</sub>) es igual a 5. Si la Turbidez es menor de 100 FAU, buscar el valor en el eje de (X) en la se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub<sub>7</sub>) de Turbidez y se procede a elevarlo al peso w<sub>7</sub>.



**Figura 7 Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez**

Si los Sólidos disueltos Totales son mayores de 500 mg/L el (Sub<sub>8</sub>) es igual a 3, si es menor de 500 mg/L, buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 8 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub<sub>8</sub>) de Residuo Total y se procede a elevarlo al peso w<sub>8</sub>.



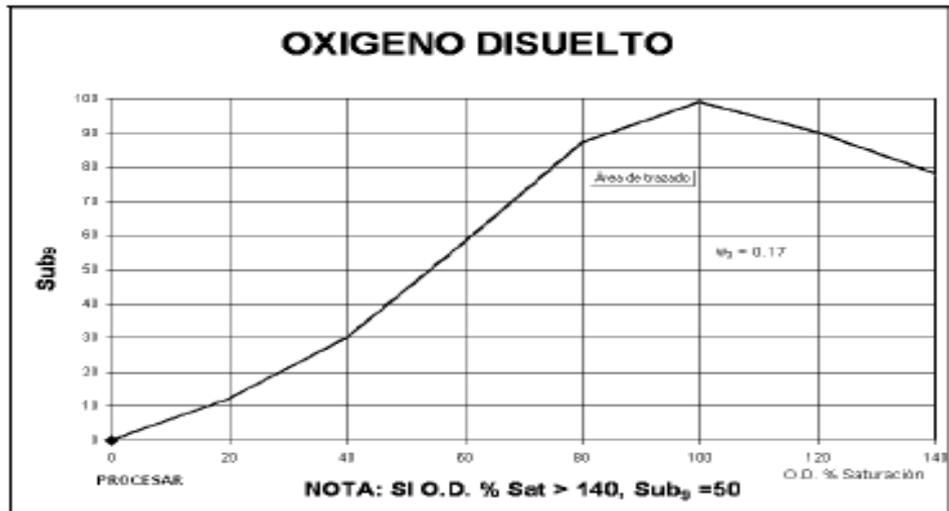
**Figura 8 Valoración de la calidad de agua en función del Residuo Total**

Para el parámetro de Oxígeno Disuelto (OD) primero hay que calcular el porcentaje de saturación del OD en el agua. Para esto hay que identificar el valor de saturación de OD según la temperatura del agua (Tabla 2).

Tabla 2 Solubilidad del oxígeno en agua dulce.

Temp. °C	OD mg/L						
1	14.19	12	10.76	23	8.56	34	7.05
2	13.81	13	10.32	24	8.4	35	6.93
3	13.44	14	10.29	25	8.24	36	6.82
4	13.09	15	10.07	26	8.09	37	6.71
5	12.75	16	9.85	27	7.95	38	6.61
6	12.43	17	9.63	28	7.81	39	6.51
7	12.12	18	9.45	29	7.67	40	6.41
8	11.83	19	9.26	30	7.54	41	6.31
9	11.55	20	9.07	31	7.41	42	6.22
10	11.27	21	8.9	32	7.28	43	6.13
11	11.01	22	8.72	33	7.16	44	6.04

Luego si el % de Saturación de OD es mayor de 140% el ( $Sub_9$ ) es igual a 47. Si el valor obtenido es menor del 140% de Saturación de OD buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 9 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el ( $Sub_9$ ) de Oxígeno Disuelto y se procede a elevarlo al peso  $w_9$ .



**Figura 9 Valoración de la calidad de agua en función del % de Saturación del Oxígeno disuelto**

Los datos obtenidos se incorporan en la siguiente Tabla para obtener el valor del “ICA” en el punto de muestreo deseado.

Tabla 3 Hoja para el cálculo del ICA

	<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>Total</b>
1	Coliformes fecales		NPM/ 100mL		0.15	
2	pH		Unidades de pH		0.12	
3	DBO <sub>5</sub>		Mg/L		0.10	
4	Nitratos		Mg/L		0.10	
5	Fosfatos		Mg/L		0.10	
6	Temperatura		°C		0.18	
7	Turbidez		FAU		0.08	
8	Solidos Totales		Mg/L		0.09	
9	Oxígeno Disuelto		% saturación		0,17	
<b>Valor del “CA” <math>\Sigma</math></b>						

### Anexo 3 Claves taxonómicas para identificar helmintos digeneos adultos

1. Acetábulo ausente, *Cichlasotre maujati*  
 – Acetábulo presente. . . . . 2\*
  2. Testículos numerosos, *Helicometrina nimia*  
 – Uno o dos testículos presentes. . . . . 3
  3. Vitelaria compacta. . . . . 4  
 – Vitelaria folicular. . . . . 7
  4. Faringe ausente; cuerpo lanceolado, *Phyllodistomum lacustris*  
 – Faringe presente; cuerpo cilíndrico. . . . . 5
  5. Cuerpo dividido en parte anterior y apéndice posterior (ecsoma), *Lecithochirium floridense*  
 – Cuerpo no dividido. . . . . 6
  6. Ovario pre testicular; ciegos intestinales cortos, *Diphtherostomum brusinae*  
 – Ovario pos testicular; ciegos intestinales largos, *Genarchella isabellae*
  7. Glándulas vitelógenas en todo el cuerpo desde la faringe hasta el extremo posterior, *Crassicutiscichla somae*  
 – Glándulas vitelógenas en un área limitada. . . . . 8
  8. Glándulas vitelógenas en la parte posterior del cuerpo. . . . . 9  
 – Glándulas vitelógenas en la parte anterior o ecuatorial del cuerpo. . . . . 10
  9. Un testículo presente; digeneos pequeños (< 1 mm), *Saccocoelioide ssp.*  
 – Dos testículos; digeneos grandes (> 1.5 mm), *Homalometron pallidum*
  10. Gonotilos (5-9) en forma de “ventosas” entre la faringe y el acetábulo, *Oligogonotylus manteri* – Sin línea de gonotilos. . . . . 11
  11. Digeneos parasitando la vesícula biliar; ciegos intestinales voluminosos y largos, *Prosthenhystera obesa*– Digeneos parasitando el intestino; ciegos intestinales delgados y cortos. . . . . 12
  12. Ventosa oral ligeramente más grande que el acetábulo, *Tabascotrema verai*  
 – Ventosa oral mucho más grande que el acetábulo. . . . . 13
  13. Ventosa oral muy grande, más de la mitad del ancho del cuerpo, *Pseudocaecincola batallae*  
 – Ventosa oral menos que la mitad del ancho del cuerpo, *Campechetrema herrerae*
- \* Clave dicotómica.

Anexo 4 Clave para la identificación de metacercarias

1. Sistema digestivo formado por un intestino en forma de bolsa que se abre en la parte posterior del cuerpo por la faringe, *Bucephalu* ssp.
  - Sistema digestivo con la boca rodeada por la ventosa oral en la parte anterior del cuerpo. . . . . 2
2. Ventosa oral con espinas. . . . . 3
  - Ventosa oral sin espinas. . . . . 13
3. Parte anterior del cuerpo con un collar armado con espinas. . . . . 4
  - Parte anterior del cuerpo sin collar; espinas circumorales formando un círculo completo. . . . . 5
4. Collar de espinas interrumpido dorsalmente, en branquias, *Echinochasmus leopoldinae*
  - Collar de espinas no interrumpidas dorsalmente, en escamas, *Drepanocephalu* ssp.. 46
5. Espinas circumorales en dos círculos completos, cada uno de 16 espinas. . . . . 6
  - Espinas circumorales no formando dos círculos completos. . . . . 7
6. Ventosa oral con un largo apéndice posterior; ciegos intestinales cortos y anchos; pre acetabulares, en corazón, *Ascocotyle* (*Ascocotyle*) *tenuicollis*
  - Ventosa oral sin apéndice posterior; ciegos intestinales largos, post acetabulares, en branquias, *Centrocestusformosanus*
7. Ventosa oral con un círculo completo de espinas y varias espinas accesorias. . . . . 8
  - Ventosa oral sin espinas accesorias. . . . . 9
8. Ventosa oral armada con 25 - 26 espinas en un círculo completo y 7-9 espinas accesorias; en branquias, *Ascocotyle* (*Ascocotyle*) *nunezae*
  - Ventosa oral armada con 16 espinas en un círculo completo y cuatro espinas accesorias; en vísceras y órganos internos, *Ascocotyle* (*Phagicola*) *nana*
9. Ventosa oral con apéndice posterior; cuerpo piriforme; gonotilo presente, muy grande, *Ascocotyle* (*Phagicola*) sp.
  - Ventosa oral sin apéndice posterior; cuerpo alargado; gonotilo ausente. . . . . 10
10. Ventosa oral con 23 espinas; ciegos intestinales unidos cerca del extremo posterior y abriendo dentro del sistema excretor, *Pelaezialesoosi*, Ventosa oral con 20 espinas; ciegos intestinales no unidos. . . . . 11
11. Ciegos intestinales no abren afuera del cuerpo, *Acanthostomidae* gen. sp.
  - Ciegos intestinales abren afuera del cuerpo. . . . . 12
12. Un ciego intestinal presente; espinas con la base robusta; la relación de ventosas menos que 1.8:1, *Stunkardiella minima*

– Dos ciegos intestinales presentes, uno de ellos atrofiado; espinas circumorales delgadas; la relación de ventosas mayor que 1.8:1, <i>Atrophecaecum (?) astorquii</i>	
13. Órgano de Brandes (tribocítico) ausente. . . . .	14
– Órgano de Brandes (tribocítico) presente. . . . .	23
14. Metacercaria muy grande, alargada, en quiste amarillo; el extremo anterior truncado, con ventosa oral pequeña en una cavidad cóncava; ventosa ventral muy grande,	
<b><i>Clinostomum complanatum</i></b>	
– Metacercaria pequeña, sin el extremo anterior truncado y la ventosa oral no en cavidad cóncava. . . . .	15
15. Esófago con dos divertículos laterales; parasitando escamas de la línea lateral, <i>Ribeiroiaondatrae</i>	
– Esófago sin divertículos laterales. . . . .	16
16. Ciegos intestinales voluminosos, sinuosos, ocupando casi todo el ancho del cuerpo, <i>Torticaecumsp.</i>	
32. Ciegos intestinales más delgados, no sinuosos. . . . .	17
17. Ventosa ventral modificada (reducida), con pequeñas escaleritas tipo gancho; un testículo presente, <i>Haplorchispumilio</i> – Ventosa ventral no modificada, sin escaleritas..	18
18. Ventosa oral grande, en forma de campana invertida; ciegos intestinales se unen cerca de la extremidad posterior, <i>Perezitrema bychowskyi</i> – Ventosa oral de otra forma (oval o circular); ciegos intestinales no unidos. . . . .	19
19. Solo un testículo presente; pre faringe muy larga; cuerpo enteramente cubierto con espinas tegumentarias largas y delgadas, <i>Heterophyidae gen. sp.</i> – Dos testículos presentes; pre faringe muy corta. . . . .	20
20. Manchas oculares (ocelos) presentes; faringe grande, casi del mismo tamaño de la ventosa ventral, <i>Oligogonotylus manteri</i> – Manchas oculares (ocelos) ausentes; faringe más pequeña que la ventosa ventral. . . . .	21
21. Sistema excretor con ramificaciones alcanzando la ventosa oral; células glandulares formando dos grupos entre la faringe y la bifurcación intestinal; en branquias, <i>Cladocystis trifolium</i> – Sistema excretor sin ramificaciones, en forma de Y; sin grupos de células glandulares. . . . .	22
22. Ventosas y faringe grandes y musculosas; acetábulo post ecuatorial, <i>Tabasco tremaverai</i> – Ventosas y faringe pequeñas y menos musculares; acetábulo pre ecuatorial, <i>Cryptogonimidae gen. sp.</i>	
23. Pseudo ventosas presentes. . . . .	24
– Pseudoventosas ausentes. . . . .	27

24. Pseudo ventosas dentro del cuerpo (no en márgenes antero laterales); con apéndice posterior (protuberancia); en ojos y cerebro, <i>Cotyluru ssp.</i> – Pseudoventosas en el margen antero lateral del cuerpo. . . . .	25
25. Cuerpo redondo, ancho, con la parte posterior más estrecha, <i>Tetracotyle sp.</i> – Cuerpo alargado. . . . .	26
26. Acetábulo ausente; libre en el humor acuoso, <b><i>Diplostomum</i></b> ( <i>Austrodiplostomum</i> ) <b><i>compactum</i></b> Acetábulo presente; en quistes transparentes en el músculo, <b><i>Diplostomidae</i></b> gen. sp.	
27. Faringe ausente; en mesenterios, <i>Apharyngostrigea sp.</i> – Faringe presente.....	28
28. Cuerpo dividido en dos partes de tamaño semejante. . . . .	29
Cuerpo no dividido en dos partes de tamaño semejante. . . . .	30
29. Radio de ventosas 1: 0.57-0.61; en quiste oscuro con paredes muy gruesas, <i>Uvulifer sp.</i> – Radio de ventosas 1:1.34-1.66; en quiste transparente en el músculo, <i>Posthodiplostomum minimum</i>	
30. Radio de ventosas 1:2.42-3.00, <i>Crocodilicolapseudostoma</i> – Ventosa oral más grande o del mismo tamaño que el acetábulo. . . . .	31
31. Metacercaria alargada; órgano tribocítico en el extremo posterior del cuerpo, <i>Proterodiplostomidae</i> gen. sp. – Metacercaria ovalada y ancha; órgano tribocítico inmediatamente posterior al acetábulo <i>Mesostephanus sp.</i>	

Anexo 5 Clave para la identificación de monogeneos

1. Manchas oculares presentes; sin embrión desarrollado. . . . . 2
  - Manchas oculares ausentes; con embrión desarrollado, *Gyrodactylus* sp. 2 y *Gyrodactylus* sp. . . . . 3
2. Un par de macro ganchos, *Ancyrocephalinae* gen. sp.. . . . . 3
  - Dos pares de macroganchos
3. Barra ventral con cavidades sobre los márgenes anteriores; micro ganchos similares en forma y tamaño. . . . . 4
  - Barra dorsal en forma de H, con dos proyecciones dirigidas anteriormente; micro ganchos diferentes en forma y tamaño. . . . . 7
4. Macro ganchos dorsales con raíces superficiales marcadamente desarrolladas, curvaturas de los ganchos articuladas con la base, *Sciadicleithrum meekii* – Macro ganchos dorsales con raíces superficiales moderadas, curvaturas no articuladas con la base. . . . . 5
5. Pieza accesoria simple y tubular, base del órgano copulador masculino (OCM), bilobulada, *Sciadicleithrumbra. vohollisae*
  - Pieza accesoria en forma de cono invertido. . . . . 6
6. Vagina como un tubo ondulante dirigido anteriormente; órgano copulador masculino (OCM) formando 1.5 a 2.5 anillos, *Sciadicleithrum.splendidae* – Vagina como un tubo delgado dirigido lateralmente; órgano copulador masculino formando un anillo pobremente desarrollado, *Sciadicleithrum mexicanum 1*
7. Macro ganchos con raíces pobremente desarrolladas, muy similares en forma y tamaño, base del OCM con una placa serrada, *Cichlidogyrus clerosus*
8. Macro ganchos con raíces desarrolladas, los dorsales más pequeños que los ventrales, base del OCM oval sin una placa serrada, *Cichlidogy.rusdossoui*.

Anexo 6 Clave para la identificación de cestodos

1. Cestodo maduro, con estróbilo segmentado y órganos sexuales en cada proglótido; en lumen intestinal. . . . . 2
  - Cestodo inmaduro (larva), cuerpo no segmentado, órganos sexuales no desarrollados, usualmente encapsulados en diferentes órganos. . . . . 3
2. Escólex en forma de corazón, con disco apical poco desarrollado y dos botrios estrechos y profundos, *Bothriocephalus acheilognathi*
  - Escólex elongado, con disco apical bien desarrollado, dos incisiones laterales y dos botrios anchos y poco profundos, *Bothriocephalus pearsei*
3. Escólex con 4 tentáculos armados con numerosos ganchos, *Trypanorhyncha* gen. sp.
  - Escólex sin tentáculos. . . . . 4
4. Escólex con 20 ganchos rostelares en dos círculos de 10 ganchos cada uno. . . . . 5
  - Escólex sin ganchos rostelares. . . . . 6
5. Larva grande, con ganchos rostelares muy grandes 190-206 de largo y pequeños 118 - 128 de largo, en mesenterio, *Glossocercus caribaensis*
  - Larva pequeña, con ganchos rostelares muy pequeños 17-19 de largo, grandes 34- 35, en vesícula biliar, *Valiporamutabilis*
6. Larva enquistada, con escólex invaginado; en mesenterio y órganos internos, *Proteocephalidea* gen. sp.
  - Larva libre, con escólex evaginado; en lumen intestinal, *Tetraphyllidea* gen. sp

## Anexo 7 Clave para la identificación de nematodos adultos

1. Esófago formado por una parte muscular anterior y un esticosoma. Machos con una sola espícula. Huevos con placas polares, *Cepillaría (Hepatocapillaria) cichlasomae*  
 – Esófago sin formar un esticosoma. Machos con dos espículas. Huevos sin placas polares. . . . . 2
2. Cuerpo sin espinas. Labios pequeños o ausentes. Esófago sin ventrículo posterior ni ciegos. . . . . 3  
 – Cuerpo cubierto de espinas. Tres labios rodeando la boca. Esófago presentando un ventrículo posterior. Ciego intestinal presente, *Goezianonipapillata*
3. Estoma rudimentario o ausente. . . . . 4  
 – Estoma bien desarrollado, algunas veces reducido. . . . . 5
4. Nematodos pequeños, con cutícula delgada. Faringe bien desarrollada. Esófago compuesto de un cuerpo largo, istmo corto y bulbo esofágico bien desarrollado.  
*Raillietnema kritscheri*  
 – Nematodos de mayor tamaño con cutícula gruesa. Faringe ausente. Abertura oral alargada dorso ventralmente. Cápsula pseudo bucal (esofastoma) aplanada lateralmente. Esófago no dividido y expandido en ambos extremos, *Cucullanus* sp.
5. Cápsula bucal desarrollada, reducida o ausente. Esófago marcadamente dividido en muscular y glandular. . . . . 6  
 – Cápsula bucal (estoma) alargada y en forma de tubo esclerotizado (vestíbulo). Esófago con división muscular y glandular poco visible. . . . . 7
- 6 Cápsula bucal bien desarrollada, sin dientes y sólida, color naranja-café. Engrosamientos espirales dentro de la cápsula bucal. Dos espículas desiguales en tamaño y similares en forma, *Procamallanus (Spirocamallanus) rebecae*  
 – Cápsula bucal ausente. Espículas ausentes. Placa copulatoria impar esclerotizada presente, *Mexiconemacichlasomae*
7. Espícula izquierda más larga que la derecha. Relación entre espículas 1:7.9-13.9, *Rhabdochona kidderi kidderi*  
 – Espícula izquierda mucho más larga que la derecha. Relación entre espículas 1:18.7 - 22.5, *Rhabdochona kidderi texensis*

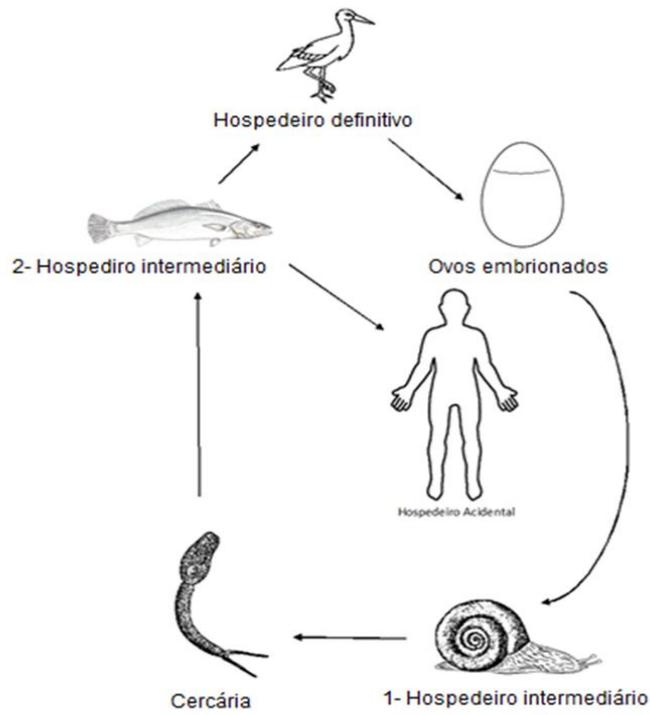


Figura A. 19 Ciclo biológico esquemático de *Clinostomum* spp Trematodo (Platelminto). Fuente: Oliveira, et al 2020

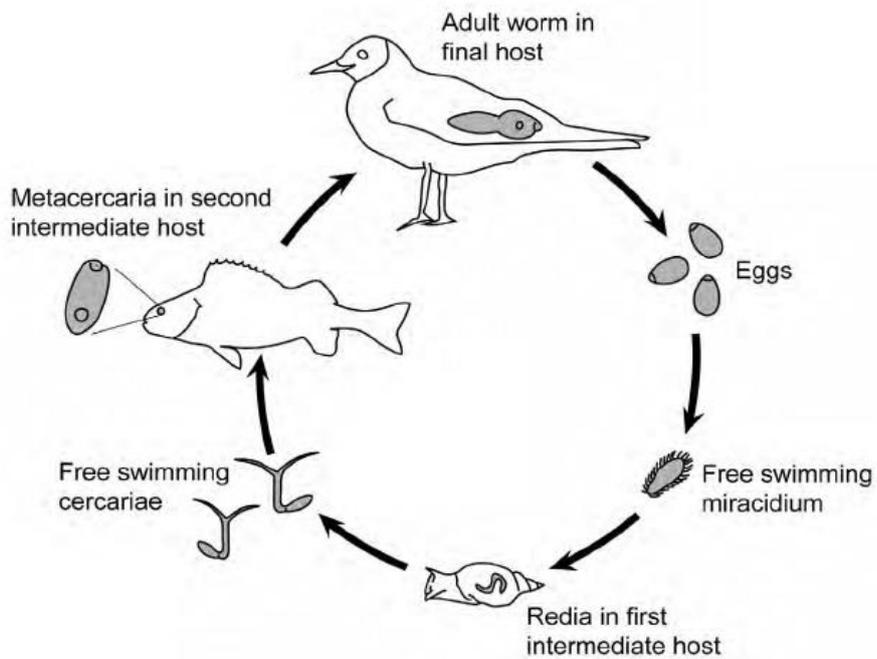


Figura A. 20 Ciclo biológico esquemático de *Diplostomum* spp Trematodo. Fuente: Ramallo, 2019

## Anexo 8 Resultados de análisis microbiológicos muestreo sitio 1



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL  
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y DIAGNÓSTICO



### REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

N° : 21- 2019

**SOLICITANTE** : David Jacobo López

**DEPENDENCIA** : Departamento de Zootecnia (Tesis)

**NOMBRE DE MUESTRA** : Agua de Embalse (Tumbilla)      **N° DE FRASCO** : 1

**UBICACIÓN** : Municipio Paraíso, Chalatenango.

**TOMA DE MUESTRA** : 13- Noviembre-2019      **HORA** : 9:40 a.m.  
**RECEPCIÓN DE MUESTRA** : 13- Noviembre-2019      **HORA** : 1:30 p.m.  
**INICIO DE ANÁLISIS** : 13- Noviembre-2019      **FIN DE ANÁLISIS** : 15-  
Noviembre-2019

**ANÁLISIS SOLICITADO** : Determinación de coliformes totales y coliformes fecales\*

**COSTO** : Autorizados por Jefatura

ANÁLISIS	RESULTADO	PARÁMETRO NSO 13.49.01:09 (Agua) Valores máximos permisibles <sup>1</sup>
Bacterias Coliformes Totales .	170 NMP/100 mL	10,000 NMP/100 mL
Bacterias Coliformes Fecales.	4 NMP/100 mL	2,000 NMP/100 mL

1. NSO 13.49.01:09 "AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR"  
\* STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER

  
Lidia María Rosmeiro Erro  
Responsable de Laboratorio



  
Juan Antonio Aguirre  
Técnico de Laboratorio

## Anexo 9 Resultados de análisis microbiológicos muestreo sitio 2



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL  
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y DIAGNÓSTICO



### REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

N° : 22- 2019

**SOLICITANTE** : David Jacobo López

**DEPENDENCIA** : Departamento de Zootecnia (Tesis)

**NOMBRE DE MUESTRA** : Agua de Embalse (Los Cabros)      **N° DE FRASCO** : 2

**UBICACIÓN** : Municipio Paraíso, Chalatenango.

**TOMA DE MUESTRA** : 13- Noviembre-2019      **HORA** : 9:20 a.m.

**RECEPCIÓN DE MUESTRA** : 13- Noviembre-2019      **HORA** : 1:30 p.m.

**INICIO DE ANÁLISIS** : 13- Noviembre-2019      **FIN DE ANÁLISIS** : 15- Noviembre-2019

**ANÁLISIS SOLICITADO** : Determinación de coliformes totales y coliformes fecales\*

**COSTO** : Autorizados por Jefatura

ANÁLISIS	RESULTADO	PARÁMETRO
		NSO 13.49.01:09 (Agua) Valores máximos permisibles <sup>1</sup>
Bacterias Coliformes Totales .	50 NMP/100 mL	10,000 NMP/100 mL
Bacterias Coliformes Fecales.	0 NMP/100 mL	2,000 NMP/100 mL

1. NSO 13.49.01:09 "AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR"  
\* STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION WATER AND WASTEWATER

  
Licda. Idalia Rosmary Erroa  
Responsable de Laboratorio



  
Juan Antonio Aguirre  
Técnico de Laboratorio

Anexo 10 Resultados de análisis microbiológicos muestreo sitio 3



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL  
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y DIAGNÓSTICO



REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

N° : 23- 2019

SOLICITANTE : David Jacobo López

DEPENDENCIA : Departamento de Zootecnia (Tesis)

NOMBRE DE MUESTRA : Agua de Embalse (Los Cabritos) N° DE FRASCO : 3

UBICACIÓN : Municipio Paraíso, Chalatenango.

TOMA DE MUESTRA : 13- Noviembre-2019 HORA : 9:40 a.m.

RECEPCIÓN DE MUESTRA : 13- Noviembre-2019 HORA : 1:30 p.m.

INICIO DE ANÁLISIS : 13- Noviembre-2019 FIN DE ANÁLISIS : 15- Noviembre-2019

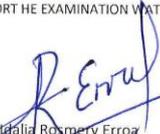
ANÁLISIS SOLICITADO : Determinación de coliformes totales y coliformes fecales\*

COSTO : Autorizados por Jefatura

ANÁLISIS	RESULTADO	PARÁMETRO NSO 13.49.01:09 (Agua) Valores máximos permisibles <sup>1</sup>
Bacterias Coliformes Totales .	110 NMP/100 mL	10,000 NMP/100 mL
Bacterias Coliformes Fecales.	4 NMP/100 mL	2,000 NMP/100 mL

1. NSO 13.49.01:09 "AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR"

\* STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER

  
Licda. Lidia Rosmery Erroz  
Responsable de Laboratorio



  
Juan Antonio Aguirre  
Técnico de Laboratorio