

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN**

TITULO

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.

TITULO A OBTENER:

Ingeniero Agrónomo

AUTORES

Nombres, apellidos	Institución y dirección	Teléfono y E-mail	Firma
David Jacob, López Torres	UES, San Salvador	Tel. 7143-7266 ineconolt@gmail.com	
Ana Eloísa, Velásquez Mazariego	UES, San Salvador	Tel. 7661-8858 zeaeloisa@hotmail.com	
Doris Argentina, García Sánchez	UES, San Salvador	Tel. 7334-1011 doris_argentina@hotmail.com	
Ing. Agr. Msc. Juan Francisco Alvarado Panameño	US, Departamento de Zootecnia	Tel. 7096-2893 Jfrancisco1961@gmail.com	
Lcda. Ada Yanira Arias de Linares	UES, Departamento Química Agrícola	Tel. 7860-4900 yani_linares@hotmail.com	

Coordinador General de Procesos de Graduación del Departamento	Firma_____
Director General de Procesos de Graduación de la Facultad	Firma_____
Jefe del Departamento	Firma_____
	SELLO
Lugar y fecha: San Salvador, diciembre de 2021	

Título: 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.

López-Torres, D. J¹; Velásquez-Mazariego, A. E¹; García-Sánchez, D. A¹; Alvarado-Panameño, J. F²; Arias, A. Y².

Resumen

La investigación se realizó en cinco sitios ubicados en el Embalse Cerrón Grande, en el periodo 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 (*Amphilophus macracanthus*). Los muestreos se llevaron a cabo durante cuatro meses con un intervalo de 15 días, las muestras de peces fueron de 140 unidades en total.

El análisis de agua se realizó con 9 parámetros de los cuales: OD, pH, Temperatura, Nitratos (NO₃), STD y Turbidez, se midieron y registraron *in situ*; los parámetros: DBO₅ y fosfatos (PO₄) se determinaron en el Laboratorio de Química Agrícola, los coliformes fecales se determinaron en laboratorio de Diagnostico del Departamento de Protección Vegetal ambos laboratorios de la Facultad de Ciencias Agronómicas. Para los análisis en laboratorio, se transportó muestra de agua y peces en dos hieleras de 50 litros, una conteniendo frascos de polietileno de un litro de capacidad con muestras de agua y otra con los peces debidamente identificados en bolsas transparentes de polipropileno de 1.96 Kg, (5 Libras), manteniendo una temperatura de 4 °C. Se realizó identificación de parásitos mediante la observación estereoscópica de lo siguiente: ojos, agallas, piel e intestinos, realizada en el laboratorio de ELISA de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Los datos fueron ordenados en una matriz de Excel (Microsoft®), y posteriormente analizados con un nivel de confianza del 95% y error del 5%, en el programa SPSS® versión 25 (Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales).

Los resultados obtenidos reflejaron una calidad de agua calificada de buena a regular con un valor para ICA promedio de 72.8 lo cual indica una aptitud para usos agropecuarios y desarrollo de actividades de recreo acuático con restricciones basado en las Normas Oficiales Salvadoreñas: NSO13.07.01:08; NSO 13.49.01:09 y 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. Costa Rica, limitando además el uso del agua del Embalse para fines de potabilización por métodos convencionales. En cuanto a cargas parasitarias de los peces por sitio muestreado, se encontró una prevalencia general de 36.4%, presentando la mayor carga parasitaria el sitio Isla de Los Tibios con una prevalencia de 50%, y la menor el sitio La Tumbilla con una prevalencia del 28%. Al realizar el análisis de correlación entre el índice de calidad del agua ICA y las cargas parasitarias, se obtuvo un valor de $r = 0.698$ y una probabilidad de error 0.00%. observándose que las cargas parasitarias disminuyen cuando la calidad del agua baja de categoría, por tanto, se concluyó que las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua, están afectando negativamente las poblaciones de parásitos en peces del Embalse Cerrón Grande.

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

1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Zootecnia, estudiante tesista.

2 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Zootecnia, docente director.

3 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Química Agrícola, docente director

Title: Water quality and parasitic load of endoparasitic helminths in fish: Tilapia (*Oreochromis* spp), Guapote tiger (*Parachromis managuensis*) and Mojarra (*Amphilophus macracanthus*) from Cerrón Grande reservoir.

López-Torres, D. J¹; Velásquez - Mazariego, A. E¹; García - Sánchez, D. A¹; Alvarado-Panameño, J. F²; Arias, A. Y³.

SUMMARY

The research was carried out in five sites located in the Cerron Grande reservoir, in the period from November 2019 to February 2020, with the aim of evaluating the water quality and loading of endoparasitic helminths in the fish: Guapote Tigre (*Parachromis managuensis*), Tilapia (*Oreochromis* spp) y 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 taking nine parameters of which six were taken in situ and three were analyzed in the laboratory of the Faculty of Agronomic Sciences: fecal coliform in the diagnostic laboratory of the Department of Plant Protection y DBO5 y phosphates, in the Agricultural chemistry laboratory. The transport of the water and fish sample to the laboratory was in two 50 liter coolers, one containing one-liter flask with the water samples and the other with the fish duly labeled in plastic bags maintaining a temperature of 4°C. The identification of parasites was carried out by stereoscopic observation of the following: eyes, gills and intestines, carried out in the ELISA Laboratory of the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador. The data were ordered in an Excel matrix (Microsoft®), and later analyzed with a confidence level of 95% and an error of 5% in the SPSS® version 25 program (Statistical Package for Social Sciences). The results obtained reflect that the reservoir has good water quality because an average value for ICA of 72.8 was obtained, this value indicates that the water is suitable for irrigation when consulting the Official Salvadoran Standards: NSO13.07.01:08; NSO 13.49.01:09 and Mexican regulations PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017 and regulations for the evaluation and classification of the quality of surface water bodies No. 33903-MINAE-S, Costa Rica, furthermore, limiting the use of water from the reservoir for drinking water purification by conventional methods. In terms of parasitic loads of fish per site sampled, an overall prevalence of 36.4% was found, with the highest parasitic load at the Isla de Los Tibios site with a prevalence of 50%, and the lowest at the La Tumbilla site with a prevalence of 28%. When performing the correlation analysis between the water quality index (ICA) and the parasite loads, a value of $r = 0.698$ and a probability of error of 0.00% was obtained, showing that the parasite loads decrease when the water quality drops in category, therefore, it was concluded that the physicochemical and microbiological conditions of the water are negatively affecting the parasite populations in fish of the Cerrón Grande reservoir.

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

INTRODUCCIÓN.

El parasitismo en vertebrados silvestres y particularmente en peces de agua dulce es un fenómeno universal que ocurre de manera natural. Muchos factores del medio ambiente y otros, producto de la 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, destacando que el éxito de los helmintos para completar sus ciclos de vida, indica la presencia de especies de hospederos en las localidades, incluyendo, los hábitats favorables dentro de su medio (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.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del estudio

La investigación se realizó en el Embalse Cerrón Grande (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 km² 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.

Metodología de campo

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.

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 muestras recolectadas en total sumaron 140 peces; 56 *O. spp.*, 46 *A. macracanthus* y 38 *P. managuensis*.

Transporte de muestras de peces

Los peces recolectados se colocaron en bolsas transparentes de polipropileno de 1.96 Kg. (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.

Muestreo de agua

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

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.

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).

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

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

Toma de parámetros en laboratorio: Para determinar otros parámetros fisicoquímicos: DBO₅, 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.

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.

Metodología de laboratorio

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 inició 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

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, 2008).

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.

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.

Variables en estudio.

Calidad del agua: Se estimó haciendo uso de los Parámetros: coliformes totales, pH (en unidades de pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅ en mg/ L), Nitratos (NO₃ en mg/L), Fosfatos (PO₄ en mg/L), cambio de la Temperatura (en °C), Turbidez (en FAU), Sólidos disueltos totales (en mg/L) siguiendo la metodología del SNET (2019).

Cargas parasitarias: Se analizó una muestra n=140 para las especies de peces *O. spp*, *P. managuensis* y *A. macracanthus* de la cual se obtuvieron 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:

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)

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-3).

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

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.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Calidad del agua

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.



Figura 1 Índice de Calidad de Agua promedio

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).

La Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO_5), 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_5 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. Según PRISMA, (2011) en los meses de agosto a noviembre se registra una invasión recurrente de algas verdes y Jacinto acuático (*Eichhornia crassipes*) en el embalse,

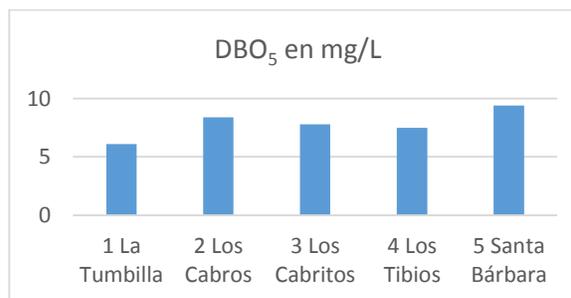


Figura 2 Demanda Bioquímica de Oxígeno.

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 consumen el oxígeno disuelto en agua.

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 presentó 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)

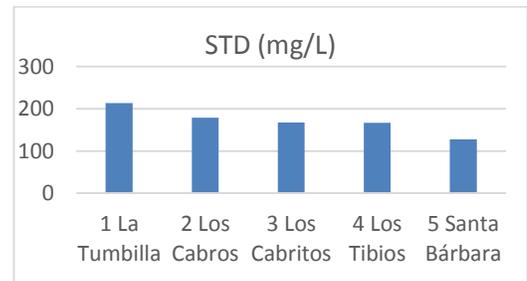


Figura 3 Sólidos Totales Disueltos (STD)
Valor promedio por sitio de muestreo.

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.

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).

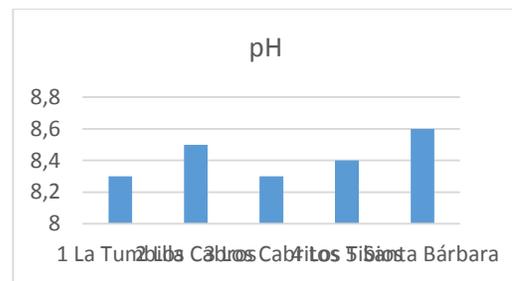


Figura 4 pH del valor promedio por sitio de muestreo

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-5) no se encontró una relación significativa entre estas variables, por lo cual

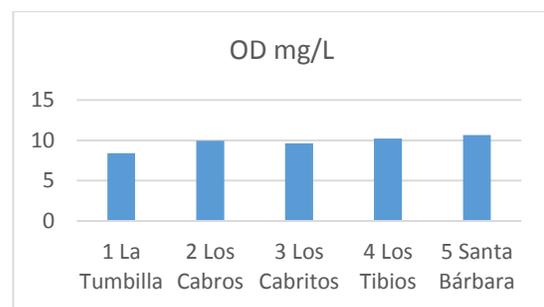


Figura 5 Oxígeno disuelto OD %
Valores promedio en Porcentaje de saturación.

podría decirse que, para los sitios en estudio el parámetro OD no está afectando significativamente 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).

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 río 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).

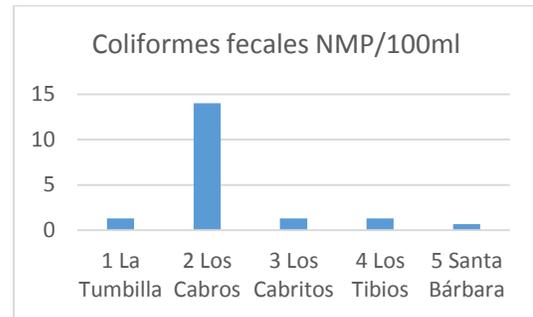


Figura 6 Coliformes fecales en NMP/100ml

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.

Análisis inferencial

Se demostró 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- 5), 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.

Cargas parasitarias

Análisis descriptivo

Se analizó una muestra $n=140$ para las especies de peces *O. spp.*, *P. managuensis* y *A. macracanthus* de la cual se obtuvieron 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 parasitaria, de la cual se encontró un promedio de 36.4%, presentando la mayor el sitio Los Tibios con 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 presentados por Panameño (2019), quien en un estudio similar reporta una prevalencia general de 65.38 % en 5 especies de peces del Embalse.

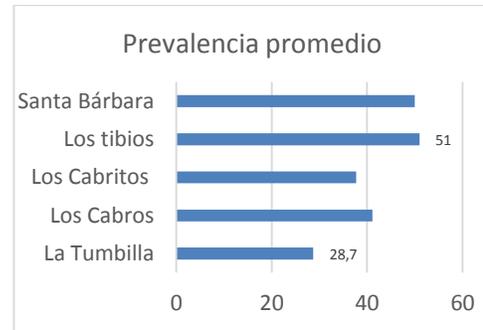


Figura 7 Prevalencia parasitaria.

Asociaciones parasitarias

Se registró la incidencia de tres helmintos: *Clinostomum* sp., encontrado en agallas de las especies: *O. spp.* y *P. Managuensis*; *Diplostomum* sp. con afinidad bien marcada por la región ocular de las tres especies de peces y *Gyrodactylus* sp., encontrado en aletas y agallas de: *P. Managuensis* y *A. macracanthus*. La prevalencia general por especie, fue de 32.9%, observándose mayor incidencia en la especie *A. macracanthus*, con una prevalencia del 63.2%. En un estudio similar, Andasol *et al.* (2014) encontraron una prevalencia de *Gyrodactylus* sp. 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. 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.

De la muestra de peces (n=140), 34 se registró parasitadas por *Diplostomum* sp. 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.

Análisis inferencial.

En cuanto a cargar parasitarias por sitio, se demostró estadísticamente 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

Relación entre calidad del agua y cargas parasitarias

Análisis descriptivo

Al relacionar las variables: ICA y prevalencia parasitaria (Figura 11), se observa una

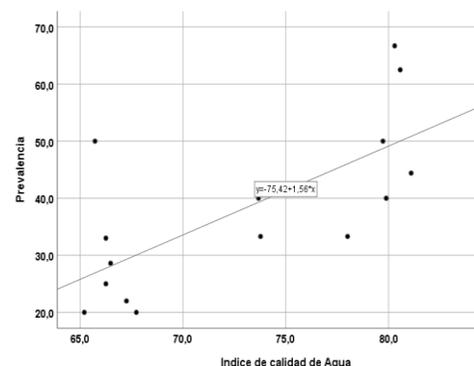


Figura 8 Efecto de la calidad del agua en las cargas parasitarias.

tendencia en aumento para las cargas parasitarias en proporción directa a la calidad del agua. Según Lacasa (1993) y Samboni *et al* (2007)), la temperatura del agua, turbidez, salinidad, oxígeno disuelto y pH, pueden incidir en el desarrollo de los helmintos. En la figura 12, se presenta la interacción del parámetro DBO₅ y la prevalencia parasitaria, en la cual se observa relación inversa entre estas variables, sugiriendo que en sitios con alta DBO₅ existe una baja carga parasitaria. Según Raffo, (2014), un valor alto en el parámetro DBO₅ 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.

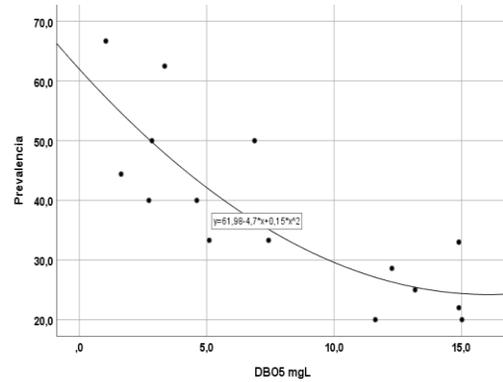


Figura 9 Efecto de la DBO₅ en las cargas parasitarias

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.

Calidad de agua y poblaciones de peces

Análisis descriptivo

Se registraron dos clasificaciones de agua (Figura 13); **Buena** con una ponderación de 71 a 84 y **regular** con un ICA de 64 a 70; 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 puede observar, las especies más abundantes fueron: *O. spp.* y *A. macracanthus* con un promedio poblacional de 89529.43 y 53813.78 especímenes respectivamente, lo cual refleja que 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

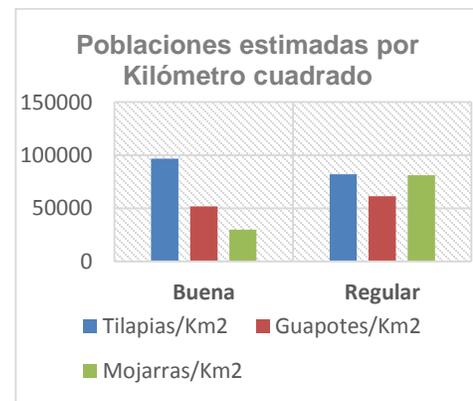


Figura 10 Calidad del agua y poblaciones de peces.

Análisis inferencial

Mediante el análisis de varianza, con un nivel de confianza del 95% y un $p > 0.05$, se determinó que estadísticamente, las poblaciones de peces: *O. spp.* y *P. managuensis* no muestran diferencias significativas cuando la calidad del agua disminuye de **buena a regular**. Al realizar el análisis de correlaciones para las variables: poblaciones de peces, ICA y los parámetros físicoquímicos: DBO₅, SDT, pH, OD y microbiológico: coliformes fecales. no se observó relaciones significativas.

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 DBO₅, 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.

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 presenta 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.

BIBLIOGRAFÍA

- ADES (Asociación de Desarrollo Económico Social Santa Marta). 2015. Ictiofauna y Parasitismo en la sub cuenca del Río Titihuapa, departamento de Cabañas y San Vicente. El Salvador. 25 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.
- Cabrera Soregui, M. A. 2019. Identificación y caracterización ultra estructural de monogeneos 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.
- 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.
- Erroa, R; Alvarenga, F. 2018. Manual de laboratorio de Microbiología Animal. UES. San Salvador, El Salvador. 89 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.
- 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.
- Lacasa Millán, Ml. 1993. Introducción a la parasito fauna de peces ciprinidos de la cuenca media del río 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.
- 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). 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). 2019. Informe de la calidad de agua de los ríos de El Salvador. 80 p
- 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.
- Méndez, O. 2013 Diversidad de helmintos de peces dulceacuícolas en los oasis de Baja California sur. México. 19 p.
- 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.
- OMS (Organización Mundial de la Salud), 2006. Guías para la calidad del agua potable. Volumen 1. 408 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/>
- 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).
- 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
- 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>
- 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/calculolICA.pdf>
- SEGOB (Secretaría de Gobernación). 2018. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Ciudad de México. 20 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

ANEXOS

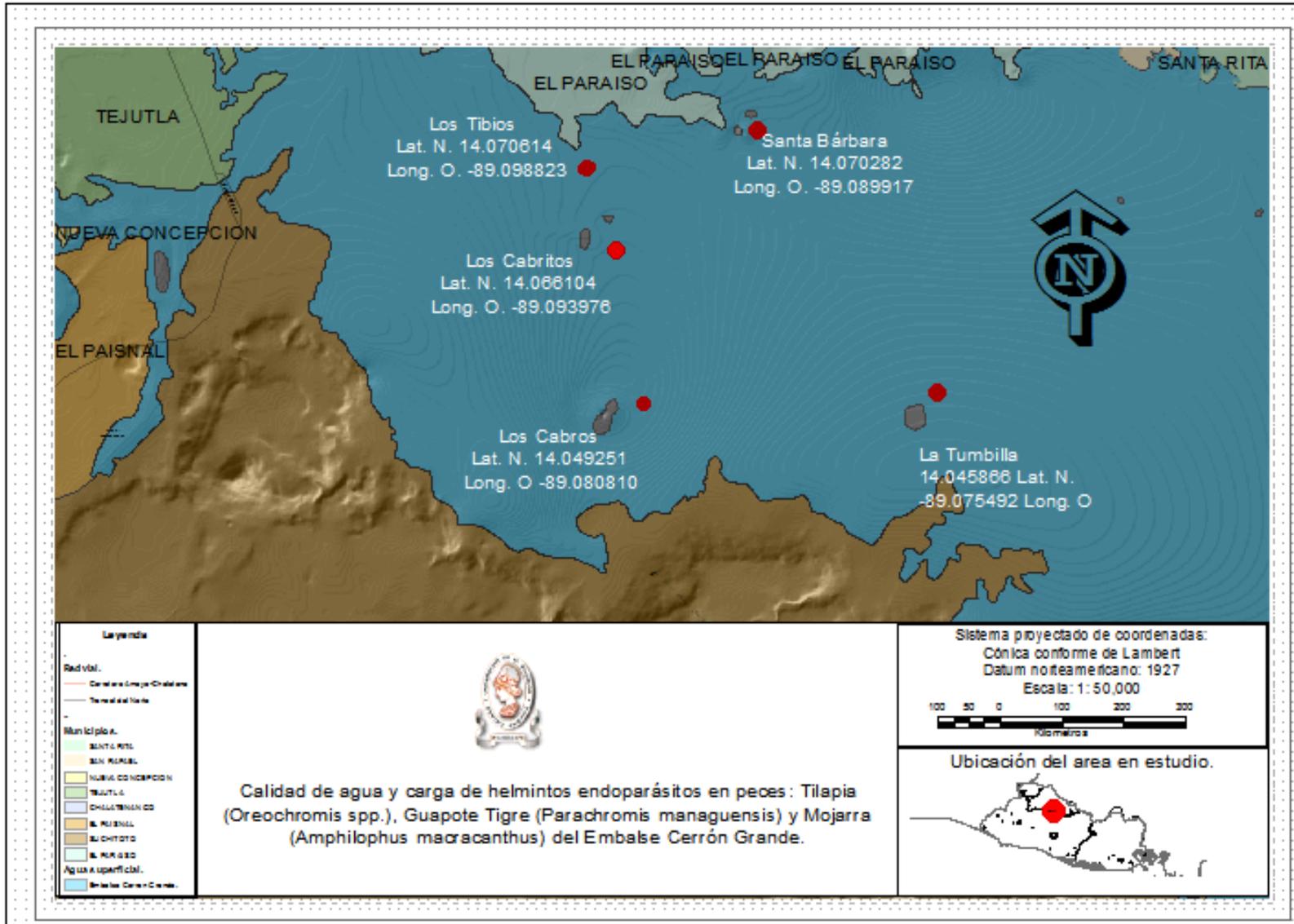


Figura A-1 Ubicación del área en estudio

Cuadro A 1 Análisis de varianza ICA y sitios muestreados

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

Cuadro A 2 Análisis de varianza, ICA y prevalencia parasitaria

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

Cuadro A 3 Correlación de Pearson para el ICA y cargas parasitarias

Correlaciones de Pearson		ICA	DBO ₅ mg/L	STD mg/L	pH	OD % de saturación	Coliformes
Índice de calidad de Agua (ICA)	Correlación	1	-,911**	-,819**	-,621*	-,573*	-,159
	Sig.(bilateral)		,000	,000	,014	,026	,570
	N	15	15	15	15	15	15
Prevalencia	Correlación	,698**	-,811**	-,670**	-,429	-,507	,360
	Sig.	,004	,000	,006	,110	,054	,187
	N	15	15	15	15	15	15
Intensidad Diplostomum	Correlación	,357	-,428	-,376	-,406	-,510	,241
	Sig.	,191	,112	,167	,133	,052	,387
	N	15	15	15	15	15	15
Intensidad Clinostomum	Correlación	,617*	-,626*	-,566*	-,552*	-,279	-,084
	Sig.	,014	,012	,028	,033	,314	,766
	N	15	15	15	15	15	15
Intensidad Gyrodactylus	Correlación	,302	-,297	-,278	,041	-,468	-,093
	Sig.	,274	,283	,316	,885	,079	,742
	N	15	15	15	15	15	15
Abundancia Diplostomum	Correlación	-,361	,414	,291	,204	-,132	-,147
	Sig.	,249	,181	,359	,525	,682	,648
	N	12	12	12	12	12	12
Abundancia Clinostomum	Correlación	,667	-,808*	-,404	-,813*	-,259	,460
	Sig.	,102	,028	,368	,026	,574	,299
	N	7	7	7	7	7	7
Abundancia Gyrodactylus	Correlación	-,480	,413	,301	,223	-,532	-,248
	Sig.	,413	,489	,623	,718	,356	,688
	N	12	12	12	12	12	12
Prevalencia en tilapia	Correlación	,448	-,451	-,545*	-,022	-,230	,005
	Sig.	,094	,092	,036	,939	,410	,985
	N	15	15	15	15	15	15
Prevalencia en Guapote	Correlación	,610*	-,630*	-,788**	-,121	-,252	,226
	Sig.	,016	,012	,000	,668	,364	,418
	N	15	15	15	15	15	15
Prevalencia en Mojarra	Correlación	,261	-,476	-,027	-,706**	-,650**	,579*
	Sig.	,347	,073	,925	,003	,009	,024
	N	15	15	15	15	15	15

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