



Aplicación de índices para evaluación de la Calidad de agua del lago Sochagota y sus impactos en la salud publica

Application of indices for evaluation of the water quality of Lake Sochagota and its impacts on public health

Ricardo Alberto Manrique Abril

Lic en Biología. Ing ambiental. MsC Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Colombia

Grupo de Investigación en Medio Ambiente y Desarrollo GIMAD.

E mail: rmanriquea@unal.edu.co

Resumen

El presente trabajo investigativo, expone la percepción de la calidad del agua del lago sochagota por grupos sociales frecuentes en el área de influencia como estudiantes, hoteleros, turistas, comerciantes, instituciones publico privadas. El lago sochagota está clasificado como un ecosistema lacustre tipo lentic, con una dinámica cambiante desde su construcción en los años 1950 a 1956, y en donde fue cambiada su aptitud dentro del componente industrial energético, al ser parte de uno de los atractivos turísticos de Paipa. Frente a la posible contaminación del lago se viene generando olores que son percibidos heterogéneamente de una manera general por las comunidades, lo que ha desencadenado una serie de preguntas frente a la problemática actual del lago, sus posibles soluciones y el posible trabajo interinstitucional e interdisciplinario que conduce a la recuperación del lago sochagota y los servicios directos e indirectos que este genera.

Palabras Claves: Actividad turística, Contaminación, ecosistema, lago

Abstract

The present investigative work exposes the perception of the water quality of Lake Sochagota by frequent social groups in the area of influence such as students, hoteliers, tourists, merchants,



public-private institutions. Lake Sochagota is classified as a lentic type lacustrine ecosystem, with a changing dynamic since its construction in the years 1950 to 1956, and where its aptitude was changed within the energy industrial component, being part of one of the tourist attractions of Paipa. Faced with the possible contamination of the lake, odors have been generated that are perceived heterogeneously in a general way by the communities, which has triggered a series of questions regarding the current problems of the lake, its possible solutions and the possible interinstitutional and interdisciplinary work that leading to the recovery of Lake Sochagota and the direct and indirect services it generates.

Keywords: Tourist activity, Pollution, ecosystem, lake

Introducción

De acuerdo al informe técnico del Año Internacional del Saneamiento en al año 2008, alrededor de una quinta parte de la población a nivel mundial no cuenta con el acceso a agua potable, es decir libre de contaminantes (ONU-agua,2008). El agua en su estado puro es inodora e insípida y presenta ciertas características tanto química como física que permiten evaluar sus condiciones de calidad y uso (Jaramillo,2022). El lago sochagota está influenciado directamente en su dinámica y morfología por los periodos de lluvia y verano (D. Camilo & Olga, 2020), la quebrada el salitre y de igual manera por los drenajes superficiales y algunos vertimientos que se derivan de la actividad hotelera (GIMESA,2020).

En el año de 1986, mediante acuerdo número 24 y resolución 262 de septiembre 9 de 1986 expedida por el Ministerio de Agricultura (Ministerio de ambiente, 1986) y modificada por el acuerdo 011 del 26 de agosto de 2011 por la Corporación autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá, 2019), se declara el Distrito de Manejo Integrado, Lago Sochagota y cuenca hidrográfica que lo alimenta (DMI) (Corpoboyaca, 2010), con una extensión de 8244,56 hectáreas, dando cumplimiento a lo preceptuado en el artículo 14 del Decreto 2372 de 2010 (Presidencia de la República., 2010), en el que se establece: "...La reserva, delimitación, alinderación, declaración, administración y sustracción de los Distritos de Manejo Integrado que alberguen ecosistemas estratégicos en la escala regional (Molina, 2013), corresponde a las Corporaciones Autónomas Regionales, a través de sus Consejos Directivos, en cuyo caso se denominarán Distritos Regionales de Manejo Integrado.". (Cárdenas 2003).



El lago sochagota se clasifica ecológicamente como un ecosistema lentic o lacustre de agua inmóvil (Joao et al., 2016), construido para diferentes fines en el año de 1956 (Cifuentes et al., 2019), ocupa un área de inundación de 163 hectáreas (Corpoboyacá, 2022), un perímetro aproximado de 6250 metros, capaces de almacenar un volumen de agua de 4.557.000 metros cúbicos (Alcaldía de Paipa, 2010); así mismo se da una batimetría media de 2.70 metros y máxima de 3.1 metros de profundidad; en este primer metro de profundidad puede llegar a tener 1.623.000 metros cúbicos, esto quiere decir que por cada centímetro de agua que se pierde o se baja el nivel el embalse disminuye 16.230 metros cúbicos de agua (Monroy et al., 2021) .

El lago es alimentado por la parte sur principalmente por la quebrada el salitre la que sigue un patrón dendrítico en su recorrido y alimenta con sus aguas en los $5^{\circ}45'10.68''$ Norte y $73^{\circ}07'6.29''$ (Jiménez et al., 2019) Este; de igual manera recibe aguas en la parte occidental y nor occidental a través de patrones de drenajes subdendriticos coordenadas $5^{\circ}46'07.36''$ Norte y $73^{\circ}07'33.74''$ Este (D. Camilo & Olga, 2020), así mismo por drenajes combinados en la parte sur del lago (Leguizamon, 2010; Medellín, 2018), en donde sobresalen vertimientos de agua superficiales tipo geotermales en las coordenadas $5^{\circ}45'39.44''$ Norte y $73^{\circ}06'54.18''$ Este . (Schumm 1986).

En el primer semestre del año 2016 el lago mostro ciertos cambios que son evidenciados y percibidos por los habitantes (Medrano, 2022) y turistas que frecuentan las inmediaciones del mismo (J. Camilo et al., 2021). Esta continua y paulatina contaminación por descargas altas o trazas de contaminantes sobre los cuerpos de agua conllevan a generar otra dinámica con múltiples efectos sobre la salud del mismo ecosistema y las comunidades que se benefician directa o indirectamente (Barceló, D., & LÓPEZ, M. J. 2008). Como consecuencia de la mala, falta de planeación y el desconocimiento de las posibles consecuencias de un mal aprovechamiento y uso del recurso hídrico (Lanziano, 2019), trajeron consigo la contaminación del ambiente natural. (Sagastizado, M 2001)

En este sentido y dada la alarma presentada, se empleó una metodología basada en organizar un panel de degustación integrado por diez personas entre los 14 y 45 años de edad utilizando ciertos descriptores referentes al olor y sabor (Salazar & Vasquez, 2016). Dicho método utiliza la rueda de gustos y olores adaptada para el agua por International Water Association, de igual forma se tomaron muestras de agua para su posterior análisis físico químico siguiendo la norma técnica colombiana (NTC) 813 y ASTM.

Metodología

Estudio descriptivo transversal. Se realizó un muestreo del agua en seis (6) lugares diferentes del Lago, tanto en la orilla como su zona centro profunda. Para el análisis físico químico de aguas se tuvo en cuenta diferentes parámetros a través de métodos cualitativos y cuantitativos permitiendo un acercamiento de las características de las aguas y su uso potencial, Consumo humano y doméstico, Conservación de flora y fauna, uso Agrícola, Pecuario, Recreativo, Industrial, Estético, Pesca, Maricultura y Acuicultura, Navegación y Transporte Acuático y contemplativo.

Los indicadores utilizados permitieron generar información para la evaluación, control y seguimiento del agua bajo el contexto de sostenibilidad además de reflejar la interacción entre la sociedad y el recurso agua necesarios para la toma de decisiones. De acuerdo con Bossel (1999), las características principales que deben tener los indicadores son las siguientes:

- Deben ser claros y compactos, con relevancia y cubrimiento de los principales aspectos.
- Deben expresar los problemas más relevantes en la interacción de los sistemas y su ambiente.
- Su búsqueda y construcción debe ser participativa.
- Deben ser definidos, reproducibles, no ambiguos, entendibles y prácticos.
- Deben ayudar a deducir la viabilidad y sustentabilidad de desarrollos actuales y permitir la comparación con proyectos alternativos.

Ubicación

El lago Sochagota se encuentra ubicado en la zona turística, al sur del municipio de paipa, este es alimentado por la quebrada El Salitre y sus aguas desembocan en el rio Chicamocha por medio de una compuerta; el lago cuenta con una condición lentic, su espejo de agua es de 1.5 km² y contiene aproximadamente 4.5 millones de metros cúbicos de agua, su profundidad aproximada es de 3 metros. Su latitud es de 5°46'06.6" N y longitud de 73°06'56.3" W.

Resultados



Bajo el programa de monitoreo y estudio de la calidad de las aguas del Lago Sochagota se tomaron 6 puntos de monitoreo obteniendo resultados obtenidos en condiciones in situ

Tabla 1. Programa de monitoreo y los parámetros medidos in situ

PROGRAMA DE MONITOREO ESTUDIO DE CALIDAD DE LAS AGUAS DEL LAGO SOCHAGOTA							
PARAMETROS MEDIDOS IN SITU	UNID.	PUNTOS DE MONITOREO					
		1	2	3	4	5	6
		HORA	HORA	HORA	HORA	HORA	HORA
		16:10:00.	15:35:00.	14:45:00.	17:05:00.	16:50:00.	16:32:00.
Oxígeno Disuelto	mg/l	9,2	6,6	4,4	6,4	8,6	8,1
Conductividad	s/cm	2453	2444	2683	2470	2473	2480
pH	Un	9,9	9,9	10,34	10,05	10,14	10
Solidos suspendidos	ppm	1240	1326	1345	1235	1248	1230
Temperatura	°C	20,3	21,3	21,3	20,5	22,2	21,5
Profundidad	m	1,65	2,6	1	2,7	2,47	1,7
Sechi	m	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Nubosidad	Un	4/8	4/8	4/8	5/8	6/8	5/8

Tabla 2. Calculo del índice de calidad de Agua

Cálculo del índice de calidad de agua – ICA (WQI – NSF) para puntos de monitoreo en el lago Sochagota										
Variable para el cálculo del WQI (NSF)	% ponderación (W)	PUNTO 1-2			PUNTO 3-4			PUNTO 5-6		
		Medida	Índice (I _i)	Valor	Medida	Índice (I _i)	Valor	Medida	Índice (I _i)	Valor
% Saturación de OD	24%	43%	35,4	8,5	73%	78,0	18,7	75%	80,5	19,3
NMP Coliformes Fecales/100 ml	19%	4	80,1	15,2	<3	2,0	0,4	23	56,5	10,7
pH (Unidades)	4%	9,9	19,7	0,8	9,9	19,7	0,8	10,3	9,7	0,4
DBO ₅ [mg/L]	21%	30,3	2,0	0,4	27	6,5	1,4	12,5	24,2	5,1
Nitratos (mgN/L)	10%	3	83,1	8,3	<LD	1,0	0,1	1	93,7	9,4



Fosfatos totales (mgP/L)	10%	0,06	2,0	0,2	0,081	92,0	9,2	0,039	95,9	9,6
Desviación de temperatura (°C)	2%	20,3	5,0	0,1	21,3	5,0	0,1	21,3	5,0	0,1
Turbiedad (UNT)	0%	27,7	53,4	0,0	33,2	48,4	0,0	20,5	60,9	0,0
Sólidos Totales (mg/L)	10%	1700	20,0	2,0	1673	20,0	2,0	1867	20,0	2,0
Total, ICA y descriptor de calidad	100%	35,5	CONTAMINADO - MALA		32,6	CONTAMINADO - MALA		56,6	INDICIO DE CONTAMINACIÓN - DUDOSA	

Continuación del Cálculo del índice de calidad de agua – ICA (WQI – NSF) para puntos de monitoreo en el lago Sochagota										
Variable para el cálculo del WQI (NSF)	Porcentaje de ponderación (W)	PUNTO 1-2			PUNTO 3-4			PUNTO 5-6		
		Medida	Índice (I _i)	Valor	Medida	Índice (I _i)	Valor	Medida	Índice (I _i)	Valor
% Saturación de oxígeno disuelto	24%	75%	80,5	19,3	48%	42,0	10,1	45%	37,9	9,1
NMP Coliformes Fecales/100 ml	19%	7	72,2	13,7	<3	2,0	0,4	4	80,1	15,2
pH (Unidades)	4%	10,05	15,7	0,6	10,1	13,6	0,5	10,0	16,9	0,7
DBO ₅ mg/L	21%	24,3	6,2	1,3	22,4	7,3	1,5	24	6,3	1,3
Nitratos (mg N/L)	10%	<LD	1,0	0,1	<LD	1,0	0,1	<LD	1,0	0,1
Fosforo total (mg P/L)	10%	0,101	90,2	9,0	0,07	93,0	9,3	0,075	92,6	9,3



Desviación de temperatura (°C)	2%	20,5	5,0	0,1	22,2	5,0	0,1	21,5	5,0	0,1
Turbiedad (UNT)	0%	32,3	49,2	0,0	36,3	45,8	0,0	30,5	50,8	0,0
Sólidos Totales (mg/L)	10%	1680	20,0	2,0	1675	20,0	2,0	1711	20,0	2,0
Total, ICA y descriptor de calidad	100%	46,2	CONTAMINADO - MALA		24,0	FUERTEMENTE CONTAMINADO - MUY MALA		37,8	CONTAMINADO - MALA	

Fuente. Presente estudio

1. Cálculo del índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)

Se presentan los parámetros que intervienen para el cálculo del (ICOMO) y los valores de los índices que en términos generales y en su gran mayoría presentan regulares condiciones, esto es equivalente a asegurar que la corriente se encuentra medianamente contaminada.

Tabla 3 1. Cálculo del índice de contaminación por materia orgánica [ICOMO]

Cálculo del Índice de Contaminación por Materia Orgánica [ICOMO] en los puntos de monitoreo en el Lago Sochagota								
Estaciones de monitoreo	DBO ₅ [mg/l] O ₂	CT [NMPN/100 ml]	Saturación de O ₂ [%]	Parámetros que intervienen en el cálculo			[ICOMO]	Clasificación de la Calidad
				I _{DBO}	I _{Colifor} mes totales	I _{Oxige} no_ %		
Punto 1	30,3	7	43	0,98	1,00	0,57	0,852	Pésima
Punto 2	27	<3	73	0,95	1,00	0,27	0,741	Pésima
Punto 3	12,5	23	75	0,71	1,00	0,25	0,656	Mala
Punto 4	24,3	9	75	0,92	1,00	0,25	0,723	Mala
Punto 5	22,4	3	48	0,89	1,00	0,52	0,805	Mala
Punto 6	24	23	45	0,91	1,00	0,55	0,822	Mala

Fuente. Presente estudio

2. Cálculo del índice de contaminación por sólidos suspendidos [ICOSUS]

El índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) presenta valores muy bajos debido a que la concentración de sólidos suspendidos en las diferentes estaciones también presenta valores bajos, siendo el más alto en el punto 3-4 cerca a la entrada de la quebrada el salitre, que por efectos

del arrastre y lavado que se genera en vías y conductos del alcantarillado durante un evento de precipitación que llegan a la quebrada.

Tabla 42. Cálculo del índice de contaminación por sólidos suspendidos [ICOSUS]

Cálculo del Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos [ICOSUS] en los puntos de monitoreo del Lago Sochagota			
Estaciones de monitoreo	Sólidos Suspendidos [mg/l]	[ICOSUS]	Clasificación de la calidad
Punto 1	16,5	0,030	Excelente
Punto 2	19,5	0,039	Excelente
Punto 3	20,5	0,042	Excelente
Punto 4	15,5	0,027	Excelente
Punto 5	21	0,043	Excelente
Punto 6	17	0,031	Excelente

Fuente. Presente estudio

3. Cálculo del índice de contaminación trófico [ICOTRO]

Los resultados para el cálculo del índice de contaminación trófico se evaluaron a partir de la concentración de fósforo total y se obtuvieron resultados iguales para todas las estaciones, un índice que evidencia eutrofia. Los resultados se observan en el siguiente cuadro:

Tabla 5. Cálculo del índice de contaminación trófico [ICOTRO]

Cálculo del Índice de Contaminación Trófico [ICOTRO] en los puntos de monitoreo del Lago Sochagota					
Estaciones de monitoreo	Fósforo Total PO₄-P [mg/l]	Índice de Contaminación Trófico [ICOTRO]			
	Promedio	Oligotrofia PO₄-P [mg/l] < 0,01 [mg/l]	Mesotrofia PO₄-P [mg/l] entre 0,01 - 0,02 [mg/l]	Eutrofia PO₄-P [mg/l] entre 0,02 - 1 [mg/l]	Hipertrofia PO₄-P [mg/l] > 1 [mg/l]
Punto 1	0,06			X	
Punto 2	0,081			X	
Punto 3	0,039			X	
Punto 4	0,101			X	
Punto 5	0,07			X	

Punto 6	0,075			X
---------	-------	--	--	---

Fuente. Presente estudio

Tabla 63. Resultados de Índices en el lago Sochagota

Valores calculados para los ICA y los ICO en el Lago Sochagota		
Índice	valor	Calificación
I.C.A.	39	Calidad regular
ICOMO	0,77	Presencia de contaminación por materia orgánica
ICOSUS	0,0035	No se presenta contaminación por sólidos suspendidos
ICOTRO	0,02-1	Eutrofia

Fuente. Presente estudio

En el siguiente cuadro se presentan los posibles usos que se le pueden dar a las aguas del Lago Sochagota dependiendo de su calidad, por lo que la mayoría de las estaciones de monitoreo indican que esta agua no es apta para ningún uso (según el rango de coliformes totales NMP/100ml). Según el análisis realizado utilizando varias referencias bibliográficas y el Decreto 1594/1984 respecto a usos del agua y residuos líquidos, los usos que se le pueden dar al lago Sochagota son recreativos, uso para preservación de flora y fauna y uso piscícola.

Las aguas del lago Sochagota presentan un uso muy restringido para actividades humanas de consumo y para el regadío de cultivos.

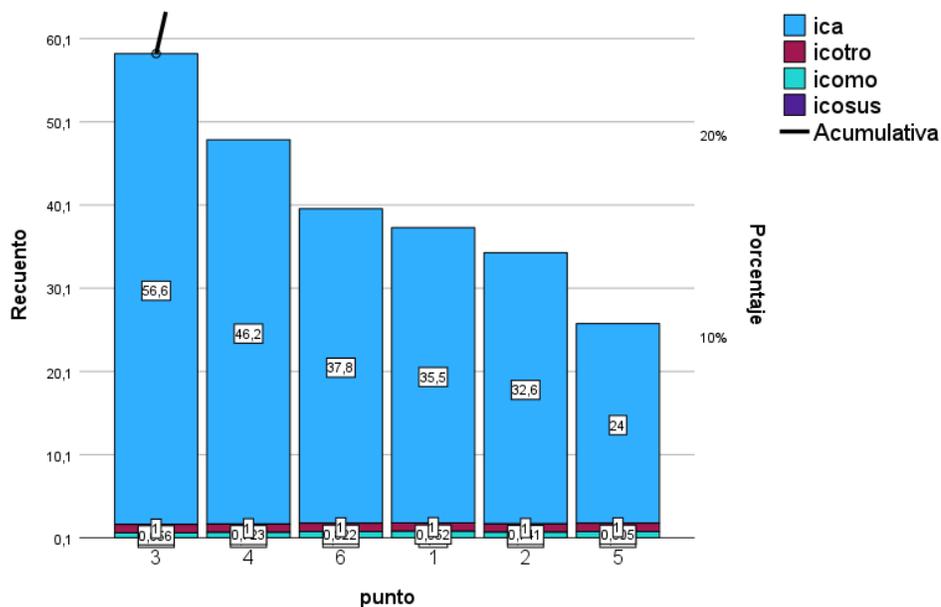


Tabla 7. Usos posibles que se le pueden dar al Lago Sochagota según Ramírez et al, 1998 y el Decreto 1594/84

Usos posibles para el recurso hídrico del Lago Sochagota según la normatividad y criterios recomendados por diferentes autores desde el punto de vistas de su calidad fisicoquímica											
Código	Estaciones de monitoreo	DBO ₅ [mg/l] O ₂	Calidad / Uso posible según Ramírez et al, 1998	Coliformes Totales [NMP/100ml]	Calidad / Uso posible según Decreto 1594/84	Fósforo Total PO ₄ -P [mg/l]	Calidad / Uso posible Ramírez et al, 1998	Sólidos Suspendidos [mg/l]	Calidad / Uso posible Ramírez et al, 1998	Oxígeno Disuelto [mg/l]	Calidad / Uso posible Ramírez et al, 1998
1	Punto 1	30,3	Polisaprobio (grado maximo de contaminación)	7	Recreación y Pesca	0,06	Eutrófica	16,5	Normal	3,3	Recreación y Pesca
2	Punto 2	27	Polisaprobio (grado maximo de contaminación)	<3	Recreación y Pesca	0,081	Eutrófica	19,5	Normal	6,6	Recreación y Pesca
3	Punto 3	12,5	Mesosaprobio grado medio de contaminación)	23	Recreación y Pesca	0,039	Eutrófica	20,5	Normal	4,4	Recreación y Pesca
4	Punto 4	24,3	Polisaprobio (grado maximo de contaminación)	9	Recreación y Pesca	0,101	Eutrófica	15,5	Normal	6,4	Recreación y Pesca
5	Punto 5	22,4	Polisaprobio (grado maximo de contaminación)	3	Recreación y Pesca	0,07	Eutrófica	21	Normal	3,7	Recreación y Pesca
6	Punto 6	24	Calidad dudosa	23	Recreación y Pesca	0,075	Eutrófica	17	Normal	3,6	Recreación y Pesca

Fuente. Presente estudio.

Discusión

Respecto al uso del recurso hídrico, y el análisis ICA se encuentra contaminado con grado malo, lo cual es consistente con los datos de los parámetros físico - químicos y bacteriológicos, debido a que se presentan cargas de materia orgánica que hacen que la DBO₅ y los sólidos presenten valores, así como los otros parámetros tenidos en cuenta para el cálculo de este índice (nitratos, oxígeno disuelto, temperatura, pH y coliformes fecales); esto puede ocasionar repercusiones a la salud como aumento en síntomas respiratorios, irritación en las vías respiratorias, gran dificultad para respirar, pues la exposición a este tipo de contaminación puede desencadenar a largo plazo enfermedades pulmonares y cardiacas; según los resultados de coliformes totales, oxígeno disuelto y sólidos suspendidos en el lago Sochagota, resulta una calidad de agua para uso recreativo, garantizando la protección de la salud de los usuarios, también es apropiado para pesca presentando niveles aptos para supervivencia de peces.



El valor del ICA para el Lago Sochagota muestra una corriente de agua con calidad regular; en cuanto a los ICO evidencia condiciones de una corriente con bajas cargas orgánicas y no presenta contaminación por sólidos suspendidos y presenta calidad de aguas eutróficas.

Con los índices calculados se puede reflejar unas condiciones de contaminación en las que se encuentra la fuente Lago Sochagota, siendo un factor de preocupación pues esto se debe a los vertimientos que recibe la quebrada El Salitre que es la que alimenta al lago. La mayoría de las estaciones registran condiciones de calidad mala, le sigue contaminado, dudosa calidad y solo se encontró la estación cinco como fuertemente contaminada. Estos resultados para el caso del ICOMO son coherentes con los resultados del ICOTRO que refleja los procesos de eutrofización que se presentan en el recurso hídrico a causa de la acumulación de nutrientes y para el caso específico del fósforo, que igualmente es introducido a causa de los vertimientos de tipo doméstico y agrícola que se presentan en la Quebrada el Salitre. Por el contrario, el ICOSUS no puede ser comparado con las condiciones que han reportado los demás índices debido a que las condiciones de sedimentación de sólidos en un lago son excelentes y más cuando no existe un aporte considerable de sólidos.

La determinación de los índices de calidad del agua es una herramienta fundamental para determinar los objetivos de calidad y usos que se le pueden dar a una corriente, así como permite establecer criterios para la ordenación de una corriente. En el caso particular del Lago Sochagota se observa que el uso predominante que se le puede brindar a estas aguas es el USO RECREATIVO Y PESCA, estas aguas no deben utilizarse para el consumo humano ni para regadío de cultivos sin tratamiento previo.

La morfología presentada en el lecho o fondo del lago es relativamente plana los sedimentos encontrados son de densidades medias, ocasionado su sedimentación y a la vez permitiendo su movimiento en el agua, estos lodos pueden alcanzar hasta 50 cm de espesor en un gran porcentaje del lago, ya que otro tipo de sedimentos fueron encontrados en la parte sur del lago en donde afloran bancos de arenas con movimiento dendrítico medio de aguas termominerales, de igual forma se pudo evidenciar sedimentos tipo arenoso arcillosos, con presencia de partículas de granulometría baja en carbón, en la parte de confluencia de la quebrada salitre y el lago sochagota

Conclusiones



Por sus condiciones lenticas, es susceptible a la acumulación de sólidos y presentar fenómenos de eutrofización, de igual manera por la baja circulación de oxígeno, desarrolla termoclina, el agua caliente está en superficie y el agua fría en la parte profunda donde falta el oxígeno formando una estratificación y una dinámica poblacional de organismos.

En la mayoría de las estaciones se registran condiciones de calidad mala. Estos resultados para el caso del ICOMO son coherentes con los resultados del ICOTRO que refleja los procesos de eutrofización que se presentan en el recurso hídrico debido a la acumulación de nutrientes y para el caso específico del fósforo, que igualmente es introducido a causa de los vertimientos de tipo doméstico y agrícola que se presentan en la Quebrada el Salitre. Por el contrario, el ICOSUS no puede ser comparado con las condiciones que han reportado los demás índices debido a que las condiciones de sedimentación de sólidos en un lago son excelentes y más cuando no existe un aporte considerable de sólidos.

Se puede concluir con el estudio que el Lago Sochagota no cuenta con las condiciones para darle un uso adecuado debido al rango de coliformes que presenta, pero al soportar con bibliografía se puede determinar que puede ser para usos recreativo, para preservación de flora y fauna y de uso piscícola.

El agua del lago no es apta para consumo teniendo en cuenta las condiciones espuestas pues puede generar o ayudar al desarrollo de enfermedades cardiacas y pulmonares, es por esto que cuenta con condición de uso recreativo, en pro de la comunidad.

Referencias

Alcaldía de Paipa. (2010). *POT Paipa* (Issue 064).

Ange J., C. del M. y C. Castaño U. 2002. Manual sobre los Lineamientos Generales para el Diseño y Puesta en Marcha del Sistema Regional de Áreas Protegidas de la CAR (Sirap-CAR), Bogotá, D.C., Beno Sander, Educación, Administración y Calidad de Vida. Edit. Santillana, 1990.



- Barceló, D., & López, M. J. (2008). Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. *Jornadas de presentación de resultados: el estado ecológico de las masas de agua. Panel científico-técnico de seguimiento de la política de aguas, Sevilla.*
- Camilo, D., & Olga, U. (2020). *Evaluación De La Calidad Del Agua En El Indicadores Socio-Ecológicos De Base. 2015*, 1–12.
- Camilo, J., Ram, M., Jim, A., Janneth, A., & Ram, E. (2021). *Hidroclimatología local e impactos en el lago Sochagota , Paipa , Boyacá.* 53–72.
- Cárdenas M. 2003. Caracterización de los Distritos de Manejo Integrado de los recursos Naturales Renovables, formulación y ensayo de una metodología para la evaluación de la efectividad en el manejo. *Colombia Forestal Vol 8 No. 16 sep. 2003.*
- Cervera Gómez, L. E. (2007). Indicadores de uso sustentable del agua en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Estudios fronterizos*, 8(16), 9-41.
- Cifuentes, G., Millan, J., Jiménez, R., & Quevedo, C. (2019). *Mackinawita, pirita y S en sedimentos lacustres ricos en materia orgánica (Lago Sochagota, Paipa, Colombia.*
- Corpoboyaca. (2010). *Acuerdo 011 del 2011.* 53.
- Corpoboyacá. (2022). *Lago Sochagota, Especiales.* <https://www.corpoboyaca.gov.co/sochagota/>
- Copoboyaca. (2019). Acuerdo 003. 53.
- GIMESA. (2020). Investigación para la sostenibilidad ambiental.
- Jaramillo, H. (2022). El agua. *Aguateros*, 9–14. <https://doi.org/10.2307/j.ctv2kjcwk8.4>
- Jiménez, R., Cifuentes, G., Jiménez, J., & Quevedo, C. (2019). *Influencia de aportes hidrotermales y antropicos en la composición del agua y en el ciclo del azufre en los sedimentos del lago Sochagota (Boyacá, Colombia).*
- Joao, C., García, M., Vera, A., Joao, C., & Ligia, B. (2016). *Identificación y clasificación de los microhábitats de agua dulce.*
- Lanziano, J. (2019). *No Title Unidad de concientización, transformación del culto del agua -*



Paipa. 1–142.

Leguizamon, A. (2010). *determinación de los impactos ambientales del turismo en el lago sochagota de la ciudad de Paipa*

Manrique, R. (2020). Caracterización del estado actual de la minería en el municipio de Paipa y su relación con el distrito de manejo integrado (DMI) Socha gota. DMI, 1–23.

Medellín, M. (2018). *Percepciones Sociales Y Ambientales Sobre El Lago Sochagota En Jóvenes De Grado Décimo De Paipa: Una Estrategia Comunicativa Para Su Implementación*.

Medrano, F. (2022). *Construcción colectiva para la apropiación del espacio público de la ronda del lago sochagota*. 2–66.

Ministerio de ambiente. (1986). *Resolucion 262 de 1986*.

Molina, L. (2013). *Districts integrated management: conservation strategy and sustainable use of bioiversity*.

Monroy, J., Espinosa, A., & Jimenez, W. (2021). *Hydroclimatología local e impactos en el lago Sochagota, Paipa, Boyacá*.

Organización de las Naciones Unidas (onu)-Agua, 2008, *Hacia la solución de una crisis mundial: Año Internacional del Saneamiento*, en <http://esa.un.org/iys/docs/flagship_ES.pdf>, consultado el 7 de septiembre de 2008.

Presidencia de la República. (2010). Decreto 2372 de 2010. 2010, 16.

Sagastizado, M, M. E. Impacto del uso de la tierra en la calidad del agua en la cuenca del Río Talnique, El Salvador. Tesis de grado CATIE, (2001).

Salazar, L., & Vasquez, Lady. (2016). *View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk*.

Schumm, S. A. (1986). Alluvial river response to active tectonics. *Active tectonics*, 80-94.

Vásquez, C., Ariza, A., & Pinilla, G. (2006). Descripción del estado trófico de diez humedales del Altiplano Cundiboyacense. *Universitas Scientiarum*, 11(2), 61-75.



Zúñiga, O. E. O., & Díaz, Y. C. M. (2015). Evaluación del aprovechamiento para consumo humano del agua de lluvia en una microcuenca urbana de Ibagué, Tolima, Colombia. *Ingenium*, 9(24), 11-22.