

# El lago de Tota uno de los ecosistemas más amenazados del planeta por contaminación de agentes químicos

## *Lake Tota, one of the most threatened ecosystems on the planet due to contamination by chemical agents*

Olarte Martínez, Luz Mery<sup>1</sup>, Lugo, Xiomara Andrea<sup>1</sup>. Soto Mendoza, Diana Carolina<sup>1</sup>

Fundación Universitaria de San Gil - UNISANGIL, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería  
Especialización Gestión Integral del Recurso Hídrico  
Yopal, Colombia

luzolarte@unisangil.edu.co  
xiomalarugo@unisangil.edu.co  
dianasoto122@unisangil.edu.co

Fecha de recepción: diciembre 20 de 2022  
Fecha de aceptación: febrero 15 de 2023

**Resumen** — El lago de Tota es una fuente hídrica de gran importancia a nivel regional y nacional dado su valor ambiental y económico está representado por actividades agrícolas, pecuarias y piscícolas. Por lo cual estas actividades han contribuido a la contaminación observada en la actualidad, siendo esta una problemática ambiental en constante ascenso, donde la salud, el desarrollo de las comunidades y los procesos ecológicos, se han visto afectados. La agricultura es el mayor contribuyente en contaminación, deterioro de calidad, alteraciones fisicoquímicas del agua, evidenciándose la eutrofización. El fin de este artículo investigativo es conocer que actividades están afectando la calidad del agua del lago de Tota y que se ha realizado hasta el momento, para evitar o mitigar esta contaminación. Los 3 estudios que se resaltan en este trabajo son una gran herramienta, puesto que permitieron conocer la calidad del agua en 3 puntos diferentes del lago y comparar estos resultados, diferentes normatividades como la colombiana del decreto 1594/84, de los usos del agua, y el artículo 38 de plantas de tratamiento convencionales de potabilización, también la Corporación Autónoma Regional con el acuerdo 043 de 2006 y de carácter internacional como la EPA de Estados Unidos y Costa Rica. Por otro lado, el programa de ArcGis con la herramienta ArcHydro y el Ideam, en cuanto al suministro de la información de área de estudio, se estudian 2 escenarios; hidroclimático y ambiental, en los cuales muestran los cambios que ha tenido últimamente el lago de Tota. Por último, los estudios realizados en el lago de Tota, frente a los agroquímicos que mediante escorrentía o precipitaciones van a dar al cuerpo de agua y qué tipo de bioindicadores de calidad del agua se han utilizado hasta el momento y cuál es la mejor opción.

**Palabras clave**— Contaminación, Lago de Tota, Ecosistema, Agricultura, Problemática.

**Abstract** - Lake Tota is a water source of great importance at a regional and national level given its environmental and economic value, which is represented by agricultural, livestock and fish farming activities. Therefore, these activities have contributed to the pollution observed today, being this a constantly rising environmental problem, where health, community development and ecological processes have been affected. Agriculture is the largest contributor to pollution, deterioration of quality, physicochemical alterations of water, evidencing that eutrophication. The purpose of this investigative article was to know what activities are affecting the water quality of Lake Tota and what has been done so far, to avoid or mitigate this contamination. The 3 studies that are highlighted in this work, are a great tool, they allowed to know the quality of the water in 3 different points of the lake and compare these results, different regulations such as the Colombian decree 1594/84, of the uses of water, and article 38 of conventional purification treatment plants, also the regional autonomous corporation with agreement 043 of 2006 and of an international nature such as the EPA of the United States and Costa Rica. On the other hand, the ArcGis program with the ArcHydro tool and Ideam, regarding the supply of study area information, 2 scenarios are studied; Hydroclimatic and Environmental, in which he shows the changes that Lake Tota has had lately. And finally, the studies have been done in the lake of Tota against the agrochemicals that through runoff or precipitation are going to give to the body of water and what type of bioindicators have been used up to now and what is the best option.

**Keywords** - Contamination, Lake Tota, Ecosystem, agriculture, issue.

<sup>1</sup> Ingeniero Ambiental.

## I. INTRODUCCIÓN

Colombia es considerada una potencia hídrica mundial por sus nevados, ríos, lagunas, ciénagas, arrecifes, estuarios, entre otros. En el departamento de Boyacá, se encuentra ubicado el Lago de Tota, según CONPES, este representa el 13,55% del agua a nivel nacional y regional, entre los municipios de Tota, Cuitiva y Aquitania. Actualmente es la fuente abastecimiento de agua para consumo humano de 250.000 habitantes y del 20% del total de la población del departamento [1], ver figura 1.

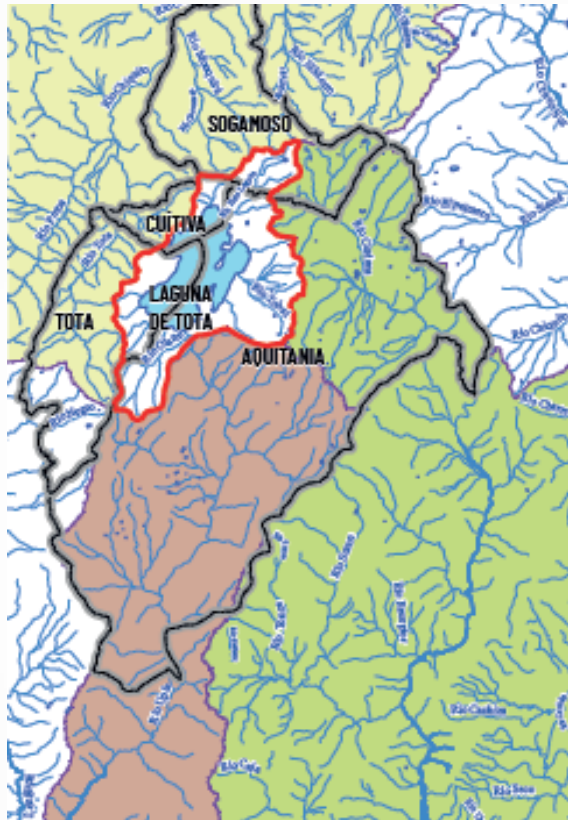


Fig. 1 Imagen tomada: Mapa de localización cuenca del Lago de Tota. AICCA 2020.

## II. LA AGRICULTURA

La agricultura es una actividad económica que se ocupa de la producción de cultivo del suelo, el desarrollo y recogida de las cosechas, la explotación de bosques, la cría y desarrollo de ganado, y se encuentra dentro del sector primario, y en ella se incluyen todas las prácticas realizadas por el hombre [2]. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la cebolla larga es uno de los productos alimenticios más cultivados, consumidos y comercializados en el mundo entero y tiene una gran importancia para la seguridad alimentaria [3].

### A. Proceso de eutrofización y agentes contaminantes

La eutrofización es un proceso natural o antrópico, que acelera el aumento de la carga de nutrientes a un lago por diferentes prácticas de origen antropogénico. Significa que hay una abundante presencia de materia orgánica en el agua, lo que provoca el incremento acelerado de algas y otras plantas, que recubren la superficie del agua, obstaculizando el paso de la luz solar. Al ocurrir esto, las plantas mueren y se depositan en el fondo del lago, generando residuos orgánicos, que, al descomponerse, van a requerir de una gran parte del oxígeno disuelto, y esto va a ocasionar afectación de la vida acuática y asfixia de fauna y flora, ver figura 2.

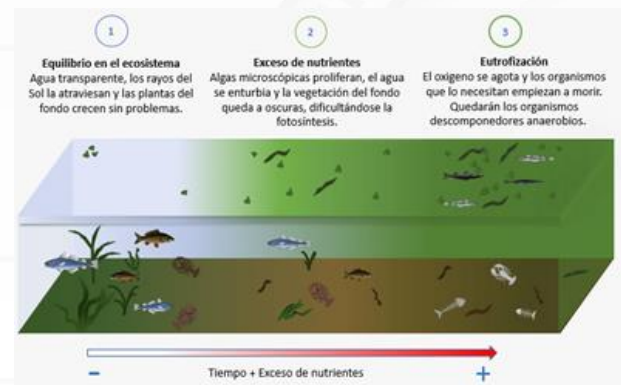


Fig. 2 Proceso de eutrofización. [4]

En la agricultura es normal utilizar este tipo de productos químicos, como plaguicidas se usan para prevenir, destruir, repeler o mitigar plagas, su uso constante atribuye problemas de salud pública, debido a la morbilidad y mortalidad. Mientras que los fungicidas se emplean para erradicar hongos, moho u otro tipo de enfermedades y pestes que afectan a las plantas y dentro de los más usados se encuentra Antracol, Ridomil y Folicure, catalogado con un nivel de toxicidad IV [5].

Por último, los insecticidas a controlar o matar insectos portadores de enfermedades, entre los usados se encuentran Malatión, Profenofos, Furadan y Roundup, cuyo ingrediente activo es el glifosato, el cual es empleado como herbicida.

### B. La piscicultura y acuicultura

La piscicultura es la crianza de peces en el que se agrupan una diversidad de cultivos en función de una especie o familia, en esta actividad, existen técnicas y procedimientos que permiten impulsar o controlar la reproducción de peces (Trucha arcoíris). En cambio, la acuicultura está dirigida a producir y engordar organismos acuáticos en su medio y cultivos en condiciones controladas de especies que se desarrollan en el medio acuático [3].

### C. Producción pecuaria

La ganadería es una actividad pecuaria que se realiza principalmente con la cría y comercialización de bovinos y ovinos, con propósitos comerciales. En el caso de los bovinos, se usa para doble propósito, cría y leche (carne, derivados de la leche). Por otra parte, en el sistema ovino, se maneja la misma técnica, comercialización de su carne o la venta de su lana. Estas prácticas al igual que la agricultura, tiene afectaciones directas e indirectas al medio ambiente.

### D. Los vertimientos

Los vertimientos de aguas residuales domésticas son procedentes de los hogares y de instalaciones en las cuales se desarrollan todo tipo de actividades industriales, comerciales o de servicios (Descargas de retretes, de sistemas de aseo personal, de cocina, entre otras) [6] (ver figura 3). Las ARD normalmente contienen cargas contaminantes como sólidos disueltos o suspendidos.



Fig. 3 Diario 7 días Boyacá.

## III. ANTECEDENTES

Este artículo se apoyó con información de estudios e informes realizados en un periodo de 3 años (2018 - 2020),

los cuales sirven de soporte en la investigación acerca del deterioro del Lago de Tota, por diferentes actividades económicas.

En el año 2018, la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de los Andes, llevó a cabo un estudio mediante la “Caracterización y análisis de la calidad del agua en el lago”. Su principal objetivo era determinar la calidad del agua de la cuenca hidrográfica del lago de Tota, con distintos parámetros (DBO, DQO, coliformes totales, E-Coli fosfatos, fósforo total, nitratos, nitrógeno amoniacal, sólidos suspendidos totales, turbiedad, oxígeno disuelto y plaguicidas (Organoclorados). Asimismo, conocer de antemano con los agricultores, el manejo de los agentes químicos y con qué frecuencia se riega los cultivos. Debido a una problemática asociada a malas prácticas agrícolas (uso excesivo de fertilizantes y pesticidas en los cultivos de cebolla alrededor del lago). La Universidad Nacional de Colombia, en un estudio realizado por [7] a los cultivos se les aplicó cerca de 430 toneladas de plaguicidas y 63,450 toneladas de gallinaza, sin control alguno en la dosificación y frecuencia. En tres sectores diferentes del lago de tota (1Playa blanca, 2península del potrero y 3cabecera del río Upía) y hace una comparación conforme a la norma colombiana (Decreto 1594/94), CAR y estándares internacionales.

En la tabla 1. Se puede apreciar que los valores obtenidos para cada parámetro de los tres puntos de muestreo, sólo cinco cumplen con los lineamientos de la norma colombiana. En el caso de la E-Coli, ningún punto de muestreo cumple, mientras que, para el pH, sólo el punto 1 (Playa Blanca), se encuentra fuera del límite.

En el caso de la tabla 2, los valores obtenidos para cada parámetro, sólo seis cumplieron con la normatividad que la Corporación Autónoma Regional establece.

TABLA 1. RESULTADOS OBTENIDOS CON EL ARTÍCULO 8 DEL DECRETO 1594/84 [8]

| Parámetro           | Unidades   | Punto 1 | Art. 38   | Punto 2 | Art. 38   | Punto 3 | Art. 38   |
|---------------------|------------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|
| pH                  | -          | 9.27    | NO CUMPLE | 8.38    | CUMPLE    | 6.54    | CUMPLE    |
| Oxígeno disuelto    | mg/L-O2    | 8.69    | CUMPLE    | 7.75    | CUMPLE    | 3.07    | NO CUMPLE |
| Conductividad       | µS/cm      | 111.9   | CUMPLE    | 107.3   | CUMPLE    | 93.3    | CUMPLE    |
| Coliformes totales  | NMP/100 ml | 110     | CUMPLE    | 220     | CUMPLE    | 130     | CUMPLE    |
| E-Coli              | UFC/100 ml | 3       | NO CUMPLE | 100     | NO CUMPLE | 20      | NO CUMPLE |
| DBO                 | mg/L-O2    | 2.7     | -         | 3.6     | -         | 2.4     | -         |
| DQO                 | mg/L-O2    | 11.6    | -         | 12.7    | -         | 14.7    | -         |
| Fostatos            | mg/L-P     | 0.12    | CUMPLE    | 0.15    | CUMPLE    | 0.24    | CUMPLE    |
| Fósforo total       | mg/L-P     | 0.13    | -         | 0.21    | -         | 0.29    | -         |
| Nitratos            | mg/L-N     | 0.33    | CUMPLE    | 0.44    | CUMPLE    | 0.4     | CUMPLE    |
| Nitrógeno Amoniacal | mg/L-N     | 0.15    | -         | 0.14    | -         | 0.13    | -         |
| SST                 | mg/L-ss    | <1.60   | CUMPLE    | 2.6     | CUMPLE    | 5.1     | CUMPLE    |
| Turbiedad           | NTU        | 1.56    | -         | 1.76    | -         | 3.07    | -         |

[8]. Caracterización y análisis de la calidad del agua del Lago de Tota. Comparación de la Normatividad Colombiana.



TABLA 2. RESULTADOS OBTENIDOS CON LA NORMATIVIDAD DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL [8]

| Parámetro           | Unidades            | Punto 1 | CAR       | Punto 2 | CAR    | Punto 3 | CAR       |
|---------------------|---------------------|---------|-----------|---------|--------|---------|-----------|
| pH                  | -                   | 9.27    | NO CUMPLE | 8.38    | CUMPLE | 6.54    | NO CUMPLE |
| Oxígeno disuelto    | mg/L-O <sub>2</sub> | 8.69    | CUMPLE    | 7.75    | CUMPLE | 3.07    | NO CUMPLE |
| Conductividad       | μS/cm               | 111.9   | -         | 107.3   | -      | 93.3    | -         |
| Coliformes totales  | NMP/100 ml          | 110     | CUMPLE    | 220     | CUMPLE | 130     | CUMPLE    |
| E-Coli              | UFC/100 ml          | 3       | -         | 100     | -      | 20      | -         |
| DBO                 | mg/L-O <sub>2</sub> | 2.7     | CUMPLE    | 3.6     | CUMPLE | 2.4     | CUMPLE    |
| DQO                 | mg/L-O <sub>2</sub> | 11.6    | -         | 12.7    | -      | 14.7    | -         |
| Fostatos            | mg/L-P              | 0.12    | -         | 0.15    | -      | 0.24    | -         |
| Fósforo total       | mg/L-P              | 0.13    | -         | 0.21    | -      | 0.29    | -         |
| Nitratos            | mg/L-N              | 0.33    | CUMPLE    | 0.44    | CUMPLE | 0.4     | CUMPLE    |
| Nitrógeno Amoniacal | mg/L-N              | 0.15    | CUMPLE    | 0.14    | CUMPLE | 0.13    | CUMPLE    |
| SST                 | mg/L-ss             | <1.60   | CUMPLE    | 2.6     | CUMPLE | 5.1     | CUMPLE    |
| Turbiedad           | NTU                 | 1.56    | CUMPLE    | 1.76    | CUMPLE | 3.07    | NO CUMPLE |
| POF                 |                     |         |           |         |        |         |           |
| Phorate             | microg/L            | <0.039  | CUMPLE    | <0.039  | CUMPLE | <0.039  | CUMPLE    |
| Terbufos            | microg/L            | <0.039  | CUMPLE    | <0.039  | CUMPLE | <0.039  | CUMPLE    |
| Diazinon            | microg/L            | <0.040  | CUMPLE    | <0.040  | CUMPLE | <0.040  | CUMPLE    |
| Ronnel              | microg/L            | <0.040  | CUMPLE    | <0.040  | CUMPLE | <0.040  | CUMPLE    |
| Malathion           | microg/L            | <0.040  | CUMPLE    | <0.040  | CUMPLE | <0.040  | CUMPLE    |

[8]. Caracterización y análisis de la calidad del agua del Lago de Tota. Comparación de la Normatividad Colombiana.

TABLA 3. ESTÁNDARES INTERNACIONALES (EPA-EE.UU-COSTA RICA) [8]

| Parámetro           | Unidades            | Punto 1 | EPA-EEUU-COSTA RICA | Punto 2 | EPA-EEUU-COSTA RICA | Punto 3 | EPA-EEUU-COSTA RICA |
|---------------------|---------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|
| pH                  | -                   | 9.27    | NO CUMPLE           | 8.38    | CUMPLE              | 6.54    | NO CUMPLE           |
| Oxígeno disuelto    | mg/L-O <sub>2</sub> | 8.69    | CUMPLE              | 7.75    | CUMPLE              | 3.07    | NO CUMPLE           |
| Conductividad       | μS/cm               | 111.9   | -                   | 107.3   | -                   | 93.3    | -                   |
| Coliformes totales  | NMP/100 ml          | 110     | -                   | 220     | -                   | 130     | -                   |
| E-Coli              | UFC/100 ml          | 3       | -                   | 100     | -                   | 20      | -                   |
| DBO                 | mg/L-O <sub>2</sub> | 2.7     | CUMPLE              | 3.6     | CUMPLE              | 2.4     | CUMPLE              |
| DQO                 | mg/L-O <sub>2</sub> | 11.6    | -                   | 12.7    | -                   | 14.7    | -                   |
| Fostatos            | mg/L-P              | 0.12    | -                   | 0.15    | -                   | 0.24    | -                   |
| Fósforo total       | mg/L-P              | 0.13    | -                   | 0.21    | -                   | 0.29    | -                   |
| Nitratos            | mg/L-N              | 0.33    | CUMPLE              | 0.44    | CUMPLE              | 0.4     | CUMPLE              |
| Nitrógeno Amoniacal | mg/L-N              | 0.15    | CUMPLE              | 0.14    | CUMPLE              | 0.13    | CUMPLE              |
| SST                 | mg/L-ss             | <1.60   | CUMPLE              | 2.6     | CUMPLE              | 5.1     | CUMPLE              |
| Turbiedad           | NTU                 | 1.56    | CUMPLE              | 1.76    | CUMPLE              | 3.07    | NO CUMPLE           |
| POF                 |                     |         |                     |         |                     |         |                     |
| Phorate             | microg/L            | <0.039  | -                   | <0.039  | -                   | <0.039  | -                   |
| Terbufos            | microg/L            | <0.039  | -                   | <0.039  | -                   | <0.039  | -                   |
| Diazinon            | microg/L            | <0.040  | -                   | <0.040  | -                   | <0.040  | -                   |
| Ronnel              | microg/L            | <0.040  | -                   | <0.040  | -                   | <0.040  | -                   |
| Malathion           | microg/L            | <0.040  | -                   | <0.040  | -                   | <0.040  | -                   |

[8]. Caracterización y análisis de la calidad del agua del Lago de Tota. Comparación con las normas Internacionales de EPA –EE.UU- COSTA RICA

Por último, para las normas internacionales, las cuales se rigen a partir de los estándares establecidos por la Agencia protección de los Estados Unidos, para los usos del agua (EPA) y temas ambientales. Cinco parámetros cumplieron con los estándares internacionales (Tabla 3).

Para el año 2019 la Universidad de la Salle elaboró un informe denominado “Evaluación de la influencia de descargas difusas en el grado de eutrofización de un cuerpo de agua léntico a través del modelo PLOAD. Caso de estudio Lago de Tota” [9]. El objetivo de estudio era conocer la influencia de las descargas difusas asociadas al uso del suelo predominante alrededor del Lago de Tota, en el grado de

eutrofización del cuerpo léntico por medio del modelo PLOAD, permite realizar modelación dependiendo del caso de impermeabilidad del suelo teniendo en cuenta el uso. Y es que debido a que la agricultura y la ganadería generan vertimientos de contaminantes a los cuerpos de agua, los nutrientes presentes en los agroquímicos, fertilizantes orgánicos y estiércol aportan nitrógeno y fósforo, esto ayudan a la reducción del espejo de agua, al programa también se le sumó el tema de la precipitación por lo cual esta conlleva a que las aguas lleguen al cuerpo léntico.

La recopilación de la información socioeconómica fisicoquímica del área, dan a conocer las características

actuales. El modelo matemático a trabajar y una información de entrada, así como recopilación de información faltante (estudios de levantamientos topográficos, batimétricos), para correr el modelo PLOAD, desarrollado por la EPA, para escenarios, como (agricultura, pecuaria, precipitaciones) este modelo matemático simplificado se basa en la información recopilada en sistemas de información geográfica donde se hace un contraste con la información real del lago de tota.

TABLA 1. COMPARACIÓN DE LAS CARGAS CALCULADAS PARA CADA UNO DE LOS ESCENARIOS MODELADOS RESPECTO AL ESCENARIO BASE [9]

| Escenario                                | Cargas (lbs) | Variación respecto al escenario base |
|------------------------------------------|--------------|--------------------------------------|
| Escenario base                           | 65500        | -                                    |
| Escenario A (Aumento 10% precipitación)  | 66238        | + 1.12%                              |
| Escenario B (ENOS)                       | 62308        | -4.87%                               |
| Escenario C (Ampliación agrícola 54%)    | 70864        | +8.18%                               |
| Escenario D (Implementación pecuario 9%) | 69674        | +6.37%                               |
| Escenario E (Vocación del suelo)         | 61453        | -6.18%                               |

El estudio más reciente que se finalizó fue el elaborado en el 2020, por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y la Universidad del Quindío, su estudio sobre la “Contaminación del Lago de Tota y modelos biológicos para estudios de genotoxicidad” [10]. El objetivo del informe era conocer los estudios que se han realizado hasta la fecha en el lago y que modelos biológicos se han propuesto. El pez cebrá, se ha usado en diferentes estudios de toxicidad, ya que tiene la capacidad de regenerarse y adaptarse frente a concentraciones altas de agentes químicos, como el arsénico, plomo y glifosato. En el lago de Tota, actualmente presenta un deterioro, frente a la calidad del agua, a causa del uso desmedido de plaguicidas, fertilizantes para diferentes cultivos y actividades secundarias. Con ensayos de toxicidad aguda en *Daphnia Magna* e *Hydra Attenuata*, la letalidad era baja, pero se logró identificar plaguicidas en los sedimentos como DDT, aldrin, dieldrin, ditiocarbamatos, entre otros [11]. A otros autores les sorprende no encontrar Malation, ya que normalmente es el químico, que se le riega a los cultivos de cebolla y se puede deber poca persistencia del producto en los cultivos [12].

TABLA 2. PLAGUICIDAS IDENTIFICADOS EN DIFERENTES ESTUDIOS SOBRE LA CUENCA DEL LAGO DE TOTA. Niveles de toxicidad según la agencia de protección ambiental (EPA): I, altamente tóxico, II, moderadamente tóxico, III, ligeramente tóxico y IV sin riesgo de toxicidad aguada [13]

| Principio activo | Grupo o tipo             | Uso-función | Nivel de toxicidad (EPA) |
|------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|
| DDT y congéneres | Organoclorados           | Insecticida | III                      |
| Aldrin           | Organoclorado            | Insecticida | No disponible            |
| Dieldrin         | Organoclorado            | Insecticida | No disponible            |
| Ditiocarbamatos  | Ditiocarbamatos          | Fungicida   | I a IV                   |
| Clorotalonilo    | Benzonitrilo, clorado    | Fungicida   | III                      |
| Myclobutanil     | Triazol                  | Fungicida   | No disponible            |
| Profenofos       | Organofosforado, Clorado | Insecticida | II                       |
| Malatión         | Organofosforado          | Insecticida | III                      |
| Difenoconazol    | Conazol, clorado         | Fungicida   | II                       |
| Tebuconazol      | Azol, clorado            | Fungicida   | IV                       |
| Propineb         | Ditiocarbamato           | Fungicida   | IV                       |
| Mancozeb         | Ditiocarbamato           | Fungicida   | III                      |
| Dimetomorf       | Morfolina, organoclorado | Fungicida   | III                      |
| Glifosato        | Organofosforado          | Herbicida   | III                      |
| Deltametrina     | Organofosforado, Clorado | Insecticida | II                       |
| Carbofurano      | Carbamato                | Insecticida | I                        |
| Oxadixyl         | Anilida, oxazalidina     | Fungicida   | III                      |

#### IV. DISCUSIÓN

El Lago de Tota, además de ser una fuente de abastecimiento importante para la región, posee unos servicios eco sistémico, que cubren necesidades básicas de los municipios que se encuentran a su alrededor. Los resultados que se obtuvieron en cada uno de los estudios analizados, sólo reflejan las condiciones en las que se encuentran estos puntos de muestreo, frente a las verdaderas dimensiones del lago. En el primer artículo se hace comparación de las normativas regionales, nacionales e internacionales (EE.UU, Costa Rica).

1. En la normatividad colombiana el decreto 1594/84, se asocia a los usos del agua y el artículo 38, son los valores permisibles para el tratamiento convencional para su potabilización, siendo que Aquitania, Cuitiva, tota, ya que cuenta con plantas convencionales, según el documento técnico de soporte de la ciudad de Sogamoso y mapas de riesgo de la calidad de agua para el consumo humano en los 3 puntos de muestreo indicados anteriormente. En este caso se mencionan los que no cumplieron la normativa colombiana (1594/94) y al no cumplimiento de ellos. El pH en playa blanca fue elevado (9.27) y está asociado al uso excesivo de plaguicidas y de la gallinaza, usado en los cultivos de cebolla, normalmente este abono orgánico se encuentra en 8-9 unidades. (Estrada, 2005). En el parámetro de E-Coli, ninguno cumple con la norma colombiana y además, el agua no es apta para el consumo humano, ni uso doméstico, y su valor permitido es de 0 UFC/100ml. Y por último el oxígeno disuelto en Río Upía, la concentración es

baja, y los normalmente está en rangos entre 5 y 12 mg/L, pueden ocasionar la desaparición de organismos y especies sensibles [8] Tabla 1.

En la normatividad de la Corporación Autónoma Regional, los valores obtenidos de cada parámetro se asociaron con el acuerdo 043 de 2006, para la cuenca del río Bogotá, en cual establecía la clasificación de usos del agua, apta para el consumo y uso doméstico. Para el caso de los 3 puntos de muestreo, el PH, se encuentra fuera del límite en playa blanca (9.27) y nacimiento del río Upía (6.54), en la CAR los valores permisibles del PH están (6.5-8.5) . Mientras que para los valores obtenidos en el río Upía de oxígeno disuelto en (3.07 mg/l) y turbiedad (3.07) no cumplen con los parámetros los cuales, establecen que el Oxígeno disuelto el valor permitido es de (4.0 mg/l) y turbiedad (2.0). Tabla 2.

Por último, está la comparación con la agencia nacional de protección ambiental de los Estados Unidos para los usos del agua (EPA) y la normatividad de Costa Rica. En las 3 normativas, el PH no se cumple en playa blanca, porque sobrepasa el límite establecido, y en el río Upía el pH es inferior al valor mínimo de Costa Rica. Por otro lado, el oxígeno disuelto en el río Upía (3.07 mg/l), no se cumplió ya que se encuentra por debajo de la de la normatividad de Costa Rica que es de (7 mg/l), lo cual me indica que ese punto no cumple con los estándares internacionales, todo está asociado a las descargas de aguas residuales en Aquitania, ya que no tienen ningún tratamiento previo. Tabla 3.

2. Debido a que la Laguna de Tota ofrece una serie de servicios eco sistémicos cuenta con un uso agrícola predominante junto con el asentamiento urbano de los cuales generan vertimientos que contribuyen a la contaminación poniendo en riesgo la calidad del agua; realizaron la investigación mediante del modelo PLOAD el cual corresponde a limitación en el área de estudio por lo que se trabaja junto con el software ArcGIS con ayuda de la herramienta ArcHydro (Maidment et al.,2010), nos encontramos con 5 escenarios los cuales se encuentran representados en letra (A,B,C,D,E,); donde el **escenario Hidroclimático** se encuentra representado por (A) representa el aumento en las precipitaciones de un 10% para el escenario base (2017) según el cambio pronosticado por el Ideam para el área de estudio entre el periodo 2011 – 2040 y (B) plantea la evaluación de un año de precipitación bajo la influencia de ENOS, teniendo en cuenta los registros del Ideam corresponde al año 2015. **Escenario Ambiental (C)** representa la ampliación de la frontera agrícola con un 54% con este dato permite evaluar el aporte de carga contaminante por fósforo total. El **Escenario D:** en algunas áreas se maneja la actividad pecuaria que se representa el 9% este escenario permite evidenciar la variación en el aporte de carga contaminante al lago y el **escenario E** representa la asignación al uso del suelo (IGAC, 2018) con el fin de

evaluar el impacto que se generaría y su influencia en la protección del cuerpo de agua.

3. En los municipios de Aquitania, Cuitiva, Tota, predominan las actividades agrícolas, piscícolas. Los cultivos de cebolla larga, por ejemplo, en el año 2018, la producción de este producto fue (64. 850 ton), y para el cultivo de papa (9.270Ton), mientras que el haba (133 Ton) y la arveja (229 Ton). La piscícola cría y comercializa trucha arco iris, expertos afirman que el método actual de cultivo no es viable y que por lo tanto el deterioro de calidad del agua es evidente, por otro lado los desechos de esta especie (heces y alimentos), generan una acumulación de fósforo y amonio, y al combatir enfermedades que se producen por químicos y antibióticos, se desarrollan bacterias resistentes [13].

## V. CONCLUSIONES

La agricultura es la actividad económica que mayor riesgo representa para el lago, por el uso indebido de los agroquímicos, que se riegan en los diferentes cultivos, generando acumulación de estos, que a través de la escorrentía van a parar al lago, causando problemas como la eutrofización.

Es necesario generar registros sobre la venta y control de agroquímicos en el área de influencia del lago, de esta manera, permite que las autoridades obtengan en tiempo récord, el nombre del comprador, el agroquímico y las cantidades.

La educación ambiental es una herramienta fundamental en este caso por tanto es necesario que las autoridades locales junto con los veterinarios y la empresa privada participen en la creación de talleres o diplomados, para el buen manejo de los agroquímicos (concentraciones, tierra, manipulación).

Es claro que si la comunidad en general y las autoridades regionales y locales como Corpoboyaca, las alcaldías, no ejercen control, sobre las zonas de cultivos en áreas del páramo o cercanas al lago, el problema no va a desaparecer, por el contrario, el valor de una posible recuperación del lago el precio va a hacer muy alto.

## REFERENCIAS

1. CONPES, "Manejo ambiental integral de la cuenca hidrográfica del lago de Tota," Bogotá, Colombia, 31 de enero de 2014.
2. SASDMA, "Agricultura," [En línea]. Disponible: <http://www.sadsma.cdmx.gob.mx:9000/datos/glosario-definicion/Agricultura>. Accedido el 10 de noviembre de 2022.
3. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, "Capítulo 4 - Los plaguicidas, en cuanto contaminantes del agua," FAO.
4. I. Pardo, "Proceso de eutrofización," La Naturaleza en un Clic. Agua verde en lagos, ¿Qué la produce? [En línea]. Available: <https://lanaturalezaenuncllic.com/agua-verde-en-lagos-que-la-produce/>. Accessed on: Feb. 21, 2024.
5. M. José María, "Expertos advierten que actividad agrícola afecta aguas del lago de Tota," El Espectador, 14 de noviembre de 2014.
6. M. R. Acevedo Martínez, "Impacto económico en los agentes vinculados a la producción de cebolla larga y el sector turístico por la diversificación en los cultivos del municipio de Aquitania Boyacá," Trabajo de grado, Fundación Universitaria las Américas, Bogotá, 2018.
7. M. Martínez, "Actividad agrícola afecta aguas del Lago de Tota," Universidad Nacional de Colombia. [En línea]. Disponible en: <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/cat/video/article/actividad-agricola-afectaaguas-del-lago-de-tota.html>.
8. A. D. Castro Fonseca, "Caracterización y análisis de la calidad del agua del lago de Tota (Boyacá)," Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Bogotá, 2018. [Online]. Available: <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/03f88198-614c-43ab-be96-ac383e1f2333/content>.
9. M. P. Guio Torres y M. F. Rodríguez Rivera, "Evaluación de la influencia de descargas difusas en el grado de eutrofización de un cuerpo de agua léntico a través del modelo PLOAD. Caso de estudio Lago de Tota," Retrieved from: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/1178](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1178)
10. D. F. Jaramillo-García, N. Rodríguez-Sosa, M. Salazar-Salazar, C. A. Hurtado-Montaño, y M. Rondón-Lagos, "Contaminación del Lago de Tota y Modelos Biológicos para estudios de Genotoxicidad," Cienc. En Desarro., vol. 11, no. 2, pp. 65-83, jul. 2020. Disponible en: [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia\\_en\\_desarrollo/article/view/11467](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_en_desarrollo/article/view/11467)
11. Barrera, "Contaminación en el lago de Tota, Colombia: Toxicidad aguda en *Daphnia magna* (Cladocera: Daphniidae) e *Hydra attenuata* (Hydroida: Hydridae)," SciELO, vol. 67, no. 1, San José, enero-marzo 2019.
12. M. Andrade, "Evaluación del uso y la concentración de malathion en la cebolla junca en la vereda Quebradas, municipio de Aquitania, y sus posibles efectos adversos sobre la salud," Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás, Bogotá, 2015. [En línea]. Disponible: [https://repositorio.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/4690/bermudez\\_ana2015.pdf?sequence=1&isallowed=y](https://repositorio.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/4690/bermudez_ana2015.pdf?sequence=1&isallowed=y).
13. J. García, "Contaminación del lago de Tota y modelos biológicos para estudios de genotoxicidad," SciELO, 2021. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.19053/01217488.v11.n2.2020.11467>.
14. M. Estrada, "Manejo y procesamiento de la gallinaza," Trabajo de grado, UNISALLE, Antioquia, 2005.