Análisis de las posibles causas de la mortandad de peces en la laguna Mesá, Santa Cruz Muluá, Retalhuleu

Alex Guerra, Gonzalo López, Luis Reyes, Brayan Cujcuj y Gabriel Rivas Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC)

a contaminación del agua en los ríos y lagos ha cobrado importancia en la opinión pública en Guatemala. Algunos de los casos más importantes en medios de comunicación y redes sociales han sido aquellos en donde ha ocurrido una mortandad alta de peces, especialmente a raíz del caso del río La Pasión en el 2015. Es común que se saquen conclusiones y se hagan señalamientos sin fundamentos contra las empresas, lo cual contribuye a acrecentar la conflictividad socio-ambiental que ha florecido en el país. El objetivo del estudio que aquí se presenta es aportar al análisis de las causas de la muerte de peces acontecida a partir del 21 de octubre del 2015 en la laguna Mesá. Más allá de comprobar o descartar la responsabilidad del sector azucarero en el hecho, la finalidad del estudio fue identificar las posibles causas para poder evitar que ocurra un evento parecido en el futuro. El documento inicia con información general sobre la laguna para orientar al lector sobre su ubicación geográfica y características. Luego se presenta la metodología de toma de muestras de agua en la laguna y observaciones en campo, continuando con los resultados, discusión y conclusiones del estudio.

Aparte de la información recolectada y generada justo después del hecho, el análisis se basa en datos y el informe detallado del estado de las microcuencas del río Bolas, laguna Mesá y el río Oc, elaborado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales en 2013.

Información general sobre la laguna Mesá

La laguna Mesá es un cuerpo de agua alimentado por el río Mesá, que desemboca en el río Samalá. Su cuenca se ubica en el municipio de Santa Cruz Muluá, Retalhuleu, a una altitud entre 100 y 300 metros sobre el nivel del mar (ver Figura 1). El territorio que alimenta al río, y por ende a la laguna, tiene una extensión de 2,451 hectáreas (24.51 km²) y se encuentra entre las coordenadas de latitud norte 14°23'58.11" y N14°30'39.31" y longitud oeste 91°40'50.60" y 91°36'48.24" (MARN, 2013).

Seis centros poblados se encuentran en la cuenca, Finca Buena Vista Grande, Caserío Santa Lucía, Aldea la Lolita, Parcelamiento la Lolita, Finca Buena Vista Chica y Caserío Mangales. Todos los poblados pertenecen al municipio de Santa Cruz Muluá, El uso de la tierra es eminentemente agrícola (87%), lo cual responde a la capacidad de uso, de la cual la agricultura sin limitaciones tiene casi 61% del territorio y la agricultura con mejoras tiene el 37%, sumando entonces 98% de capacidad de uso agrícola. Los cultivos que predominan son caña de azúcar y hule,

aunque también se encuentra maíz y ajonjolí cultivado en las comunidades. Según la caracterización de la microcuenca Mesá (MARN, 2013) hay pesca artesanal en la laguna y también existen múltiples jaulas para la producción de tilapia (Ver Figura 2).

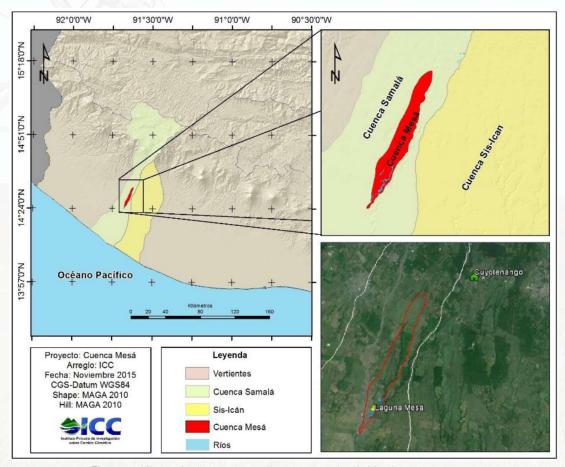


Figura 1. Ubicación de la laguna y de la cuenca del río Mesá, que la alimenta.



Figura 2. Imágenes de satélite de marzo 2015 en donde se visualizan las jaulas para producción de tilapia en la laguna Mesá (izquierda: parte media de la laguna con unas 50 jaulas; derecha: parte sur con aproximadamente 100 jaulas).

Metodología

Se tomaron muestras de agua para evaluar su calidad en dos puntos importantes de la laguna. El primer punto corresponde a la entrada principal de la laguna (formada por la unión de dos corrientes principales en un puente de hamaca). El segundo punto se ubica al final de la laguna, en donde sale el río de nuevo para unirse al río Samalá.

Se utilizó equipo de medición en campo de los parámetros de oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno, temperatura, sólidos disueltos totales, salinidad y conductividad eléctrica en agua.

Se tomaron las muestras respectivas en campo el martes 27 de octubre, de acuerdo a lo estipulado por el protocolo dado por ECOQUIMSA (laboratorio certificado) para muestras de calidad de agua. El laboratorio siguió la metodología de *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.*

Observaciones y resultados

En el punto 1 de muestreo, que corresponde a la entrada de las corrientes superficiales a la laguna Mesá, se observó una alta cantidad de sólidos disueltos en la corriente superficial, así como un color grisáceo de la misma. Este punto corresponde a la unión de las dos corrientes principales que abastecen la laguna (Mesá 1 y Mesá 2). Es un cañón formado por la erosión del punto y que se evidencia que la misma ha ido disminuyendo en profundidad, dando espacio para que los pobladores del lugar la ocupen para cultivos, principalmente banano y plátano.

En el segundo punto de muestreo (en la salida de la laguna) había un potrero para ganado y se observó que la cantidad de materia orgánica presente en al agua era alta debido a la coloración café claro. En este punto se observó la presencia de pescadores artesanales del lugar, quienes estaban en sus labores de pesca y argumentaron que 3 días atrás hubo una gran crecida y provocó la muerte de los peces en cultivo así como de gran cantidad de peces nativos y que, por la cantidad de lluvia de los dos días previos al muestreo, éstos habían sido lavados (no se observó presencia de peces muertos al momento de hacer el muestreo).

CUADRO 1. Resultados de análisis de muestras de agua en campo.

Punto muestreo	Х	Y	TDS (mg/l)	SALINIDAD	TEMP (C°)	Cond. Electr. μS/CM	мΩСМ	OXIGENO DISUELTO (mg/l)	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (mg/l)
Punto 1 (entrada a la laguna)	375435	1597079	148	0	27.3	149.7	6.78	8	5.6
Punto 2 (salida de la laguna)	373915	1594316	127	0	28.8	125	8	5	4.6

CUADRO 2. Resultados de análisis de laboratorio.

ANALISIS	Dimensional	Límite de detección	Resultado muestra 15-2806-1	Resultado muestra 15-2806-2
Amonio	mg/L - NH4+	0.01	<0.01	0.15
Cloro residual	mg/L - Cl2	0.05	<0.05	<0.05
Color	u Pt-Co	1	57	47
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L - 02	10	<10	<10
Demanda química de oxígeno	mg/L - 02	5	<5	<5
Relación DQO/DBO	34-84	-	<5	<5
Fósforo total	mg/L - P	0.15	<15	<15
Grasas y aceites	mg/L	5	<5	<5
Materia flotante	/\\ - \/\	Presente/ausente	Ausente	Ausente
Nitratos	mg/L - NO3-	0.9	7.53	7.08
Nitritos	mg/L - NO2-	0.010	<0.010	< 0.010
Nitrógeno total	mg/L - N	0.25	2.31	2.33
рН		0.01	6.95	6.87
Sólidos sedimentables	mL/L	0.1	<0.1	<0.1
Sólidos suspendidos	mg/L	10	<10	18
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.8	92,000	540,000
Coliformes totales	NMP/100mL	1.8	240,000	1,300,000
Escherichia coli	NMP/100mL	1.8	9,200	92,000

mg/L = ppm; NMP/100mL = número más probable por 100 mililitros

Análisis y discusión

La laguna Mesá es un cuerpo de agua bastante pequeño (7.7 hectáreas según MARN - 2013) de forma alargada y poca profundidad (se estiman 12 metros en su punto más profundo, pero la mayoría tiene mucho menos). Como todo cuerpo de agua dulce, sufre un proceso de eutroficación que consiste en el enriquecimiento con nutrientes inorgánicos (nitrato y fosfato) que aumentan el crecimiento de las algas. A medida que éstas se mueren y se descomponen, disminuye el oxígeno disuelto en el agua, causando la muerte de otros organismos. El incremento de los sedimentos causa que se eleve el fondo del lago o río hasta el punto de convertirse en pantano o tierra seca (Lawrence et al. 1998; Art, 1993). Es un proceso natural pero que se acelera por actividades humanas. Por ser una laguna pequeña, el proceso se presenta a mayor velocidad. Según las observaciones en campo, se observa una pérdida de profundidad y secamiento de algunas áreas (de las que algunas son utilizadas para cultivos), lo cual evidencia el proceso antes mencionado.

Un informe del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales publicado en 2013, que sirvió de fuente para mucha de la información aquí presentada, muestra un análisis más detallado de la calidad del agua del río y de la laguna. La conclusión general fue que todos los parámetros físicos y químicos se encontraban muy por debajo de los límites establecidos de calidad de agua para descargas. Sin embargo, el problema principal que se detectó fue la contaminación biológica, que sí se encontraba encima de los límites permisibles. Dicha contaminación es resultado de la falta de tratamiento de las aguas residuales domiciliares. No obstante, este tipo de bacterias no causan mortandad en peces.

Debido a que no hay industrias en el territorio que alimenta al río y a la laguna (cuenca), debe descartarse como un factor que haya causado la mortandad de peces. Lo anterior se apoya de los análisis de muestras debido a que los niveles de contaminación (incluyendo metales pesados) en la distintas fechas de muestreo

(noviembre 2013, abril 2014 y octubre 2015) son sumamente bajos, incluso por debajo de los límites detectables.

Los resultados del análisis de las muestras de agua llevados a cabo el 27 de octubre muestran dos problemas principales. El primero es la presencia de sólidos suspendidos en el agua, como se apreció en campo y se reflejó en el resultado del análisis indicado en el cuadro 2. Según la información proporcionada por un habitante local, el problema surgió cuando el río (Mesá) creció debido a las abundantes Iluvias registradas en la región días antes, especialmente el lunes 19 de octubre, con lluvias de 53mm y 102mm en las estaciones meteorológicas más cercanas¹. Es probable que el caudal aportara grandes cantidades de sedimento a la laguna y que también haya movido los sedimentos del fondo de la misma, causando un problema mayor. Varios días después todavía era evidente el nivel de turbidez del agua.

El segundo problema es el nivel bajo de oxígeno disuelto en el agua, que es una causa común de la muerte masiva de peces (Willis, 2006). Hay relación entre estos dos parámetros puesto que cuando hay niveles altos de sólidos suspendidos y disueltos, disminuye el oxígeno disuelto en el agua (Wetzel, 2001).

En aguas poco profundas, los peces necesitan niveles de oxígeno disuelto (DO) entre 4 y 15mg/l, aunque depende de cada especie. Los niveles entre 1 y 6 mg/l son considerados bajos y son adecuados para fauna como cangrejos, almejas, lombrices y peces de fondo (Osmond et al., 1995, en Fondriest Environmental, 2015). En el caso de la tilapia gris (Oreochromis niloticus), la especie que se cultiva en la laguna Mesá pero que es nativa de África, el requerimiento de oxígeno disuelto es de 4.0 - 9 mg/l². Los niveles encontrados en las muestras están dentro de este rango (5 y 8 mg/l, en Cuadro 1). Aunque en algunos lugares se reporta (Abdel-Tawwab et al., 2015) que

la tilapia puede tolerar niveles bajos de DO (0.1 a 1.5 mg/l), al tener una densidad alta de peces en las jaulas de la laguna Mesá (se reportan 2,000 por jaula de 4x4 metros), el efecto de la reducción del oxígeno disuelto puede ser más dañino puesto que los niveles requeridos son mucho mayores que para los peces que están en aguas libres (Rakocy et al., 2015). Las jaulas también afectan la mortandad al no permitir la movilidad de los peces, que en estado libre pueden dirigirse a zonas con más oxígeno disuelto. Siendo un cuerpo de agua pequeño, la presencia de entre unas 150 jaulas (ver Figura 2) con alta densidad de tilapia es uno de los factores que más pudo influenciar la baja en oxígeno disuelto e incidir en la muerte de los peces.

Un factor que pudo haber disminuido considerablemente el nivel de oxígeno disuelto es el movimiento de los sedimentos de la laguna. En la capa inferior de los cuerpos de agua con poca corriente se lleva a cabo la descomposición de la materia orgánica que se acumula, tanto la transportada por el río como la que se crea en la misma laguna, que en este caso puede incluir los desechos de alimento y excremento de las tilapias. Dicho proceso consume el oxígeno y pueden quedar niveles muy bajos para que sobrevivan los organismos (Wetzel, 2001). Al moverse los sedimentos, como pudo haber ocurrido en la laguna Mesá por el crecimiento del río el 19 y 20 de octubre, los niveles de oxígeno pudieron haber caído repentinamente. A pesar de que éste sea el suceso más probable, con la información disponible no se puede aseverar que se haya dado así.

Un indicador del alto grado de contaminación por aguas residuales domiciliares es la presencia de bacterias. Como se aprecia en el Cuadro 2, los niveles de coliformes fecales, coliformes totales y *E. coli* son sumamente altos. En el caso del punto de salida de la laguna, el nivel está muy por encima de los niveles permisibles incluso para aguas residuales (540,000

¹ Estación Tululá y estación Naranjales, respectivamente, de la Red Meteorológica ICC

² http://www.funprover.org/formatos/cursos/Manual%20Buenas%20Practicas%20Acuicolas.pdf

NML/100ml, comparado con 100,000 de coliformes fecales). Llama la atención el hecho que estos niveles son significativamente mayores que los niveles encontrados en las muestras tomadas en noviembre 2013 y abril 2014 (350 y 700 NML/100ml, respectivamente, de coliformes fecales).

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se refiere al oxígeno consumido en 5 días a una temperatura constante de 20°C en la oscuridad, en determinado cuerpo de agua³. Esto ocurre por la descomposición microbiológica de la materia orgánica contenida. Los niveles altos de DBO pueden acelerar el crecimiento bacteriano y el consumo del nivel de oxígeno en un río (Fafioye, 2011 en Oyebamiji y Adebanjo, 2013).

Los niveles iniciales detectados (Cuadro 1) coinciden con los resultados del análisis de muestras en laboratorio. Estos niveles son bajos y sugieren una presencia reducida de materia orgánica, lo cual es contradictorio con los niveles de bacterias encontrados. Sin embargo, lo que sí indican es que aumenta la demanda bioquímica de oxígeno si se comparan los datos del final de la laguna con los datos del inicio de la misma.

La temperatura también afecta los niveles de oxígeno disuelto, mientras mayor sea, menor es la capacidad del agua de mantenerlos (Wetzel, 2001). Según se aprecia en el Cuadro 1, la temperatura de la laguna es alta (entre 27 y 28.8°C), lo cual sugiere que se esperan nivel bajos de DO puesto que los procesos de descomposición se aceleran.

Los niveles de conductividad eléctrica (149.7 y 125 μ S/cm, Cuadro 1) son bastante bajos e indican alta calidad (química) del agua. Este parámetro es uno de los que indicaría contaminación por productos agroquímicos puesto que los iones presentes en el agua ayudan a conducir la electricidad. Los niveles en los que se encuentran los cuerpos de agua dulce van

entre los 100 a los 2,000 μ S/cm (Fink, 2005; Hickin, 1995). Por lo tanto, los niveles encontrados en la laguna Mesá sugieren niveles de contaminación baja en este parámetro.

Los nitratos son una de las moléculas derivadas de la producción agrícola, especialmente por el uso de fertilizantes. Sin embargo, no es particularmente tóxica para los peces (Alken Murray, 2006). El mismo autor indica que es un parámetro común para medir la calidad del agua y que se considera para un lago que los niveles que exceden los 50mg/l no son sanos. Una publicación que revisó distintos estudios (Camargo et al., 2005) indica que los niveles de nitratos arriba de 10mg/l pueden afectar a algunas especies de fauna, incluyendo a peces. Como se vio en el Cuadro 2, los niveles encontrados en las muestras son de 7.53 y 7.08 mg/l, los cuales están por debajo de dichos niveles y, así, se puede descartar a este tipo de contaminación como una causa probable de la mortandad de los peces.

Conclusiones y recomendaciones

- Debido a que no hay industrias en el territorio que alimenta al río y a la laguna (cuenca), la contaminación industrial debe descartarse como un factor que haya causado la mortandad de peces. Lo anterior se apoya de los análisis de muestras puesto que los niveles de contaminación (incluyendo metales pesados) en la distintas fechas de muestreo (noviembre 2013, abril 2014 y octubre 2015) son sumamente bajos, incluso menores a los límites detectables.
- Los niveles de nitratos y conductividad eléctrica encontrados están por debajo de los límites a los que podría afectar a los peces en una laguna. Al ser estos algunos de los indicadores de la contaminación por agroquímicos, se descartan como una de las causas de la mortandad de peces observada.

 $^{3\} http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/methodology_sheets/freshwater/biochemical_oxygen_demand.pdf$

- Las causas más probables de la mortandad fueron los altos niveles de sólidos disueltos y suspendidos en el agua, así como los bajos niveles de oxígeno disuelto, esto aunado a la alta densidad de peces contenida en las numerosas (alrededor de 150) jaulas de producción. Lo anterior es más probable si los sedimentos de la laguna fueron revueltos por la fuerte corriente del río luego de las intensas lluvias registradas el 19 de octubre.
- Los niveles sumamente altos de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* evidencian contaminación por aguas residuales domiciliares.
 Si bien dichas bacterias no causan mortandad en peces, sí son evidencia de materia orgánica en el agua.
- Se recomienda establecer un programa de monitoreo de la calidad del agua de la laguna a lo largo del año para conocer mejor los cambios estacionales y estudiar las posibles fuentes de contaminación.

- Otra recomendación es evaluar las condiciones del cultivo de tilapia de la laguna a fin de mejorar su manejo y disminuir el posible deterioro en la calidad del agua de la laguna y las pérdidas por mortandad de peces en el futuro.
- Podría ser de beneficio estudiar la erosión de suelo en la cuenca para detectar posibles puntos que aporten sedimentos a la laguna. De esta forma se pueden tomar medidas que desaceleren la pérdida de espejo de agua.
- El tratamiento de aguas residuales ayudaría a reducir la carga de materia orgánica que recibe la laguna y que acelera su eutroficación. Asimismo, es una medida que incidiría en mejorar la salud de la población vecina.



Fuentes citadas

Abdel-Tawwab, M., A. Hagras, H. Allah, M. Elbaghdady & M. Monier. 2015. Effects of dissolved oxygen and fish size on Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.): growth performance, whole-body composition, and innate immunity. Aquaculture International: Oct 2015, Vol 23, Issue 5, pp 1261-1274.

Alken Murray. 2006. Interpreting Water Analysis Test Results. Consultado el 4/nov/2015 en http://www.alken-murray.com/TESTS01.htm

Art, H.W., 1993, Eutrophication, in Art, H.W., ed., A dictionary of ecology and environmental science (1st ed.): New York, New York, Henry Holt and Company, p. 196.

Camargo, J., A. Alonso, A. Salamanca. 2005. Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates. Chemosphere: 2005 Mar58(9):1255-67.

Fink, J. C. 2005. ESTABLISHING A RELATIONSHIP BETWEEN SEDIMENT CONCENTRATIONS AND TURBIDITY . In The Effects of Urbanization on Baird Creek, Green Bay, WI (Thesis). Consultado el 4/nov/2015 en http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/conductivity-salinity-tds/#cond15

Fondriest Environmental Inc. 2015. Dissolved oxygen. Fundamentals of Environmental Measurements. Consultado el 4/nov/2015 en http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/dissolved-oxygen/

Hickin, E. J. (Ed.). 1995. River Geomorphology. Chichester: Wiley. Consultado el 4/nov/2015 en http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/conductivity-salinity-tds/#cond15

Lawrence, E., Jackson, A.R.W., and Jackson, J.M., 1998, Eutrophication, in Longman Dictionary of Environmental Science: London, England, Addison Wesley Longman Limited, p. 144-145.

MARN. 2013. Informe del Estado de las Microcuencas de los ríos Bolas, Mesá y Oc. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Guatemala. 116p.

Oyebamiji, F. & A. Damilare. 2013. Water parameters and biochemical composition of two fish species *(Tilapia niloticus and Sardinella aurita)* obtained from Azikwe River, Nigeria. Academia Journal of Scientific Research 1(1): 010-015, February 2013.

Osmond, D.L., D.E. Line, J.A. Gale, R.W. Gannon, C.B. Knott, K.A. Bartenhagen, M.H. Turner, S.W. Coffey, J. Spooner, J. Wells, J.C. Walker, L.L. Hargrove, M.A. Foster, P.D. Robillard, and D.W. Lehning. (1995). Turbidity. In WATERSHEDSS: Water, Soil and Hydro-Environmental Decision Support System, http://h2osparc.wq.ncsu.edu. Consultado en http://www.water.ncsu.edu/watershedss/info/turbid.html

Rakocy, J., Donald S. Bailey, John M. Martin and R. Charlie Shultz. 2015. TILAPIA PRODUCTION SYSTEMS FOR THE LESSER ANTILLES AND OTHER RESOURCE-LIMITED TROPICAL AREAS. University of the Virgin Islands. Consultado el 4/nov/2015 en ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/y4921e/y4921e03.pdf

Wetzel, R. G. 2001. Limnology: Lake and River Ecosystems (3rd ed.). San Diego, CA: Academic Press.

Willis, D. (2006, October). Winter Oxygen and Your Fish. In Pond Boss. Consultado en http://www.sdstate.edu/nrm/outreach/pond/upload/Winter-Oxygen-and-Your-Fish-Sep-Oct-2006.pdf



El efecto residual del Kohinor 35 SC para el control de *Aenolamia sp.* tiene una duración mínima de 45 días después de la aplicación, nuestros resultados son similares a otros insecticidas granulados a base de imidacloprid en cuanto a días control , y en algunos casos éste efecto podría durar hasta 60 dda.

Descripción:

-Tanto para el manejo preventivo como curativo de la plaga *Aenolamia sp.* en el cultivo de caña de azúcar la dosis de Kohinor 35 SC recomendada va desde 0,75 a 1,0 l/ha.

Beneficios:

- -Permite proteger la planta por muchos días (alto poder residual al aplicar al suelo).
- -Controla las plagas de insectos chupadores; su amplio espectro le permite ahorrar al no tener que hacer muchas mezclas de insecticidas.

Cultivos: Caña de Azúcar

Principales plagas: Salivazo (Aeneolamia spp, Prosapia spp)

