



## Efecto del sulfato de cobre e hipoclorito de sodio en el control de la floración algal y DL50 en alevines de Tambaqui (*Piaractus brachypomus*) en la zona La Jota del municipio de Chimoré

### Effect of copper sulfate and sodium hypochlorite on the control of algal flowering and LD50 in Tambaqui fingerlings (*Piaractus brachypomus*) in the La Jota area of the municipality of Chimore

Ramón Ariel Parada Surubi y Edwin Edgar Iquize Villca

#### RESUMEN:

La piscicultura en Bolivia es una actividad que está en constante crecimiento en los sectores tropicales. El cultivo de peces presenta múltiples factores que impiden su desarrollo, entre ellas la proliferación de algas nocivas de diferentes tipos. El presente trabajo tuvo el objetivo de determinar el efecto del sulfato de cobre (0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 y 0.9 g/m<sup>3</sup>) e hipoclorito de sodio (0, 25, 50, 100, 125, 150 µl/l) sobre la floración algal y DL50 en alevines de Tambaqui (*Piaractus brachypomus*). Se desarrolló en dos diseños bloques al azar, una para el sulfato de cobre y otra para el hipoclorito de sodio. La variable de respuesta binaria supervivencia o mortandad de algas fue procesado con el modelo lineal generalizado bajo la distribución binomial. La ocurrencia de la mortandad de alevín fue procesada con el modelo de regresión PROBIT y se estimó la Dosis Letal 50. Entre los resultados, se identificó el alga como *Euglena sanguinea* como la principal causante de la floración algal, determinándose que el sulfato de cobre elimina el 95% de las algas a una concentración de 0.7883 g/m<sup>3</sup> y en dosis letal DL50 a una concentración de 0.81 g/m<sup>3</sup> a las 48 horas y a las 72 - 96 horas fue de 0.5999 g/m<sup>3</sup>. La mortandad de algas por el efecto de hipoclorito de sodio fue a la concentración de 100 y 150 µl/l, la máxima mortandad fue 67.9%. La dosis letal DL50 fue de 12.491 µl/l. Nótese en 80 minutos se registró la mortandad por efecto del hipoclorito de sodio, y se la considera como nocivo para los alevines de Tambaqui y nobel para el control de algas.

#### PALABRAS CLAVE:

Alga toxica, Alevines de Tambaqui

#### ABSTRACT:

Fish farming in Bolivia is an activity that is constantly growing in the tropical sectors. Fish farming has multiple factors that prevent its development, including the proliferation of harmful algae of different types. The present work aimed to determine the effect of copper sulfate (0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 and 0.9 g/m<sup>3</sup>) and sodium hypochlorite (0, 25, 50, 100, 125, 150 µl/l) on algal bloom and LD50 in fry of Tambaqui (*Piaractus brachypomus*). It was developed in two randomized block designs, one for copper sulfate and one for sodium hypochlorite. The binary response variable survival or algae mortality was processed with the generalized linear model under the binomial distribution. The occurrence of the juvenile mortality was processed with the PROBIT regression model and the lethal dose LD50 was estimated. Among the results, the algae were identified as blood *Euglena* as the main cause of algal flowering, determining that copper sulfate eliminates 95% of the algae at a concentration of 0.7883 g/m<sup>3</sup> and in lethal dose LD50 at a concentration of 0.81 g/m<sup>3</sup> at 48 hours and at 72 - 96 hours was 0.5999 g/m<sup>3</sup>. Algae mortality because of sodium hypochlorite was at a concentration of 100 and 150 µl/l, the maximum mortality was 67.9%. The lethal dose LD50 was 12,491 µl/l. Note in 80 minutes the mortality because of sodium hypochlorite was recorded, and it is considered as harmful to the fry of Tambaqui and Nobel for the control of algae.

#### KEYWORDS:

Toxic algae, Tambaqui fry.

#### AUTORES:

**Ramón Ariel Parada Surubi:** Carrera de Ingeniería en Acuicultura. Universidad Indígena Boliviana Quechua "Casimiro Huanca". [ramaparsu1992@gmail.com](mailto:ramaparsu1992@gmail.com)

**Edwin Edgar Iquize Villca:** Universidad Indígena Boliviana Quechua "Casimiro Huanca". [e\\_iquize\\_v@hotmail.com](mailto:e_iquize_v@hotmail.com)

**Recibido:** 10/09/2020. **Aprobado:** 15/10/2020.

## INTRODUCCIÓN

El Trópico de Cochabamba es una de las zonas de Bolivia de mayor crecimiento en el área

de la piscicultura, con resultados lucrativos en la producción de carne de pescado como el Tambaqui (*Piaractus brachypomus*) dando nuevas oportunidades a las familias productoras

de la zona. Sin embargo, las llamadas floraciones algales en los criaderos de peces se observaron en menor frecuencia, pero su presencia y falta de control ha causado muertes masivas de peces, ocasionando problemas sanitario, ecológico y económico a los piscicultores.

En el Municipio de Entre Ríos, Sindicato los Ángeles del Trópico de Cochabamba, a finales del mes de junio, fue detectada la presencia de la afloración algal nociva con aspecto de color rojo ladrillo en días soleados y verde en días nublados afectando a 2.000 peces de Tambaqui con peso aproximado de 150 g/pez de manera directa en el crecimiento del pez, con la enfermedad punto blanco, lesiones físicas en las aletas, branquias con algas y que asfixiaba a los peces causando la muerte (Rodríguez. 2019).

En la UNIBOL Quechua “Casimiro Huanca” se observó la toxicidad de la floración algal de la especie *Euglena sanguínea* afectando a los alevines con la disminución del peso de manera rápida y presentaron de la enfermedad punto blanco *Ichthyophthirius multifiliis* en todo el cuerpo de los alevines y se reportó el 100% de mortandad de tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*) a los 19 días, estos alevines tenían 5 a 6 g y talla de 6 a 7 cm (Cárdenas, 2015).

En el Trópico de Cochabamba estas afloraciones algales pueden ser una amenaza por su toxicidad en los meses de julio a noviembre por el aumento de la temperatura, horas luz, ausencia de viento, poca intensidad de lluvia, el alimento no consumido por los peces deteriorando la calidad del agua y la fuente de agua de dudosa procedencia o calidad.

Por otra parte, existe la necesidad de indagar alternativas de control de la floración algal *Euglena sanguínea*. La literatura cita al sulfato de cobre e hipoclorito de sodio, estos requieren ser investigados, especialmente las concentraciones adecuadas para la eliminación de las *Euglena sanguínea* sin causar daño a los peces.

En ese sentido, el objetivo del trabajo fue determinar el efecto del sulfato de cobre e hipoclorito de sodio en el control de la floración algal y determinar la DL50 (Dosis letal) en alevines de Tambaqui (*Piaractus brachypomus*).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación

El presente trabajo se realizó en el Municipio de Chimoré, Provincia Carrasco del Departamento de Cochabamba, en la zona La Jota, Universidad Indígena Boliviana “UNIBOL” Quechua “Casimiro Huanca”, Carrera de Ingeniería en Acuicultura, en el Módulo Productivo y en Laboratorio, ubicado en el km 190 Carretera Cochabamba – Santa Cruz, con una altitud de 240 msnm y latitud 16° 59.694' S y longitud 65° 9.677' O.

### Materiales

Las muestras de algas fueron tomadas de los estanques N° 3, 5 y 6 que contenían peces del Módulo productivo de la Carrera Ingeniería en Acuicultura de la UNIBOL Quechua Casimiro Huanca.

Se utilizaron 10 acuarios con capacidad de 50 l, con una dimensión de 62 cm de largo x 32 cm de ancho x 26 cm de alto. Se empleó un equipo multiparamétrico para registrar las variables fisicoquímicas del agua antes y después de la aplicación de los dos productos comerciales cada dos horas. Se utilizó un microscopio óptico compuesto (40x) y Cámara Neubauer para determinar la mortandad de las algas. Entre los insumos, se empleó alimento balanceado F1 para los alevines.

### Metodología

#### Primera fase

Las dosificaciones del sulfato de cobre fueron de 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 y 0.9 g/m<sup>3</sup> e hipoclorito de sodio 25, 50, 100, 125 y 150 µl/l.

Los acuarios fueron llenados con agua más las algas, las mismas provenían de los estanques de producción de peces. Posteriormente, estas aguas fueron llevadas al laboratorio en frascos de 120 ml para analizar las algas vivas. Después de la aplicación de las concentraciones tanto con Sulfato de cobre e Hipoclorito de sodio, en forma independiente; se verificaron las algas vivas y muertas en microscopio a los 12, 24, 48, 72 y 96 horas.

La mortandad de las algas fue procesada con el modelo lineal generalizado, bajo el supuesto de distribución binomial con base en la estructura del diseño bloques al azar tanto para el sulfato de cobre e hipoclorito de sodio, cada una consistió en un experimento con cuatro réplicas y cinco concentraciones que fungieron como tratamiento (Montgomery, 2004; Steel y Torrie, 1992; SAS Institute Inc, 2008), con base en el siguiente modelo:

$$\eta_{ij} = \text{logit} \left( \frac{\pi_{ij}}{1 - \pi_{ij}} \right) = \eta + \beta_j + \tau_i$$

donde:

$i = 1, 2, \dots, t$  de tratamientos.

$j = 1, 2, \dots, b$  de bloques.

$\eta_{ij}$  : Valor generalizado de la ocurrencia de algas muertas ( $\pi_{ij}$ ) sobre la no ocurrencia de la unidad experimental ubicada en el  $j$ -ésimo bloque y que recibió el  $i$ -ésimo tratamiento.

$\eta$ : Constante.

$\beta_j$ : Efecto fijo del  $j$ -ésimo bloque.

$\tau_i$ : Efecto fijo del  $i$ -ésimo tratamiento.

La tendencia de los tratamientos o concentraciones de sulfato de cobre e hipoclorito de sodio fueron determinados con el análisis de regresión lineal y/o cuadrática para la mortandad de algas. (Steel y Torrie, 1992)

### Segunda fase

En la segunda fase se emplearon 250 alevines del Centro de Reproducción de Río Blanco, con un peso promedio de 3,1 g y una talla de 5 cm

aproximadamente. Fueron aclimatados los alevines dentro en una bolsa que contenía 20 l de agua, dentro del tanque de 450 l con agua más las algas, por 15 minutos; asimismo se agregó agua del tanque al interior de la bolsa de alevines, posteriormente se le dejó que salieran de manera pacífica hacia el tanque. La aclimatación fue por un periodo de cuatro días.

Se acondicionaron los 11 acuarios, con aireación permanente, distribuyéndose 10 alevines por acuario. A las concentraciones de Sulfato de cobre (0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 y 0.9 g/m<sup>3</sup>) e Hipoclorito de sodio se incluyó (0, 25, 50, 100, 125 y 150 µl/l). Cada experimento constó dos réplicas y seis concentraciones que fungieron como tratamiento. Después de la dosificación se registraron las variables fisicoquímicas del agua (pH, temperatura y oxígeno) antes y después de las dosificaciones de los dos productos cada 24 horas.

Las evaluaciones o conteo de mortalidad y supervivencia de los alevines se registraron a los 12, 24, 48, 72 y 96 horas para los dos productos. También se extrajeron las algas tanto de la superficie como del fondo de los acuarios para obtener mayor precisión de su mortandad y supervivencia en la cámara Neubauer o Hemacitometro.

Las mortandades de las algas fueron procesados similar al de la Primera fase.

Referente a los alevines, se procesó la mortandad con el modelo de regresión PROBIT (SAS Institute Inc, 2008). El procedimiento PROBIT calcula estimaciones de máxima verosimilitud de los parámetros  $\beta$  y  $C$  de la ecuación Probit utilizando un algoritmo de Newton-Raphson modificado. Cuando la respuesta  $Y$  es binaria, con valores 0 y 1, la ecuación Probit es:

$$p = \Pr(Y = 0) = C + (1 - C)F(x'\beta)$$

donde:

Efecto del sulfato de cobre e hipoclorito de sodio en el control de la floración algal y DL50 en alevines de Tambaqui (*Piaractus brachyomus*) en la zona La Jota del municipio de Chimore.

$\beta$ : es un vector de estimaciones de parámetros.  
F: es una función de distribución acumulativa (valor normal, logístico o extremo).  
x: es un vector de variables explicativas.  
P: es la probabilidad de una respuesta.  
C: es la tasa de respuesta natural (umbral).

Y permite determinar la Dosis Letal DL50 en función a las concentraciones de sulfato de cobre e hipoclorito de sodio, donde la variable

de respuesta binaria mortandad o supervivencia de alevines.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

### **Euglena sanguínea**

En el laboratorio de la Carrera Ingeniería en Acuicultura, se analizó y verificó un alga identificado como *Euglena sanguínea* (figura 1 y 2), esta fue encontrada en los estanques de cría de peces Tambaqui número 3, 5 y 6.

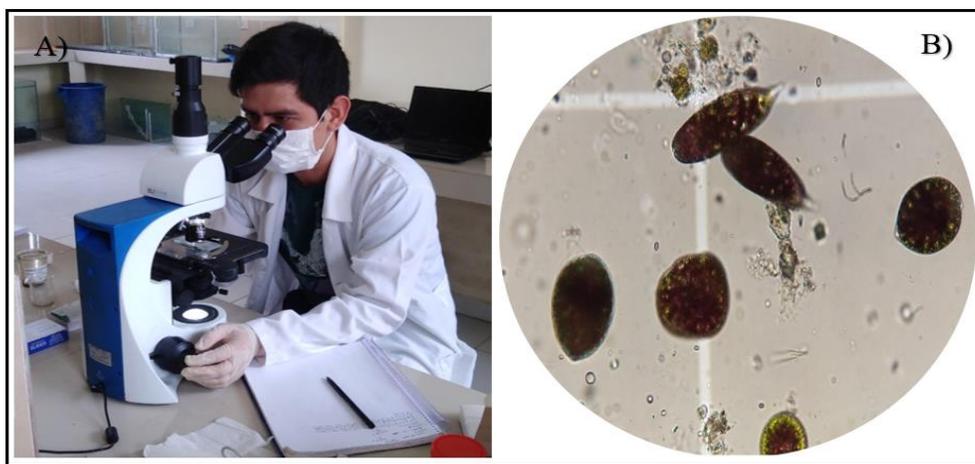


Figura 1. A) Identificación del alga B) *Euglena sanguínea*, con las diferentes formas redonda, esférica y alargadas.

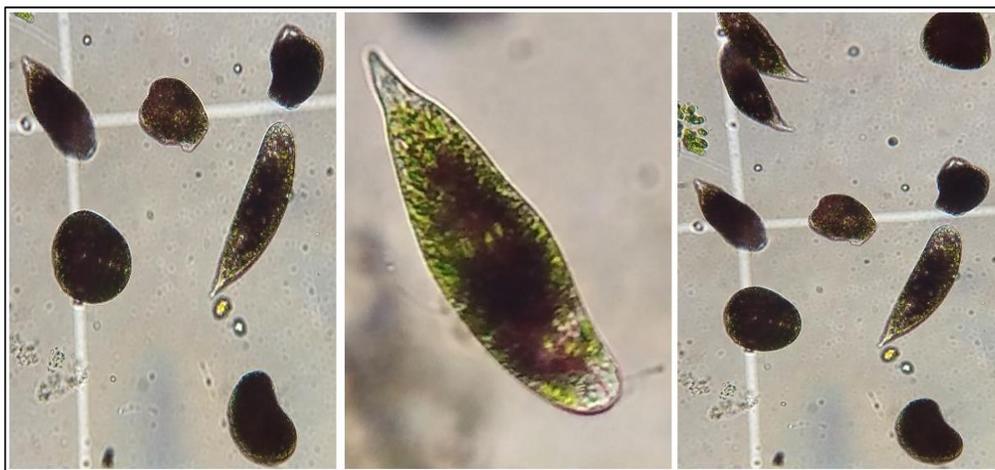


Figura 2. Algas *Euglena sanguínea* vivas bien estructurados tanto externa e interna.



## Registro de oxígeno disuelto, pH y temperatura

En la medición de las variables fisicoquímico se registró un promedio de oxígeno disuelto de 4.79, el pH 6.35 y la temperatura media fue 26.7 °C. Estos datos reflejaron comportamiento normal de los alevines, es decir no hubo el problema de boqueo por el oxígeno disuelto; el pH no fue peligroso con la acidez del agua y la temperatura estuvo en el rango adecuado para la cría de alevines.

### Primera fase

#### Sulfato de cobre sobre el alga

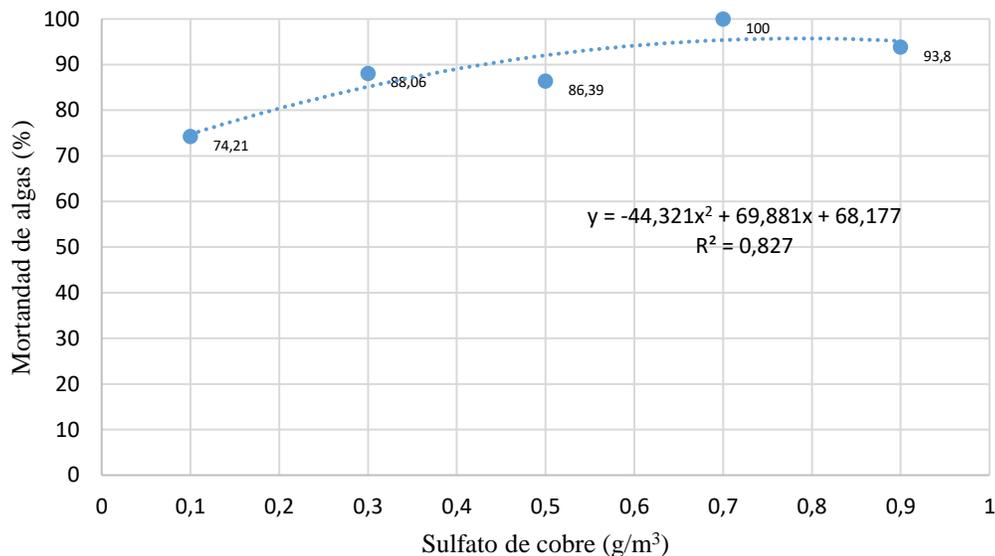


Figura 3. Mortalidad de algas *Euglena sanguinea* por efecto de sulfato de cobre.

La mortalidad de las algas *Euglena sanguinea* (figura 3) por efecto del sulfato de cobre fue alrededor del 74% con la concentración de 0.1 g/m<sup>3</sup>, a medida que aumentó la concentración de sulfato de cobre, también incrementó la mortalidad del alga. La mortalidad máxima fue estimada en 95% para una concentración de 0.7883 g/m<sup>3</sup> según a la ecuación de regresión cuadrática.

### Segunda fase

La evaluación a 96 horas (tabla 1), las concentraciones del Sulfato de cobre a una P: 0.01 presentó diferencia significativa de la mortalidad de las algas *Euglena sanguinea*, también presentó diferencias entre bloques.

Tabla 1. Prueba de Wald para la mortandad de algas por efecto del sulfato de cobre.

Fuente variación	G.L.	Chi cuadrado	Pr > Chi cuadrado
Bloque	2	14.16 **	0.0008
Sulfato de cobre	4	13.69 **	0.0084

\*\* : Significativo a P: 0.01

#### Efecto del sulfato de cobre

#### Sulfato de cobre sobre el alga en presencia de alevines

La *Euglena sanguinea* tuvo cierta resistencia notable a las mínimas dosificaciones de 0.1 y 0.3 g/m<sup>3</sup>, pero que aún sobreviven cierto porcentaje de algas del 25 y 11%. Por otro lado, se observó el enquistamiento de la *E. sanguinea*

una vez aplicado el sulfato de cobre, éstas precipitan al fondo.

Tabla 2. Prueba de Wald para la mortandad de algas en presencia de alevines.

Hora	Fuente variación	G.L.	Chi-cuadrado	Pr > Chi cuadrado
12	Bloque	1	1.30 ns	0.2538
	Sulfato de cobre	5	19.43 **	0.0016
24	Bloque	1	5.68 *	0.0172
	Sulfato de cobre	5	31.01 **	<.0001

ns: No significativo a P: 0.05.  
 \*: Significativo a P: 0.05.  
 \*\*: Significativo a P: 0.01.

El enquistamiento se presume que es una acción de defensa cuando el producto es expuesto al agua, descendiendo al fondo del acuario hasta que pierde el efecto tóxico del producto en el

acuario para luego ascender a la superficie. El sulfato de cobre elimina de manera directa a las algas con el rompimiento de la pared celular, coloración opaca, los orgánulos internos fueron degradados a medida que pasó el tiempo, el efecto fue entre las 4 a 6 horas después de la aplicación del producto

En la tabla 4, las evaluaciones de mortandad de *Euglena sanguínea* con el sulfato de cobre a las 12 horas de experimentación a una P: 0.05 en los bloques no presentó diferencia significativa, pero las dosificaciones de sulfato de cobre a una P: 0.01 presentó diferencias altamente significativas. A las 24 horas de experimentación a una P: 0.05 presentó diferencia significativa en los bloques, a P: 0.01 presentó diferencia altamente significativa entre las dosificaciones del sulfato de cobre, sobre la mortalidad de la *E. sanguínea*.

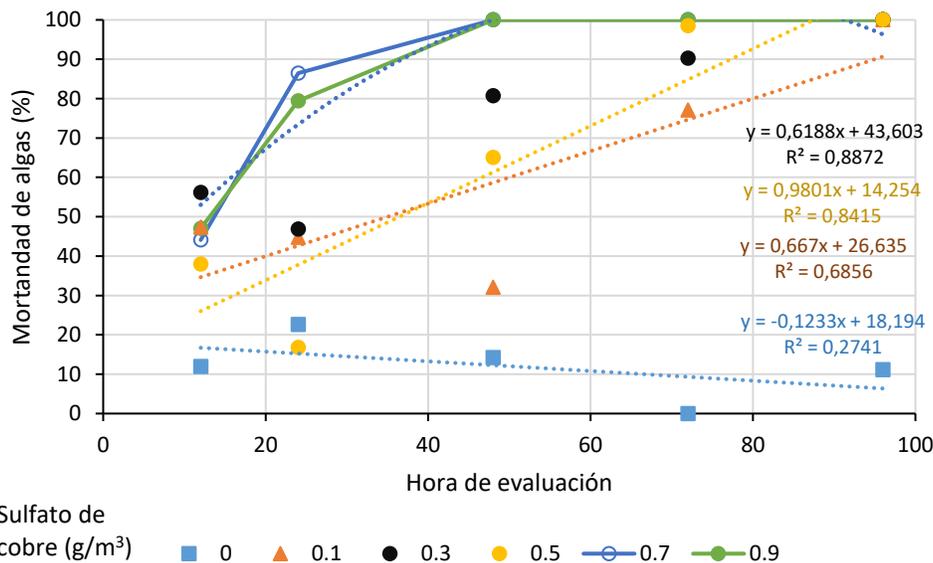


Figura 4. Mortandad de *Euglena sanguínea* por efecto de sulfato de cobre y evaluaciones en horas, en presencia de alevines de Tambaqui.

Nótese que en la figura 4, el sulfato de cobre fue efectivo sin importar las dosificaciones aplicadas, es decir a mayor dosificación y mayor tiempo de exposición en los acuarios, el efecto es letal para la *E. sanguínea*. Observándose la degradación de la envoltura celular (lisis celular)

a las 96 horas de exposición en 0.7 y 0.9 g/m<sup>3</sup> de sulfato de cobre con mayor porcentaje de mortalidad y con las dosificaciones de 0.1, 0.3 y 0.5 g/m<sup>3</sup> de sulfato de cobre registraron mortalidad de algas en proporciones menores en las primeras horas evaluadas, pero a las 96 horas

también murieron todas las algas (ver figura 5). En el testigo se mantuvo un 10% de mortandad,

esta se debe al ciclo reproductivo de las *E. sanguínea* originando nuevas algas por esporas.



Figura 5. Algas *Euglena sanguinea* a 48 hora de exposición con el producto sulfato de cobre y su degradación paulatinamente.

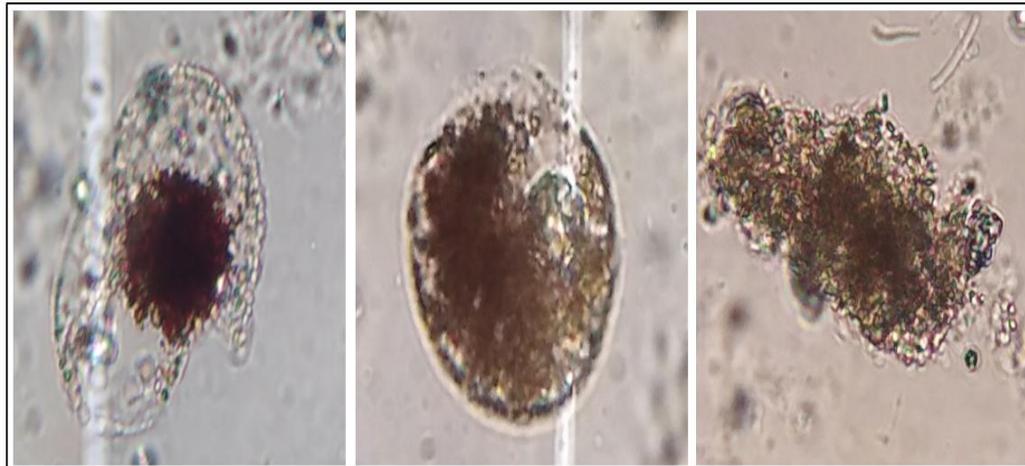


Figura 6. Algas *Euglena sanguinea* a 72 y 96 hora de exposición con el producto sulfato de cobre y su efecto degradador externa e internamente.

### ***Dosis letal DL50 por efecto del sulfato de cobre sobre alevines***

#### ***Evaluación a 48 horas***

La evaluación del DL50 de alevines por el efecto del sulfato de cobre a 48 horas según la Tabla 3, no existe bondad de ajuste de los valores

a la distribución normal según las probabilidades de Pearson, Chi cuadrado y la razón de probabilidad de Chi cuadrado.

Referente a la tabla 4, el sulfato de cobre a la P: 0.10 es significativa, es decir que tiene efecto sobre la mortandad de los alevines.

Efecto del sulfato de cobre e hipoclorito de sodio en el control de la floración algal y DL50 en alevines de Tambaqui (*Piaractus brachyomus*) en la zona La Jota del municipio de Chimore.

Tabla 3. Pruebas de bondad de ajuste a 48 horas.

Estadístico	Valor	G.L.	Valor/GL	Pr > Chi cuadrado
Pearson Chi-cuadrado	48.9473 **	9	5.4386	<.0001
Razón de probabilidad Chi-cuadrado	56.5936 **	9	6.2882	<.0001

\*\* : Significativo a P: 0.01

Tabla 4. Prueba de Wald del Análisis de efectos Tipo III para la mortandad de alevines a 48 horas.

Efecto	G.L.	Chi-Cuadrado	Pr > ChiSq
Dosis Sulfato de cobre	1	3.4725 ns	0.0624

ns: No significativo a P: 0.05

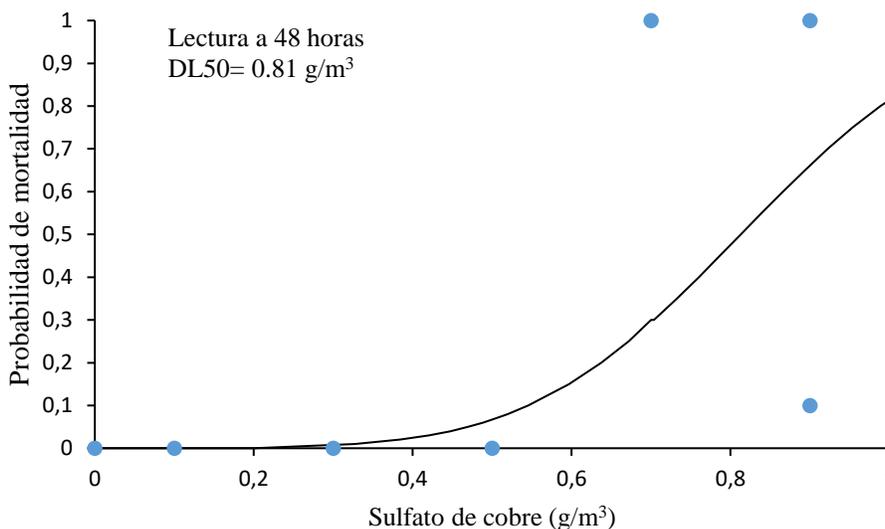


Figura 7. Probabilidades pronosticadas y observadas para la mortandad de alevines, a las 48 horas por efecto de sulfato de cobre.

La probabilidad de mortandad de los alevines de Tambaqui (*Piaractus brachyomus*) (figura 7), se estimó la dosis letal 50 con 0.81 g/m<sup>3</sup> de sulfato de cobre a las 48 horas después de la aplicación, se observó los síntomas patológicos de los alevines que sufrieron múltiples indicios desfavorables en la salud; como nado desequilibrado, fatiga, boqueo en la superficie y posteriormente muerte. Estudios realizados por Velasco et al, (2006) describe que alevines de Tambaqui *Piaractus Brachyomus* con un peso corporal de 1.75 ± 0.2 g y longitud total de 4.62 ± 0.4 cm sometido a concentración letal CL50 a las 48 horas de exposición del sulfato de cobre fue de 0.94 ppm (0.82 - 1.08, IC 95%), con respecto a nuestros resultados

obtenidos fue similar, esto es debido al tiempo de evaluación y con relación de la misma especie.

#### Evaluación a 72 y 96 horas

Obsérvese la figura 8, la estimación de la lectura a 72 y 96 horas la DL50 fue 0.5999 g/m<sup>3</sup> de sulfato de cobre. No fueron procesados la bondad de ajuste debido a la variabilidad de la mortandad. Los síntomas de los alevines fueron que han puesto resistencia; en las partes externas del cuerpo presentaron lesiones en la cabeza hasta la aleta adiposa con moretones, ojos saltones y blancos, con ceguera lechosa en el iris y en consecuencia mueren.

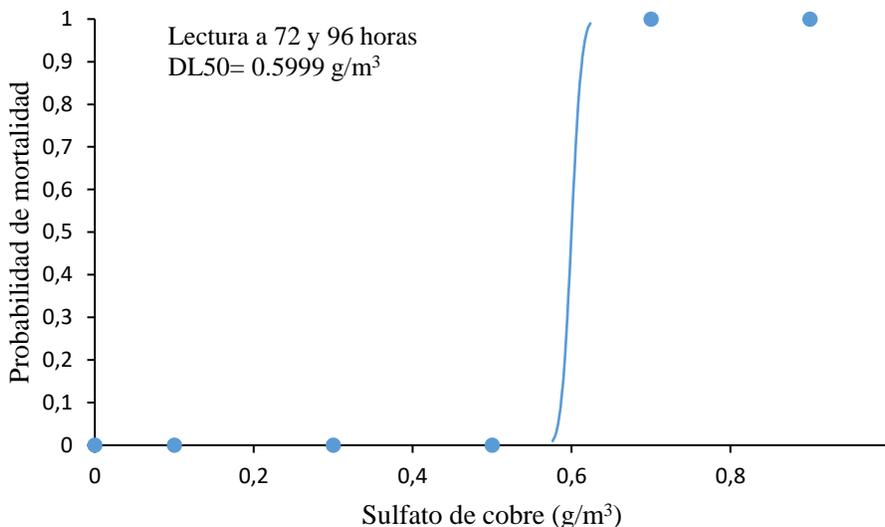


Figura 8. Probabilidad para la mortandad de alevines y dosis letal 50 a 72 y 96 horas por efecto del sulfato de cobre.

Estudio realizado por Atencio (2013) en alevines de carachi amarillo *Orestias luteus* observó en 96 horas la concentración letal CL50 fue de 1.653 µg/l con rangos de concentración de 10 y 20 µg/l de sulfato de cobre donde tuvo el 100% de mortandad.

Similar estudio por Tabares et al, (2011) reporta con la especie Tambaqui *Colossoma macropomum* en ensayos de la LC50 dio una concentración de 17.5 mg/ L-1 de CuSO<sub>4</sub> (equivalente a 4.3 mg/ L-1 de cobre) a las 96 horas de exposición.

Investigación similar realizado por Romero (2014) en alevines de tilapia roja *Oreochromis sp* con peso promedio de 1 g, se observó la CL50 concentración letal media de 1.54 mg/l CuSO<sub>4</sub> 5H<sub>2</sub>O a las 72 horas de exposición, causando un comportamiento errático, natación confusa y movimiento desequilibrado y en la anatomía externa con coloración blanquecina en la piel y en la órbita de sus ojos. Nótese la especie Carachi amarillo *Orestias luteus* son más sensible a la exposición de la sustancia tóxica, pero en otro estudio argumenta que en Pacú juvenil *Colossoma*

*macropomum* y tilapia roja *Oreochromis sp* son resistente al sulfato de cobre.

### Efecto del hipoclorito de sodio

#### *Hipoclorito de sodio sobre el alga en presencia de alevines*

Los bloques que muestra la tabla 5, presentaron diferencia a la P: 0.05 y las concentraciones del hipoclorito de sodio también fueron significativas las diferencias de la mortandad de la *E. sanguínea* a la P: 0.01

Tabla 5. Prueba de Wald para la mortandad de *Euglenia sanguínea* por hipoclorito de sodio.

Fuente variación	G.L.	Chi-cuadrado	Pr > Chi cuadrado
Bloque	3	10.93 *	0.0121
Hipoclorito de sodio	4	74.01 **	<.0001

\*\* : Significativo a P: 0.01

\* : Significativo a P: 0.05

En la figura 9 se observó las mortandades de *E. sanguínea* alrededor del 33.8%, a una concentración de hipoclorito de sodio 100 µl/l y a 150 µl/l se observó la máxima mortandad de algas con 67.9 %. También se observó que en las

Efecto del sulfato de cobre e hipoclorito de sodio en el control de la floración algal y DL50 en alevines de Tambaqui (*Piaractus brachyomus*) en la zona La Jota del municipio de Chimore.

dosificaciones de hipoclorito de sodio de 25 a 150  $\mu\text{l/l}$ , las *E. sanguínea* tuvieron cierta resistencia debido a la mortalidad máxima registrada 67.9%, es decir que existen algas supervivientes alrededor de 32.1%. Los síntomas presentados en la *E. sanguínea* fue a las 5 a 9

horas aproximadamente después de la aplicación, observándose la muerte celular, en forma de redonda necrosada, luego se rompe la membrana celular, el estigma no diferenciado y la degradación del alga.

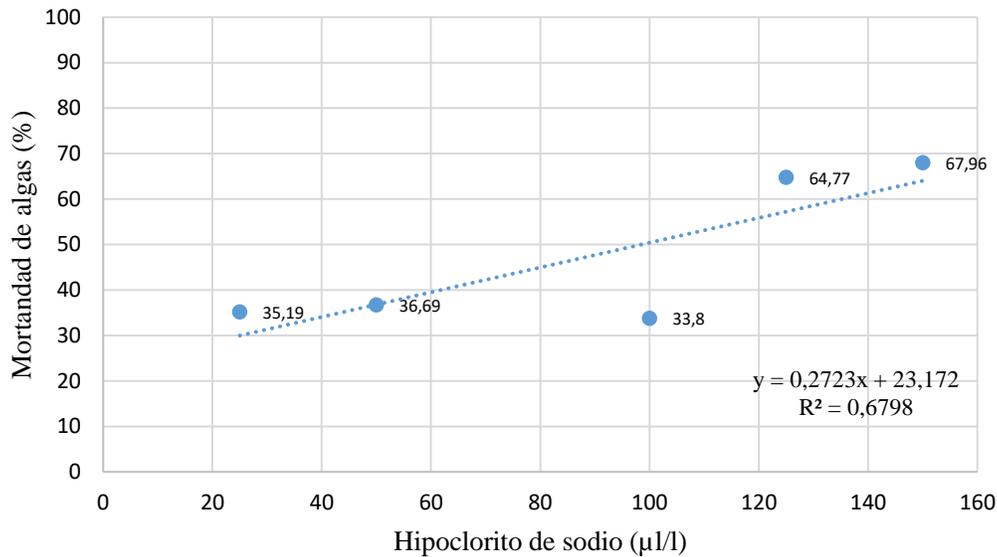


Figura 9. Mortandad de *Euglena sanguinea* por efecto de hipoclorito de sodio.

### Hipoclorito de sodio sobre los alevines

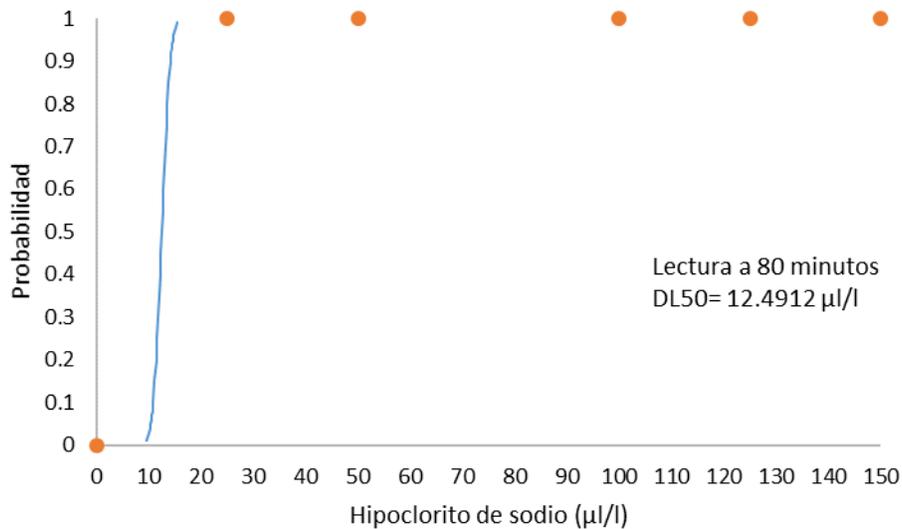


Figura 10. Probabilidad para la mortandad de alevines y dosis letal 50 a 80 minutos por efecto del hipoclorito de sodio.



En la figura 10 se observa el análisis de regresión Probit, se estimó a 80 minutos iniciado el experimento, la DL50 fue 12.491 µl/l de hipoclorito de sodio. La respuesta fisiológica de los alevines al hipoclorito de sodio fue: un desequilibrio en el nado, mayor frecuencia de boqueos al minuto de exposición, ojos saltones a mayor dosificación cuando fueron hallados muertos. Estudio realizado por Gracia y Pezo (2011), reportó que en alevines de Tambaqui (*Piaractus brachyomus*) y Pacú (*Colossoma macropomum*) con una talla de 4 cm y peso de 4 g en concertación letal CL50 en detergente magia blanca, para el Tambaqui de 18.1 mg/l, para el Pacú CL50 fue de 4.8 mg/l. Donde se demuestra que el Tambaqui es más resistente a las exposiciones de toxicidad (detergente).

Cabe destacar que el hipoclorito de sodio tiene un efecto mortal (aproximadamente 80 minutos) en los alevines, pero las algas presentan cierta tolerancia, en ese sentido el hipoclorito de sodio no es útil para el control de algas (*Euglena sanguinea*) en presencia de alevines.

## CONCLUSIONES

Las concentraciones óptimas del sulfato de cobre elimina paulatinamente al alga *Euglena sanguinea*, con un 95% de mortandad, en concentración de 0,788 g/m<sup>3</sup> en ausencia de alevines de Tambaqui.

Las dosificaciones de 0.1 hasta 0.5 g/m<sup>3</sup> de sulfato de cobre presentaron mortalidad de algas *Euglena sanguinea* en presencia de alevines, fue inferior al de las dosis de 0.7 y 0.9 g/m<sup>3</sup> de sulfato de cobre, pero la mortalidad fue similar a más tiempo (96 horas) de exposición de las algas al sulfato de cobre.

La dosis letal DL50 en los alevines Tambaqui (*Piaractus brachyomus*) fue de 0.5999 g/m<sup>3</sup> de sulfato de cobre a las 72 y 96 horas respectivamente.

El alga posee tolerancia al hipoclorito de sodio y el Tambaqui es sensible, pues a los 80 minutos los alevines murieron en su totalidad, incluso con la más baja dosificación de hipoclorito de sodio.

## AGRADECIMIENTOS

A la Unibol Quechua "CASIMIRO HUANCA", en especial a la Carrera de Ingeniería en Acuicultura por el apoyo logístico. Al Ing. Elmer Claros Camacho, Wilfredo Canaviri Cruz y Lic. Pedro José Ortega Herrera en el apoyo técnico durante el trabajo de campo. A la Lic. Mery Córdova Machado, Gladys Gerónimo Fernández por las sugerencias técnicas en la elaboración del documento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atencio, R. (2013) "Determinación de la contaminación letal media (CL50-96) y efecto histopatológico del sulfato de cobre mediante bioensayos con alevines del carachi amarillo (*Orestias luteus*)". Univ. Nacional Jorge Basadre Grohmann. Perú, pregrado 109 p.
- Cárdenas, W. R. R. (2015). "Efectos de la floración algal sobre el crecimiento y mortandad de la tilapia plateada (*Oreocomis niloticus*) en la Unibol Quechua "Casimiro Huanca". Tesis de pregrado, 52 p.
- García. J. F y Pezo. B. R, (2011). Efecto tóxico del detergente doméstico "Magia Blanca" sobre la especie de peces *Piaractus Brachyomus* (Cuvier, 1818) Paco y *colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) Gamitana (Piscis, Characiformes), en ambientes controlados. Univ.

Efecto del sulfato de cobre e hipoclorito de sodio en el control de la floración algal y DL50 en alevines de Tambaqui (*Piaractus brachypomus*) en la zona La Jota del municipio de Chimore.

- Nacional de la Amazona Peruana.  
Tesis, 30
- Montgomery, D. (2004). Diseño y análisis de experimento. LIMUSA WILEY México.
- Rodríguez, E. (6 de Julio de 2019). Productor afectado por las floraciones algales en el Trópico de Cochabamba. (R. A. Parada S, & E. E. Iquize V, Entrevistadores).
- Romero, B. R. (2014). Determinación de la concentración letal media (CL50) producida por sulfato de cobre (CUSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O) en alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Univ. Técnica de Machala. Tesis, 3 p.
- SAS Institute Inc. (2008). SAS/STAT 9.2. User's Guide. Cary, NC, USA.
- Steel R y Torrie J. (1992). Bioestadística: Principios y procedimientos. McGraw-Hill México DF.
- Tavares-Días, M. Jessé F, S, Elizabeth, G. A, Eduardo, A. O, Mauricio, L.M, (2011) Toxicidad y los efectos sulfato de cobre de control y parasitaria respuesta hematológica de Tambaqui *Colossoma macropomum*. Bol Inst. Pesca, Sao Paulo, 37(4) 355-365.
- Velasco-Santamaría, Y.M, Gómez-Manrique. W, Calderon-Bernal J, M, (2006) Toxicidad agua del sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>) en alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) bajo condiciones de agua blancas. Rev. *ORINOQUIA* Volumen 10 - N° 1. Universidad de los Llanos, Colombia. 8 p.