

INFORME TÉCNICO

Proyecto de Investigación "Evaluación del impacto de cultivos de tilapia en jaulas en la calidad de agua de la bahía de Santiago Atitlán, Sololá"

Responsable: MSc. Elsa María Reyes, Jefe de Investigación y Calidad Ambiental.

Estudiantes EPSUM: Lucía Sagastume, Kimberly Mérida, Iris Sánchez, Blanqui Flores.

INTRODUCCIÓN

El Departamento de Investigación y Calidad Ambiental -DICA- de la AMSCLAE, tiene entre sus funciones el apoyar en el desarrollo de proyectos de investigación mediante la ampliación de alianzas con sectores académicos nacionales e internacionales. El personal de DICA apoyó al grupo de estudiantes del programa del Ejercicio Profesional Supervisado Multidisciplinario (EPSUM) 2019 en la formulación y ejecución del proyecto de investigación científica denominado "Evaluación del impacto de cultivos de tilapia en jaulas en la calidad de agua de la bahía de Santiago Atitlán". Para dicho proyecto de investigación se asignó personal de DICA para la recolecta de muestras en campo (peces, agua, sedimentos), se prestó equipo, materiales e insumos para la recolecta y procesamiento de muestras, capacitaciones para el procesamiento de las muestras e identificación de organismos y asesoramiento para el análisis estadístico de la información obtenida. Así mismo, para el procesamiento de las muestras se puso a disposición de las estudiantes el laboratorio de calidad de aguas de la AMSCLAE, bajo la respectiva supervisión de la encargada de laboratorio o del jefe del departamento.

La Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura (DIPESCA) y la Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SESAN) han promovido en cultivo de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) para reducir los problemas de desnutrición y fortalecer la seguridad alimentaria de la población (FAO, 2010)¹. No obstante, se tiene desconocimiento de los impactos o efectos que pueda tener el cultivo de tilapia en jaulas en la calidad de agua del lago Atitlán y en otras poblaciones acuáticas. En los últimos la calidad de agua del lago Atitlán se ha visto comprometida por las diversas actividades humanas que se desarrollan dentro de la cuenca del lago Atitlán, conllevando al deterioro del recurso hídrico. La municipalidad de Santiago Atitlán depende principalmente del agua del lago Atitlán para abastecer a la comunidad de agua para consumo humano, por lo tanto, es importante que se cuente con información de los impactos o efectos que puedan generar este tipo de actividades en los recursos naturales, y principalmente en la calidad del agua del lago Atitlán.

¹ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura- FAO. (2010). El Estado Mundial de la pesca y la acuicultura. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i1820s.pdf>



**Autoridad para el Manejo Sustentable de la
Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno**

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL



OBJETIVOS

Generales

Evaluar el impacto de los cultivos de tilapia en jaulas ubicadas en el litoral de Santiago Atitlán en la calidad de agua del lago Atitlán

Específicos

Determinar la presencia de parásitos que ocasionan ictiozoonosis, en tilapias.

Caracterizar la calidad del agua (parámetros físicos, químicos, microbiológicos y antibióticos) de la zona de influencia de los cultivos de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en jaulas en la Bahía de Santiago Atitlán.

Evaluar el impacto de los cultivos de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en jaulas sobre en ensamble de fitoplancton y macroinvertebrados bentónicos en la Bahía de Santiago Atitlán.

MÉTODOS

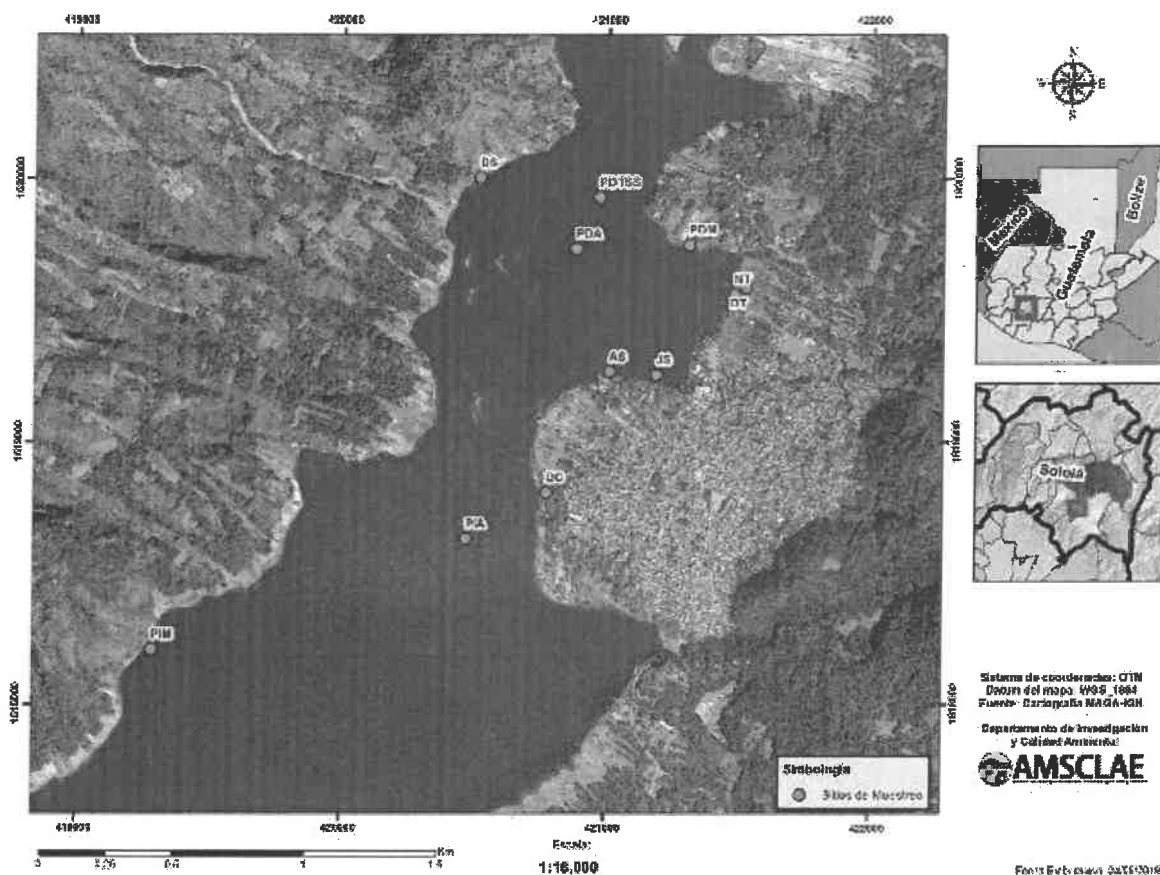
Se evaluaron seis cultivos de tilapia en jaula, ubicados en la bahía de Santiago Atitlán (Fig. 1). Adicionalmente se evaluaron un punto indirecto (fuera de la influencia de los cultivos de tilapia) y directo (dentro de la influencia de los cultivos de tilapia). Así mismo, se registró el número de jaulas activas y el número total que tenía cada cultivo.

Parásitos en peces

Se evaluaron 30 peces en cada cultivo y se escogieron cinco con signos de enfermedad. Se transportaron los peces mediante cubetas con agua y oxigenación. Se sacrificaron los peces para analizarlos, observando la presencia de parásitos en etapa de larva y plerocercioide, presentes en el músculo, hígado, bazo, riñones siendo observables a simple vista. Además, se prepararon muestras de músculo, hígado, bazo, riñón anterior, branquias, intestino y aleta en un portaobjetos para visualizarlo en el microscopio. Dentro de cada jaula (engorde y alevinaje) de tilapias se evaluaron parámetros físicos siguiendo los procedimientos del POE 3 "Parámetros *in situ*", esto con la finalidad de evaluar las condiciones que habían dentro de cada jaula.

Demanda biológica de oxígeno y demanda química de oxígeno

Se recolectaron 1000ml de agua en cada cultivo, compuesta por 333 ml de cada profundidad tomada entre 1 a 5 metros, utilizando únicamente tres profundidades. Las muestras fueron recolectadas en frascos de 1000ml de capacidad que cubren de la luz a las muestras: La demanda biológica de oxígeno se midió al incubar las muestras por 5 días a 20°C utilizando el método DBO5. La demanda química de oxígeno se determinó mediante el kit DQO y leyendo en espectrofotómetro. La recolecta de muestras se realizó siguiendo los procedimientos del POE - 2 "Recolección de muestras".



Coliformes totales y E. coli

Se recolectaron muestras de agua en los seis puntos a una profundidad de 1 metro, en frascos de plástico de 250ml de capacidad, previamente esterilizados en autoclave. Se transportaron en hielera a una temperatura $\leq 6^{\circ}\text{C}$. Se procesaron las muestras con la metodología de número más probable utilizando el medio caldo LMX, el tiempo entre recolección de muestra y procesamiento no fue mayor a 6 horas. Se incubaron durante 24 horas a 37°C y se utilizó una lámpara de luz UV para la lectura de presencia de *Escherichia coli*. La recolección y análisis de muestras se realizó siguiendo los procedimientos del POE – 18 "Recolección y preservación de muestras para microbiología" y POE – 16 "Análisis microbiológico de aguas: tubos múltiples".

Parámetros in situ

En cada una de las jaulas y de los sitios de referencia se realizaron perfiles de los siguientes parámetros fisicoquímicos: Conductividad, Oxígeno Disuelto, pH, Saturación de Oxígeno Disuelto, Secchi, Sólidos Totales Disueltos, Temperatura. a medición de los parámetros se realizó siguiendo los procedimientos del POE - 3 "Parámetros *in situ*".

Nutrientes

Se recolectaron 24 muestras de agua en las profundidades de 1, 3 y 5 metros para determinación de nutrientes (Nitratos, fosfatos, nitrógeno total, fósforo total y amonio) y 14 muestras de agua para identificación de tetraciclinas, todas las muestras fueron tomadas en los puntos directo, indirecto y en cada jaula flotante de tilapia (*Oreochromis niloticus*). La recolecta y análisis de muestras se realizó siguiendo los procedimientos del POE - 2 "Recolección de muestras", POE - 6 "Procesamiento de muestras", POE - 7 "Amonio", POE - 8 "Nitratos y nitritos", POE - 9 "Ortofosfatos", POE - 10 "Fósforo Total" y POE - 11 "Nitrógeno Total".

Fitoplancton

Se recolectaron seis muestras de fitoplancton en las zonas aledañas a los cultivos de tilapia y en los sitios de referencia directo (PDA) e indirecto (PIA). El muestreo de fitoplancton se realizó mediante el filtrado de 3.2 L de agua, recolectados con botella de Van Dorn. Se tomaron muestras a las profundidades de 1 m, 3 m y 5 m. Las muestras fueron fijadas con solución de Lugol y luego procesadas para su posterior identificación y conteo. El muestreo e identificación de fitoplancton se realizó siguiendo los procedimientos del POE-2 "Recolección y preservación de muestras" y el POE 12 "Análisis de fitoplancton".

Macroinvertebrados bentónicos

Se recolectaron cinco muestras de macroinvertebrados bentónicos en las zonas aledañas a los cultivos de tilapia y en los sitios de referencia directo (PDM) e indirecto (PIM). En las jaulas del señor Juan Sosof no fue posible coleccionar muestras, debido al tipo de sustrato y pendiente. La recolecta de macroinvertebrados bentónicos se realizó con draga Ekman con un área de 522 cm². Los organismos encontrados se separaron del sedimento y se almacenaron en alcohol al 70 % para su posterior identificación y conteo.

RESULTADOS

Los resultados de las variables evaluadas en cada muestreo de campo realizado en los cultivos de tilapia en jaula en la Bahía de Santiago Atitlán se presentan a continuación. Todos los datos fueron recopilados por las estudiantes de EPSUM y contaron con el apoyo del personal del Departamento de Investigación y Calidad Ambiental para el procesamiento de las muestras, identificación de organismos y análisis de la información.

Cuadro 1. Datos recopilados de cada uno de los productores en los que fue realizada la evaluación.

No	Nombre	Ubicación	No. de jaulas	
			Total	Activas
1	Nicolas Tzina Ajcabul	Cantón Pachichaj	-	5
2	Diego Tzina Ajcabul	Cantón Pachichaj	-	8
3	Daniel Sojuel	Chuitinamit	-	20
4	Juan Sosof	Cantón Tzanjuyú	28	20
5	Antonio Sosof	Cercano a Centro Tiosh Abaj	10	7
6	Diego Chiquival Rabinal	Cantón Panaj	16	11

Fuente: EPSUM - DICA/AMSCLAE, 2019

Cuadro 2. Resultados parasitológicos de peces

Número de peces examinados	% de peces sin parásitos	% de peces con parásitos	Tipos de parásitos
18	88.88%	11.11%	No ictiozoonóticos <i>Trichodina</i> sp. <i>Dactylogyrus</i> .

Fuente: EPSUM - DICA/AMSCLAE, 2019

Cuadro 3. Resultados de la evaluación de enfermedades o parásitos encontrados en los peces, se marcan con una "X" la presencia (P) o ausencia (A) de patógenos.

No. /Org	Productor	Microorganismos Patógenos						Anomalías			
		Trichodina		Dactylogyrus		Hongos		Aletas deshilachadas		Deformidades	
		P	A	P	A	P	A	P	A	P	A
1	Nicolás Tziná	*		*			x	x			x
2		*		*			x		x		x
3			x		x		x		x		x
4		*		*			x	x			x
5			x		x		x		x		x
1	Diego Tziná	*		*			x		x		x
2			x		x		x		x	x	
3			x		x		x	x		x	x
4			x		x		x		x		x
5			x		x		x		x		x
6		*		*			x		x		x
7		x			x		x	x			x
8			x	x			x	x			x
1	Daniel Sójuel	*		*			x		x	x	
2		*		*			x	x			
3			x		x		x	x			
4		*		*			x		x		
5		*		*			x	x			
1	Diego Chiquival	x		x			x		x		x
2			x	x			x	x			x
3			x		x		x		x		x

Fuente: EPSUM - DICA/AMSCLAE, 2019

(*) = Se encontró la presencia de quistes de parásitos en órganos hematopoyéticos, sin embargo, se desconoce el parásito causante de las lesiones.

Cuadro 4. Parámetros físicos medidos *in situ* dentro de los cultivos de tilapia en jaula ubicados en la Bahía de Santiago Atitlán. Temperatura (T), Oxígeno Disuelto (OD), Saturación de oxígeno (Sat. OD), Sólidos Disueltos Totales (TDS), Conductividad (Cond.) Salinidad (Sal.)

Productor	Prof. Máx. (m)	Etapas de cultivo	T °C	OD (mg/L)	Sat. OD (%)	pH	TDS mg/L	Secchi	Cond. us/cm	Sal. (%)
Nicolas Tziná	3.5	Alevinaje	23.9	7.37	105.5	8.2	234	3.0	473	0.23
		Engorde	23.9	8.14	116.4	8.45	233	3.0	473	0.23
Diego Tziná	3.0	Alevinaje	24.1	7.30	104.7	8.41	233	3.0	473	0.23
		Engorde	24.2	7.58	109.1	8.33	234	3.0	473	0.23
Daniel Sojuel	3.0	Alevinaje	24.7	5.57	80.9	8.49	232	3.0	477	0.23
		Engorde	24.5	9.31	134.9	8.52	229	3.0	468	0.23
Juan Sosof	26.8	Alevinaje	23.3	6.90	97.8	7.87	239	5.5	478	0.24
		Engorde	23.1	7.27	102.6	8.39	232	5.5	463	0.23
Antonio Sosof	10.6	Alevinaje	23.4	7.18	101.2	8.56	231	6.5	462	0.23
		Engorde	23.3	7.25	102.5	8.47	230	6.5	460	0.23
Diego Chiquival	7.7	Alevinaje	23.6	6.80	96.6	8.35	231	5.5	463	0.23
		Engorde	23.5	7.45	105.6	8.55	230	5.5	463	0.23

Fuente: EPSUM - DICA/AMSCLAE, 2019

Cuadro 5. Resultados de análisis microbiológicos y bioquímicos en cultivos de tilapias en jaula en la Bahía de Santiago Atitlán.

Cultivo o punto de muestreo	Coliformes totales NMP/100ml	<i>E. coli</i> NMP/100ml	Demanda biológica de oxígeno (mg/L)	Demanda química de oxígeno (mg/L)
JS	130	33	3.4	146
AS	170	170	4.0	143
DC	170	49	4.0	133
NT	>1600	350	5.7	191
DT	350	240	4.0	41
DS	210	23	5.1	49
PDA	350	170	3.4	44
PIA	130	130	4.5	43

Fuente: EPSUM - DICA/AMSCLAE, 2019

Cuadro 6. Valores de los parámetros *in situ* medidos. Prof= Profundidad (m), DS= Daniel Sojuel, DT=Diego Tziná, NT=Nicolás Tziná, JS= Juan Sosof, AS= Antonio Sosof, DC= Diego Chiquival, D= Directo, I= Indirecto. OD= Oxígeno Disuelto (mg/L), Sat. OD= Saturación de Oxígeno Disuelto (%), pH=Potencial de Hidrógeno, TDS=Sólidos Totales Disueltos (mg/L), Conductividad (µs/cm).

Prof.	Temperatura °C						OD (mg/L)						Sat. OD (%)					
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
DS	24.5	24.4	24.1	24			10.83	9.78	7.85	7.67			156.8	132.6	112.7	110		
DT	24	24.1	24	23.9			7.68	7.73	7.83	8.62			110	110.9	112.1	123.3		
NT	23.9	23.8	23.6	23.7			8.06	7.86	7.49	6.55			115.1	112.2	106.7	93.2		
JS	22.7	23.4	23.4	23.4	23.3	23.3	7.53	7.39	7.3	7.28	7.24	7.22	105.3	104.6	103.3	103	102.6	102.3
AS	23.5	23.5	23.4	23.4	23.4	23.4	7.32	7.8	7.36	7.37	7.33	7.33	103.4	103.3	104.2	104.4	103.8	103.7
DC	23.3	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	7.44	7.39	7.32	7.18	7.16	7.15	105.1	104.8	103.6	101.6	101.3	101.2
D	23.6	23.7	23.7	23.7	23.6	23.6	7.61	7.58	7.59	7.58	7.59	7.6	108.2	108	108	107.9	108	108.1
I	23.7	23.6	23.6	23.5	23.5	23.5	7.52	7.53	7.53	7.53	7.53	7.52	107.1	107.1	107	106.9	106.8	106.6

Prof.	pH						TDS						Conductividad						Secchi m
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	NA
DS	8.76	8.65	8.54	8.3			226	228	230	231			463	466	465	465			3
DT	8.43	8.39	8.48	8.38			234	233	232	231			474	472	470	466			3
NT	8.43	8.27	8.33	7.46			233	233	232	232			471	469	466	466			3
JS	8.52	8.49	8.55	8.54	8.42	8.52	232	232	232	232	232	232	479	463	464	464	464	464	5.5
AS	8.56	8.42	8.45	8.46	8.46	8.47	230	231	231	231	231	231	462	462	461	461	461	461	6.5
DC	8.45	8.32	8.31	8.4	8.37	8.38	230	230	231	231	231	231	460	461	461	461	461	461	5.5
D	8.72	8.56		8.54		8.48	230	230	230	230	230	230	462	462	463	462	461	461	6
I	8.51	8.37		8.37		8.31	230	230	230	230	230	230	462	461	461	460	460	460	7

Fuente: EPSUM-DICA/AMSCLAE., 2019

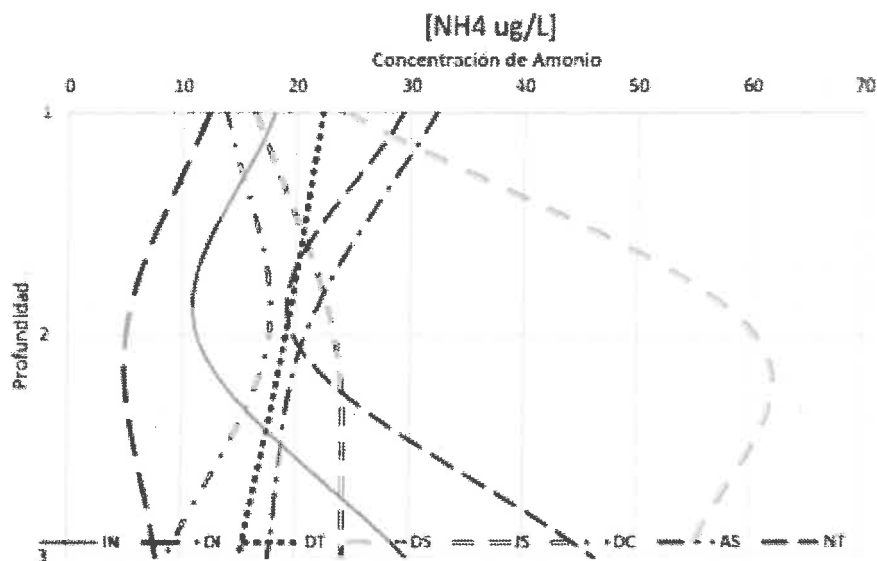


Figura 2. Perfiles de amonio del Proyecto evaluación del impacto de cultivos de tilapia en jaulas en la Bahía de Santiago Atitlán (Fuente: EPSUM - DICA/AMSCLAE, 2019).

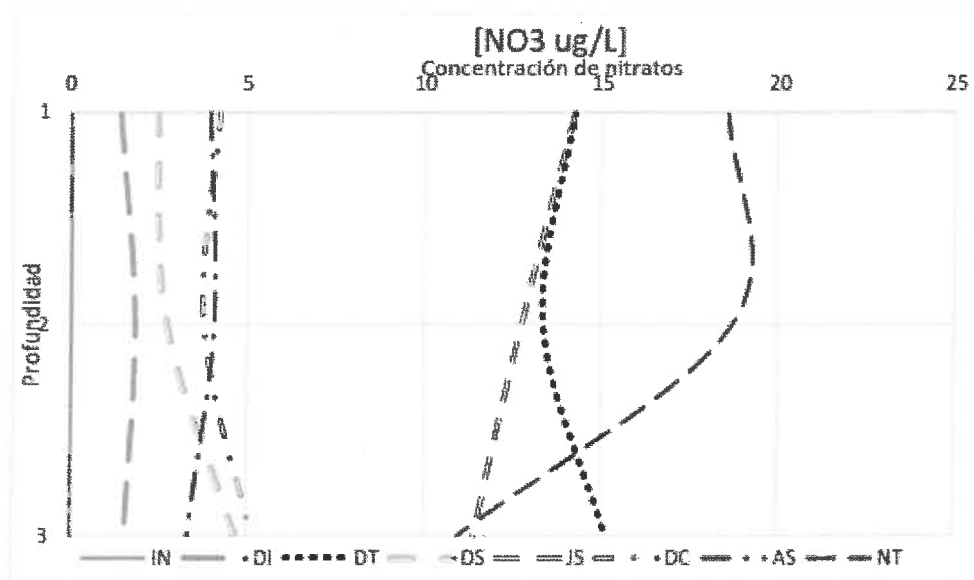


Figura 3. Perfiles de nitratos del Proyecto evaluación del impacto de cultivos de tilapia en jaulas en la Bahía de Santiago Atitlán (Fuente: EPSUM - DICA/AMSCLAE, 2019).

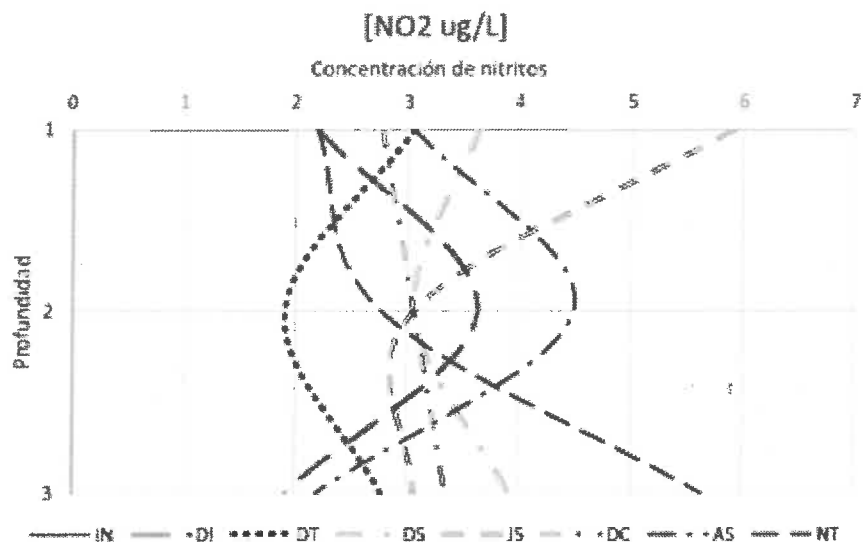


Figura 4. Perfiles de nitritos del Proyecto evaluación del impacto de cultivos de tilapia en jaulas en la Bahía de Santiago Atitlán (Fuente: EPSUM - DICA/AMSCLAE, 2019).

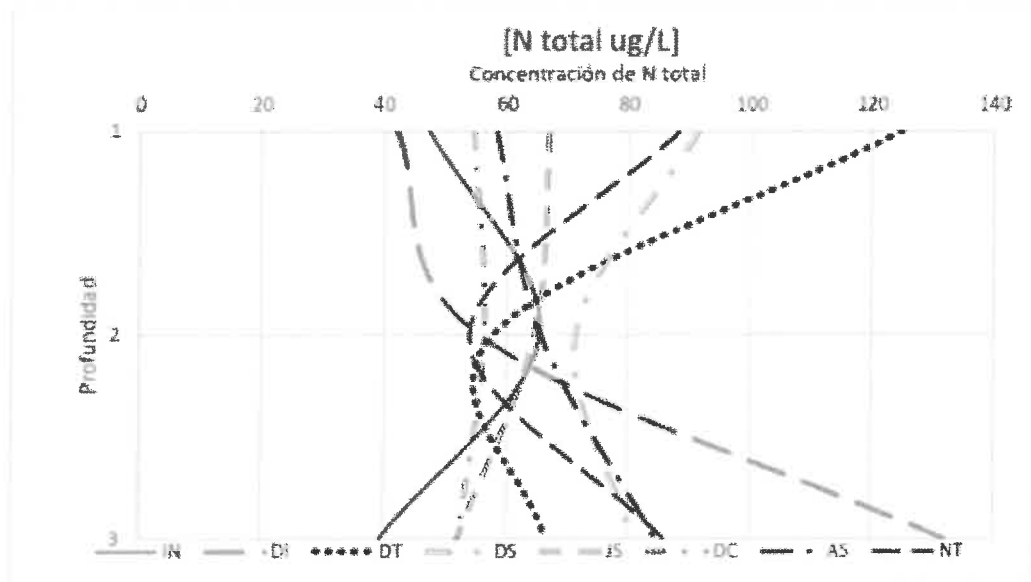


Figura 5. Perfiles de nitrógeno total del Proyecto evaluación del impacto de cultivos de tilapia en jaulas en la Bahía de Santiago Atitlán (Fuente: EPSUM - DICA/AMSCLAE, 2019).

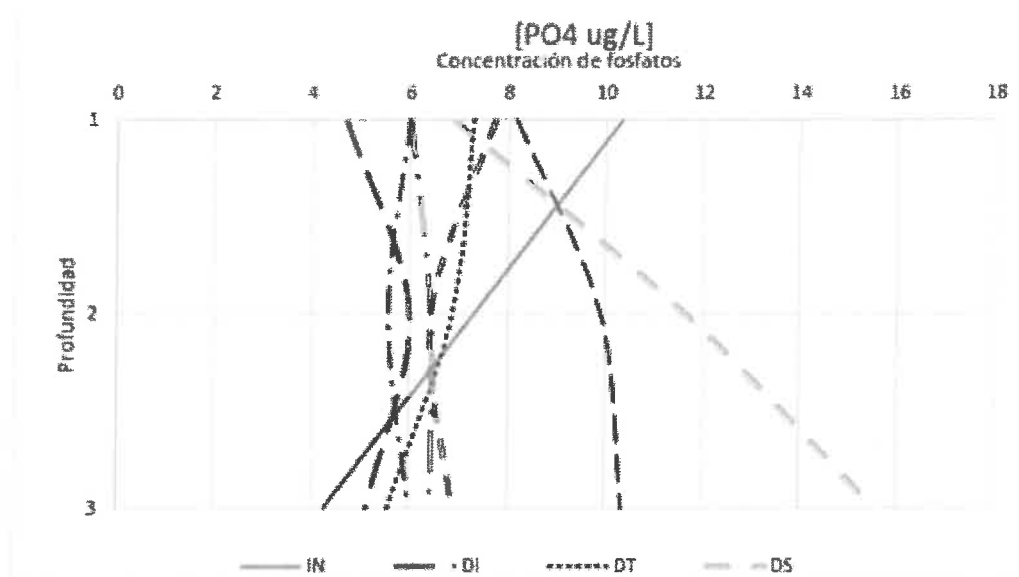


Figura 6. Perfiles de fosfatos del Proyecto evaluación del impacto de cultivos de tilapia en jaulas en la Bahía de Santiago Atitlán (Fuente: EPSUM - DICA/AMSCLAE, 2019).

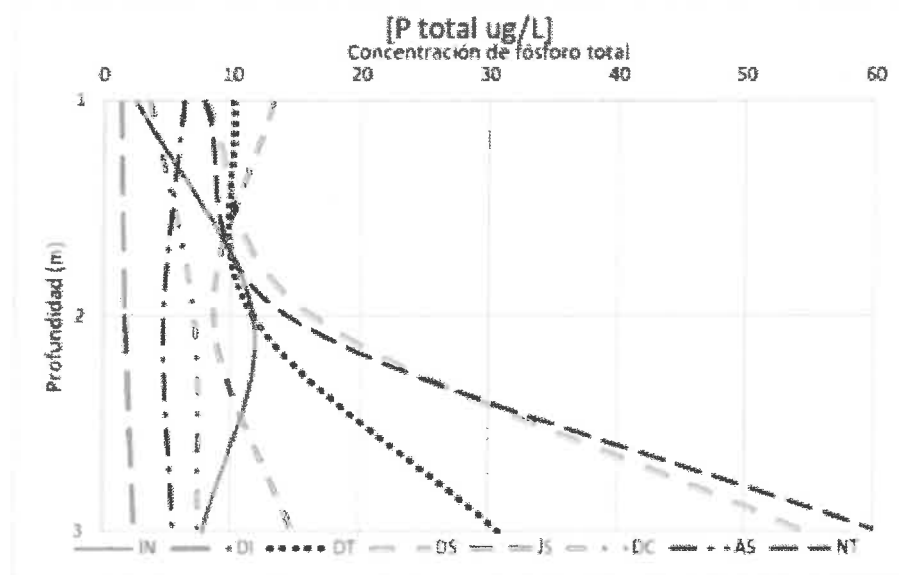


Figura 7. Perfiles de fósforo total del Proyecto evaluación del impacto de cultivos de tilapia en jaulas en la Bahía de Santiago Atitlán (Fuente: EPSUM - DICA/AMSCLAE, 2019).



Figura 8. Perfil de tetraciclinas por medio de HPLC (Fuente: EPSUM - DICA/AMSCLAE, 2019).

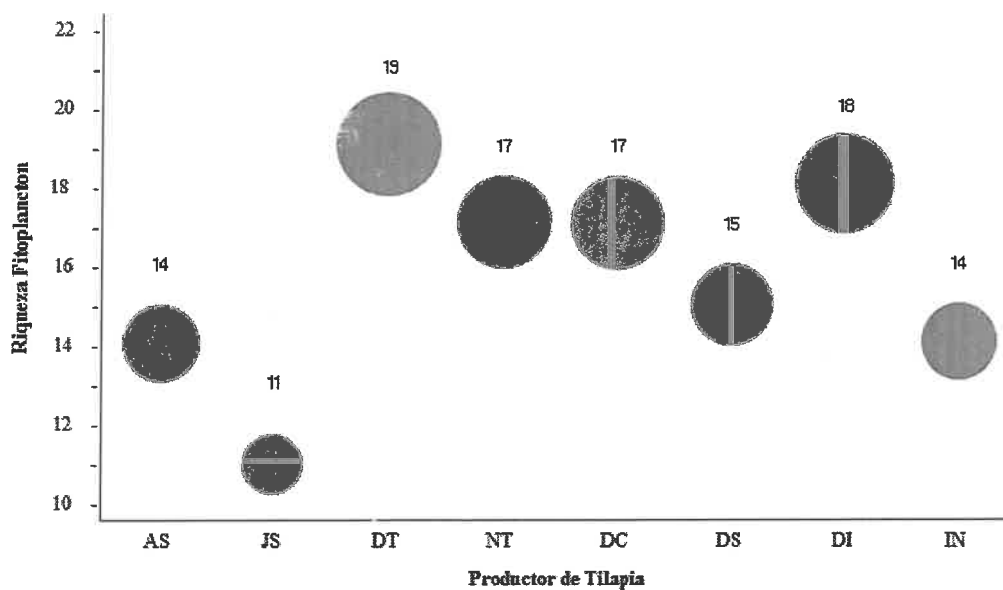


Figura 9. Riqueza de fitoplancton asociado a cultivos de tilapia en jaula. AS=Antonio Sosof; JS= Juan Sosof; DT=Diego Tziná; NT=Nicolás Tziná, DC=Diego Chiquival, DS=Daniel Sojuel; DI=Directo; IN=Indirecto. (Fuente: EPSUM-DICA/AMSCLAE, 2019).

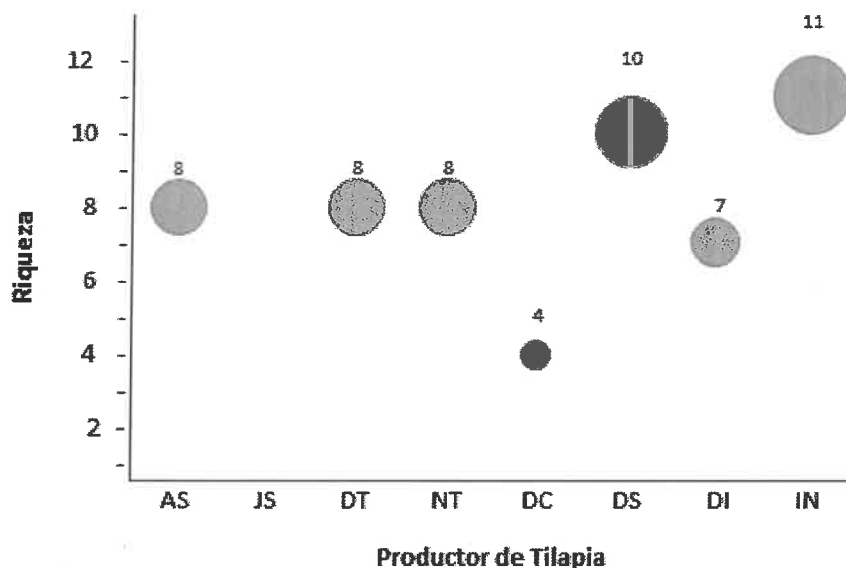


Figura 10. Riqueza de macroinvertebrados bentónicos asociada a cultivos de tilapia en jaula. AS=Antonio Sosof; DS=Daniel Sojuel; DC=Diego Chiquival; DT=Diego Tziná; NT=Nicolás Tziná; DM=Directo; IM=Indirecto. (Fuente: EPSUM-DICA/AMSCLAE, 2019).

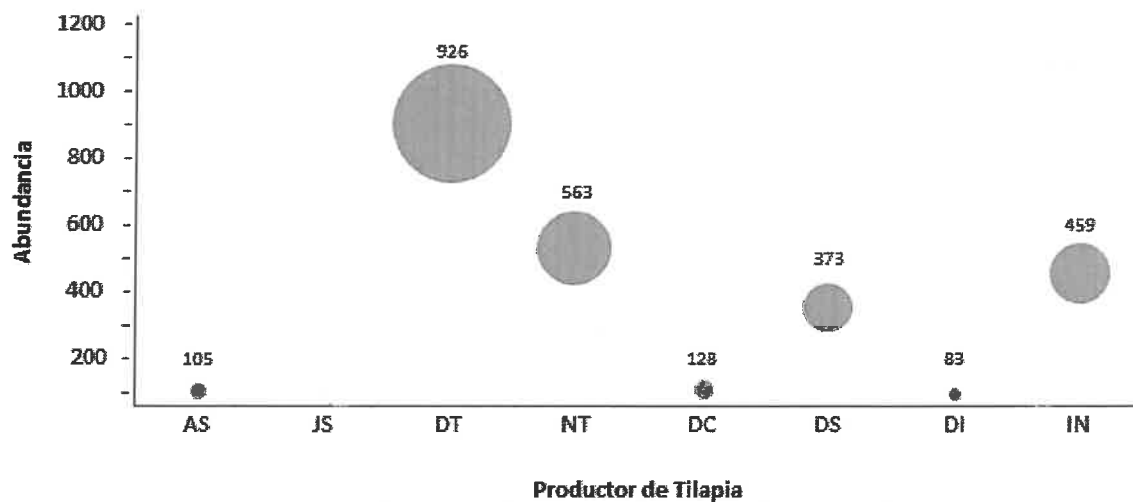


Figura 10. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos asociada a cultivos de tilapia en jaula. AS=Antonio Sosof; DS=Daniel Sojuel; DC=Diego Chiquival; DT=Diego Tziná; NT=Nicolás Tziná; DM=Directo; IM=Indirecto. (Fuente: EPSUM-DICA/AMSCLAE, 2019).

CONCLUSIONES

- ❧ Los organismos presentan características morfológicas diferentes a las deseadas en organismos cultivados bajo condiciones óptimas. El rango de temperatura registrado es inferior al rango mínimo óptimo que se requiere para un adecuado desarrollo de especímenes pertenecientes a tilapia gris.
- ❧ Se encontró la presencia parásitos de los géneros *Trichodina* y *Dactylogyrus* en algunos de los organismos analizados, sin embargo, estos parásitos solo afectan a los peces. Se observó la presencia de hongos en algunos peces de diferentes cultivos muestreados, los cuales pueden pertenecer a los géneros *Saprolegnia* y *Branquiomices*. Estos hongos pueden causar molestias en la piel a quienes manipulen los peces y riesgos a la salud humana si se consumen los peces crudos.
- ❧ No se cuenta con un adecuado registro de la cantidad de alimento suministrado a los organismos, lo cual dificulta evaluar si los productos están haciendo un manejo adecuado de sus cultivos.
- ❧ La línea genética utilizada en los cultivos no resulta adecuada para la temperatura promedio que se registra en las diferentes áreas del lago.
- ❧ La calidad microbiológica del agua en donde se desarrollan los cultivos de tilapia no es adecuada ya que existe presencia de contaminación fecal.
- ❧ No existe diferencia en los datos de demanda bioquímica de oxígeno en los cultivos de tilapia en jaula comparado con los puntos de muestreo indirecto, directo y los registrados en el monitoreo limnológico de Santiago Atitlán.
- ❧ Existe mayor demanda de oxígeno por materia que requiere oxidación químicos, en comparación con materia orgánica que se degrada mediante procesos bioquímicos.
- ❧ En este estudio no se pudo evidenciar un incremento de nutrientes en la columna de agua producto de la influencia directa por las jaulas de tilapia (*Oreochromis niloticus*) dentro del lago de Atitlán. La contaminación del lago es influenciada por múltiples factores. No obstante, algunos parámetros (amoniaco) fueron más altos en las zonas aledañas a las jaulas de tilapia, en comparación con el punto indirecto, que estaba alejado de la zona de influencia de los cultivos.
- ❧ No se evidenció presencia del antibiótico tetraciclina clorhidrato dentro del agua de las jaulas de tilapia por medio de la técnica de HPLC-UV. Los productores manifestaron que usan este antibiótico, pero también productos naturales para tratar enfermedades.
- ❧ Las condiciones físicas de la columna de agua en zonas aledañas a los cultivos de tilapia en jaula ubicados en Santiago Atitlán no difieren tanto de las registradas durante los monitoreos del lago, por lo que no se pudo determinar un impacto directo de la actividad.



**Autoridad para el Manejo Sustentable de la
Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno**



DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

- ✦ No se observó un cambio significativo en el ensamble de fitoplancton y de macroinvertebrados bentónicos en este estudio. No obstante, la abundancia y riqueza de macroinvertebrados y fitoplancton incremento en los cultivos donde había menos jaulas activas.

RECOMENDACIONES

- ✦ Realizar muestreos en diferentes fechas durante un ciclo anual, para determinar la variación temporal y espacial del impacto de cultivos de tilapia en jaulas en la calidad de agua del lago Atitlán.
- ✦ Realizar el mismo estudio en las jaulas flotantes de la bahía de San Lucas Tolimán y comparar con distintos puntos dentro de la bahía y puntos fuera de la misma.
- ✦ Determinar la presencia de bacterias en el agua causantes de enfermedad en tilapias.
- ✦ Para la identificación de presencia de tetraciclina clorhidrato utilizar la técnica de HPLC-masas con un límite de detección más bajo. Así mismo, determinar la presencia de antibióticos en sedimentos. Realizar la identificación de otro antibiótico como la endofloxacin o florfenicol, que también son utilizados en acuicultura y en las encuestas realizadas a los productores evidenciaron que las utilizaron en alguna ocasión.
- ✦ Se recomienda posibilidad de trasladar los sistemas de cultivo a estanques terrestres, utilizando la tecnología RAS (Recirculation Water System). De trasladar los sistemas, se recomienda invertir en paneles solares para contrarrestar el gasto generado por el transporte del agua y sistemas de aireación.
- ✦ Implementar sistemas de tablas de registro de alimentación, detección de anomalías, densidades de peces en cada jaula y otros valores que se consideren relevantes para evaluar cualquier impacto ambiental.
- ✦ Implementar la guía sobre buenas prácticas del cultivo de tilapia en jaulas elaborado por el programa de EPSUM 2019.
- ✦ Dar acompañamiento a los acuicultores en el registro de los cultivos de tilapia en DIPESCA para que cumplan con los requisitos de ley y guiarlos en los trámites necesarios ante CONAP y el MARN.

MSC. Elsa María de Fátima Flores
Jefe del Depto. de Investigación y
Calidad Ambiental
-AMSCLAE-

MSC. Onelia Xicay
Subdirectora Técnica
AMSCLAE

ANEXOS

Anexo 1. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos asociados a jaulas de producción de tilapia en la zona litoral de Santiago Atitlán.

Clase	Productor	AS	DS	DC	DT	NT	PD	PI
Amphipodae	Gammaridae	1	61		600	85	1	43
Architaenioglossa	Ampullariidae				1			
Basommatophora	Ancylidae		5		8	15		22
	Physidae	1	5		6	29		7
	Planorbidae		1					1
Diptera	Chironomidae		11		1	1		4
Hirudinida	Glossiphoniidae	1	1		14	76	1	6
Neotaenioglossa	Hydrobiidae	3	2				1	5
	Thiaridae	78	76	115	180	65	57	65
Oligochaeta	Oligochaeta	1	205	8	112	191	1	281
Turbellaria	Turbellaria	12	1	1	5	108	15	34
Veneroida	Sphaeridae	10						

(Fuente: EPSUM-DICA/AMSCLAE, 2019).



Anexo 2. Ensamble de fitoplancton asociado a jaulas de producción de tilapia en la zona litoral de Santiago Atitlán. (Fuente: EPSUM-DICA/AMSCLAE, 2019).

Productor	DT			I			JS			NT		
Profundidades	1	2	3	1	3	5	1	3	5	1	2	3
Bacillariophyceae												
Aulacoseira recta	28	26	34	29	40	20	25	19	23	31	30	18
Cymbella	1	7	12							3		23
Diatoma	2	13	43			2		2		3		44
Fragilaria	130	147	135	156	178	175	207	182	182	136	126	129
Navicula	2			2					1	3		
Nitzschia	3	19	9			4		6	5		10	23
Charophyceae												
Closterium	5	3	1	4	4	6	3	4	4	8	8	1
Mougeotia	6	2	2	2	3	1		4	1	3	1	
Chlorophyceae												
Botryococcus	4	6	3	5	2	6	2	4	2	4	10	4
Coelastrum			1	1	1	1	3	1	1	1	7	
Oocystis	1	1		3	1	3		1	1	1		1
Pediastrum	2	3	5	1		2	1	2	1	4	3	3
Sphaerocystis	4	2	5	11					1	6	2	
Staurastrum	22	16	10	15	14	14	18	15	10	23	18	13
Volvox	3	4			5	4	5	3	1	1	8	1
Cyanophyceae												
Aphanizomenon	81	43	35	63	39	30		35	42	60	63	32
Aphanocapsa	1	3			1	8	6	3	6		1	1
Dolichospermum									1			
Limnoraphis	3	4	1	4	1	1	7	3	2	3	3	3
Microcystis	1					3			1			
Dinophyceae												
Ceratium	1	2	3	6	12	21	24	16	16	10	10	2

Productor	AS			D			DC			DS			
Profundidades	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	2	3	0-2
Bacillariophyceae													
Aulacoseira recta	15	26	31	39	49	44	20	31	19	8	26	17	3
Cymbella				2	1			1	3	16	2	21	2
Diatoma			2	4	4	1	3	3	8	23	4	6	2
Fragilaria	217	170	129	158	126	150	195	149	125	88	96	81	131
Navicula			1	1		1	2			1		3	5
Nitzschia		4	4		4	2		2	25	34	40	110	80
Charophyceae													
Closterium	1		10	11	4	4	4	5	7	3	3		1
Mougeotia		2		11	16	14	3	4	3	1	1		
Chlorophyceae													
Botryococcus	2	5	1	14	11	8	8	5	6	5	4	1	5
Coelastrum	1			2			1	6	2				
Oocystis	2	1		2	3	3	1	1	3	4	3	6	2
Pediastrum	3	4	5	1	2	1	2	2	2	3	4	1	2
Sphaerocystis	1			6	2			1					
Staurastrum	11	23	23	18	11	7	23	16	25	9	20	4	23
Volvox	1	1	3	6	7	23	4	5	1		6		1
Cyanophyceae													
Aphanizomenon	26	38	72	2	31	8	13	50	60	86	72	20	21
Aphanocapsa	4		2		2	3	3	1	3		1		5
Dolichospermum						1					1	1	
Limnoraphis	2	3	5	11	12	8	9	1	2	13	10	27	16
Microcystis				2			2		1				
Dinophyceae													
Ceratium	14	24	12	11	15	22	9	17	6	6	7	1	9