

Estudio de la incidencia de actividades agropecuarias en cuerpos lénticos de alta montaña de la cordillera andina Colombiana.

Johana Catalina Forero Salamanca

Asesor: Ing. Ambiental Jessica Páez Pedraza

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiental
Ingeniera Ambiental

2021

Agradecimientos

Este trabajo de grado realizado en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia es un esfuerzo en el cual participaron distintas personas enriqueciendo con sus saberes y experiencia este proyecto, quienes me apoyaron en tiempos de crisis y también de felicidad, dedico este trabajo en primer lugar a mis padres y hermano, quienes a lo largo de mi vida me han respaldado siendo mi apoyo en todo momento, en segundo lugar a mis amigos, estén donde estén, quienes me han dado ánimo y han compartido incontables horas de trabajo y buenos ratos, por todo el tiempo que me han brindado y por tantas conversaciones de calidad en las que tanto provecho he sacado y finalmente un agradecimiento especial a mi Directora de grado, por su paciencia ante mi inconsistencia y por su valiosa dirección y apoyo para el desarrollo de la investigación y poder llegar a la conclusión de la misma.

Resumen

La agricultura es el mayor contribuyente de contaminación de aguas en las cuencas, que, a pesar de su naturaleza altamente dinámica, están sufriendo un notable deterioro y una alteración fisicoquímica de sus aguas, evidenciándose eutrofización, lo que afecta la diversidad de las especies pues se presenta un problema en la estabilidad de sus poblaciones, en cuanto a la calidad de sus aguas y su capacidad para mantener el equilibrio.

La zona geográfica abordada incluye el municipio de Pasto (Nariño), en donde está ubicado el Lago Guamuez, o Laguna de La Cocha, como es más conocida; el municipio de Aquitania (Boyacá), en donde está ubicado el Lago de Tota y el municipio de Fúquene (Cundinamarca) en donde se encuentra la Laguna de Fúquene.

Se encontró que los cuerpos de agua de alta montaña en el país se están deteriorando debido a la sedimentación y la eutrofización, lo cual afecta la calidad del agua y produce el agotamiento de este recurso. Son un ejemplo las lagunas ubicadas en los andes colombianos, los cuales se utilizan principalmente en la agricultura, piscicultura, la pesca, el turismo y como fuente de agua potable. Estos cuerpos de agua actúan como un sumidero de contaminantes liberados de manera intensiva, dado el desarrollo urbano y agrícola que ha aumentado generando problemas relacionados con la erosión, sedimentación y eutrofización deteriorando la calidad del agua; varias de las lagunas de la cordillera andina Colombiana están invadidas por plantas acuáticas invasoras.

Palabras clave: *Ecosistema, lentico, problemática, contaminación, estrategias, conservación, Lago y Lagunas Colombia, Agricultura.*

Abstract

Agriculture is the largest contributor of water pollution in the basins, which, despite their highly dynamic nature, are suffering a notable deterioration and a physicochemical alteration of their waters, showing eutrophication, which affects the diversity of species as they are presents a problem in the stability of its populations, in terms of the quality of its waters and its ability to maintain balance.

The geographical area addressed includes the municipality of Pasto (Nariño), where Lake Guamuez is located, or lagoon de La Cocha, as it is known; the municipality of Aquitania (Boyacá), where Lake Tota is located, and the municipality of Fúquene (Cundinamarca) where the lagoon de Fúquene is located.

It was found that the high mountain water bodies in the country are deteriorating due to sedimentation and eutrophication, which affects the quality of the water and produces the depletion of this resource. An example is the lagoons located in the Colombian Andes, which are used mainly in agriculture, fish farming, fishing, tourism and as a source of drinking water. These bodies of water act as a sink for pollutants released intensively, given the urban and agricultural development that has increased, generating problems related to erosion, sedimentation and eutrophication, deteriorating the quality of the water; several of the lagoons of the Colombian Andean mountain range are invaded by invasive aquatic plants.

Keywords: Ecosystem, lentic, problematic, pollution, strategies, conservation, lake and lagoons Colombia, agriculture.

Tabla de contenido

Agradecimientos	I
Resumen.....	II
Abstract.....	III
Tabla de figuras.....	VII
Lista de tablas	VIII
Introducción	1
Planteamiento del problema.....	2
Justificación	4
Objetivos.....	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos.....	5
Marco teórico	6
1. ECOSISTEMAS LENTICOS: LAGO Y LAGUNA.....	6
1.1 DEFINICIÓN DE LAGOS Y LAGUNAS	7
1.1.1 Modelado glaciar y la formación de lagunas en los andes.....	8
1.1.2 Alta montaña.....	10
1.1.3 El superpáramo	11

1.1.4 El páramo.....	11
1.1.5 El subpáramo	12
1.1.6 Bosque alto andino	13
1.2 CONTAMINANTES AGRÍCOLAS: CAUSAS Y EFECTOS	14
1.2.1 Nutrientes:	14
1.2.2 Plaguicidas:.....	15
1.2.3 Sales:.....	16
1.2.4 Sedimentos:	17
1.2.5 Materia orgánica:	18
1.2.6 Patógenos.....	18
1.2.7 Contaminantes emergentes	19
1.3 CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS DULCES.	19
1.3.1 La eutrofización	20
2. LAGO DE TOTA	23
2.1 SITUACIÓN ACTUAL DE PROTECCIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL LAGO.....	25
2.2 ECOSISTEMA.....	28
2.2.1 Fauna asociada a la vegetación acuática.....	30
2.2.2 Flora.....	31
2.3 USO DE LOS RECURSOS	33
2.4 TIPO DE ACTIVIDADES AGRÍCOLAS E INTENSIDAD	36

2.5 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.....	37
3. LAGUNA DE LA COCHA.....	44
3.1 ORGANIZACIÓN POLÍTICO-ADMINISTRATIVA DE LA LAGUNA.....	47
3.2 ECOSISTEMA DE LA LAGUNA.....	49
3.2.1. Fauna y flora asociada a la vegetación acuática.....	53
3.3 USO DE LOS RECURSOS.....	56
3.3.1 Tipo de actividades agrícolas.....	57
3.4 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.....	59
4. LAGUNA DE FUQUENE.....	61
4.1 MARCO LEGAL ACTUAL DE LA LAGUNA DE FUQUENE.....	62
4.2 ECOSISTEMA DE LA LAGUNA.....	65
4.2.1. Fauna asociada a la vegetación acuática.....	68
4.2.2. Flora.....	70
4.3 USO DE LOS RECURSOS.....	71
4.4 TIPO DE ACTIVIDADES AGRÍCOLAS E INTENSIDAD.....	75
4.5 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.....	76
5. ANÁLISIS DE LAS PROBLEMÁTICAS.....	78
Conclusiones y recomendaciones.....	84
Bibliografía.....	86

Tabla de figuras

Figura 1. Fotografía del Lago de Tota. EL TIEMPO (2014).....	23
Figura 2. Mapa del Lago de Tota. GOOGLE (s.f).....	25
Figura 3. Hidrografía general del Lago de Tota. Fundación Montecito (2013).	29
Figura 4. Esquema de coberturas presentes en Llano de Alarcón. Calvachi, Moncaleano, & Sánchez (2005).	33
Figura 5. Mapas de Cobertura del suelo 1995 y 2010 (2010).....	35
Figura 6. Ecosistemas Andinos y Áreas transformadas. CORPOBOYACA (2005).....	39
Figura 7. Fotografía de la Laguna de la cocha o Lago Guamuez. Colombia.com. (s.f)...	44
Figura 8. Drenaje Sencillo y Cuerpos de Agua. Díaz del Castillo. (2015).....	45
Figura 9. Mapa de la Laguna de la Cocha. GOOGLE (s.f)	46
Figura 10. Mapa del uso del suelo y cobertura vegetal. PEERLAGOS. (2016).....	52
Figura 11. Ejemplares de las familias de macrofauna encontradas en las áreas de muestreo en el Lago Guamuez. UNAL (2017).....	54
Figura 12. Zonificación Humedal Ramsar – Laguna de la Cocha. CORPONARIÑO (2011).....	57
Figura 13. Fotografía de la Laguna de Fúquene. Villegaseditores.com. (s.f.).....	61
Figura 14. Mapa de la Laguna de Fúquene. GOOGLE (s.f).....	62
Figura 15. Aporte hídrico por subcuencas aferentes a la laguna de Fúquene. Franco et al., (2011).....	68
Figura 16. Mapa de Cobertura en Fúquene. Franco et al., (2011).	74
Figura 17. Problemáticas. Elaboración propia (2021)	79

Lista de tablas

Tabla 1 Datos Lago de Tota.....	23
Tabla 2 Atributos para el Mapa de Cobertura del Suelo.....	34
Tabla 3 Políticas Ambientales a Nivel Municipal.	48
Tabla 4 Marco Legal Ambiental Componente Hídrico	64

Introducción

Hoy en medio de una aguda crisis ambiental, se hace necesaria una nueva forma de comprender y relacionarnos con estos ecosistemas vitales. La dinámica ecológica de los lagos reta los viejos paradigmas de la conservación. Aislarlos completamente de la influencia humana, enfoque común para la protección de la naturaleza, en estos cuerpos de agua es simplemente inaplicable. La pregunta problema a la que se dio respuesta con el desarrollo de la investigación es: ¿cuáles son los cambios que se evidencian en la Laguna de La Cocha (Nariño), Lago de Tota (Boyacá) y Laguna de Fúquene (Cundinamarca) en relación con las actividades agropecuarias de estas regiones? el impacto que han tenido estas fuentes no puntuales sobre los ecosistemas, su protagonismo en la disminución de la calidad del agua y extinción de especies en estos espejos de agua, de manera tal que se demuestren los cambios sufridos y el impacto que estos tienen a futuro.

En el presente documento se pretende aportar sobre el cambio ambiental de los lagos y lagunas de nuestro país ya que el conocimiento actual de estos cuerpos de agua demuestra que su manejo debe ser acorde con su dinámica ecológica y que la conservación de estos ecosistemas es un asunto también de valoración cultural, de la cual la visión científica hace parte, una mirada histórica a estas cuencas demuestra que ha existido una relación entre la salud del ecosistema y el tipo de valoración.

Planteamiento del problema

La agricultura representa el 70% del consumo total de agua en todo el mundo y es el mayor contribuyente de contaminación de fuentes no puntuales a las aguas superficiales y subterráneas donde se ha marcado un rumbo decadente dada la explosión demográfica, con un consiguiente desorden en la utilización de los recursos, generando problemas de contaminación por el desarrollo urbano y agrícola, pues con el fin de satisfacer la creciente demanda de alimentos, se están utilizando áreas cada vez más grandes para la agricultura intensiva, esta suele ir acompañada de un aumento de la erosión del suelo, la salinidad y las cargas de sedimentos en el agua y del uso excesivo, de los insumos agrícolas como por ejemplo los fertilizantes para aumentar el rendimiento y la productividad, lo que tiene un impacto negativo adicional en el suelo y en el ciclo del agua.

La contaminación causada por la agricultura a gran escala se clasifica como contaminación de fuente puntual, y la contaminación causada por la agricultura familiar a pequeña escala se considera contaminación no puntual, fuentes de gran contribución en la contaminación de estas cuencas, donde se ha marcado un rumbo decadente dada la explosión demográfica, con un consiguiente desorden en la utilización de los recursos, generando problemas de contaminación por el desarrollo urbano y agrícola, pues con el fin de satisfacer la creciente demanda de alimentos, se están utilizando áreas cada vez más grandes para la agricultura intensiva, sin ninguna planta de tratamiento funcionando. El uso de fertilizantes que aumentan el rendimiento tiene un impacto negativo adicional en el suelo y en el ciclo del agua.

El agua es esencial para mantener un suministro de alimentos adecuado y un entorno productivo para la población humana. A medida que crecen las poblaciones y la economía, la demanda mundial de agua dulce ha aumentado. Además de amenazar el suministro de alimentos, la escasez de agua reduce severamente la biodiversidad en los ecosistemas acuáticos y terrestres, mientras que la contaminación del agua facilita la propagación de enfermedades humanas graves y disminuye la calidad del agua. Aunque el agua se considera un recurso renovable porque se repone con la lluvia, su disponibilidad es limitada en términos de la cantidad disponible por unidad de tiempo en cualquier región.

Una de las mayores amenazas para la calidad y la salud o integridad ecosistémica de los lagos y lagunas de alta montaña en Colombia y sus afluentes es el exceso de químicos, fertilizantes y sedimentos de prácticas agrícolas irresponsables. Hay muchas formas en que estos contaminantes ingresan al agua, pero la escorrentía de las tierras de cultivo es uno de los mayores contribuyentes a este problema. Esta contaminación alimenta los brotes de algas nocivos en la región de los lagos, lo que constituye una importante amenaza para el agua potable, la calidad de vida y el bienestar económico de las regiones, teniendo en cuenta que muchos de estos lagos y lagunas son usados para abastecimiento de poblaciones.

La evaluación de los impactos ocasionados por la contaminación del agua permite tener un fundamento técnico que ayude a formular medidas de prevención para la protección a los sistemas hídricos empleados para el consumo humano y que permita la selección de sitios para el desarrollo de diversas actividades, así como las herramientas que permitan su rehabilitación y conservación.

Justificación

El interés en el estudio y conservación de fuentes hídricas ha crecido, afortunadamente, en los últimos tiempos, esto deriva en gran parte de la creciente comprensión de su importancia para la sociedad. En este documento se busca exponer que en este tipo de cuencas a pesar de su naturaleza altamente dinámica, están sufriendo un notable deterioro, en cuanto a la calidad de sus aguas y su capacidad para mantener el equilibrio, observándose la ruptura de los primeros eslabones de la cadena trófica como consecuencia de la alteración fisicoquímica de sus aguas, evidenciándose la eutrofización, lo que afecta la diversidad de las especies, pues se presenta un problema en la estabilidad de sus poblaciones.

La revalorización de los recursos hídricos se da a partir de consideraciones muy pragmáticas sobre los bienes y servicios que aportan a la sociedad y que tienden a pasar desapercibidos u opacados por ciertos problemas que son así mismo innegables. Debe buscarse un equilibrio entre las necesidades de mantener estos recursos como proveedores de servicios importantes para la sociedad y el manejo que se requiere para prevenir algunos de los problemas que se presentan a causa de su mal uso.

Partiendo de allí, se busca dar respuestas sobre estos frágiles ecosistemas, cuando están siendo vulnerados, amenazando su existencia y los bienes y servicios que ofrecen a los municipios, departamentos y al país. También se quiere crear una alerta, que, a tiempo, llegue a la comunidad en general, para que así se tomen acciones que favorezcan la conservación, recuperación, y preservación de este ecosistema, que está siendo menospreciado a pesar de su importancia y de la normativa que lo protege y que no es implementada, por esto se debe velar por un desarrollo sostenible tomando medidas determinantes.

Objetivos

Objetivo general

Analizar la incidencia de actividades agropecuarias en la calidad del agua de lagos y lagunas de alta montaña en Colombia.

Objetivos específicos

- Caracterizar el estado ambiental actual del lago de Tota y las lagunas Fúquene y de la Cocha.
- Identificar qué actividades agropecuarias generan mayores impactos en el lago de Tota, la laguna de Fúquene y de la Cocha.
- Determinar mediante una revisión documental la afectación que las sustancias contaminantes generadas por las actividades agropecuarias producen en los cuerpos de agua de alta montaña.

Marco teórico

1. ECOSISTEMAS LENTICOS: LAGO Y LAGUNA.

Un ecosistema lenticó está compuesto por: lagos, lagunas, humedales y embalses, pueden ser naturales o artificiales, los de origen natural pueden estar formados de inundaciones de una gran cuenca o pequeños ríos o quebradas, también tienen orígenes fluviales en donde las lluvias son las que los mantienen vivos, también pueden originarse por fallas geológicas.

Los lagos y lagunas son una fracción de lo que se conocen como sistemas lénticos, cuya característica fundamental según Ramírez & Viña (1998): “es el almacenamiento de un volumen importante de agua que carece de un flujo unidireccional permanente” (p. 153-154). Ya que, sus aguas quietas favorecen significativos cambios ambientales que llevan a los ecosistemas a desarrollarse de manera diferente a las aguas corrientes.

El término de sistema léntico es generalizado para los cuerpos de agua de los Andes; aun así, en el vocabulario internacional, según Florez & Rios (1998) "laguna se refiere a un cuerpo de agua con circulación estacional inversa: del río hacia la laguna en periodo de aguas altas y de la laguna hacia río en aguas bajas". (p. 24). De todas formas, la laguna y su concepto todavía no es claro pues en varias ocasiones suele generalizarse el concepto de lago y laguna como uno solo.

Un lago es un cuerpo de agua rodeado de tierra y varían mucho en tamaño y profundidad, existen en diversas alturas, el agua en los lagos proviene de la lluvia, la nieve, el hielo derretido, las corrientes y las filtraciones de agua subterránea, la mayoría de los lagos contienen agua dulce, los lagos son abiertos o cerrados: si el agua sale de un lago por un río u otra salida, se dice

que es abierto, todos los lagos de agua dulce son abiertos y si el agua solo sale de un lago por evaporación, es cerrado, estos generalmente se vuelven salinos.

Las lagunas generalmente no tienen grandes ríos que fluyan hacia ellas, la profundidad de estas rara vez excede algunos metros y debido a esta poca profundidad, las lagunas son altamente susceptibles a cambios en la precipitación, evaporación y el viento, existen lagunas de todo tipo, forma y tamaño, resultado de las diferentes fuerzas que las originan; es importante señalar, que el lago y lagunas del presente estudio tienen algo en común: son producto de anteriores glaciaciones, estas lagunas de alta montaña denominadas "lagunas glaciales" según Flórez & Ríos (1998):

Se producen debido a que además del movimiento (flujo) del hielo, posee un movimiento inverso rotacional que actúa como una retroexcavadora desalojando el material superficial e incorporándolo a la masa glaciar, dando como resultado una cubeta de sobre excavación que generalmente se encuentra en el circo glaciar. (p. 29)

1.1 DEFINICIÓN DE LAGOS Y LAGUNAS

En Colombia, se encuentran distintas categorías de masas de agua: ríos, lagos, lagunas, aguas de transición, costeras, artificiales; Los lagos y lagunas de nuestro país, son extensiones naturales de agua estancada, poco profundas. La diferencia de laguna y lago no es muy precisa, salvo que se supone que una laguna tiene menor extensión y profundidad, existe una amplia conceptualización para caracterizar estos cuerpos de agua, así que, para abarcar la temática del presente estudio, se definirán en función de su altitud, profundidad media, tamaño y geología (CEDEX, 2004).

Las características geofísicas que contribuyen al equilibrio hidrológico de las lagunas son tan importantes y están tan fuertemente afectadas por los procesos físicos que rigen la génesis de la laguna y su evolución geomorfológica, que se utilizan como criterios para identificar diferentes tipos de lagunas

1.1.1 Modelado glaciar y la formación de lagunas en los andes

Uno de los eventos que tuvo mayores consecuencias en el paisaje fue el modelado glaciar:

Que es la morfología de un terreno en función de la acción erosiva según el agente geológico externo predominante (glaciar); siendo este una de las características más notorias de las altas montañas; formando diferentes sistemas glaciares en varias regiones de Colombia, los circos y otras formas depresionales de origen glaciar fueron ocupadas posteriormente por agua, dando origen a una gran cantidad de lagunas. Los materiales detríticos (morrenas) fueron cubiertos luego por suelos orgánicos espesos (CODAZZI, 1992, p.95).

Que junto con la vegetación constituyen un sistema de almacenamiento de agua en lo que hoy son el bosque altoandino y los páramos.

Los glaciares ocupaban lugares en donde aún hoy el frío y las heladas permanecen, por tal motivo, en el modelado del paisaje intervienen el hielo y el agua: para la definición de este concepto de modelado glaciar fue importante tener en cuenta el estudio denominado “Los Nevados de Colombia, Glaciares y Glaciaciones realizado por Antonio Flórez, debido a que la mayoría de las lagunas objeto de estudio fueron formadas principalmente con los eventos

glaciares heredados de la última glaciación y secundariamente por hechos tecto-volcánicos” (Citado por Bolaños & Manchabajoy, 2012).

Así, en el estudio realizado por la Universidad Nacional de Colombia “Estado de los glaciares en Colombia y análisis de la dinámica glaciaria en el parque de los nevados asociada al cambio climático global”. (Citado por Patterson, 1994) propuso una clasificación geofísica de glaciares de acuerdo con la temperatura del hielo y la cantidad de superficie derretida. Sus categorías son: templados, subpolar y alto-polar; un glaciar templado está en sus partes bajas en el punto de derretimiento. Dentro de esta categoría se clasifican los glaciares colombianos.

La vegetación herbácea rala de los páramos fue poco a poco desplazada migrando hacia altitudes inferiores al bosque andino y alto andino desde el comienzo de la última glaciación (116.000 años A.P) por lo que se conoce sobre la extensión de los glaciares

Se infiere que las áreas arriba de los 2800 m.s.n.m estaban desprovistas de vegetación durante la glaciación, en las altas montañas la glaciación modificó el relieve y la dinámica del hielo formó depresiones profundas y pulió el sustrato debido al movimiento rotacional y lateral dando como resultado circos glaciares, cubetas de sobre excavación, pulimiento y estratificación de rocas (Bolaños & Manchabajoy, 2012, p.34).

Dando origen a cuerpos de agua como los del presente estudio, estas lagunas fueron producto de anteriores glaciaciones, por ello son denominadas "lagunas glaciales".

1.1.2 Alta montaña.

Es de destacar una de las características notables de la montaña andina: es posible encontrar numerosas lagunas, que construyen diversos paisajes conformados la alta montaña colombiana y son elemento sociocultural importante de los diversos grupos humanos que habitan estos lugares.

Es importante destacar que en la cordillera de los Andes, los procesos evolutivos determinaron la presencia de sistemas naturales de la alta montaña ecuatorial, los cuales por su especificidad geoecológica y sus factores de localización, dieron origen a un conjunto de ecosistemas y paisajes insulares, delimitados altitudinalmente a partir de las selvas de vertiente; bajo la expresión de Alta Montaña se agrupan las culminaciones altitudinales del sistema cordillerano Andino o áreas de mayor levantamiento orogénico. (IDEAM, 1996, p.202)

De esta forma para las culminaciones altitudinales para el caso colombiano, las altas montañas se conforman de “los pisos bioclimáticos Glacial (nevados), Páramo y Altoandino, que coinciden de cerca con los pisos morfogénicos de la alta montaña: glacial, periglacial, modelado glacial heredado y montaña alto-andina inestable” (Rangel, 2000, p. 14). No obstante, en la alta montaña es muy variado el paisaje, “en cuanto al cubrimiento de la vegetación, a los patrones fitogeográficos y a las características cronológicas y ecológicas de su biota, es factible reconocer las zonas o franjas de superpáramo, páramo propiamente dicho, subpáramo (páramo bajo) y alto andino”. (Flórez & Rios, 1998, p.26)

1.1.3 El superpáramo

El superpáramo es el área más recientemente abandonada por el hielo ya que:

desde el Holoceno temprano, cuando los glaciares descendían hasta los 3.900 msnm, los espacios liberados por las nieves perpetuas se han integrado al superpáramo o piso periglaciario. En las depresiones dejadas por la excavación glaciaria o entre los arcos modelados por las morrenas (Cucunubá , 2014, p.28).

De esta forma se originaron pequeñas depresiones dando lugar a lagunas en donde lentamente la biota acuática y terrestre las colonizó, así la vegetación se desarrolla aislada y dispersa, sobre un suelo con características:

de incipientes de arenas y gravas de origen reciente, o entre las fisuras y oquedades de las rocas que acumulan la materia orgánica de musgos, líquenes y arenas derivadas de la erosión del sustrato rocoso. Son muy escasos los frailejones y el pajonal es discontinuo sobre grandes superficies de suelo desnudo; en cambio los tapetes de musgos y las plantas en cojín son abundantes (Ospina, 2001, Cap. 4)

1.1.4 El páramo

Esta es la más extensa de las tres franjas de paramo, y ecológicamente la mejor consolidada. Las condiciones extremas de clima y temperatura predominan en un paisaje que parece apacible y tranquilo; se encuentra

Entre los 3.000 y los 3.800 msnm existe un piso que se caracteriza por el modelado heredado de la glaciación pleistocénica. Este modelado glaciario, compuesto por cubetas de socavamiento ocupadas por lagunas, turberas o pantanos, valles glaciares, morrenas laterales,

frontales o de fondo y abundantes bloques y afloramientos rocosos arrastrados por los glaciares, se manifiesta en una topografía suave y ondulada que permite clasificarlo como el más estable y consolidado de los pisos del páramo, los suelos tienen una cobertura densa, que impide la erosión hídrica superficial.

La principal característica del páramo, desde el punto de vista de la vegetación, con 146 comunidades vegetales, es el dominio del pajonal–frailejónal y de los pastizales. Los pajonales se componen de gramíneas en forma de macolla, de hojas agudas y duras como la paja ratona y generalmente se encuentran asociados con frailejones. (Ospina, 2001, Cap. 4)

1.1.5 El subpáramo

Se considera como zona de transición del bosque altoandino en su límite superior y el páramo propiamente dicho, se conoce también como páramo bajo y presenta muchos árboles y arbustos bajos que proceden del bosque cercano, intercalados con la vegetación propia del páramo.

Esta franja paramuna, que se encuentra muy bien delimitada en la cordillera Oriental, no lo está en las cordilleras Central y Occidental ni en la Sierra Nevada de Santa Marta, debido a que en estos lugares no se desarrollan la mayoría de las especies vegetales que la caracterizan. La altitud donde se presenta la zona de transición entre el bosque y el subpáramo es muy variable y en muchos casos la actividad del hombre la ha transformado mediante la adaptación de terrenos para el cultivo de papa y el establecimiento de pastizales para la ganadería. (Ospina, 2001, Cap. 4)

La deforestación de este bosque se ha dado también por los incendios que han generado un proceso que ha facilitado que el subpáramo se extienda hacia abajo mediante el avance de flora compuesta por: “arbustos ericáceas, especialmente de uvos de monte y reventaderas y algunos tipos de vegetación graminoide como las cortaderas; se observa frecuentemente el avance de frailejones típicos del páramo bajo como *Espeletiopsis corymbosa*, *Paramiflos glandulosus* y *Espeletia argentea*, entre otros”. (Ospina, 2001, Cap. 4)

1.1.6 Bosque alto andino

El bosque alto andino se desarrolla entre los 2.800 y 3.200 metros de altitud y se distingue por su gran diversidad biológica:

Árboles como el raque, encenillo, mortiño, canelo, romero, aliso y varios familiares del sietecuecos como el angelito, son predominantes, una familia muy vistosa de arbustos está formada por los parientes del pegamosco que se distinguen fácil por lo vistoso de sus flores, los helechos van desde las minúsculas gateaderas hasta el helecho palma, especie que supera los diez metros de altura; algunos de ellos se comportan como epifitos en el bosque alto andino y como rupícolas en el páramo. “Los musgos y los líquenes al igual que las orquídeas son parte integral de estos ecosistemas; ellos aportan el color y las texturas propias del bosque nativo”. (Velasquez, 2004).

A la distancia se aprecia un ambiente extremadamente húmedo y un manto de nubes característico que envuelve las cimas de las montañas, es un ambiente propicio para el crecimiento de epifitas ya que el exceso de humedad permite que sobre las ramas se generen las condiciones necesarias para el desarrollo de: “quiches, orquídeas, musgos y líquenes es también llamado selva andina y bosque de alta montaña, cumple funciones específicas como son la

regulación del flujo hídrico que desciende de los páramos y la acumulación y administración de sus nutrientes”. (YARA, 2018, p. 77). Debido a esto, se pueden encontrar árboles que crecen hasta veinte metros de altura, los cuales alimentan y resguardan gran variedad de fauna flora.

Se trata de un bosque de fisonomía muy distinta a la del bosque andino, con un solo estrato de árboles pequeños y arbustos nanófilos (hojas muy pequeñas), de troncos por lo general torcidos y alturas entre 3 y 10 m., en el que predominan los elementos de la antigua familia Asteraceae. Además, forman parte de este estrato algunas hierbas altas como las cerbatanas y chusques y bromeliáceas. Los musgos son muy abundantes y forman espesos colchones en el piso del bosque. Muchos de ellos trepan y cubren totalmente los troncos y ramas de los árboles, junto con otras epífitas y bromelias. (Secretaría Distrital de Planeamiento, s.f, p. 20)

En algunas partes el paso del bosque al páramo herbáceo es rápido, es por esto por lo que la formación del subpáramo podría bien pertenecer a bosque alto andino degradado.

1.2 CONTAMINANTES AGRÍCOLAS: CAUSAS Y EFECTOS

Los principales contribuyentes agrícolas a la contaminación del agua (y los principales objetivos para el control de la contaminación del agua) son nutrientes, pesticidas, sales, sedimentos y carbono orgánico.

1.2.1 Nutrientes:

En la producción agrícola, la contaminación del agua por los nutrientes ocurre cuando los fertilizantes se aplican a una tasa mayor que las fijadas por las partículas del suelo: por ejemplo, cuando son lavados de la superficie del suelo antes de que las plantas puedan tomarlos, por riego

o por lluvias. El exceso de nitrógeno y fosfatos pueden filtrarse en el agua subterránea o moverse a través de la superficie mediante escorrentía hasta el cuerpo de agua. El fosfato no es tan soluble como el nitrato y el amoníaco y tiende a ser adsorbido por las partículas del suelo y entran en los cuerpos de agua a través de la erosión del suelo.

El estiércol generalmente se recolecta para su uso como fertilizante orgánico, conocido en la región del lago de Tota como gallinaza, el cual, si se aplica en exceso conduce a la contaminación del agua difusa. En muchos casos, este estiércol no se almacena en áreas de contención y, durante las lluvias, se puede lavar en los ríos y quebradas a través de escorrentía superficial.

En el caso de la piscicultura de la región, las cargas de nutrientes suministradas a los cuerpos de agua son principalmente una función de la composición del alimento, la conversión del alimento (desechos fecales) y el alimento no consumido, es así como esta actividad puede ser un contribuyente importante a las cargas de nutrientes en el agua.

1.2.2 Plaguicidas:

Los insecticidas, herbicidas y fungicidas se aplican intensivamente en los suelos, cuando se usan incorrectamente y son mal manejados, pueden contaminar los recursos hídricos con carcinógenos y otras sustancias tóxicas, afectar tanto a seres humanos como a la biodiversidad al matar malezas e Insectos, con impactos negativos en la cadena alimentaria. En los países desarrollados, aunque persiste un uso considerable de pesticidas antiguos de amplio espectro, la tendencia ahora es hacia el uso de pesticidas más novedosos que son más selectivos y menos tóxicos para los seres humanos y el ambiente y que requieren menores cantidades para ser efectivos.

1.2.3 Sales:

El riego puede movilizar las sales acumuladas en los suelos, que luego son transportas por agua de drenaje a cuerpos de agua receptores causando salinización. No existen estudio pormenorizados de los efectos que esto puede tener en la región de lagos y lagunas alto andinos, sin embrago es un problema latente y en constante crecimiento ya que la salinización puede afectar la biota de agua dulce causando cambios dentro de las especies y en la composición de la comunidad como “la bioacumulación en especies comestibles, registrándose niveles elevados de oligoelementos, como el selenio, con graves daños ecológicos y posibles efectos en la salud humana” (Secretaria de Salud de Boyacá, 2013, p. 31). Y en última instancia, puede conducir a la pérdida de biodiversidad y la migración

Existen registros históricos de migraciones provocadas por la salinización del suelo cultivable, la actividad antrópica ha incrementado la extensión de áreas salinizadas al ampliarse las zonas de regadío con el desarrollo de grandes proyectos hidrológicos, los cuales han provocado cambios en la composición de sales en el suelo (Pardo & Eduardo, 2002, p.12).

Todo esto se da ya que se implementan prácticas agrícolas incorrectas al suelo y se le da un mal manejo al agua usada para el riego, lo que facilita que las sales tengan movilidad dentro del suelo y estas se transporten a nuevos lugares, como lo son los cuerpos de agua; En general, cuando aumenta la salinidad, la biodiversidad de microorganismos, algas, plantas y animales disminuye.

1.2.4 Sedimentos:

El uso insostenible de la tierra, la labranza y el manejo incorrecto del suelo en la agricultura están incrementando la erosión y la escorrentía de sedimentos en los ríos, lagos y embalses, con una enorme cantidad de suelo perdido y transportado a cuerpos de agua cada año. Según la ESPL:

La tasa global de la erosión en las tierras de cultivo se estima en 10.5 megagramos (Mg) por hectárea por año, lo que corresponde a 193 kilogramos de carbono orgánico del suelo por hectárea por año. Las estimaciones para los pastizales son más bajas, de 1.7 Mg por hectárea por año, lo que equivale a 40.4 kilogramos de carbono orgánico del suelo por hectárea por año (Doetterl, Van Oost & Six, 2012, p.12).

Las altas tasas de erosión ocurren en áreas donde la precipitación es alta, las pendientes son empinadas y la cobertura vegetal es pobre. La erosión se ve agravada por el sobrepastoreo en los pastizales, por el arado inadecuado en pendientes pronunciadas y, más ampliamente, por la deforestación, el desmonte y la degradación de la vegetación fluvial.

El sedimento en los sistemas fluviales es una mezcla compleja de minerales y materia orgánica, que puede incluir contaminantes físicos y químicos. Los sedimentos pueden cubrir y destruir los lechos de desove de los peces, obstruir las branquias de los peces y reducir el volumen de almacenamiento útil en los reservorios, la sedimentación puede dañar los cursos de agua y obstruir las corrientes. Recursos necesarios para el suministro de agua municipal y de riego.

Las partículas de arcilla y limo en los sedimentos pueden absorber muchos tipos de productos químicos en su superficie, incluidos nutrientes, metales pesados y contaminantes

orgánicos persistentes: el sedimento, por lo tanto, es un medio clave por el cual estos contaminantes se transportan a los cuerpos de agua.

1.2.5 Materia orgánica:

La materia orgánica proveniente de excrementos animales y residuos de cultivos mal administrados son contaminantes importantes del agua, pues esta consume el oxígeno disuelto en el agua ya que se degrada, lo que contribuye en gran medida a la hipoxia en los cuerpos de agua, la descarga de materia orgánica también aumenta el riesgo de eutrofización y la proliferación de algas en lagos, embalses y zonas costeras.

1.2.6 Patógenos

El excremento de ganado contiene muchos microorganismos zoonóticos y parásitos multicelulares que pueden ser perjudiciales para la salud humana, los microorganismos patógenos pueden ser transmitidos por el agua o por los alimentos (mediante el riego con agua contaminada). Algunos patógenos pueden sobrevivir durante días o semanas en las heces vertidas en la tierra y luego pueden contaminar los recursos hídricos a través de la escorrentía.

Los patógenos del ganado que son perjudiciales para la salud pública incluyen bacterias como *Campylobacter* spp., *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella* spp. y *Clostridium botulinum* y protozoos parásitos como *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium parvum* y *Microsporidia*. spp., los cuales causan cientos de miles de infecciones cada año. (Christou, 2011, p. 242).

1.2.7 Contaminantes emergentes

La agricultura no solo es una fuente de contaminantes emergentes, sino que también contribuye a la propagación y reintroducción de dichos contaminantes en ambientes acuáticos a través del uso de aguas residuales para el riego, en las últimas dos décadas han surgido nuevos contaminantes agropecuarios como: antibióticos, vacunas, hormonas del crecimiento, los residuos de metales pesados en insumos agrícolas, como pesticidas, entre otros. Estos pueden llegar al agua a través de la lixiviación y la escorrentía de las explotaciones ganaderas y acuícolas, así como a través de la aplicación de estiércol (gallinaza) y lodos a las tierras agrícolas.

1.3 CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS DULCES.

Desde tiempos ancestrales, el agua ha sido un factor primordial para el desarrollo de actividades económicas a nivel mundial. Los avances y el desarrollo de la tecnología han acentuado de gran manera tal dependencia, se estima que la falta de agua potable y de saneamiento, conduce a la muerte de aproximadamente 3,4 millones de personas cada año, de hecho, la contaminación del agua es el principal problema de la contaminación mundial, la inexistencia de alcantarillados determina que los residuos orgánicos contaminen finalmente las aguas libres, en estas condiciones se presentan trastornos y enfermedades por las condiciones biológicamente deficientes.

Los agentes contaminantes se comportan de diversas formas. En ocasiones la cantidad es su determinante y en otras, depende de ciertos niveles en donde se refleje la acumulación y su circulación en las cadenas tróficas, en ciertos organismos las concentraciones de algunas sustancias pueden llegar a alcanzar niveles muy superiores a los detectados en el medio pues se

da la bioacumulación, pues no tienen los recursos para metabolizarlas o expulsarlas por lo que al no saber qué hacer con ellas por así decirlo, tratan de almacenarlas como único recurso para desembarazarse de ellas y minimizar sus efectos.

Las cadenas tróficas funcionan como auténticos amplificadores biológicos, pues cuando aquellos organismos que contienen el toxico son absorbidos por otro de nivel superior, les transfieren aquellas moléculas o átomos que han ido almacenando a lo largo de su actividad en el medio contaminado, por lo que en este segundo nivel, la concentración de la sustancia contaminante puede llegar a multiplicarse varias veces; en aquellos órganos que, como el hígado o el riñón, actúan como filtros, o en algunos depósitos, como por ejemplo la piel o en el tejido subcutáneo, dependiendo de la concentración puede ser leve o grave pues en el último caso bloquean o interfieren un metabolismo normal en los niveles tróficos superiores.

La concentración que se produce a lo largo de las cadenas tróficas de los ecosistemas explica, por ejemplo, la extinción o alta reducción de numerosas aves rapaces que resultan envenenadas por la acumulación que se produce en el cuerpo de sus presas, donde muchos productos tóxicos empleados en la moderna agricultura, como los insecticidas y herbicidas fosforados en muchas ocasiones, afectan las cadenas tróficas, reduciendo las poblaciones de gran cantidad de especies, llegando a ser toxicas incluso para el hombre, procedentes de las fumigaciones, abonos y demás tratamientos agrícolas.

1.3.1 La eutrofización

Los ecosistemas acuáticos, son particularmente sensibles a la contaminación, pues constituyen muy a menudo el último sumidero donde se acumulan todos los productos. El aumento de la materia orgánica, como resultado del vertido de residuos, forma en ellos una clase

de proceso ecológico, la eutrofización, en donde la cantidad de materia orgánica resulta excesiva para la capacidad de autodepuración, esto se observa sobre todo en las desembocaduras de ríos y quebradas, una inicial turbidez en las capas superficiales a causa del aumento del fitoplancton y a medida que esta cae hacia niveles más profundos, su exceso resulta en el empobrecimiento del contenido de oxígeno, por ende la materia orgánica no puede ser en su mayoría, oxidada y finalmente se sedimenta originando la formación de desagradables gases, como el sulfhídrico, también se evidencia la falta de transparencia el crecimiento excesivo de las algas y aumento de la diversidad en todos los niveles productores primarios y consumidores del primer y segundo nivel.

Todo comienza cuando los nutrientes llegan a los lagos, “La eutrofización ocurre naturalmente durante siglos a medida que los lagos envejecen y se llenan de sedimentos, sin embargo, existe también la eutrofización cultural: es un desperdicio para los humanos puede ser alimento para las plantas y otras criaturas”. (NOAA, 2017) Los nutrientes alimentan las algas, estas crecen y bloquean la luz solar, estas plantas mueren sin luz solar, finalmente, las algas también mueren, es cuando las bacterias digieren las plantas muertas, utilizando el oxígeno restante y emitiendo dióxido de carbono. Si no pueden nadar, los peces y otros animales no son saludables o mueren sin oxígeno

Entre las distintas fuentes, se encuentra la que genera el uso de fertilizantes, en donde las aguas también reciben nitratos y fosfatos –en cantidades cada vez mayores- procedentes de los cultivos en las riveras por los abonos utilizados en la agricultura y lavados por las aguas de riego y de lluvias que terminan en quebradas, ríos o directamente en el lago y lagunas. El nitrógeno es esencial para todos los seres vivos: animales y plantas pues forma parte de las proteínas y el ADN que se encuentran en las células. Los animales obtienen nitrógeno al comer plantas y otros

animales, al igual que los animales, las plantas requieren nitrógeno para crecer y sobrevivir, pero no obtienen nitrógeno al consumir proteínas como lo hacen los animales, las plantas obtienen nitrógeno del agua y del suelo al absorberlo en forma de nitratos y amonio, los nitratos son la principal fuente de nitrógeno para las plantas acuáticas aunque no son utilizados por organismos acuáticos como los peces y los insectos acuáticos, las bacterias a su vez, son capaces de transformar aquellos nitratos en nitritos, por lo que estos ya pueden reaccionar con la sangre, más específicamente con la hemoglobina presente en esta, ocasionando déficit de oxígeno ya que disminuye la capacidad de transporte del mismo.

En zonas rurales, las personas usan nacimientos de agua o pozos como fuente de agua potable en donde no hay control del nivel de nitratos

Si beben agua con alto contenido de nitratos, estos pueden interferir con la capacidad de los glóbulos rojos para transportar oxígeno. Los bebés que beben agua con alto contenido de nitratos pueden volverse "azulados" y parecen tener dificultades para respirar ya que sus cuerpos no reciben suficiente oxígeno (WRIG, 2010).

Por otro lado, están los aportes de fosfatos y al aumentar las disponibilidades de tales bioelementos no hacen otra cosa que agravar el problema, al facilitar el cebado de las cadenas tróficas del ecosistema.

2. LAGO DE TOTA



Figura 1. Fotografía del Lago de Tota. EL TIEMPO (2014).

En el departamento de Boyacá, se encuentra el Lago de Tota, ocupa una depresión de alta montaña como se aprecia en la Figura 1, situándose entre los municipios de Cuítiva y Tota al occidente, Aquitania al oriente y a aproximadamente 15 kilómetros de la ciudad de Sogamoso, representa un patrimonio cultural nacional, gracias a sus valores de tipo histórico y simbólico que generan Identidad, en donde se están asumiendo una serie de responsabilidades para su conservación y manejo.

Tabla 1
Datos Lago de Tota

Datos:	
Altitud del fondo:	2.946 m.s.n.m
Altitud de la lámina del agua	3.015 m.s.n.m
Profundidad máxima	67.40 m
Superficie del espejo del agua	56.2 km ²

Embalse de agua	1'920 millones de m ³
Latitud	5° 28' 13''N / 5° 39' 14''N
Longitud	72° 50' 38''W / 73° 00' 00''W

Nota. Elaboración propia, 2020.

Por el lado oriental, las penínsulas del potrero y Susacá, junto con las islas de San Pedro y Cerrochico, forman un cordón longitudinal interrumpido que divide al lago en dos subcuencas desiguales: la pequeña, en el sector de Aquitania, y la grande comprende Llano de Alarcón, la Puerta y el Desaguadero.

La influencia de la estructura geológica en la forma del lago es notoria, puesto que la sección longitudinal de la cuenca se desarrolla de sureste a noreste, paralelamente a la dirección de la cordillera. De igual manera, las penínsulas y las islas son alargadas según en la misma dirección. Además, los ramales oriental y noroccidental del lago coinciden con los ejes de los principales plegamientos.

Los afluentes principales, es decir, los que aportan mayor cantidad de material de acarreo “como limos, arcilla, arena, grava, entre otros y que presentan naturalmente una hidrografía más desarrollada son el río Hatolaguna y el río Tobal, responsables de una futura sedimentación en el lago” (CONPES, 2014, p. 19).



Figura 2. Mapa del Lago de Tota. GOOGLE (s.f)

2.1 SITUACIÓN ACTUAL DE PROTECCIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL LAGO

El lago de Tota es administrado por Corpoboyacá, desde que la Corporación Autónoma Regional recibió estas funciones, ha venido adelantando diversos programas como reforestación y control de la erosión, asistencia técnica agrícola a los habitantes ribereños, el estudio y producción de la trucha para repoblación, y obras como el acueducto de Aquitania, actualmente mediante el Convenio 038 del 2004 CORPOBOYACÁ – PUJ desarrollado durante el año 2005 se formuló el Plan De Ordenación Y Manejo De La Cuenca Del Lago De Tota POMCA, El Plan de Ordenación para la Cuenca del Lago de Tota se constituye como un documento base para la realización de acciones en esta región.

En el Plan Nacional de Desarrollo (2010) se caracteriza:

La cuenca del Lago de Tota, por ser el más grande del país y el segundo en Suramérica, su superficie es de 6.000 Ha y un volumen de almacenamiento de 1.900 millones de metros cúbicos. Está a una altura de 3.015 m.s.n.m, con 13 Km. de largo, 8 Km de ancho, un perímetro de 49 Km. y una profundidad máxima de 61 m. Este cuenta con un complejo insular compuesto por 3 islas destacándose la isla San Pedro de 40 Ha de extensión y se encuentra rodeado por los páramos de Las Alfombras, Suse, Hirva, Tobal, Curíes, Pozos y Hatolaguna, entre otros.

En la cuenca se reserva el 13,55% del agua a nivel nacional, sus características establecen un valor ambiental y económico a nivel regional y nacional, pues representa el abastecimiento de agua del 20% del total de la población de Boyacá, el 83,4% de la población en el municipio de Sogamoso en un futuro próximo se proyecta abastecer de agua a Duitama, cuya población a 2020 sería de 114.877 habitantes, lo que pronostica un gran incremento de la demanda del recurso y por ende son necesarias acciones para que éste sea utilizado de manera eficiente y sostenible.

Asociado al ecosistema del humedal se han detectado doce especies de aves endémicas, nueve de ellas acuáticas, cuatro en peligro de extinción y una catalogada como vulnerable. El Lago alberga alrededor de catorce especies de aves migratorias del norte y del sur, en dos épocas del año, de las cuales siete son acuáticas con poblaciones fluctuantes que ascienden a más de mil individuos. Este ecosistema alberga la más grande cantidad de aves residentes en el altiplano cundí boyacense, razón por la cual fue

declarada como Área Internacional de Conservación de Aves, muchas de las cuales se encuentran en vía de extinción. (p. 10,11)

En la Constitución Política (1991) se decreta:

Se destaca el deber del Estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica, planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, conservación, restauración o sustitución. (artículo 79)

Y según la Ley 99 (1993):

La cuenca del Lago de Tota no solo tiene el carácter de humedal, sino que parte de la misma, está ubicada dentro del ecosistema de páramo, es objeto de protección especial, considerando que en donde se estableció la protección para las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos. (numeral 4, artículo 1)

Según la Ley 165 y la Política Nacional de Humedales Interiores el país suscribió y adoptó el Convenio de Diversidad Biológica, que se refiere a la conservación de la biodiversidad y uso sostenible de los recursos biológicos y se define un conjunto de estrategias para la conservación y uso sostenible para estos ecosistemas.

En base a esto para garantizar el crecimiento sostenido del sector se adoptó en el Plan Nacional de Desarrollo (2014):

Acrecentar la productividad y bajar los costos de producción

Suscitar el uso eficiente del agua, del suelo, de la biodiversidad y de los recursos pesqueros

Optimizar la infraestructura disponible para el riego

Motivar la producción, material reproductivo y uso de semilla (p.8)

2.2 ECOSISTEMA DEL LAGO

Encima del límite de los bosques altoandinos, en las cimas de la cordillera de los Andes, existe el ecosistema de los Páramos Andinos, una de las formaciones vegetales más extraordinarias de Colombia: “Clima tropical frío, que se extiende desde el límite superior del bosque hasta el límite inferior de las nieves dando origen a variedad de organismos con adaptaciones asombrosas para tolerar condiciones climáticas extremas y marcadas diferencias diurnas y nocturnas” (Ministerio del Medio Ambiente, 2002, p. 20).

En el Lago existen varias islas tales como San Pedro, Cerro Chiquito, Santa Elena, Santo Domingo y La Custodia, se presentan también 3 penínsulas denominadas Daito, Susacá y Punta Larga

La superficie de drenaje que alimenta el Lago es de 141 Km² por donde drenan el río Tobal y las quebradas Las Cintas, Grande, Guasca, La Martinera, La antigua o Chiquita, El Machito, El Tobal, Las Coloradas, Las Lajas, La Puerta, El Airico, El Mugre, Los Pozos, Los Quiches, El Olarte, Hato Laguna, Donziquira, Ajies, Arrayanes, El Mohán, Los Pozos, Agua Blanca y cerca de 290 afluentes; allí nace el río Upía. (INDERENA, 1988, p.3)

Es esa la hidrografía lago como se evidencia en la Figura 3, además este cuerpo de agua presenta corrientes superficiales, ocasionadas por los vientos, permitiendo así la oxigenación mediante el oleaje a las aguas superficiales, que pertenecen a la zona eufótica.

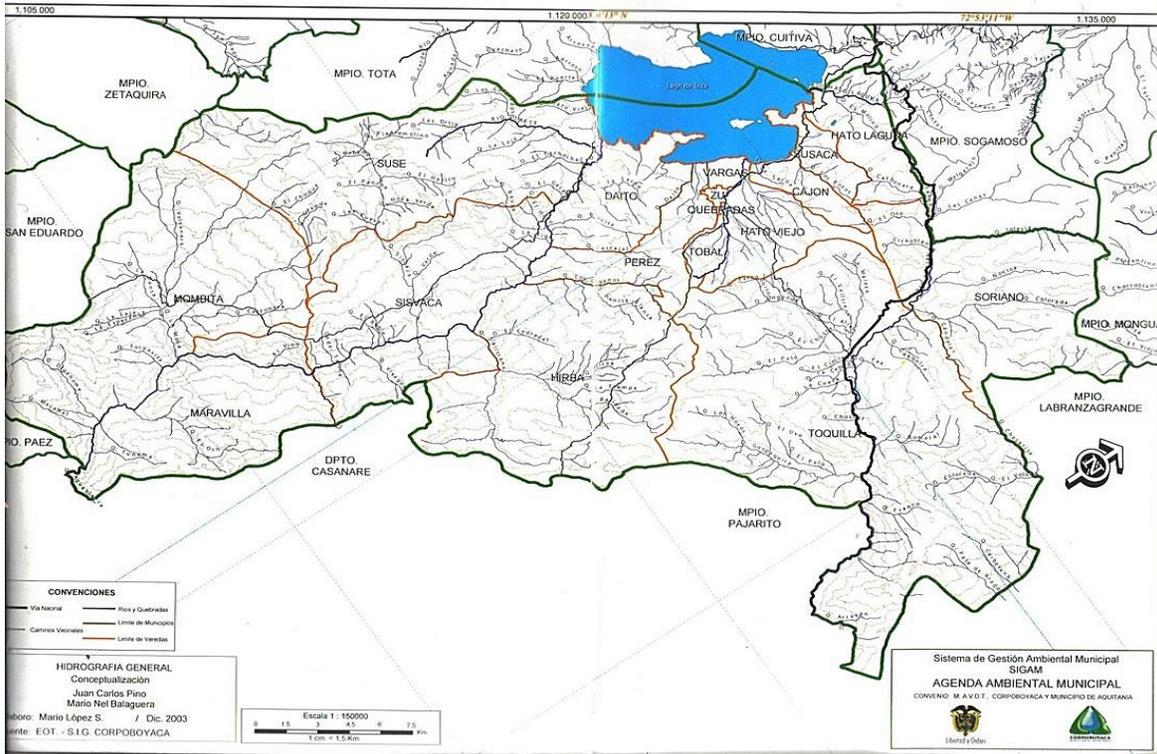


Figura 3. Hidrografía general del Lago de Tota. Fundación Montecito (2013).

Viendo el Lago de Tota desde el contexto regional del altiplano cundiboyacense comparte:

Características físicas y elementos bióticos con los ecosistemas acuáticos de la sabana de Bogotá y valle del río Ubaté - Chiquinquirá, los cuales hacen parte de una unidad del paisaje mayor, conocida como Altiplano Cundiboyacense y comparten un mismo origen geológico y algunos procesos ambientales y ecológicos, que permiten su agrupación en una gran unidad. (Calvachi, Moncaleano, & Sánchez, 2005, p.43)

Todos los ecosistemas acuáticos están conformados por factores bióticos y abióticos. Dentro de los primeros están las algas, las plantas, los animales y los microorganismos; dentro de los segundos están la temperatura, los nutrientes, el pH, los gases disueltos, materias suspendidas en el agua, etc. El ecosistema del lago es mucho más delicado de lo que se cree, de hecho, se está alterando su equilibrio por aportes excesivos de nutrientes, resultado del cultivo indiscriminado de la cebolla en sus riberas, que a su vez causa proliferación de flora acuática, principalmente del género *Egeria densa* (*Elodea*), que actúa como esponja, absorbiendo y sintetizando las grandes cantidades de nutrientes que se vierten a sus aguas.

Los aportes de nutrientes han desarrollado rápidamente la flora acuática del lago, particularmente útil para el asentamiento de microorganismos y sus larvas, “proporcionando alimento y refugio a alevines de guapuche (*grumbulus bogotensis*), los que alcanzan su madurez, sirviendo de alimento a las truchas, según consta en su contenido gástrico, dada la eutrofización” (Roa, 2013). El Lago de Tota presenta una diversidad de fauna silvestre muy parecida a la que se puede encontrar en otros ecosistemas de humedal del Altiplano Cundiboyacense; sin embargo, se evidencia una diferencia para los grupos de aves y peces.

2.2.1 Fauna asociada a la vegetación acuática

Según el estudio de la fauna silvestre en el Lago de Tota, realizado por la Facultad de Estudios Ambientales y Rurales de la Universidad Javeriana, se pudo establecer que el componente íctico original en el Lago de Tota y su cuenca de drenaje ha sido totalmente modificado y en la actualidad se encuentra representado por seis especies foráneas, de las siete totales reportadas.

Entre las especies foráneas está la trucha (*Oncorhynchus mykiss*), la cual fue introducida durante los años 40, siendo en la actualidad la única especie que se aprovecha de manera comercial en la zona; el capitán (*Eremophilus mutisii*) y la guapucha (*Grundulus bogotensis*), especies endémicas para la Sabana de Bogotá, que fueron introducidas al lago como alimento para la trucha en los años 50, estableciéndose de manera satisfactoria, siendo consumidas ocasionalmente por pescadores y sus familias. La carpa (*Cyprinus carpio*), fue introducida para el control del exceso de elodea en el lago, el pez graso (*Rhizosomichthys totae*), es la única especie propia del lago, endémica y de distribución restringida a este cuerpo de agua, la cual actualmente se considera extinta, y que según la literatura especializada vivía en las profundidades del lago. (Moncaleano, 2009, p. 86)

En la zona litoral, los invertebrados dentro o fuera de la vegetación poseen diversidad de especies significativa, la clase insecta y Crustácea se encuentran de forma abundante.

La fauna asociada a los diferentes tipos de vegetación acuática en el lago de Tota, es dominada por pequeños crustáceos (*Hyallela sp.*) asociados principalmente con la vegetación emergente como los Juncos y Cortaderia, y *Egería densa*, otra especie abundante y asociada más a la vegetación sumergida son las pulgas de agua (*Daphnia .sp*), seguida por las formas de caracoles de estanque (*Lininaeidae sp.*) y de larvas de moscas, mosquitos y jejenes (*Diptera sp.*). (Roa, 2013)

2.2.2 Flora

La vegetación autóctona de la cuenca ha sido talada o reemplazada por pastos, cultivos de papa, cebolla, etc. o por plantaciones forestales de pino (*Pinus sp*) y eucalipto (*Eucaliptus sp*).

En los costados oriental y suroriental sólo quedan algunos vestigios y pequeños bosques reticulares de colorados (*Polylepis sp.*) y encenillos (*Heinmania sp.*)

En la zona de páramo es posible aún encontrar Frailejones, (*Espeletia sp.*), Musgos (*Sphagnum sp.*), Helechos (*Festuca sp.*), Gramíneas (*Calanagrostis sp.*), Puyas y algunos arbustos achaparrados (*Hipericum sp.*), esta vegetación corresponde a la "zona de vida páramo subandino". Hacia la parte baja de la cuenca, la vegetación se encuentra muy transformada por las actividades agrícolas, quedando sólo algunos Alisos (*Alnus sp.*), esta área se cataloga dentro de la "zona de vida de bosque húmedo montano", En las orillas de algunos arroyos es posible encontrar algunas especies autóctonas como la Uva camarona (*Hacleania sp.*), Arrayán (*Myrcianthes sp.*), y Mortiño (*Hesperomcles sp.*), pero principalmente Alisos. La vegetación de la zona supralitoral del lago ha sido muy sometida a destrucción por el interés de ganar tierras para los cultivos de cebolla quedando pequeñas franjas de Juncos (*Tipha latifolia* y *Scirpus californicus*) y algunas especies de cortadera. Solamente en lugares como la península de Daito y el costado occidental del lago se registra la presencia de Alisos. En los costados occidental y noroccidental la vegetación ha sido totalmente reemplazada por cultivos de trigo, papa, pastos y en gran parte por plantaciones de Pino. (Cordero, 2005, p.4)

Dentro de la vegetación acuática tenemos que, en el perímetro total del lago, desde la orilla hasta una profundidad de 15 metros se halla cubierto de vegetación, la cual emerge desde la orilla hasta una profundidad de 5 metros, pero continúa sumergida con el perfil del fondo hasta los 15 metros, límite en que ha sido observada, tanto para las zonas planas como de acantilado. Se estima, de acuerdo con esto, que el área cubierta por vegetación dentro del lago es del orden de las 928 hectáreas, en constante crecimiento. La especie acuática dominante es la Elodea

(*Egeria densa*), la cual llega a establecer columnas hasta de 2 metros de altura desde el fondo y habita hasta los 12 metros de profundidad.

En sitios pandos extensos, como el del Llano de Alarcón que va desde los 50 metros de profundidad o el de llano de Alarcón, que la profundidad no supera los 5 metros, la E. densa llega a interrumpir la navegación como se aprecia en la Figura 4. Debe regularse el vertimiento de sustancias nutritivas como los fertilizantes, controlando la aplicación excesiva de abonos y delimitando las áreas de cultivo, pues la distribución de las plantas acuáticas en las riberas del lago depende de la profundidad del agua y de la distancia a que esté de las zonas de vertimiento excesivo de nutrientes.

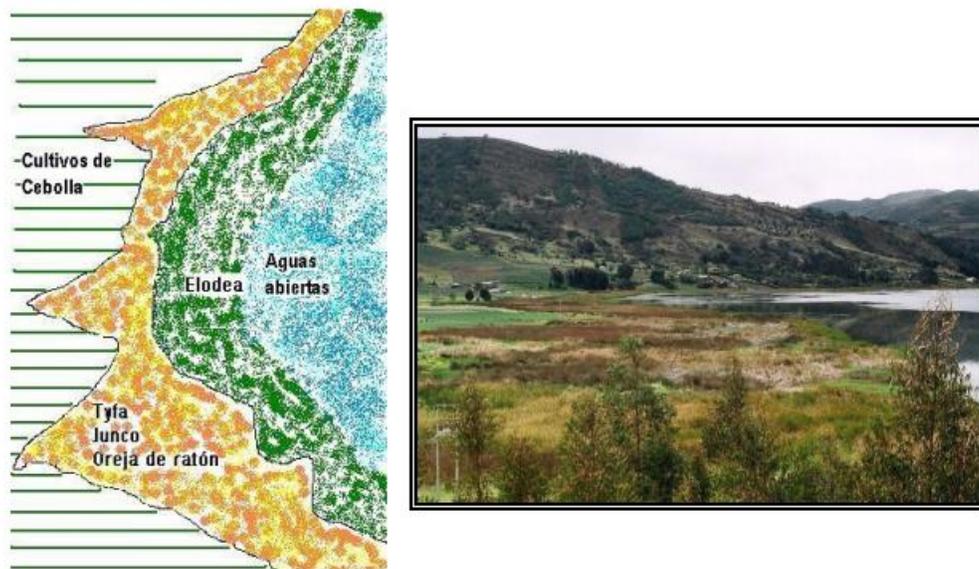


Figura 4. Esquema de coberturas presentes en Llano de Alarcón. Calvachi, Moncaleano, & Sánchez (2005).

2.3 USO DE LOS RECURSOS

En el estudio: análisis de la cobertura vegetal, uso del suelo y su impacto en la desecación del lago de Tota, se realizó la interpretación manual y visual en pantalla de la cobertura vegetal

presente en el ortomosaico de aerofotografías y en la imagen SPOT, teniendo como criterios las características morfológicas, forma, textura y patrón, así como su contexto espacial, en unidades clasificadas según la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia como se aprecia en la Figura 5.

Tabla 2
Atributos para el Mapa de Cobertura del Suelo.

ATRIBUTOS MAPA DE COBERTURA			
<u>OBJECTID</u>	<u>AREA</u>	<u>CODIGO</u>	<u>COBERTURA</u>
1	41.494	111	1.1.1. Tejido urbano continuo
2	16.538	122	1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados
3	26.623	2141	2.1.4.1. Cebolla
4	33.197	231	2.3.1. Pastos limpios
5	14.475	232	2.3.2. Pastos arbolados
6	5.944	233	2.3.3. Pastos enmalezados
7	3.928	233	13.3. Pastos enmalezados
8	15.615	241	2.4.1. Mosaico de cultivos
9	45.840	242	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos
10	35.621	243	2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
11	136.497	244	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales
12	3.340	313	3.1.3. Bosque fragmentado
13	0.199	314	3.1.4. Bosque de galería y ripario
14	21.050	3151	3.1.5.1. Plantación de coníferas
15	3.436	3152	3.1.5.2. Plantación de latifoliadas
16	4.045	3211	3.2.1.1. Herbazal denso
17	0.000	3212	3.2.1.2. Herbazal abierto
18	3.585	331	3.3.1. Zonas arenosas naturales
19	8.118	413	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
20	5509.969	512	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales
21	0.405	5143	5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental

Nota. Recuperado de análisis de la cobertura vegetal, uso del suelo y su impacto en la desecación del lago de tota. Mateus, 2010.

Las aguas del establecen una fuente de abastecimiento para fines urbanos, agrícolas e industriales por lo que requiere una atención especial.

En los últimos 26 años el lago de Tota ha perdido por lo menos cien hectáreas de su banco de agua. La transparencia también decreció, pues en el pasado podían verse con claridad las plantas acuáticas de la profundidad, además ha aumentado la deforestación en la cuenca y el nivel de erosión. Durante 2011 al lago se le extrajeron unos 69.931 metros cúbicos de agua por día, es la base industrial de empresas ubicadas en el municipio de Sogamoso como Acerías Paz de Río, de igual manera el Lago de Tota es fuente de abastecimiento de agua para los municipios de Sogamoso, Aquitania, Cuítiva, Tota, Iza, Firavitoba, Nobsa y Tibasosa, además, es fuente de la agricultura en seis municipios (Mateus , 2010, p. 2)

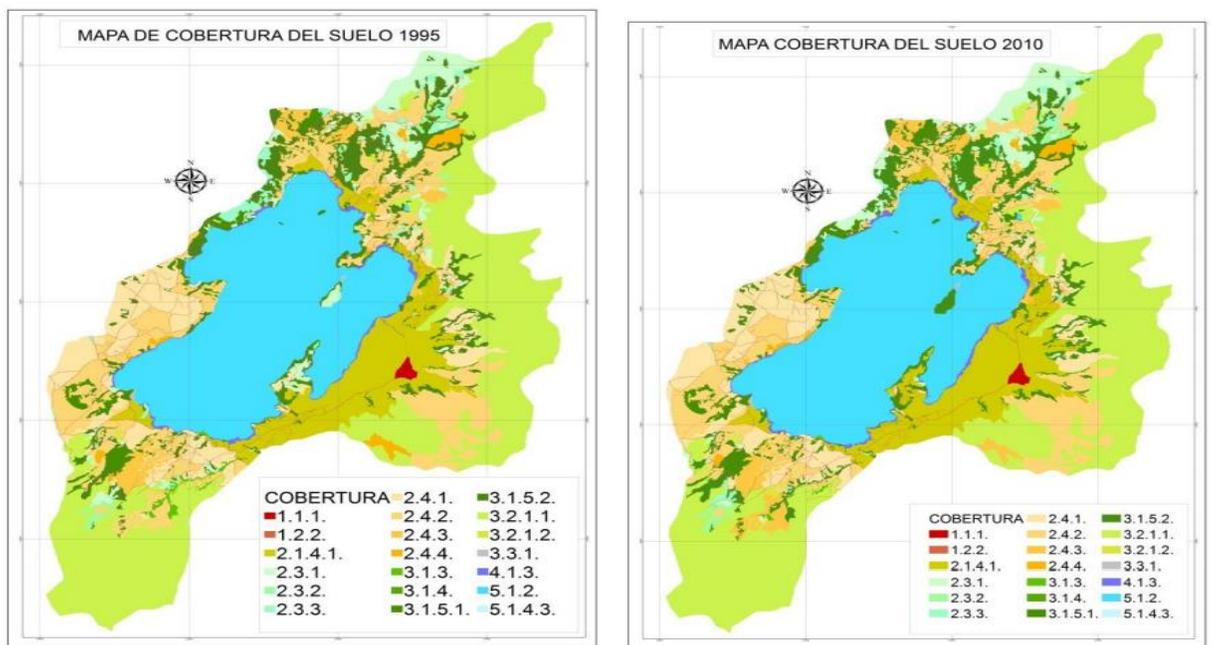


Figura 5. Mapas de Cobertura del suelo 1995 y 2010 (2010).

2.4 TIPO DE ACTIVIDADES AGRÍCOLAS E INTENSIDAD

La economía de la región se fundamenta en la agricultura, más específicamente en el monocultivo de cebolla larga (*Allium fistulosum*), se siembra en gran parte de las regiones del lago de Tota; sin embargo, también se siembran papa, arveja, maíz, haba y actividades ganaderas.

Los sembradíos de cebolla cubren más del 95 % del área plana cultivable de la cuenca del lago de Tota en la zona de Aquitana; se estima que son cerca de 2.500 las hectáreas cultivadas de cebolla en este municipio, que tiene un área total de 943 kilómetros cuadrados. allí se encuentran 5239 predios donde se cultiva cebolla, con una producción anual aproximada de 180 000 ton. (Rodríguez, 2005)

En la cuenca del Lago de Tota, las interacciones de las condiciones biofísicas, culturales y de mercado rigen los sistemas de producción agropecuarios, los que reflejan:

Un encuentro entre los sistemas de policultivo y de auto consumo boyacenses y los sistemas comerciales impuestos por una sociedad de mercado. Los sistemas de cebolla intensiva en monocultivo o en policultivo, con tendencia a la intensificación del cultivo de cebolla, de páramo y el mixto, se generan a partir de la capacidad de adaptación de las especies a la zona (agrícolas: cebolla, papa, arveja, haba y pecuarias: bovinos y ovinos) y a las prácticas culturales realizadas por la población local. (Vela, 2005, p. 1)

El Lago de Tota, se ha convertido en una de las zonas agrícolas del país más importantes del país, dada su riqueza hidrológica

Lo cual se refleja en una producción de 131.451 toneladas de cebolla por año con un rendimiento de 34,53 toneladas por hectárea, en los cultivos de cebolla larga ubicados a lo largo de la cuenca del lago, es una de principales zonas productoras de cebolla en Colombia. Las prácticas agrícolas convencionales utilizan plaguicidas para combatir las enfermedades que atacan al cultivo, siendo los fungicidas los más usados, pues las condiciones climáticas de páramo favorecen la proliferación de hongos en el suelo y en los cultivos. (Mojica A. G., 2013)

En estos cultivos anualmente se aplican a los suelos cerca de 430 ton de plaguicidas y 63,450 ton de gallinaza, sin control alguno sobre la dosificación y la frecuencia de aplicación, representando un riesgo potencial de contaminación de las aguas del lago. A esto hay que añadir el vertimiento de aguas residuales domésticas del municipio de Aquitania que van sin control alguno directamente al lago. (Abella, 2012, p. 245)

2.5 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.

Todo el sistema de la región, tiene un régimen hidrológico alterado y manejado con fines productivos, la calidad del agua del lago de Tota se ve perturbada por distintos factores, entre los que se destacan: la alteración de sus características fisicoquímicas y una notable eutrofización en la desembocadura de los ríos y quebradas, dado el aporte de nutrientes recibidos por la fertilización de los cultivos cercanos con la gallinaza, que afecta al lago con un aporte excesivo de fósforo, elemento que también altera el crecimiento de la elodea *Egeria Densa*, especie no endémica e incluida por el instituto Humboldt de Colombia en su investigación sobre plantas exóticas con alto potencial de invasión en Colombia.

Esta problemática frecuentemente se manifiesta en la disminución de la cantidad y calidad del patrimonio hídrico, la superficie del lago ha disminuido de unas 13,000 a 2,000 ha, aunque el relleno del lago posiblemente haya sido asistido por la sedimentación de las partes superiores de la cuenca y por la eutrofización derivada de las entradas de nitrógeno y fósforo a base de fertilizantes produce un cambio drástico en la dinámica de estos ecosistemas. Altera el equilibrio entre formación y destrucción y genera un escenario en el cual sus valores y funciones ambientales estarán determinados totalmente por el tipo y régimen de manejo, la disminución de las coberturas vegetales nativas como se observa en la Figura 6 y al aumento de los usos inadecuados del agua; pues “en los últimos 26 años el lago de Tota ha perdido por menos cien hectáreas de su banco de agua, aumentado la deforestación y erosión. Durante 2011 al lago se le extrajeron unos 69.931 m³ de agua por día” (Mateus , 2010, p. 10). Por su parte, la disminución de la calidad del recurso se debe al uso inadecuado de los residuos producidos de las actividades agropecuarias, a la falta de efectividad a nivel local de la puesta en marcha de planes de uso y ahorro eficiente del agua y en general a la casi total ausencia en la implementación de los Planes de manejo ambiental municipales y los Planes de ordenamiento territorial.

Ecosistemas Andinos y Áreas Transformadas
- IIAvH -

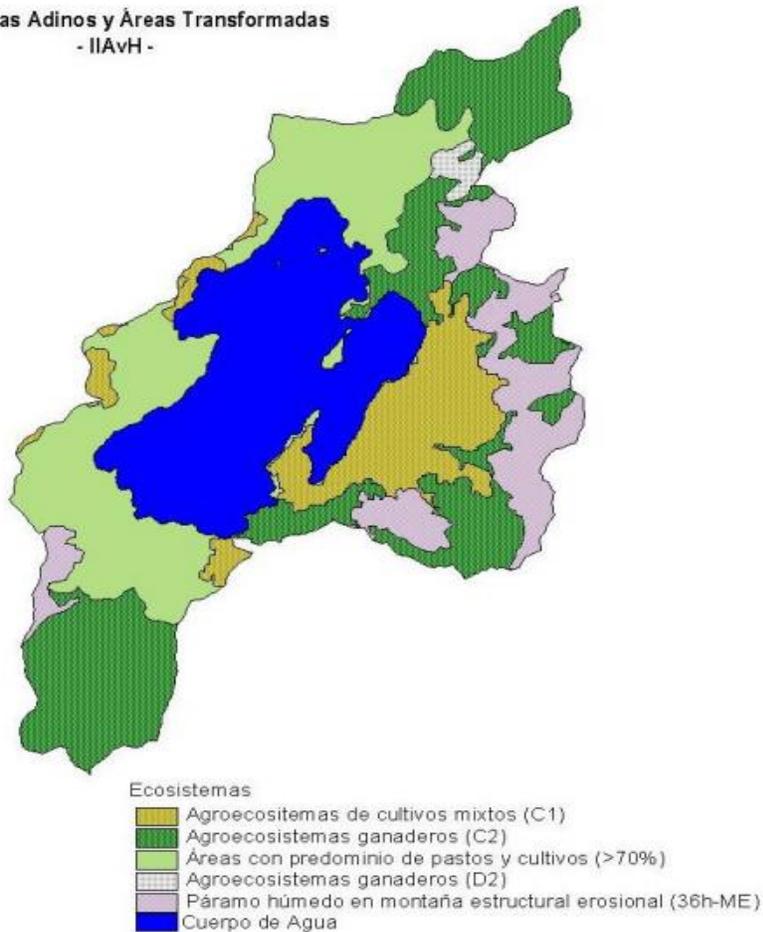


Figura 6. Ecosistemas Andinos y Áreas transformadas. CORPOBOYACA (2005)

Los códigos de los Ecosistemas Transformados descritos en el mapa (Figura 6):

C1: Ecosistemas transformados con cobertura vegetal de cultivos mixtos.

C2: Ecosistemas transformados con una cobertura de antrópica de pastos y cultivos.

(>70%): Agroecosistemas con predominancia de pastos y cultivos.

D2: Agroecosistemas ganaderos con cobertura vegetal de pastos.

Diferentes estudios han reportado que la agricultura convencional y sus prácticas, liberan importantes cantidades de plaguicidas al medio, usados para el control de las plagas (la mancha

púrpura, mildew veloso, la pudrición blanca, entre otros) que atacan la cebolla Junca, estas sustancias involucran procesos de transporte y transformación, procesos que dependen de:

Las condiciones de la región (pluviosidad, topografía del terreno, cobertura vegetal y tipo de suelos), como de las propiedades fisicoquímicas inherentes del compuesto contaminante tales como presión de vapor, solubilidad en agua, tiempo de vida media, coeficiente de adsorción de carbono orgánico (K_{oc}), coeficiente de partición octanol-agua (K_{ow}), otros estudios han reportado que la presencia de plaguicidas en los suelos se relaciona directamente con el contenido de materia orgánica, pues a mayor contenido, aumenta la adsorción de los plaguicidas y disminuye su movilidad a través del perfil de este cuerpo natural. (Mojica A. G., 2013, p. 1)

Mediante fenómenos como la escorrentía superficial o la erosión, se da el transporte hacia los cuerpos de agua facilitando una fuerte adsorción de plaguicidas en el suelo y si estos presentan en agua alta solubilidad y un constante de adsorción bajo, los procesos de movilidad hacia los cuerpos de agua probablemente se dan mediante escorrentía y/o lixiviación, en el POT del Lago de Tota, se estudia y determina la calidad de las principales corrientes de agua en cuanto a características fisicoquímicas y microbiológicas, y aunque es el estudio más importante de la región actualmente, el cual posee valiosa información de la región, no incluye una evaluación de los residuos de plaguicidas en matrices ambientales.

En el estudio “Evaluación del movimiento de plaguicidas hacia la cuenca del Lago de Tota” se realiza una evaluación de la movilidad de estas sustancias hacia los cuerpos de agua, para lo cual realizaron encuestas con el fin de identificar las prácticas agrícolas y los

agroquímicos empleados en los cultivos; efectuando posteriormente un monitoreo en las fuentes de agua que cruzan las parcelas, paralelamente, se evaluaron muestras de sedimentos finalmente,

Se aplicó el Pesticide Impact Rating Index (PIRI) como herramienta para predecir el riesgo potencial de transporte de los plaguicidas hacia acuíferos en la zona de estudio, en donde se determinó que en las aguas superficiales del Lago había presencia de malatión, tebuconazol, difenoconazol y clorotalonilo; Por su parte, en las muestras de sólidos sedimentables se encontró malatión y clorotalonilo en concentraciones a 4,38 mg/kg y de 0,27 mg/kg a 1,29 mg/kg, respectivamente. Como complemento, se evaluó el movimiento superficial de los fungicidas tebuconazol y difenoconazol en una parcela de esorrentía ubicada en la zona de estudio, encontrando tebuconazol y difenoconazol en forma disuelta a concentraciones de 4800 ng/L y 330 ng/L, respectivamente. En base al Pesticide Impact Rating Index (PIRI) se evaluó el riesgo potencial de movilidad de los plaguicidas, encontrando un riesgo entre alto y muy alto de movilidad hacia aguas superficiales. (Mojica A. G., 2013, p. 29)

A pesar de estas bajas concentraciones en aguas superficiales, el flujo permanente de la corriente hacia el lago puede arrastrar cantidades de plaguicidas que serían representativas en los sedimentos del lago, ya que por el arrastre de partículas de suelo y por la erosión de los terrenos ya que estos plaguicidas se retienen en las partículas del suelo debido al alto valor de la constante de adsorción (K_{oc}) y a su baja solubilidad en agua, representan una preocupación por ser considerados compuestos orgánicos persistentes, caracterizados por potencialidad de bioacumulación y toxicidad.

Estos compuestos son insecticidas organoclorados con potencial disrupción endocrina en humanos y altamente lipofílicos, lo que los hace bioacumulables y mediante procesos de biomagnificación son movilizados por las redes tróficas, sus residuos pueden persistir en el ambiente por periodos prolongados (7-30 años), encontrar estos residuos se constituye una alerta porque podrían afectarse significativamente la fauna acuática del lago. (Barrera, 2019, p. 8)

Los conflictos y efectos de las actividades antrópicas podrían acarrear notables cambios en el sector, provocando progresivamente la disminución de poblaciones endémicas, llevándolas incluso a procesos de extinción, cosa que ya se ha visto con algunas de sus especies ícticas, como es el caso del *Rhizosomichthys totae* Miles, también conocido como pez graso o runcho del Lago de Tota, el cual no ha vuelto a ser colectado desde 1958. “Aparentemente el único pez que ha vivido desde épocas prehistóricas, su desaparición también está relacionada con el transplante del capitán de la sabana (*Eremophilus mustisii*) y especialmente con la introducción de la trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mikiss*)” (Mojica J. G., 2012)

Este argumento se ha reforzado en situaciones similares ocurridas en Norteamérica y en el lago Titicaca, en los cuales la introducción de la trucha produjo la desaparición de especies nativas. “También se culpa a la voraz trucha de la desaparición del Capitán enano (*Pygidium bogotense*) en la Sabana de Bogotá” (Álvarez Hincapié, Sanjuan, & Maldonado Ocampo, 2019)

La problemática presente también se puede evidenciar, por ejemplo que para muchos, aun hoy en día en el Lago de Tota, la desecación del recurso es símbolo de progreso, ignorantes de los múltiples servicios que prestan, muchos de los dueños de las tierras de la rivera dedican gran

esfuerzo a desecar el lago, en donde aprovechan las épocas de verano para hacer rellenos, con llantas, costales de arena, escombros, tierra traída de lugares aledaños, además de la desecación, se canalizan las aguas y por esto se bajaron los niveles freáticos, todo esto afectando el ecosistema; alteraciones que han sido determinantes en la desaparición de múltiples bienes y servicios. Incluso la pesca ha decaído tanto que ya casi nadie recuerda que era pescar en un río o una quebrada. Tanto hace que desapareció, junto con los venados y patos que alimentaron en esas tierras a muiscas y españoles.

3. LAGUNA DE LA COCHA



Figura 7. Fotografía de la Laguna de la cocha o Lago Guamuéz. Colombia.com. (s.f).

Al sureste de Pasto, se encuentra el lago Guamuéz también conocido como La Cocha, un cuerpo de agua de alta montaña como se parecía en la Figura 7, el cual se ubica a 2765 msnm, forma parte de los páramos azonales y la vertiente amazónica, los humedales circundantes son reguladores y captadores esenciales del caudal del río Putumayo.

La superficie de la cuenca (hoya hidrográfica) se estima en un área de 39.000 hectáreas, el área del lago o espejo de agua es de 4.240 hectáreas, su longitud 14.300 metros, anchura 5.400 metros, profundidad máxima 75 metros, temperatura diurna promedio de 13°C, altura de 2.800 m.s.n.m., latitud norte de 1°7'24", longitud oeste de 77°6'45", zona de vida de bosque muy húmedo montano bajo (bmh – MB), precipitación anual de 2.000 a 4.000 mm y una capacidad estimada de 1.550 millones de m³, volumen

de agua que ubica a La Cocha, como una de las mayores reservas hidrológicas del país.
(Camacho Caicedo, 2013, p. 1-2)

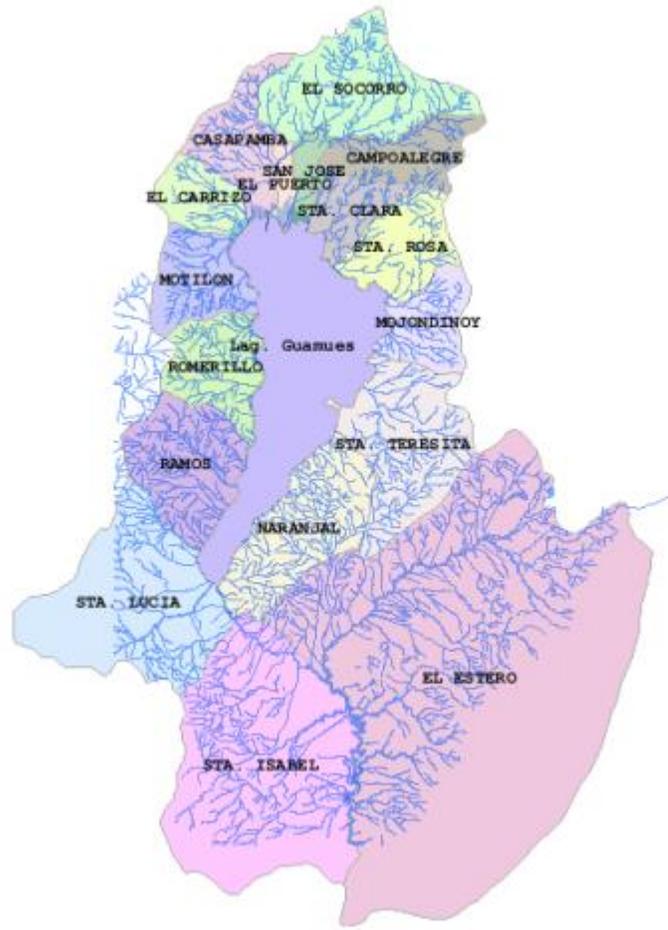


Figura 8. Drenaje Sencillo y Cuerpos de Agua. Díaz del Castillo. (2015)

La Corota, su isla principal, alberga un santuario de vida silvestre de especies endémicas protegidas por el Ministerio del Medio Ambiente, el valle de La Cocha y su vecino el valle de Sibundoy (Lago similar, pero completamente drenado) y que se nutren de la riqueza hídrica que se desprende de la Laguna de La Cocha como se puede apreciar en la Figura 8, se ubican a lo largo de una de las principales fallas de deslizamiento, la falla de Algeciras

Este sistema de fallas limita con los Andes del Norte en el suroeste de Colombia, formando valles a lo largo de su trazo debido al estrés de separación local asociado a sus movimientos, varias estructuras volcánicas pequeñas se alinean sobre las principales huellas de fallas que limitan los valles tectónicos, haciendo de La Cocha un paisaje único (Hermelin & Toro, 2015)

Circundan a La Cocha zonas de pantano o turberas y los páramos: Bordoncillo, Tábano, Campanero, Motilón, Casanare, Chimbacán y Patascoy, en las depresiones de estas elevaciones paramunas y montañosas se originan las quebradas: Quillinsiyaco, Mojondinoy, Laurel, Santa Rosa, Afiladores, Corral, Ramos, Romerillo, Turupamba, Motilón, Santa Lucía, El Encano, Funduyaco, Llanupamba y Estero. El río Encano es el principal afluente del lago por su caudal, nace en el páramo de Bordoncillo y atraviesa una zona poblada que lleva su nombre. (Camacho Caicedo, 2013, p. 2)



Figura 9. Mapa de la Laguna de la Cocha. GOOGLE (s.f)

3.1 ORGANIZACIÓN POLÍTICO-ADMINISTRATIVA DE LA LAGUNA

La laguna de la Cocha del Corregimiento de El Encano en el municipio de Pasto es administrada por Corponariño y como figuras de ordenamiento dentro de la región según el plan de manejo 2006-2010 se tienen:

- El Santuario de Flora Isla de La Corota, declarado mediante la Resolución 171 de junio 17 de 1977 y que corresponde a una isla en la Laguna de La Cocha con una extensión aproximada, según la resolución, de 8 hectáreas.

- El humedal de importancia internacional Laguna de La Cocha, declarado así por el Ministerio de Medio Ambiente mediante el Decreto 698 del 18 de abril de 2000, tiene una extensión de 39.000 hectáreas, se encuentra al sur de Nariño y que está conformado por zonas de pantano o turberas y páramo azonal.

- Regionalmente la Cuenca Alta del Río Guamués es una zona en ordenamiento desde 1994, tarea que fue llevada a cabo por la Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO).

- A nivel del municipio de Pasto está la Reserva Municipal El Estero, declarada mediante Acuerdo del Concejo Municipal 024 de junio 4 de 1997.

- En la Cuenca Alta del Río Guamués, alrededor de la Laguna de La Cocha hay alrededor de 70 de reservas de la sociedad civil.

- Dentro de región existen Resguardos Indígenas de los grupos Inga y Kamentsá, ubicados en el departamento del Putumayo y el cabildo indígena Quillasinga que está en

proceso de constitución territorial en el Corregimiento El Encano, municipio de Pasto, Nariño. (p. 5, 6)

Tabla 3
Políticas Ambientales a Nivel Municipal.

POLÍTICAS AMBIENTALES A NIVEL MUNICIPAL	
Norma / Directriz	Descripción
PLAN TERRITORIAL PASTO, TERRITORIO CONSENTIDO 2014-2027.	Lago Guamués y ríos Bobo y Pasto son los espacios naturales territoriales que delimitan zonas de ordenamiento a gran escala, su definición permite planificar el territorio en armonía con las características propias de la cuenca y definir su reglamentación (Alcaldía de Pasto, 2015).
Agenda Ambiental para el Municipio de Pasto 2004- 2012.	En cuanto a los humedales la falta de un monitoreo sistemático y periódico no permite vislumbrar la dinámica que internamente se da en los humedales principales del municipio como son la Laguna de la Cocha o Lago Guamués, Laguna Negra y demás lagunas paramunas y Embalse del rio Bobo, pero se aprecian algunas variaciones en cantidad y calidad del agua.
Plan de gestión ambiental municipal 2008 - 2012.	Preservación, conservación, recuperación, aprovechamiento y adecuado uso de los

recursos naturales. Arraigar la cultura de prevención en la atención y prevención de desastres; disminuir la contaminación atmosférica, hídrica, visual, de suelos y de ruido; propender por el ordenamiento y manejo de cuencas y micro cuencas hidrográficas con énfasis en las de los ríos Pasto, Guamués y Río Bobo, así como en la protección y recuperación de los ecosistemas naturales, páramos y subpáramos; embellecimiento, dotación, vigilancia y gestión de una red de parques urbanos; mejorar la cobertura y calidad de los servicios públicos y la gestión integral para el aprovechamiento y generación de valor agregado a los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos mediante el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Nota. Recuperado de balance hídrico del lago Guamués y relación de su variabilidad con precursores climáticos ENSO y PDO. Duque, 2016.

3.2 ECOSISTEMA DE LA LAGUNA

En esta región tropical, la laguna cuenta con áreas de hábitat pequeñas, las especies tienden a distribuirse de manera irregular, “es un ecosistema que se rige por condiciones de baja temperatura, la región se ubica en la Cordillera Centro Oriental y se caracteriza por presentar rugosidad topográfica y una elevación entre 1.500 y 3.600 m” (Mouthon, Blanco, Acevedo, & Miller, 2002) Está formada por tres grandes paisajes: montañoso, altiplanicie y denudativo, y un

lago extenso como se evidencia en la Figura 10, mapa elaborado por el grupo de investigación en gestión y modelación ambiental.

Ecosistema Paramuno. Está entre los 3.000 y 3.600 m.s.n.m., conformado por comunidades y especies que a su vez originan parches de bosques de chaparros, pantanos, turberas, pajonales y frailejonales, cuya función principal es la de almacenar agua y actuar como filtro. Entre las especies más importantes están: el frailejón (*Espelletia pycnophylla*), pajas (*Callamagrostis efussa*, *Carex* sp. y *Cortadeinra nitida*), helecho (*Blechnum auratum*), leguminosas (*Lupinus* sp., *Loricaria Thuyoides*), musgos, hepáticas y licopodios Santuario de Flora Isla Corota (*Sphagnum* sp., *Neurolepsis arista*, *Coniza* sp., *Lycopodium* sp., *Politrychum* sp.), árboles y arbustos (*Weinmannia engleriana*, *Miconia bordoncilloana*, *Baccharis granadina*, *Blechnum auratum*).

Bosque de Niebla. También denominado selva alto andina, se ubica entre los 2.300 y los 3.100 m.s.n.m.. Este ecosistema está conformado por los bosques primarios y secundarios intervenidos, algunos en proceso de regeneración natural, la mayoría de los árboles presentan sus troncos cubiertos con musgo y epifitas (*Thillandsia*, *Guzmania*). Las especies que predominan son: el mate (*Clusia multiflora*), encinos (*Weinmannia cochensis*), amarillos (*Miconia psycchrophila*, *Miconia asclepiadea*, *Miconia parvifolia*), olloco (*Hedyosmun translucidum*), granicillo (*Hedyosmun granizo*), tinto (*Ilex* sp.), pino colombiano (*Podocarpus oleifolius*), palma de ramos (*Ceroxylum* sp.), chaquilulo (*Cavendeshia bracteata*) y cerote (*Hesperomeles*), entre otras.

Páramos azonales. Son páramos que se encuentran por debajo del límite altitudinal y se caracterizan por estar rodeados por los bosques primarios y secundarios

intervenidos, los cuales, al ir siendo afectados fueron cediendo su lugar a la vegetación de páramo. Las comunidades de este ecosistema juegan un papel importante en los procesos de captación y regulación hídrica en la región, presentándose asociaciones como la de frailejónal–arbustal: *Espeletia cochensis* y chilca blanca (*Ageratina tinifolia*), cerote (*Esperomeles glabrata*), romerillo (*Hypericum jusieui*); frailejónal–pajónal y frailejónal–helechos. Además de este tipo de asociaciones también se observan estratos arbustivos donde predominan géneros de la familia Asteraceae (*Diplostephium*, *Gynoxys* y *Munnozia*); estrato rasante representado por musgos y hepáticas (*Sphagnum*, *Raccocarpus*, *Polytrichum*, *Lycopodium*, *Myrteola nummularia*, *Equisetum bogotense*), Myrtaceae y Equisetaceae, y en el estrato herbáceo se destacan: *Blechnum loxense*, *Blechnum auratum*, *Cyperus rufus*, *Cortaderia nítida*, *Rhynchospora boliviensis* y *Festuca* sp.

Humedal de La Cocha. La flora terrestre de La Cocha está representada por las familias Compositae, Ericaceae y Orchidaceae, principalmente; en cuanto a la vegetación acuática predomina la totora (Cyperaceae), seguida de la totorilla (*Juncus bogotensis*). Las macrófitas más abundantes corresponden a: Typhaceae, Callithrichaceae, Potamogetonaceae, Cyperaceae, Ceratophyllaceae, Halogeraceae y Najadaceae. En la isla La Corota, se encuentra estrato herbáceo, epifitas y trepadoras, arbustivo y arbóreo, predominando este último con especies como: *Brunellia tomentosa*, *Hieronima colombiana*, *Tillandsia complanata* y *Palicourea angustifolia*. (López de Viles, y otros, 2005, p. 6-7)

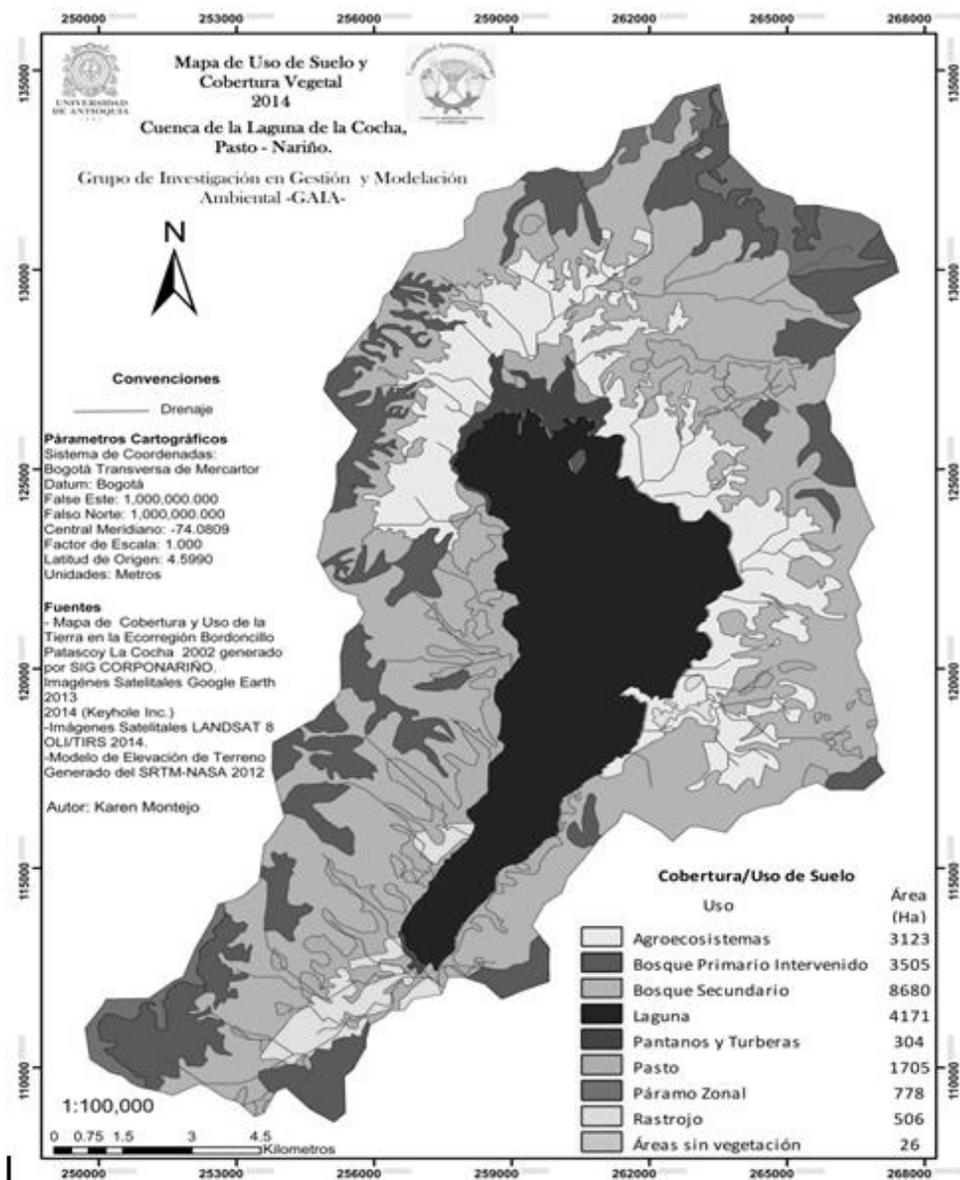


Figura 10. Mapa del uso del suelo y cobertura vegetal. PEERLAGOS. (2016)

3.2.1. Fauna y flora asociada a la vegetación acuática

A pesar de ser una zona de gran biodiversidad, la laguna tiene baja población en especies de peces, de las cuales el “capitán” (*Eremophilus mutisii*) y la “guapucha” (*Grundulus bogotensis*) se cuentan entre las pocas poblaciones nativas de la región, especies que no superan los 10 cm y las cuales están casi desaparecidas dado el gran impacto ecológico generado por la introducción de la “trucha arco iris”, especie que pertenece a los salmónidos, que se convirtió en depredador de estas especies nativas. Sin embargo, la trucha arco iris (*Onchorhynchus mykiss*), se ha convertido en una especie importante e indispensable de la región como fuente de subsistencia de los habitantes de la zona.

(RAMSAR, IAvH, WWFColombia, & ADC, 2004)

Entre la macrofauna presente en el Lago Guamuez como se observa en la Figura 11, se encuentran:

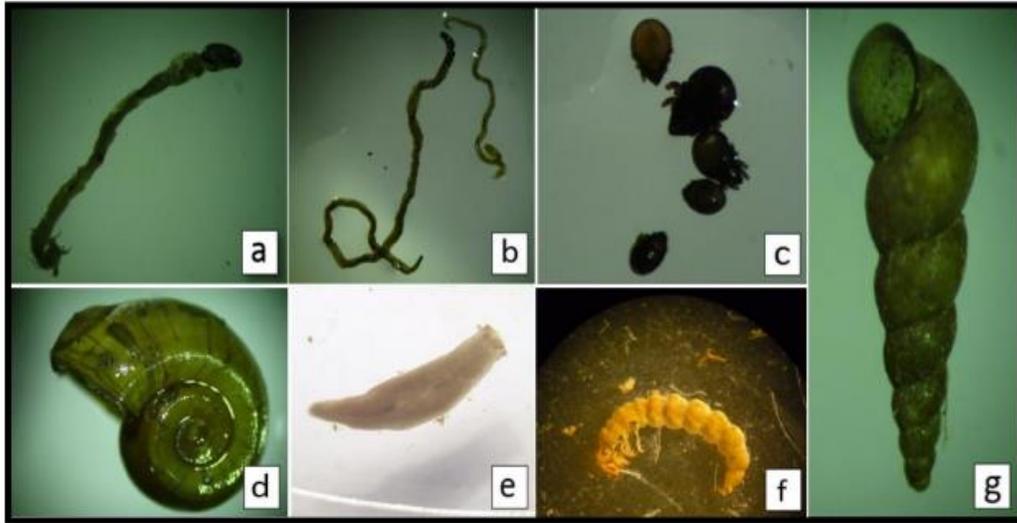


Figura 11. Ejemplares de las familias de macrofauna encontradas en las áreas de muestreo en el Lago Guamuez. *UNAL (2017)*

Nota. a) Chironomidae; b) Tubificidae; c) Hydrachnidae; d) Ampullariidae; e) Planaridae; f) Hydrobiosidae; g) Thiaridae.

Hay patos zambullidores (*Podiceps occipitalis juninensis*), dos especies de fúlica o polla de agua (*Fulica americana ardesiaca* y *Rallus limicola aetoriaiis*) y la garza pescadora (*Nycticorax nycticorax*) entre las aves acuáticas. En 1945 fue introducida la trucha arco iris (*Salmo gairdnerii*) a la laguna de La Cocha y para su alimento fue introducida la guapucha (*Grundulus bogotensis*), especie endémica de los altiplanos de Bogotá, Ubaté y Chiquinquirá.

También se encuentra una gran variedad de anfibios como la rana caminadora (*Atelopus ingences*) considerada en peligro de extinción. Entre otros sobresale *Eleutherodactylus orcesi*, *E bukleyi*, *E thymelensis*, *E ellassodiscus*, *E surdus*, *E leoni* y *E sobetes*. Entre los pocos mamíferos que habitan la isla se encuentran los ratones silvestres (*Thomasomys laniger* y *Aakodon* sp.) y algunos murciélagos. (Villegas, Benjamin, Sesana, & Feferbaum, 2006, p. 146)

La laguna es un importante sitio de avifauna acuática con gran variedad de especies, en las orillas del Lago se encuentran macrófitas, que ofrecen abundancia de alimentos lo que atrae a aves acuáticas y permite la anidación en los diferentes ambientes, para gran cantidad de aves tanto migratorias como endémicas

Está rodeado por plantas acuáticas entre las cuales predomina la totora (Cyperaceae), la totorilla (*Juncus bogotensis*) y otros juncos, en el bosque muy húmedo de piso térmico frío el dosel llega hasta los 15 m y predominan el aliso (*Alnus acuminata*), el cucharo (*Clusia* sp.), el cerote (*Hesperomeles glabrata*), el arrayán (*Eugenia* sp.) y el canelón (*Drymis granatensis*) (Villegas et al., 2006, p. 248)

En los páramos azonales de La Cocha dominan cuatro tipos de vegetación:

1) Frailejonal – arbustal con *Espeletia cochensis* y arbustos de *Ageratina tinifolia*, *Hesperomeles glabrata*, *Baccharis latifolia* e *Hypericum jussieui*

2) Frailejonal – pajonal donde se destacan *Espeletia cochensis* y *Calamagrostis efusa*

3) Frailejonal asociado a helechos con *Espeletia cochensis* y *Blechnum* sp. y Frailejonal en áreas inundables.

Las familias más ricas florísticamente en lo referente a géneros y especies son: Asteraceae, Bromeliaceae, Cyperaceae, Ericaceae, Grammitidaceae, Hymenophyllaceae, Lomariopsidaceae, Lycopodiaceae, Melastomataceae, Orchidaceae, Poaceae, Polypodiaceae y Solanaceae. Los géneros más abundantes son *Hymenophyllum*, *Elaphoglossum* y *Miconia*. Se destaca la especie *Espeletia cochensis* Cuatr., que

únicamente está presente en los páramos azonales de La Cocha, posiblemente como resultado del aislamiento geográfico de estos ecosistemas. (CORPONARIÑO, 2007, p. 45)

3.3 USO DE LOS RECURSOS

En toda la región las actividades más importantes son agrícolas: maíz, papa, flores, arveja, cebolla, manzana, mora, tomate de árbol, ciruelas, trigo, tomate, frijol, hortalizas, café, plátano (cultivos de clima frío y medio) y pecuaria: cuyes, gallinas, porcinos, vacunos, equinos y conejos, para producción de leche y de levante, especialmente en el Valle de Sibundoy, y en cuanto a la actividad pesquera se encuentra la piscicultura de trucha.

El uso y el manejo de los recursos del suelo y del agua han dado forma al desarrollo, la persistencia, el declive y la regeneración de la región, el suelo y el agua son recursos naturales esenciales para los sistemas de producción de alimentos a base de animales y plantas, en la región se ha dado la homogenización de la producción de papa y cebolla.

La agricultura convencional ha acelerado la erosión del suelo a tasas que superan la de formación del suelo, pues es un proceso que se acelera por prácticas agrícolas que dejan el suelo sin una cubierta vegetal adecuada y, por lo tanto, expuesto a lluvias, escorrentía superficial y viento.

La población en expansión y las demandas asociadas de bienes y servicios continúan ejerciendo una presión creciente sobre los sistemas ecológicos de la región y aunque la tasa de expansión de las tierras agrícolas se ha desacelerado desde 1960, todavía se produce una rápida deforestación en muchos países tropicales, incluida Colombia. Mediante el plan de manejo humedal Ramsar adoptado por CORPONARIÑO en el 2009 se identificaron las áreas y tipos de ecosistemas que

son vulnerables, como se evidencia en la Figura 12. Además, se hallaron varios de los puntos críticos en daños ambientales que coinciden con áreas que son sobresalientes en términos de valor de biodiversidad, lo que ayudó a la planificación de la conservación de la biodiversidad

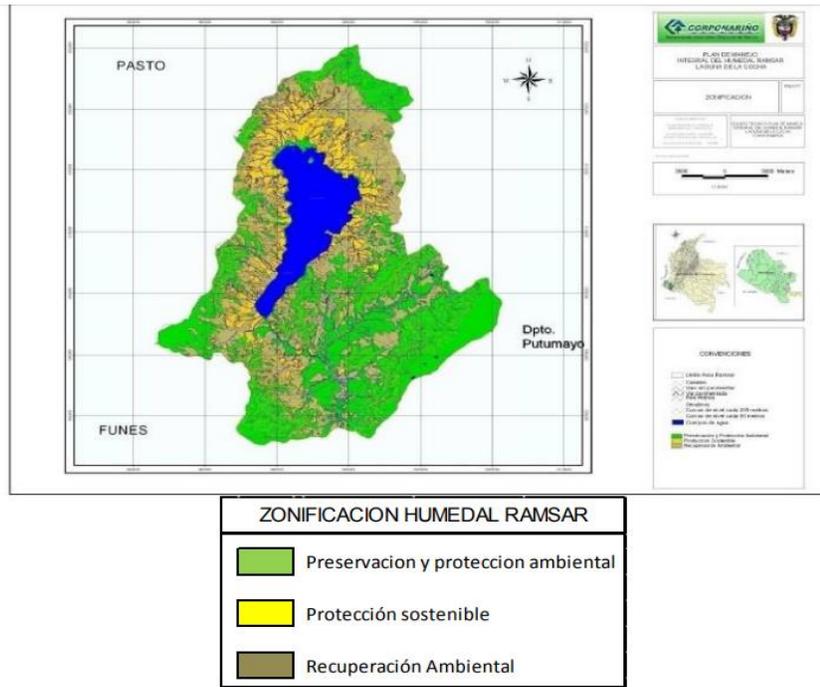


Figura 12. Zonificación Humedal Ramsar – Laguna de la Cocha. CORPONARIÑO (2011)

3.3.1 Tipo de actividades agrícolas

Debido a que los pastos impios han aumentado, se ha dinamizado la frontera agropecuaria llegando a los 3.200 ms.n.m., y aunque la cobertura vegetal de los mosaicos en algunas veredas ha pasado a ser de tipo secundaria:

en otras veredas se resalta que en la parte sur se ha ampliado el límite de la frontera agropecuaria oscilando entre los 3.000 m.s.n.m. a 2.900 m.s.n.m., este cambio se

identifica porque las zonas de mosaicos de cultivos y pastos aumentan, los cuales son alimento para el ganado y los cuyes, en la zona rural norte se encuentran también productos agropecuarios, principalmente maíz, papa, arveja, cebolla, frijol, hortalizas, derivados lácteos y piscícolas, principalmente trucha, que en su mayoría se consumen al interior de la misma. (Portilla Bolaños, 2019)

Pradera de kikuyo: Son praderas destinadas a alimentación para ganado de leche, en rotación con papa, el uso varía entre 1 a 4 años, no hay manejo de número de animales y rotación de potreros, las praderas no se fertilizan y no se realiza ningún tipo de manejo.

Papa: El sistema de papa generalmente se da en rotación con las praderas o se destina como monocultivo durante 1 a 2 años, se hacen aplicaciones periódicas de insecticidas para controlar gusano blanco y de fungicidas para controlar gota, estas aplicaciones suelen ser excesivas al suelo, la fertilización se hace al suelo con fertilizantes químicos minerales de formulación completa 10-30-10

Cebolla: Es un cultivo tradicional en la zona, se siembra como monocultivo y son áreas destinadas por muchos años a esta actividad, esporádicamente se hace rotación con otros tipos de hortalizas o se deja de sembrar para implementar mora de castilla.

Mora de castilla: Son cultivos base de la economía de la región, generalmente plantaciones viejas, donde no se hace renovación, son cultivos que tienen hasta 20 años, se siembran como monocultivos, entre calles esporádicamente se siembra cebolla.

Astromelias: Son cultivos que se siembran generalmente en rotación con cebolla, a campo abierto y es considerado como cultivo de huerta familiar. (Galviz & Parra, 2008, p. 4)

3.4 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.

La deforestación causada por la pérdida de las coberturas vegetales naturales provocada en las cuencas del municipio, para distintos fines, genera desbalance hídrico y la disminución progresiva de los caudales y del deterioro de los suelos, que junto con otras problemáticas poco a poco afectan la oferta ambiental y por tanto el sostenimiento humano se hace difícil por lo que la ampliación de la frontera agropecuaria es necesaria, aumentando la extracción de los recursos forestales sin ningún plan de aprovechamiento en zonas de vocación forestal, el deterioro de los suelos de la región se ve afectada por prácticas inadecuadas de conservación en la economía campesina, dándole uso intensivo de la tierra en los minifundios, que resultan en una baja producción y productividad, adicionalmente la degradación de los suelos se favorece dado el manejo no adecuado de agroquímicos que afecta suelos y cuerpos de agua. El crecimiento demográfico y la contaminación ha llevado a la disminución de la oferta del recurso hídrico y que los procesos erosivos empeoren y contaminen las aguas superficiales, lo que conlleva a la extinción de la fauna y flora silvestre de los ecosistemas naturales de la región, y en donde se encuentran gran variedad de especies.

También se evidencia una disminución de los caudales disponibles en el municipio de pasto para agua potable y riego debido a las intervenciones a los recursos naturales en actividades de producción y desarrollo humano. En las cuencas las malas prácticas culturales han contribuido paulatinamente con la reducción de la oferta hídrica, pues los suelos han quedado desprotegidos, dejándolos directamente expuestos a los rayos del sol, lo que ocasiona el endurecimiento de los mismos, por lo que dejan de ser permeables e impiden la recarga de los acuíferos.

Adicionalmente a la deforestación, en la zona se realiza la siembra de cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L), arveja (*Pisum sativum*), cebolla junca (*Allium fistulosum* Linnaeus) y frutas como manzana (*Malus domestica*), mora (*Rubus glaucus*), tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) y reinas claudias (*Prunus domestica*), sin tener en cuenta la aptitud natural del suelo, lo que hace que para mantener los cultivos sea necesario utilizar fertilizantes que contienen gran cantidad de nutrientes. De esta manera se incrementa la cantidad de nitrógeno total y fósforo total que llegan al espejo de agua de la LLC, lo que aumenta las concentraciones de los principales nutrientes responsables de los procesos de eutroficación. (López & Madroño, 2015, p. 22)

4. LAGUNA DE FUQUENE



Figura 13. Fotografía de la Laguna de Fúquene. Villegaseditores.com. (s.f.)

La laguna de Fuquene se ubica en el Altiplano Cundiboyacense, entre los municipios de: Raquira, Guacheta y San Miguel de Sema en Boyacá, limita en Cundinamarca con la parte norte de Bogotá y con los municipios de Susa, Simijaca y Fuquene.

Cuenta con un área de aproximadamente 784 km² de cuenca, posee una topografía de arroyos, plana y semi-planas a una altura entre 2520 y 3,786 m, es una laguna lacustre integrada hidrográficamente por los ríos Sutatausa, Ubaté, Cucunubá, Honda, Lenguzaque y Monroy, todos desembocan en la laguna. El Río Suarez, integrado por tributarios tales como Susa, Simijaca, y Chiquinquirá, fluye hacia el norte de Saboyá. (CAR, 2006)

La superficie de la cuenca Río Bajo Ubaté Fúquene se distribuye en tres zonas climáticas:

La primera y la más extensa es la zona fría semihúmeda, que cubre toda la zona y circunda la laguna de Fúquene; la segunda la zona fría semiárida localizada hacia el sur occidente, corresponde a un pequeño cinturón altitudinal que integra parte del corredor o ventana de desecación de masas de aire de la cuenca del río Ubaté – Suárez; la tercera correspondiente a páramo semiárido con tan solo 500 ha, localizadas en la punta extrema de la subcuenca. (CAR, 2006, p. 13)

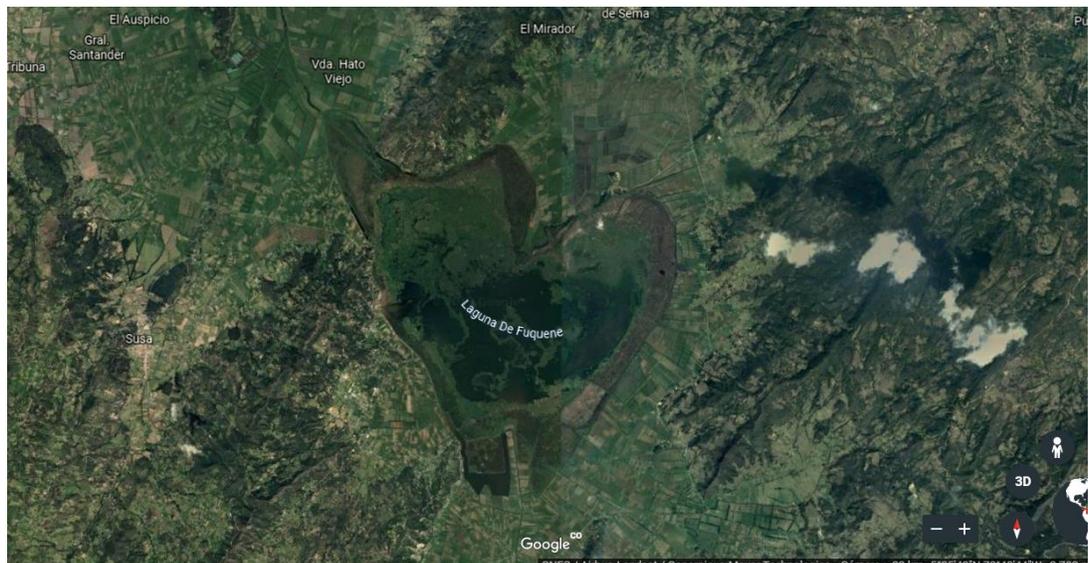


Figura 14. Mapa de la Laguna de Fúquene. GOOGLE (s.f)

4.1 MARCO LEGAL ACTUAL DE LA LAGUNA DE FUQUENE

En el "PLANO GENERAL DE LA LAGUNA DE FUQUENE" elaborado por el Ministerio de Industrias y Trabajo se realizó un plano un esquemático "Julius Berger Consortium" en el año 1934, en donde la delimitó el cuerpo de agua a un área de 7676.5 hectáreas y 12810.94 hectáreas inundables.

La Corporación Autónoma Regional del Valle de Ubaté para el año 1965, halla una región intervenida por los canales construidos por el general Paris a comienzos del siglo XX y usadas desde ese entonces por la comunidad como estructuras de control contra posibles inundaciones, así como para controlar los drenajes de los predios aledaños al cuerpo de agua, que fueron modificados para la agricultura y ganadería. Al tiempo que se le daba este manejo predial, el INCODER, tomo la decisión de tipificar muchos de estos predios a causa de la desecación de los canales construidos como terrenos baldíos y cederlos a particulares legalizando de cierta forma ese 59.12% de área del cuerpo de agua que actualmente se encuentra perdido.

La corporación decide en el marco del decreto 2811 de 1974 y el decreto 1541 de 1978, dada esta situación, emprender el proceso de definición y delimitación de la ronda de la laguna de Fuquene, encontrando según los criterios técnicos que actualmente ampara la legislación nacional colombiana, que:

La cota máxima de inundación de la laguna asociada el promedio de los niveles máximos aparecidos en los últimos 15 años no supera físicamente el espejo lagunar que hoy en día existe, por lo que se delimito un polígono de 30 metros de ancho al medidos desde este espejo hacia afuera, y se definió como zona de ronda de protección hidráulica, en donde se excluyen de dicha franja cualquier tipo de actividad distinta a la protección y conservación de los recursos naturales. Dicho polígono fue acogido a través de la resolución 1156 de 2016 y afecta en términos de uso todas aquellas porciones de predios que se encuentren dentro de esta zona en el uso y no en el dominio, es decir que los usos de los suelos en estas franjas cambian automáticamente a suelos de conservación y protección. (CAR, Acuerdo N° 029 de 01 SEP 2016)

Tabla 4
Marco Legal Ambiental Componente Hídrico

NORMA	ENTIDAD	DESCRIPCIÓN
Decreto 1541 de 1978	República de Colombia	Por el cual se reglamenta la parte III del libro II del Decreto – Ley 2811 de 1974. “De las aguas no marítimas” y parcialmente la Ley 23 de 1973.
Decreto 2858 de 1981	Ministerio de Agricultura	Por el cual se reglamenta parcialmente el Artículo 56 del Decreto-Ley 2811 de 1974 y se modifica el Decreto 1541 de 1978.
Decreto 1594 de 1984	Ministerio de Agricultura	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
Ley 373 de 1997	Congreso de la República	Establece el programa para uso eficiente y ahorro del agua.

Decreto 475 de 1998	Ministerio de Salud	Por la cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable.
Decreto 3930 de 2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
Decreto 4728 de 2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010.

Nota. Recuperado de manejo ambiental isla santuario laguna de Fuquene.IGAC, 2015.

4.2 ECOSISTEMA DE LA LAGUNA

La laguna de Fúquene es un sistema lacustre, dado que incluye hábitats de humedales situados en una depresión topográfica asociados a características tales como profundidades y contenido en materia orgánica altos, condición propicia para la acumulación de agua y la producción vegetal, predomina una baja capacidad de retención, es decir, un porcentaje pequeño de producción durante la época de estiaje, pues el área que almacena buena parte del agua interceptada tan solo representa el 2% de la superficie total de la cuenca.

Se identifican dos formaciones principales de plantas: la primera, praderas enraizadas, pequeñas hierbas, pastos medianos y juncos. La segunda es la de praderas flotantes, que está compuesta por plantas nómadas sin raíces o raíces flotantes.

La fauna de la región se asocia a sectores que aún conservan la cobertura vegetal protectora, a las zonas de rastrojo y al complejo lacustre de Fúquene, debido a la intervención antrópica sobre los bosques y zonas de refugio de las diferentes especies y la continua expansión de la frontera agrícola y ganadera han afectado los hábitats y la oferta de alimento para las especies que habitan la laguna. La propagación histórica de las plantas en la laguna muestra que el área de agua superficial de la laguna ha disminuido a una tasa constante de 26ha/año durante 53 años. (IGAC, 2015)

Debido a la alta intervención antrópica la flora de este cuerpo de agua, se ha visto reducida considerablemente por los cambios en el uso de los suelos dado el desarrollo agropecuario y urbano, ya que se han ampliado las fronteras agrícola y ganadera y se han deforestado los bosques nativos, el río Fúquene es parte de la subcuenca y da un gran aporte por escorrentía superficial de agua a la laguna al igual que el río Ubaté que es el que mayor aporte de hace a la laguna en este proceso.

El complejo de humedales del valle del río Ubaté está conformado por las lagunas de La Fúquene, Palacio y Cucunubá, también hacen parte gran cantidad de humedales alrededor de la cuenca, que debido a las intervenciones antrópicas que quedaron aislados de los ecosistemas mayores, el sistema hídrico está integrado por tributarios tales como Susa, Fúquene, Ubaté, Quebrada honda y varias quebradas, como se aprecia en la Figura 15.

El complejo de lagunas tiene grandes valores ecológicos y socioeconómicos. Por ejemplo, es el hábitat de especies de aves (más de 100 especies registradas), como el Avetorillo Pantanero (*Ixobrychus exilis*), Tingua de Pico Verde (*Gallinula melanops bogotensis*), Tingua de Bogotá (*Rallus semiplumbeus*), Cucarachero de Pantano (*Cistothorus apolinari apolinari*) y la Monjita (*Agelaius icterocephalus bogotensis*). También alberga peces endémicos y focales para la conservación como el capitán de la Sabana (*Eremophilus mutisii*), el runcho (*Pygidium bogotensis*) y la guapucha (*Grundulus bogotensis*). Muy interesante en este sentido es el cangrejo de agua dulce, *Neostrengeria macropa*, verdadero testigo de la historia biogeográfica. Las lagunas del complejo tienen numerosas especies de macrófitas acuáticas nativas. Al menos 69 especies están presentes. La laguna de Fúquene es visitada anualmente por 32 especies de aves migratorias, de las cuales 29 pertenecen al hemisferio norte y 3 al hemisferio sur. (Franco, Delgado, Andrade, Hernández, & Valderrama, 2011, p. 143)

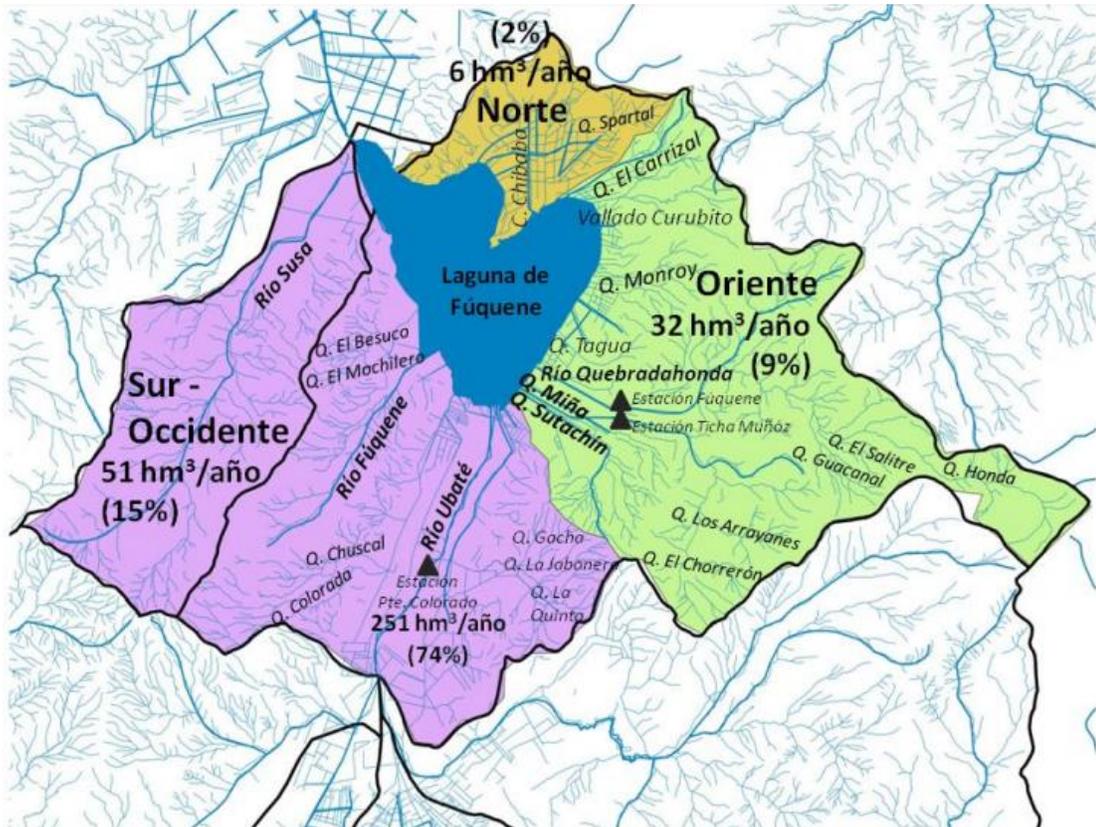


Figura 15. Aporte hídrico por subcuencas aferentes a la laguna de Fúquene. Franco et al., (2011).

4.2.1. Fauna asociada a la vegetación acuática

Dentro de la fauna encontrada para la zona de estudio, se encontró un total de 5 grupos taxonómicos: mamíferos, anfibios, reptiles, peces y aves, con un total de 456 especies distribuidas en 95 familias y 299 géneros. 653 especies, para la cuenca del Río Ubaté y Suárez se encontró casi un 50% de las especies de aves albergadas dentro de los

ecosistemas presentes, con un registro de 12 especies migratorias entre 1939-1970.
(Union Temporal Audicon Ambiotec , 2006)

El monitoreo reciente de la avifauna presente de esta laguna muestra la presencia de 125 especies de aves, 41 de estas son migratorias boreales (vienen de Canadá y Estados Unidos), 2 son migratorias australes (vienen del sur de Sur America ej. Chile). De las 125 especies, 39 son acuáticas, 3 son endémicas y 5 están en alguna categoría de amenaza: la Ranchera (*Cistothorus apolinari*, En peligro), la Chorola (*Rallus semiplumbeus*, En peligro), Chinita española (*Gallinula melanops*, En peligro crítico), el Pato turrio (*Oxyura jamaicensis*, En peligro) y el Doradito (*Pseudocolopteryx acutipennis*), Vulnerable; Se encuentran cuatro especies de anuros *Dendropsophus labialis*, *Pristimantis bogotensis*, *Hyloxalus subpunctatus* y *Centrolene buckleyi*. En reptiles se reportan también cuatro especies: *Anadia bogotensis*, *Riama estriata*, *Liophis epinephelus* y *Atractus* sp. (Morales & Pachón, 2014)

En los recientes años, debido al crecimiento demográfico, el área del agua superficial ha disminuido y por lo tanto también la capacidad de almacenamiento del espejo de agua, dañando el balance ecosistémico de la laguna y afectando la vida acuática pues se está facilitando la sedimentación dada la excesiva cantidad de plantas acuáticas que facilitan la sedimentación, puesto que los restos y residuos de estas plantas muertas se acumulan haciendo que el cuerpo de agua pierda profundidad.

El proceso de sedimentación se presenta cuando la elodea brasileña incrementa en densidad formando un lecho que agrupándose con plantas emergentes forman una isla flotante, lo que favorece el crecimiento de *Junco* sobre está y a la formación de islas más

grandes que se unen. Así mismo en la laguna se evidencia la invasión de especies no nativas: tres tipos de peces, la carpa Común (roja y espejo), el pez dorado o goldfish *Cariassius auratus* (rojo y negro) y el Pipón o Gupy *Poecilia reticulada*. (Franco et al., 2011)

4.2.2. Flora

La Flora de la región, se ha visto reducida considerablemente por la fuerte intervención antrópica, cambiando los usos de la tierra dada la ampliación de las fronteras agropecuarias y el aprovechamiento de bosques nativos. Las plantas presentes en el ecosistema acuático de la laguna son de cuatro tipos: sumergidas, de hojas flotantes, flotantes y emergentes. Y en el ecosistema terrestre en general se encuentran: relictos de bosque nativo, plantaciones de especies foráneas, bosque secundario o matorrales, pastos y vegetación de páramo.

La Flora de la región, ha sufrido una reducción considerable por el cambio de uso de la tierra, a consecuencia de la fuerte intervención antrópica, especialmente por la ampliación de la frontera agrícola y ganadera, y el aprovechamiento de bosques nativos. En general se clasifica como: relictos de bosque nativo, bosque secundario o matorrales, plantaciones de especies foráneas, pastos y vegetación de páramo. Las plantas presentes en el ecosistema acuático de la laguna son de cuatro tipos: sumergidas, de hojas flotantes, flotantes y emergentes.

La cobertura vegetal, se establece la asociación de bosque seco montano bajo, representado por especies como el tuno esmeraldo (*Miconia squamulosa*), arrayán (*Myrcianthes* sp.) hayuelo (*Dodonaea viscosa*), salvio negro (*Cordial lanata*), mortiño (*Esperomeles goudoutiana*), pegamoso (*Befaria resinosa*), espino (*Durantha sprucei*), y otras especies de acompañamiento como gaque (*Clusia* spp.) charme (*Bucquetia*

glutinosa), raque (*Vallea stipularis*), laurel de cera (*Myrica* sp.), encenillo (*Weinmannia tomentosa*), corono (*Xylosma speculiferum*), camaronas (*Macleania*, *Cavendishia*), ciro (*Baccharis bogotensis*), y cucharo (*Rapanea guianensis*). En esta franja la pendiente y el deterioro de los suelos, influye en el perfil de coberturas de tipo medio (5 a 8 m) a bajo (1,4 a 4 m). (IGAC, 2015, p. 21)

4.3 USO DE LOS RECURSOS

El desarrollo de actividades agrícolas en esta cuenca se ha convertido en uno de los principales motores económicos de sus habitantes, debido al clima y los suelos, de esta cuenca, predominan los monocultivos.

La papa se considera el cultivo más importante en la cuenca y se ha incluido en el alimento y el Plan Nacional de Nutrición (PAN) como dieta principal de millones de consumidores, especialmente en sectores de bajos ingresos (CAR, 2006). El área de cultivo de papa en la cuenca del Fuquene es alrededor 16,933 ha, con una producción anual de 280,000 toneladas. (Quintero & Otero, 2006)

El 60% de la población se dedica a actividades relacionadas con la ganadería desarrollada en la producción de leche y el 40% restante pertenece al renglón de la agricultura, la concentración de tenencia de tierra rural corresponde al 86% a minifundios entendidos estos como extensiones de tierra menores a tres hectáreas. Fúquene es un municipio 90% agropecuario y el 10% dedicado a otros sectores. En cuanto al aspecto agropecuario el 60% es ganadero, más precisamente dedicado a la producción lechera y el 40% restante se dedica a cultivos tradicionales como papa, fríjol, maíz y arveja. (AUDICON & AMBIOTEC, 2006)

El desarrollo de la producción es por medio de minifundios en la zona montañosa con baja posibilidad de comercialización de dichos productos debido a la falta de tecnología, de apoyo y de asociaciones dedicadas a la compra y venta de los mismos. En la zona baja o plana, la producción agrícola es mínima debido a las inundaciones de los terrenos cultivables, la presencia de plagas y enfermedades que aumentan los costos de producción. Así, la problemática en el sector agropecuario está en la falta de capacitación a los productores, falta de implementación de tecnologías adecuadas para el manejo de los productos y su procesamiento agroindustrial, como la falta de implementación de cultivos y medios alternativos de producción para mayor aprovechamiento de los recursos y obtención de mayor rentabilidad. Se realizan actividades agrícolas de consumo que llevan a que la cuenca tenga una independencia relativa en cuanto a los centros de desarrollo regionales. Los municipios de la cuenca poseen algunos cultivos que se desarrollan dentro de las huertas caseras y que se destinan al consumo interno familiar. Sin embargo, se presentan otros casos de cultivos que se hacen con fines netamente comerciales y que si bien no son representativos a nivel regional si son una fuente de ingreso y empleo para las unidades familiares que los desarrollan.

Los cambios en el uso del suelo modifican las propiedades físicas e hidráulicas del suelo, además de los procesos de interceptación y evapotranspiración con lo que cambia sustancialmente el ciclo hidrológico, aumentando la erosión, los deslizamientos de tierras, las inundaciones, la contaminación, la degradación del régimen hidrológico y la escasez de agua. En un principio, con el cambio a pastizales se podría pensar que hay un mayor caudal (mayor disponibilidad hídrica), sin embargo, con los cambios importantes en las características del suelo y en las condiciones hídricas, especialmente en verano, estas áreas quedan expuestas a impactos

por sequías, al reducirse la capacidad de infiltración, recarga y retención de humedad que tenía el bosque.

Con el cambio de vegetación, el suelo pierde rápidamente la materia orgánica debido a una mayor tasa de descomposición y a la falta de adición, con lo que se altera sustancialmente la capacidad de infiltración y retención del agua. La compactación, por cambios físicos del suelo o por pisoteo del ganado, también reduce la infiltración, aumentando la escorrentía superficial y reduciendo la percolación y recarga.

Las coberturas se clasifican:

- i) sistemas agropecuarios
- ii) ecosistemas seminaturales
- iii) cuerpos de agua
- iv) zonas urbanas.

Debe aclararse que dentro de las coberturas semi-naturales, se incluyen también bosques y arbustos de especies introducidas (principalmente eucaliptos, pinos y acacias)

El área de la cuenca presenta una distribución por ocupación con respecto al uso del suelo, así:

En bosque plantado 2365,70 ha, que equivale al 8,82%; en cultivos-pajonal herbazal 851,61 ha que equivale al 3,17%; en cuerpos de agua 2793,95 ha que equivale al 10,42%; en matorral abierto 7092,26 que equivale al 26,46%; pastizal herbazal 1944,25 ha, que equivale al 7,25%; pastos manejados 5107,43 que equivale al 19,05%; pastos manejados-plantaciones densas 1926,24 que equivale al 7,18%; pastos naturales 1006,37

ha, que equivale al 3,75%; pastos naturales-cultivos 3642,31 ha, que equivale al 13,58%; Zonas urbanas-construidas 71,41 ha que equivale al 0,26%. (SESALUB, 2014, p. 31)

La ampliación de la frontera agrícola en búsqueda de suelo productivo genera la destrucción de bosque hacia las partes altas de la cuenca, dadas las malas prácticas en los cultivos de papa y cebolla, que al estar en zonas de pendiente con el tiempo se convierten en suelos degradados pues resultado de esta influencia antrópica se facilitan las variables erosivas ante la presión constante por el uso del suelo.

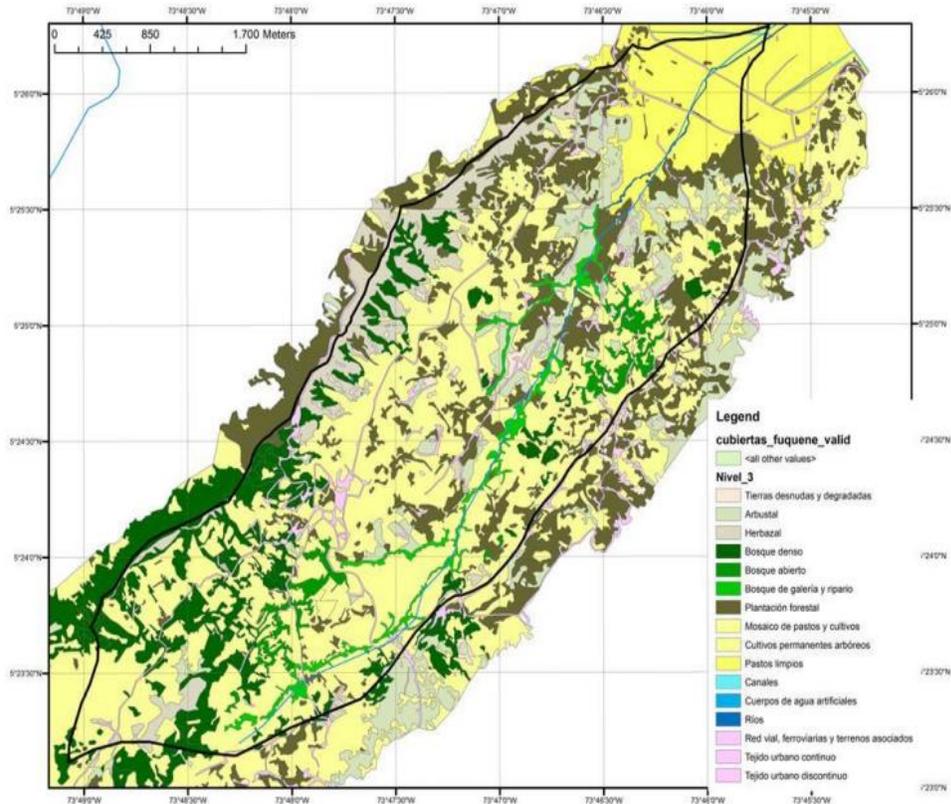


Figura 16. Mapa de Cobertura en Fúquene. Franco et al., (2011).

4.4 TIPO DE ACTIVIDADES AGRÍCOLAS E INTENSIDAD

La laguna posee un área de 99.137 hectáreas de las cuales 55.662 están bajo coberturas relacionadas con usos agropecuarios. Los principales cultivos son papa con 16.933 Ha, arveja 1.860 Ha, maíz 1.440 Ha y trigo 880 Ha, los cuales se encuentran sectorizados. La producción de cereales se encuentra principalmente en la zona noroccidental de la cuenca; la papa en la zona suroriental de la cuenca; y el cultivo de maíz se presenta generalmente en los alrededores de la laguna. La rotación de cultivos es constante, pero la sectorización no cambia. (Quintero & Otero, 2006)

Para dejar descansar el suelo, se rotan los cultivos generalmente con pasto. Los sistemas ganaderos dedicados a la producción lechera se encuentran ubicados en la zona baja y plana de la cuenca, muy cerca de la laguna de Fúquene.

La producción ganadera en la última década se intensificó trayendo consigo el aumento del estiércol, que ya no es usado como abono agrícola, esta situación genera en la zona acumulación de carbono e incremento del espesor de la capa orgánica que al mineralizarse genera problemas medio ambientales por la acumulación de nitratos y reducida eficacia del nitrógeno.

La cría de ganado vacuno para la producción de leche es la principal actividad económica del área, surte una porción importante de la leche que se consume en el país. La laguna de Fúquene provee agua potable a más de medio millón de personas localizadas aguas abajo. Sin embargo, durante los últimos años el deterioro de la laguna ha avanzado rápidamente debido al aumento en sus concentraciones de fósforo y

nitrógeno, lo que ha hecho proliferar las plantas acuáticas, causando procesos de eutroficación. Por tal razón, la superficie de agua se ha reducido en más del 50% durante los últimos 60 años. Mientras en 1934 el área del espejo de agua era de 11 834 ha, en el 2004 se encontraba reducida a tan sólo 2,421 ha. (Quintero & Otero, 2006)

4.5 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.

El desarrollo de actividades agrícolas en esta cuenca se ha convertido en el principal motor económico de sus habitantes y debido al clima y los suelos, de esta cuenca, predominan los monocultivos, la pérdida y/o disminución de las poblaciones faunísticas en la laguna se debe en su mayor parte al desecamiento sistemático que se viene realizando desde años atrás y a la entrada a la laguna de aguas contaminadas por desechos domésticos y agrícolas lo que ha contribuido a su eutroficación y disminución del espejo de agua con la consiguiente pérdida de biodiversidad. (AUDICON & AMBIOTEC, 2006)

El uso de agroquímicos, como fertilizantes y biocidas, se ha expandido e incrementado en las últimas décadas, aumentando la presión sobre los ecosistemas acuáticos, reduciendo la biodiversidad dentro de los paisajes agrícolas, generando más emisiones de gases con efecto invernadero, y afectando la cobertura vegetal y las características del suelo. Las plantas cultivadas pueden tomar los nutrientes de manera limitada, la parte que no se aprovecha se pierde

por escorrentía; en el caso del nitrógeno, el porcentaje que se pierde puede estar entre el 40 y 60%, porque no lo toman las planas.

Muchas veces se utilizan los químicos en exceso; este es el caso de los cultivos de papa de la cuenca, en los que adicionan de manera exagerada los químicos para aumentar los rendimientos de las cosechas, especialmente plaguicidas, aumentando la toxicidad del producto y generando contaminación. Por otra parte, el cultivo de papa consume los nutrientes del suelo sin reponerlos, al contrario de lo que sucede con las leguminosas que reparan y mejoran la calidad del suelo; además, los agricultores no hacen una rotación de cultivos adecuada y siembran durante todo el año, por lo que tampoco permiten que el suelo se recupere, degradando las tierras. Otra fuente de contaminación del agua, son las pequeñas industrias de procesamiento de papa, que vierten el agua residual al alcantarillado con residuos y sedimentos. (Franco et al., 2011)

Las concentraciones de fósforo y nitrógeno de la laguna están relacionados con la gran cantidad de materia orgánica transportado por los principales drenajes de la cuenca y originados por sus diferentes actores: por un lado, el sector agropecuario representado principalmente por los productores de papa ubicados en zonas de ladera (por encima de los 2900 m.s.n.m.), los productores de cereales en la zona media (2600-2900 m.s.n.m.), y los ganaderos ubicados en las zonas planas que rodean la laguna. Por otro lado, se encuentra el sector urbano, que vierte aguas residuales sin tratamiento a los ríos. Estas fuentes favorecen la eutrofización lo que ha reducido en más del 50% la superficie de agua en los últimos 60 años. Mientras en 1934 el área del espejo de agua era de 11.834 ha, en el 2004 se encontraba reducida a tan sólo 2.421 ha. (Quintero & Otero, 2006)

La laguna de Fúquene provee agua potable a más de medio millón de personas localizadas aguas abajo. Sin embargo, durante los últimos años el deterioro de la laguna ha avanzado rápidamente debido al aumento en sus concentraciones de fósforo y nitrógeno, lo que ha hecho proliferar las plantas acuáticas, causando los procesos de eutroficación.

En esta laguna no hay un correcto manejo ambiental que prevenga la ampliación de la frontera agrícola hacia la parte alta de la cuenca que genera la pérdida de áreas de páramo, faltan políticas que promuevan prácticas amigables que reduzcan el uso de agroquímicos, la deforestación y la erosión, que controlen la sobreexplotación de los recursos para la producción pecuaria.

Algunos esfuerzos de la CAR como autoridad ambiental son la extracción de plantas acuáticas por medio de dragado y la promoción de prácticas de agricultura de conservación. Con el apoyo técnico de la GTZ, ha promovido también labores de extensión de prácticas de agricultura de conservación que permitan disminuir las tasas de pérdida de suelo y el sobreuso de fertilizantes, evitando así su posterior acumulación en la laguna. Desde el punto de vista socioeconómico, la inequidad es la característica de este lugar, donde las tierras más productivas están en manos de grandes productores dueños de las fincas lecheras; mientras que en las zonas de ladera la mayoría de los productores son minifundistas que se dedican a la producción agrícola. (Quintero & Otero, 2006)

5. ANÁLISIS DE LAS PROBLEMÁTICAS

En muchos aspectos, el agua es una de las moléculas más importantes en el mundo, la conservación, el uso y la gestión de los suministros de agua son, por lo tanto, extremadamente importantes. Los lagos y lagunas son un hábitat importante para la producción biológica y la

conservación de la biodiversidad; la pérdida de estos ecosistemas provoca la alteración de las propiedades y procesos ecológicos y una disminución de la biodiversidad. Los peces y las plantas pueden acumular grandes cantidades de algunos metales del agua, los patrones de acumulación de contaminantes en peces y otros organismos acuáticos dependen tanto de las tasas de captura como de eliminación. Estos problemas tienen una cosa en común: todos tienen un impacto negativo en nuestros lagos y lagunas. Ya sea que nuestra prioridad sea la protección del agua potable, la biodiversidad, la agricultura, el turismo, la pesca o el suministro de agua necesaria para nuestros hogares.



Figura 17. Problemáticas. Elaboración propia (2021)

La eutrofización se ha convertido en el principal problema de calidad del agua para la mayoría de los ecosistemas lenticos de agua dulce en el mundo. Sin embargo, a pesar de la extensa investigación realizada durante las últimas cuatro a cinco décadas, en la ciencia, muchas preguntas clave siguen sin respuesta, todavía queda mucho por entender acerca de las interacciones que pueden producirse entre los nutrientes y la estabilidad de los ecosistemas.

También está aumentando rápidamente la evidencia de que los nutrientes influyen fuertemente en el destino y los efectos de otros contaminantes no nutrientes, incluyendo patógenos, además, de ser importante resolver los debates en curso, sobre el diseño óptimo de los controles de la carga de nutrientes como una estrategia de gestión de la calidad del agua para estos ecosistemas como se aprecia en la figura 17.

La agricultura ha desempeñado un papel importante en la historia de la región del Lago de Tota, la Laguna de Fúquene y de la Cocha que, sin duda, será un tema crítico en el futuro. Ejemplo de las implicaciones de las explotaciones agrícolas y ganaderas, se encuentra en el interior de la laguna de Fúquene y de la Cocha, que padecen una grave situación que ya ha provocado la huida de algunas especies de aves, aquí como en el lago de Tota, se usan sus aguas para riego de los muchos cultivos que hay en la zona, estas lagunas ya presentan un gran incremento de algas como también un incremento de plantas invasoras que tienen especial crecimiento si los suelos están muy nitrificados, pues reciben desechos de agroquímicos y fertilizantes mediante aguas no depuradas desde canales de riego y afluentes.

Si no se realiza ninguna medida preventiva, en pocos años estas cuencas pueden saturarse completamente de elodea, significando así su deterioro total, pues debido a su exponencial crecimiento, disminuiría el oxígeno disuelto total disponible en las cuencas. Se encontró que junto con otras fuentes de fósforo que afectan estos cuerpos de agua, como los residuos de detergentes en aguas residuales domésticas sin tratar o el fósforo presente en agroquímicos y el procedente de la industria de la piscicultura, hacen que su influencia sobre la calidad sea considerable, pues esta cantidad que se aporta favorece el excesivo crecimiento de la elodea.

Estas cuencas se distinguen por la baja presencia del Estado, que se observa en la ausencia de una política de control a los procesos en donde diferentes actores desempeñan un papel importante en el mal manejo de los suelos, utilizando fertilizantes, productos químicos en los cultivos aledaños, deforestación, mal manejo de residuos sólidos, lo que incrementa los niveles de contaminación, es por esto que se requiere que se involucren a los actores, como las alcaldías, las corporaciones autónomas, los productores medianos y grandes que se localizan alrededor en áreas protegidas como los páramos o en las riveras con fines de explotación agrícola. Adicional a este se le suma que la comunidad manda sus aguas residuales a quebradas, nacimientos, ríos y a los cuerpos de agua, empeorando así la problemática.

La afectación de los acuíferos por la migración de contaminantes desde la superficie del suelo y a través de los diferentes estratos del subsuelo representa un grave problema ya que se pierden fuentes de abastecimiento de agua tanto para uso agrícola como para consumo humano, afectación que varía de manera impredecible en el tiempo y el espacio y se rige por los patrones de lluvia, la pendiente de la tierra, las características del suelo, el uso de la tierra y las opciones de cultivo, las técnicas de producción y la intensidad del uso de fertilizantes y pesticidas. El exceso de nutrientes afecta la calidad del agua superficial cuando el agua y el suelo que contiene nitrógeno y fósforo fluye junto con la escorrentía hacia las aguas cercanas. (Mali, Kumar, & Bhatt, 2015)

En Fúquene, así como en otros humedales del Altiplano de Cundinamarca y Boyacá, la biota lacustre es la que más se ha visto afectada históricamente. El zambullidor andino *Podiceps andinus* ya está extinto y el hábitat de plantas enraizadas sumergidas nativas ha sido invadido por especies exóticas. Actualmente la biota palustre es la que está más amenazada, y es por lo tanto la que representa el objeto de

conservación más importante en el ámbito global, en este sentido, la disminución de la profundidad del lago, proceso determinante en la degradación y cambio de estado del sistema aumenta la extensión de la vegetación palustre a costa del hábitat lacustre, incrementando la disponibilidad de hábitat para las especies más amenazadas, las cuales, al menos temporalmente, se ven beneficiadas con estos cambios. (Instituto Humbolt, Fundación Humedales, 2004)

Los problemas del orden ambiental que presenta la laguna de La Cocha, son entre otros: contaminación inorgánica: plaguicidas, y metales pesados cadmio, plomo, cromo, y mercurio; contaminación orgánica: Amonio, Demanda bioquímica de Oxígeno DBO5, y coliformes fecales, porque se evidencian malas prácticas agrícolas y pecuarias, se vierten aguas negras por parte de los asentamientos urbanos sin ninguna clase de tratamiento, esta intoxicación aguda por pesticidas causa una morbilidad y mortalidad humana significativa en todo el mundo, especialmente en las regiones en desarrollo, en donde los agricultores de bajos recursos suelen utilizar plaguicidas con compuestos altamente peligrosos.

En lo que a fauna se refiere, en estas regiones altoandinas deberían existir venados, armadillos, perros de monte, zorros, cusumbos, conejos, ardillas, comadreas, musarañas, mariposas nacaradas, abejas, avispa, escarabajos, ranas, lagartijas, algunas serpientes y aves como colibríes, azulejos, baranqueros, pavas, torcazas, golondrinas, entre otros; Con respecto a especies de peces, en el estudio “uso de la fauna silvestre del Lago de Tota. Peces, herpetos, aves y mamíferos” se pudo establecer que:

El componente íctico original en el Lago de Tota y su cuenca de drenaje, ha sido totalmente modificado y en la actualidad se encuentra representado por seis especies

foráneas: entre las especies foráneas está la trucha (*Oncorhynchus mykiss*), la cual fue introducida durante los años 40, siendo en la actualidad la única especie que se aprovecha de manera comercial en la zona; el capitán (*Eremophilus mutisii*) y la guapucha (*Grundulus bogotensis*), especies endémicas para la Sabana de Bogotá, que fueron introducidas al lago como alimento para la trucha en los años 50, estableciéndose de manera satisfactoria, siendo consumidas ocasionalmente por pescadores y sus familias; y, la carpa (*Cyprinus carpio*), la cual fue introducida para el control del exceso de elodea en el lago. El pez graso (*Rhizosomichthys totae*), es la única especie propia del lago, endémica y de distribución restringida a este cuerpo de agua, la cual actualmente se considera extinta. (Calvachi, Moncaleano, & Sánchez, 2005, p. 85)

El bosque alto andino de este lago y lagunas ha sido destruido en su mayor parte, para dar paso al pastoreo de ganado vacuno y ovino y a cultivos de papa y cebolla. En su lugar se ha producido un avance de la vegetación del páramo, lo cual se conoce como proceso de paramización del bosque, esto caracteriza la mayoría de los paisajes por encima de 3200 m. de altitud. Las quemas periódicas llevadas a cabo para favorecer el rebrote de los pastos impiden la recolonización del bosque, la cual de por sí es muy lenta dadas las condiciones muy limitantes de temperatura.

Esta degradación ha producido en muchos sitios un tipo especial de matorral más o menos abierto, basado en elementos propios del bosque alto andino y del páramo, el cual para algunos autores conforma lo que se denomina como "subpáramo". En realidad, y dado que en algunas partes el paso del bosque al páramo herbáceo es relativamente rápido, la formación vegetal conocida comúnmente como subpáramo bien podría corresponder al bosque alto andino degradado, por lo menos en parte.

Conclusiones y recomendaciones

Se encontró que los principales problemas ambientales que afectan el recurso hídrico son la incorporación de agroquímicos, como también el uso de gallinaza y malas prácticas agrícolas llevadas a cabo en los cultivos intensivos de cebolla, papa y hortalizas que, por sus residuos y vertidos, mediante diversas filtraciones alcanzan las cuencas. La fauna y flora han desaparecido de las riveras y paramos, llegando incluso a la extinción, debido a los cambios producidos en el ecosistema, la deforestación producto de la expansión de la frontera agropecuaria, a la que se le atribuye también las quemas indiscriminadas, ocasionando la erosión de los suelos

En cuanto a las regiones donde se realizó el estudio a pesar de ser distantes entre sí, muestran características y condiciones muy similares, los problemas ambientales son de mayor impacto en Boyacá y Cundinamarca que en Nariño pues este último ha sido más receptivo y contribuye con el apoyo del Estado y de la corporación a mitigar el impacto negativo sobre el medio ambiente logrando el rescate de zonas considerables de cuencas y preservación de bosques, en estas regiones juega un papel importante de la economía la agricultura, la ganadería y la piscicultura, por lo cual se han visto afectadas negativamente.

La intensificación de las actividades agrícolas con el uso creciente de fertilizantes y pesticidas tiene un impacto adverso en la calidad del agua. Los principales contaminantes agrícolas del agua son nitratos, fósforo y pesticidas. El aumento de las concentraciones de nitrato amenazan la calidad del agua potable, mientras que el alto uso de pesticidas contribuye sustancialmente a las emisiones indirectas de sustancias tóxicas. Los niveles crecientes de nitratos y fósforo en las aguas superficiales reducen su capacidad de sustentar la vida vegetal y

animal, dado que la contaminación agrícola ocurre en un área amplia y sus fuentes son difusas y difíciles de identificar, se hace difícil controlar la contaminación agrícola del agua.

La investigación diagnóstica de este tipo de cuerpos de agua, su grado de contaminación, sus problemáticas y vulnerabilidad son de vital importancia y deben tenerse en cuenta a la hora de la toma de decisiones sobre su protección y manejo, pues son parte del patrimonio del país e importantes lugares de recreación amenazadas por el grado de consumismo de la sociedad actual junto con su vertiginoso crecimiento demográfico, su alta demanda de recursos naturales y la falta de una cultura ecocentrista.

Por otra parte, y por fortuna, cada vez más las cuencas hidrográficas se convierten en un símbolo de la lucha por la conservación de la naturaleza, que es la de los bienes y servicios que prestan a la sociedad y de las posibilidades de bienestar y sostenibilidad que propician y es aquí donde se siembra la semilla. Cada vez son más los que disfrutan de la belleza de sus paisajes y de la biota que los caracteriza, que entienden su función primordial en el mantenimiento básico de los equilibrios que hacen posible y amable la vida. O, en el peor de los casos, el de quienes comprenden que estos recursos son parte de una infraestructura natural fundamental para el desarrollo del país, sin la cual las posibilidades de tener éxito económico y satisfacer las necesidades básicas de la sociedad es imposible.

Es por esto que, del tipo de manejo que se escoja hoy dependerá la valoración futura, su conservación y restauración no es pues solamente un asunto de ingeniería ambiental, biología de conservación, o de la aplicación de criterios ambientales estándar. El reto va más allá: hacer que el conocimiento científico y las prácticas sociales favorables sirvan para recrear una base cultural que garantice una conservación sostenible.

Bibliografía

- Abella G., J. P., & Martínez C., M. J. (2014). Contribución de un afluente tributario a la eutrofización del lago de tota (Boyacá, Colombia). *Revista Colombiana de Química*, 41(2), 243–262. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/download/39372/41998>
- ADC, R. Ia. Wwfc. (2004). *Proyecto de incentivos para la laguna de la Cocha como sitio Ramsar*. https://rds.org.co/apc-aa-files/ba03645a7c069b5ed406f13122a61c07/proy_incentivos_para_laguna_de_la_cocha_como_sitio_ramsar.pdf
- Álvarez Hincapié, C. F., Sanjuan, T., & Maldonado Ocampo, J. (2005). *Evaluación IPBES Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos. [http://www.humboldt.org.co/images/ipbesco/evaluacion/Documento completo Segundo borrador Evaluación IPBES Colombia.pdf](http://www.humboldt.org.co/images/ipbesco/evaluacion/Documento%20completo%20Segundo%20borrador%20Evaluaci%20n%20IPBES%20Colombia.pdf)
- AMBIOTEC - AUDICON, unión temporal. (2006a). *Diagnóstico prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica de los ríos Úbate y Suárez*.
- AMBIOTEC - AUDICON, unión temporal. (2006b). *Elaboración de los estudios de diagnóstico prospectiva y formulación para la cuenca hidrográfica de los ríos Ubaté y Suárez (departamento de Cundinamarca) Simijaca*. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac694b060db6.pdf>
- Barrera H., J. A., Espinosa R., A. J., & Álvarez S., J. P. (2019). Contaminación en el Lago de Tota, Colombia: toxicidad aguda en *Daphnia magna* (Cladocera: Daphniidae) e *Hydra attenuata* (Hydroida: Hydridae). *Rev. Biol. Trop*, 67(1), 11–23. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442019000100011
- Bolaños, C., & Manchabajoy, J. (2012). Caracterización geográfica de las lagunas de la cuenca hidrográfica del río Guáitara, departamento de Nariño [Universidad de Nariño]. In *Informe final de Trabajo de Grado*. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto. <http://sired.udenar.edu.co/2945/>
- Boyacá, S. de S. de. (2013). *Mapa de riesgo de la calidad del agua para consumo humano de los nacimientos los curis y el vivero fuente abastecedora del casco urbano del municipio de*

Aquitania-Boyacá.

https://www.boyaca.gov.co/SecSalud/images/Documentos/Salud_Publica/Ano_2014/AGU_A_CONSUMO_HUMANO/MAPA_RIESGO/MAPA_DE_RIESGO_AQUITANIA.pdf

Calvachi, B., Moncaleano, Á., & Sánchez, D. (2005). Capítulo VIII Estado Actual de la Fauna Silvestre en el lago de Tota. In *Plan de ordenación y manejo de la cuenca del lago de Tota* (pp. 1–58). CORPOBOYACA. <https://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2015/11/diagnostico-estado-actual-fauna-silvestre-lago-tota.pdf>

Camacho Angel, J. P., & Robles Cruz, L. F. (2009). *Diagnóstico ambiental de la contaminación del suelo en el municipio de Chocontá y prueba piloto con dos de los contaminantes mas representativos bioacumulados en arveja, haba y pasto ray grass.*
https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria

Camacho Caicedo, T. A. (2016). *La Cocha o lago Guamues.*

Cañón Barriga, J. E., & Dominguez, F. (2015). Impacts of climate change on tropical wetlands: tracking the evolution of two andean lakes and a floodplain cienaga in Colombia. In *Project overview*. <http://peerlagoscolombia.udea.edu.co/>

CAR, C. A. R. de C., & AMBIOTEC, U. T. A. (2006). *Elaboracion De Los Estudios De Diagnostico Prospectiva Y Formulacion Para La Cuenca Hidrográfica De Los Rios Ubaté Y Suárez (Departamento De Cundinamarca). Cuenca Alto Rio Ubate 2401-02 (Issue 800).*
Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR

Casa editorial El Tiempo. (2014). *El lago de Tota desde el cielo.* [Fotografía].
https://www.eltiempo.com/Multimedia/galeria_fotos/viajar/GALERIAFOTOS-WEB-PLANTILLA_GALERIA_FOTOS-13735041.html

Castillo, C. (2005). Capítulo III Aspectos Biofísicos. In IDADE (Ed.), *Plan de ordenación y manejo de la cuenca del lago de Tota* (pp. 1–11). <https://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2015/11/diagnostico-aspectos-biofisicos-lago-tota.pdf>

CEDEX. (2004). *Caracterización de los tipos de rios y lagos.* <https://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan-Hidrologico-cuenca-2021->

2027/Documentos-iniciales/Referencia bibliografica/CEH,
2005_DMA_Caracterizacion_Rios_Lagos.pdf

Christou, L. (2011). The global burden of bacterial and viral zoonotic infections. *Clinical Microbiology and Infection*, 17(3), 326–330. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2010.03441.x>

Colombia.com. (2013). *Laguna de la Cocha o Lago Guamuez*. Laguna de La Cocha o Lago Guamuez. <https://www.colombia.com/turismo/sitios-turisticos/pasto/atractivos-turisticos/sdi325/53703/laguna-de-la-cocha-o-lago-guamuez>

Consortio para el Desarrollo Sostenible en la Ecoregión Andina. (n.d.). *El enfoque ecosistémico en la gestión de la fauna silvestre* (Condesan (ed.)).
http://condesan.org/mtnforum/sites/default/files/forum/files/convocatoria_larga_enfoque_ecosistemico_wcs_0.pdf

Ley 165 de 1994, (1994). <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1994-ley165-1994.pdf>

Cordero, L. (2004). Capítulo VII Plantaciones Forestales. In *Plan de ordenación y manejo de la cuenca del lago de Tota* (pp. 1–17). <https://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2015/11/diagnostivo-plantaciones-forestales-lago-tota.pdf>

CORPOBOYACA. (2005). Capítulo II Aspectos Legales. In *Plan de ordenación y manejo de la cuenca del lago de Tota* (pp. 1–25). <http://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2015/11/diagnostivo-aspectos-legales-lago-tota.pdf>

Corpoboyacá. (2016). *Acuerdo 029 de 2016*. <https://www.corpoboyaca.gov.co/normas/acuerdo-029-2016/>

CORPONARIÑO. (2007). *Informe final: proyecto estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño*.
<https://corponarino.gov.co/expedientes/intervencion/biodiversidad/Tomo4 Evaluacion Conclusiones.pdf>

CORPONARIÑO. (2011). *Determinantes ambientales para el ordenamiento territorial*.

<https://corponarino.gov.co/expedientes/planeacion/determinantesambientales.pdf>

Cucunubá, E. (2014). *Diagnóstico del manejo ambiental del cultivo de la papa pastusa, (Solanum Tuberosum), en un ecosistema de alta montaña, del municipio de Guatavita departamento de Cundinamarca.*

https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/1734/Cucunuba_Ariza_Luis_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ley 99 de 1993 por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, (1993).

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=43101>

Dairon, C., Baptiste, M., & Nicolas, C. (2017). Plantas exóticas con alto potencial de invasión en Colombia. In *Plantas exóticas con alto potencial de invasión en Colombia.*

<http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/32935/557.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Díaz del Castillo, B. (2015). *Complejo Educativo Turístico para la potencialización y recuperación del patrimonio.* PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA.

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/18079/DiazdelCastilloKochBibiana2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

DNP. (2010). *Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014.*

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/PND/ResumenEjecutivoUltimaVersion.pdf>

Doetterl, S., Van Oost, K., & Six, J. (2012). Towards constraining the magnitude of global agricultural sediment and soil organic carbon fluxes. *Earth Surface Processes and Landforms*, 37, 642–655. <https://doi.org/10.1002/esp.3198>

Duque, C. (2016). *Balance Hídrico del Lago Guamués y Relación de su Variabilidad con Precursores.* <http://peerlagoscolombia.udea.edu.co/lakes/documents/TesisClaudiaCocha2016.pdf>

Duque, J. F. (2015). Laguna de Guamués (La Cocha). *World Geomorphological Landscapes*,

203–210. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-11800-0_17

Espinosa, A., & Guzmán, D. (2017). Self-governance and symbiosis: asystemic approach to socio-ecological systems resilience. *Journal of the International Society for the Systems Sciences*, 1, 1–17. <https://journals.issn.org/index.php/proceedings59th/article/view/2717/900>

Fjeldså, J. (1993). The decline and probable extinction of the Colombian Grebe *Podiceps andinus*. *Bird Conservation International*, 3(3), 221–234. <https://doi.org/10.1017/S0959270900000915>

Flórez, A., & Rios, C. (1998). *Las lagunas de la alta montaña*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6581696.pdf>

Franco, L., Delgado, J., Andrade, G., & Hernández, Sandra Valderrama, J. (2011). *Del Páramo a la Laguna. Conocimiento y gestión participativa de la biodiversidad asociada a humedales y el sistema hídrico de la cuenca del río y la Laguna de Fúquene*. <https://fundacionhumedales.org/wp/wp-content/uploads/2017/05/Evaluacion-de-vulnerabilidad-y-estrategia-de-adaptacion.pdf>

Fujisaka, S., & Hyman, G. (n.d.). *The Fuquene watershed: a Desakota case study from the Andes*.

fundacion montecito, & MOCILATO. (2013). *Cuenca del Lago de Tota, [Mapa de la Hidrografía general, Aquitania]*. Cuenca Del Lago de Tota, [Mapa de La Hidrografía General, Aquitania]. <http://ct.fundacionmontecito.org/cuenca-lago-de-tota.html>

Galviz, C., & Parra, A. (2008). *La practica como sistema de aprendizaje en el reconocimiento de microfauna en diferentes sistemas de producción en los suelos del humedal Ramsar Laguna de la Cocha, Pasto, Colombia*. Congreso Ecuatoriano de la ciencia del suelo. <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/4.-Ing.-Carmen-L.-Galviz.-microfauna.pdf>

GOOGLE. (n.d.-a). *[Mapa de la Laguna de Fuquene en Google Earth]*.

GOOGLE. (n.d.-b). *[Mapa de la Laguna de Tota en Google Earth]*.

- GOOGLE. (n.d.-c). [*Mapa del lago de la Cocha, Colombia en Google Earth*].
<https://earth.google.com/web/@1.05733629,-77.13957611,2857.16920497a,40417.63622555d,35y,0h,0t,0r>
- Guerrero, E., Keizer, O., & Córdoba, R. (2006a). *La Aplicación del Enfoque Ecosistémico en la Gestión de los Recursos Hídricos Un análisis de estudios de caso en América Latina*. (Iucn (ed.)). <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2006-003.pdf>
- Guerrero, E., Keizer, O., & Córdoba, R. (2006b). *La Aplicación del Enfoque Ecosistémico en la Gestión de los Recursos Hídricos Un análisis de estudios de caso en América Latina*.
<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2006-003.pdf>
- Holguín, J., Grandas, A., Acevedo, N., & Torres, N. (2015). *Identification of the main active ingredients of agrochemicals used around the Lake of Tota, Colombia*.
https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_agricultura/article/view/4809/3875
- IDEAM. (1996). *Sistemas morfogénicos del territorio colombiano*.
<http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=15965>
- IGAC. (2015). *Manejo ambiental isla santuario*.
[http://igacnet2.igac.gov.co/intranet/programacion_files/Actividad 7 manejo ambiental ISLA Santuario de Fuquene V.02.pdf](http://igacnet2.igac.gov.co/intranet/programacion_files/Actividad%207%20manejo%20ambiental%20ISLA%20Santuario%20de%20Fuquene%20V.02.pdf)
- INDERENA, & Corporación Autónoma Regional de las Cuencas. (1988). *Lago de Tota*.
<http://sie.car.gov.co/bitstream/handle/20.500.11786/36208/02388.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos. (2011). *El gran libro de los páramos*.
<https://es.scribd.com/document/346189317/El-Gran-Libro-de-Los-Paramos>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1992). *Los nevados de Colombia: glaciares y glaciaciones*.
- Instituto Humboldt, & Fundación Humedales. (2004). *Caracterización biofísica, ecológica y sociocultural del complejo de humedales del Valle de Ubaté: Fúquene, Cucunubá y Palacio*.

<https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/34887/55539.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Johnson, K. (2001). *Metodologías para estimar degradación y vulnerabilidad a desastres naturales: aplicación a la microcuenca los naranjos, lago de Yojoa, honduras*.
<http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr:8080/handle/11554/4727>

Lagarejo, M. A. (2015). Análisis de los impactos ecológicos generados por la actividad minera sobre los ensamblajes ícticos en complejos cenagosos de Sanceo y Puné en la Cuenca Media del Atrato. In *Universidad de Manizales*.

López de Viles, N., Muñoz, L., Zambrano, J., Castro, J., & Miramag, O. (2005). *Plan de manejo 2006-2010 Santuario de flora isla de la Corota*.
<https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2013/12/PMSFFIsladeLaCorota.pdf>

López Martínez, M. L., & Madroñero Palacios, S. M. (2015). Estado trófico de un lago tropical de alta montaña: Caso Laguna de la Cocha. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25, 1–21.
<https://doi.org/10.18359/rcin.1430>

Mali, S., Kumar, S., & Bhatt, B. (2015). Water Pollution and Agriculture. *National Academy of Agricultural Sciences*, 4, 39–47.
https://www.researchgate.net/publication/305617702_Water_Pollution_and_Agriculture

Mateus, M. (2010). *Análisis de la cobertura vegetal, uso del suelo y su impacto en la desecación del lago de Tota*.
[https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11585/ANÁLISIS DE LA COBERTURA VEGETAL%2C USO DEL SUELO Y SU IMPACTO EN LA DESECACIÓN DEL LAGO DE TOTA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11585/ANÁLISIS%20DE%20LA%20COBERTURA%20VEGETAL%20USO%20DEL%20SUELO%20Y%20SU%20IMPACTO%20EN%20LA%20DESECACIÓN%20DEL%20LAGO%20DE%20TOTA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2008). *Especies extintas*.
http://biblovirtual.minambiente.gov.co:3000/DOCS/MEMORIA/MMA-0462/MMA-0462_CAPITULO11.pdf

Ministerio del Medio Ambiente, & Ecosistemas Terrestres. (2002). *Programa para el Manejo*

Sostenible y Restauración de Ecosistemas de la Alta Montaña colombiana.

https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Paramos/5595_250510__rest_alta_montana_paramo.pdf

Mojica, A., & Guerrero, J. (2013). Evaluación del movimiento de plaguicidas hacia la cuenca del lago de tota, Colombia. *Revista Colombiana de Química*, 42 (2).

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042013000200004

Mojica, J. ., Galvis, G., Harrinson, I., & Lynch, J. (2012). *Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012*. <http://www.humboldt.org.co/es/component/k2/item/1161-libro-rojo-peces-dulceacuicolas-colombia>

Moncaleano Niño, A., & Calvachi Zambrano, B. (2009). Uso de la fauna silvestre del Lago de Tota. Peces, herpetos, aves y mamíferos. *Ambiente y Desarrollo*, 13(25), 81–81.

Montenegro, M. (2004). Modelling of wetland habitat availability and distribution under management alternatives a case study of the Fúquene lake, Colombia. In *International Institute for Geo-Information science and esrth observation*.

https://webapps.itc.utwente.nl/librarywww/papers_2004/msc/nrm/montenegro_parades.pdf

Morales, A., & Pachón, Y. (2014). Avifauna en diferentes hábitats de la cuenca del río Fúquene, Cundinamarca, Colombia. *Biota Colombiana*, 15, 1–13.

<http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/article/download/349/347>

Mouthon, A., Blanco, A., Acevedo, A., & Miller, J. (2002). *Manual de evaluación de estudios ambientales: criterios y procedimientos*. Convenio Andrés Bello.

<http://portal.anla.gov.co/documentos/normativa/MANUAL DE EVALUACIÓN DE ESTUDIOS AMBIENTALES 2002.pdf>

National Oceanic and Atmospheric Administration, & Commerce, U. S. D. of. (2017). *National Ocean Service website*. What Is Eutrophication?

<https://oceanservice.noaa.gov/facts/eutrophication.html>

Nieto, J. (2008). *Lagos divertidos*. Lagos y Lagunas Interactivos.

Osorio, L. F. (2016). Biodiversidad Y Servicios Ecosistémicos. *Colombia Forestal*, 1(19), 5–8.

<https://doi.org/10.14483/2256201X.11043>

Ospina, D. (2001). *Zonas altitudinales del páramo*.

<https://www.imeditores.com/banocc/paramos/creditos.htm>

Pardo, J., & Eduardo, L. (2002). *Tolerancia de los cultivos al estrés salino: Qué hay de nuevo*.

Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias.

Pimentel, D., Berger, B., Filiberto, D., Newton, M., Wolfe, B., Karabinakis, E., Clark, S., Poon, E., Abbett, E., & Nandagopal, S. (2004). Water resources: Agricultural and environmental issues. *BioScience*, 54, 909–918. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0909:WRAAEI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0909:WRAAEI]2.0.CO;2)

Plan de Ordenamiento de la Cuenca de los Ríos Ubaté y Suárez, & Corporación autónoma Regional de Cundinamarca, C. (2006). *Elaboración de los estudios de diagnóstico prospectiva y formulación para la cuenca hidrográfica de los ríos Ubaté y Suárez (departamento de Cundinamarca)*.

<https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac6946c6e982.pdf>

Portilla Bolaños, N. (2019). Cambios de la cobertura de la tierra, según los tipos de paisaje descritos en el metabolismo social. Caso de estudio: occidente de la cuenca del lago Guamués (laguna de La Cocha), Colombia. 1989-2016. *Entorno Geografico*, 17, 1–24. <https://doi.org/https://doi.org/10.25100/eg.v0i17.7939>

Quintero, M., & Otero, W. (2006). *Mecanismo de financiación para promover Agricultura de Conservación con pequeños productores de la cuenca de la laguna de Fúquene*.

<https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/21891/21891.pdf?sequence=1>

Ramirez, A., & Viña, G. (1998). *Limnología colombiana. En: Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*.

Rangel, O. (2000). La región de vida paramuna de Colombia. In *Colombia diversidad Biótica III* (p. 852). <http://www.uneditorial.net/pdf/TomoIII.pdf>

Artículo 79 - Constitución Política de la República de Colombia, (1991).

[http://www.oas.org/dsd/EnvironmentLaw/Serviciosambientales/Colombia/\(Microsoft Word](http://www.oas.org/dsd/EnvironmentLaw/Serviciosambientales/Colombia/(Microsoft Word)

- Constituci.pdf

- Republica de Colombia, & Departamento Nacional de Planeación - Conpes. (2014). *Conpes 3801 - Manejo Ambiental Integral de la Cuenca Hidrográfica del Lago de Tota*.
https://www.mendeley.com/catalogue/71d39218-d405-3cb3-ac8f-d52035cc8f26/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.4&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7Bc37a8e51-e07a-499c-a2ce-75edbc4305c%7D
- Política Nacional para Humedales interiores de Colombia, (2002).
<http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado-busqueda/politica-nacional-para-humedales-interiores-de-colombia>
- Ricaurte Ayala, P. (2005). Capitulo XI Problemática Ambiental. In *Plan de ordenación y manejo de la cuenca del lago de Tota* (pp. 1–28). <http://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2015/11/diagnostivo-problematica-ambiental-lago-tota.pdf>
- Roa-Fuentes, C. A., Prada-Pedrerros, S., Álvarez-Zamora, R., Rondón, C. A. R., & Maldonado-Ocampo, J. A. (2013). Abundancia relativa y dieta de *Grundulus bogotensis* (Characiformes: Characidae) en el altiplano Cundiboyacense, Colombia. *Universitas Scientiarum*, *10*(1), 73–82. <https://doi.org/10.11144/javeriana.SC18-1.ardg>
- Rodríguez, H. . (2005). El Tiempo. *Dramática Radiografía Del Lago de Tota*, 1.
<https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1685401>
- Secretaria Distrital de Planeamiento, & Direccion de Ambiente y Ruralidad. (n.d.). *Documento Técnico de Soporte - Unidad de planeamiento Rural Río Blanco*.
http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/dts_rio_blanco_final.pdf
- Secretariat of the Convention Biological On Diversity. (2004). The Ecosystem Approach (CBD Guidelines). In *Journal Of Aquatic Ecosystem Health*.
<https://www.cbd.int/doc/publications/ea-text-en.pdf>
- SESALUB. (2014). *Mapa de riesgo de la calidad del agua para consumo humano del centro urbano del municipio de Chiquinquirá*. https://www.boyaca.gov.co/secretariasalud/wp-content/uploads/sites/67/2014/07/images_Documentos_Salud_Publica_Ano_2014_MAPA-

DE-RIESGO-DE-CHIQUINQUIRA.pdf

Tammi, J., Appelberg, M., Beier, U., Hesthagen, T., Lappalainen, A., & Rask, M. (2003). Fish status survey of Nordic lakes: Effects of acidification, eutrophication and stocking activity on present fish species composition. *Ambio*, 32(2), 98–105. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-32.2.98>

Universidad Veracruzana. (2013). *Gestión Ambiental*. https://www.uv.mx/instru/files/2013/11/S-GESTION_AMBIENTAL.pdf

Uribe, N., Corzo, G., Quintero, M., van Griensven, A., & Solomatine, D. (2018). Impact of conservation tillage on nitrogen and phosphorus runoff losses in a potato crop system in Fuquene watershed, Colombia. *Agricultural Water Management*, 209, 62–72. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.07.006>

Vela, J. (2005). Capítulo VI sistemas Productivos. In *Plan de ordenación y manejo de la cuenca del lago de Tota* (pp. 1–29). <https://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2015/11/diagnostivo-sistemas-productivos-lago-tota.pdf>

Velasquez, J. (2004). Modelo digital de dos cuencas de los cerros orientales de Bogotá: influencia antropomorfa en variables del balance hidrológico. In *Páramos de Colombia*. <https://www.imeditores.com/banocc/paramos/creditos.htm>

Villegas, B., Sesana, L., & Feferbaum, S. (2006). *Colombia Parques Naturales*. Villegas Editores. <https://64.34.201.180/parques-naturales-de-colombia-portadilla#titulo>

Villegas editores. (2009). *Volando Colombia Paisajes*. <https://villegaseditores.com/volando-colombia-lagunas-y-embalses>

Wheatley River Improvement Group. (2010). *Nitrates and Their Effect on Water Quality*. Nitrates and Their Effect on Water Quality – A Quick Study. <http://www.wheatleyriver.ca/media/nitrates-and-their-effect-on-water-quality-a-quick-study/>

Yara, D. (2018). *Aplicación del mentefacto como movilizador de información sobre especies en peligro y sus consecuencias en los ecosistemas colombianos en estudiantes del colegio*

Colsubsidio – Chicalá.

[http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/15943/1/APLICACIÓN DEL
MENTEFAC TO COMO MOVILIZADOR DE INFORMACIÓN SOBRE ESPECIES EN
PELIGRO Y SUS CONSECUENCIAS EN LOS ECOSISTEMAS COLOMBIANOS EN
ESTUDIANT](http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/15943/1/APLICACIÓN%20DEL%20MENTEFAC%20COMO%20MOVILIZADOR%20DE%20INFORMACI%20N%20SOBRE%20ESPECIES%20EN%20PELIGRO%20Y%20SUS%20CONSECUENCIAS%20EN%20LOS%20ECOSISTEMAS%20COLOMBIANOS%20EN%20ESTUDIANT)