

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA A TRAVÉS DEL MÉTODO BMWP
(BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY) EN EL HUMEDAL SANTA
MARÍA DEL LAGO DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ – COLOMBIA**

**EVALUATION OF WATER QUALITY THROUGH THE BIOLOGICAL
MONITORING WORKING PARTY METHOD IN THE SANTA MARIA DEL LAGO
WETLAND OF BOGOTÁ CITY – COLOMBIA**



FACULTAD DE INGENIERÍAS

JAVIER MAURICIO VIVEROS MENA
Ingeniero Ambiental
Código 6700722

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA - UMNG
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESPECIALIZACIÓN GERENCIA DE LA CALIDAD
BOGOTÁ D.C.
2016**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA A TRAVÉS DEL MÉTODO BMWP
(BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY) EN EL HUMEDAL SANTA
MARÍA DEL LAGO DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ – COLOMBIA**

**EVALUATION OF WATER QUALITY THROUGH THE BIOLOGICAL
MONITORING WORKING PARTY METHOD IN THE SANTA MARIA DEL LAGO
WETLAND OF BOGOTÁ CITY – COLOMBIA**



*Trabajo de Investigación para optar al título de
Especialista en Gerencia De La Calidad*

Autor

JAVIER MAURICIO VIVEROS MENA
Ingeniero Ambiental
Código 6700722

Docente

FERNANDO ORTÍZ CÁRDENAS

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA - UMNG
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESPECIALIZACIÓN GERENCIA DE LA CALIDAD
BOGOTÁ D.C.
2016**

RESUMEN

Se presenta el siguiente documento con el fin de mostrar a la comunidad en general la investigación realizada sobre la evaluación de la calidad del agua del humedal Santa María del Lago de la ciudad de Bogotá a través de la implementación del método BMWP con un índice de identificación adaptado para Colombia, basándose en la utilización de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores.

Además de la identificación taxonómica, para validación de la información obtenida, se efectúa la evaluación de parámetros fisicoquímicos en puntos aleatoriamente seleccionados dentro del área del humedal y su respectiva relación con lo identificado a través de macroinvertebrados acuáticos. Adicionalmente, se proponen acciones correctivas y/o nuevas prácticas para su conservación.

PALABRAS CLAVE: Calidad del agua, macroinvertebrados, bioindicadores, humedal.

ABSTRACT

The following document is presented with the purpose to show the community in general the research carried out on the evaluation of the water quality of the Santa María del Lago wetland in the city of Bogotá through the implementation of the BMWP method with an identification index Adapted for Colombia, based on the use of aquatic macroinvertebrates as bioindicators.

In addition to the taxonomic identification, to validate the information obtained, the evaluation of physicochemical parameters in randomly selected points within the area of the wetland and its respective relation with the identified through aquatic macroinvertebrates is carried out. In addition, corrective actions and / or new practices are proposed for their conservation.

KEY WORDS: Water quality, macroinvertebrates, bioindicators, wetland.

INTRODUCCIÓN

La historia de los humedales se remonta a unos 60.000 años aproximadamente cuando el extenso lago de Humboldt se extendía por toda la sabana de Bogotá, su tamaño era abismal, tanto así que lograba incluir en su interior municipios aledaños a la capital colombiana, como lo son Chía, Cajicá y Mosquera entre otros. Este se caracterizaba por poseer una gran riqueza de flora y fauna denotando condiciones de paramo, sin embargo, pasados unos 30.000 años el lago tomo una nueva tendencia en su naturaleza pues con el aumento de temperatura o canalización a través del río Bogotá.

Debido a dichas variaciones diversos sucesos tuvieron lugar, uno de los más representativos fue la disminución del nivel del agua producto del alza de la temperatura, al presentarse esta situación el gran lago Humboldt se fragmentó y fue entonces cuando se formaron los humedales.

Como lo describe el Instituto Alexander von Humboldt, (2004), los humedales eran venerados y considerados como sitios sagrados por los Muiscas en el siglo XVI, estos fueron objeto de buenas prácticas para su conservación pues de ellos se desprendían diversas actividades económicas relacionadas directamente con las condiciones de vida de esa comunidad, esto hizo que se hiciera cada vez más común que sus viviendas estuvieran muy cerca de estos acuíferos o incluso dentro de ellos. [1]

En el año de 1538, según lo indica la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., (n.d.), fue fundada la ciudad de Santa fe, delimitada desde la plaza de Bolívar, un punto que gozaba de excepcionales beneficios, la gran solvencia de lagos y lagunas en la zona tuvo gran influencia en la infraestructura vial y de viviendas, generalmente las casa estaban muy cerca a los humedales y las calles eran grandes pendientes que garantizaban el flujo del agua de oriente a occidente, y los cuerpos de agua cercanos funcionaban como amortiguadores para evitar inundaciones, sin embargo, la pobre ingeniería existente en la época para sistemas de distribución de agua potable y aguas negras fue un factor clave para la contaminación de estos afluentes pues todos los desagües llegaba a ellos directamente. [2]

Conocidos comúnmente como cuerpos de agua, los humedales son ecosistemas acuáticos de suma importancia e interés para la investigación científica nacional e internacional, se caracterizan por favorecer el desarrollo continuo de la flora y fauna nativa de la zona donde se encuentren.

Reconocidos en el año de 1971 durante la Convención de Ramsar realizada en Irán, citado Whiting et al., (2002), los humedales son:

Las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres

o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros. [3]

Estos se destacan por poseer todas las condiciones esenciales para el desarrollo del ciclo de vida de las especies que habitan en ellos, y a su vez sirven como ruta migratoria para algunas especies de aves que llegan a la región a cumplir con parte de sus respectivos ciclos de vida. De igual manera, la presencia de estas distintas especies de aves es esencial para el control biológico de la proliferación de masa de insectos.

(Elena et al., 2013) Los humedales de la sabana de Bogotá cuentan con una gran riqueza biótica, en ellos es común encontrar especies endémicas de aves como la Tingua Bogotana (*Rallus semiplumbeus*) y el Pato turrio (*Oxyura jamaicensis*), plantas como Juncos (*Scirpus californicus*), lenteja de agua (*Lemna minor*), el helecho de agua (*Salvinia sp*) y macroinvertebrados como Barqueros (*Corixidae*) o Hyalellas (*Hyalellidae*) entre otras tantas variedades existentes, su presencia o ausencia en estos medios acuáticos es un indicador de buena o mala calidad de los mismos. Por tal motivo, para su conservación es indispensable analizar estos parámetros, con el fin de identificar su significado, sus repercusiones en el entorno y las posibles acciones de mejora, siempre que sea requerido. [4]

Actualmente, estas aves, planta y macroinvertebrados antes mencionadas se encuentran en peligro de extinción, como lo describe la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá - SDA, (2013), esto se debe a distintas actividades antrópicas que tienen una influencia en el deterioro de las condiciones esenciales para el desarrollo de la vida, en el caso del humedal Santa María del Lago, la generación de rellenos en su extensión, la urbanización ilegal, la recepción de vertimientos de aguas residuales domésticas son las causas principales de este suceso, por eso, es curioso que siendo este un sitio que favorece la conexión de los seres humanos con la naturaleza se encuentre en una situación como esta. [5]

Sin duda alguna, otra causa del deterioro de este y varios humedales de la zona norte de Bogotá reconocida en el informe de la Contraloría de Bogotá D.C., (2015) es la poca conciencia ambiental de los vecinos de la ciudad de Bogotá que realizan recorridos constantes u ocasionales a esta área, allí es común encontrar residuos generados o abandonados en las rutas establecidas para el tránsito de los visitantes, estos desechos pueden ser ingeridos por algunas aves, lo cual puede causarles alteraciones en su ciclo de vida y en el desarrollo de las condiciones esenciales de esta área. [6]

Cabe destacar que dicha situación no se presenta de forma generalizada, es decir, que la inconciencia de los visitantes causantes de la constante presencia y abundancia de desechos en el humedal no es un factor que los salpique a todos, lo que quiere decir que así como hay personas con poco sentido de pertenencia e interés por la conservación de estos entornos, también hay individuos que dedican

un poco de su tiempo a velar por el buen estado de estas áreas por ende, como lo afirma Técnico et al., (2004), posible afirmar que se evidencia falta de apoyo de entidades gubernamentales, y a estas alturas sería bueno obtener un sustento más grande por parte de los entes administrativos con el fin de lograr que la conciencia en la población no sea segmentada sino total. [7]

Los humedales son reservas ecológicas que desde hace décadas vienen siendo maltratadas por la sociedad a través de su continuo enfoque en el desarrollo urbano, lo cual ha generado un agotamiento notorio de sus condiciones. Las continuas iniciativas de desarrollo urbano y el poco interés de las entidades gubernamentales, son las principales causas del deterioro de estos ecosistemas acuáticos que son muy especiales por la diversidad biótica que contienen, además de los beneficios que pueden otorgar como amortiguadores ante una eventual inundación.

Por otra parte, los humedales no son comúnmente objeto de estudio, esto hace que la información auténtica referente de ellos y su estado sea muy corta o en el peor de los casos inexistente, lo cual es un impedimento enorme a la hora de emprender actividades de mejora o recuperación en los peores casos, por esta razón, se toma la decisión de profundizar en esta temática puesto que es indispensable contar con estas áreas en buen estado tanto por el bien de la comunidad aledaña como por las especies autóctonas.

En el continuo desarrollo de las condiciones de los humedales se encuentran inmersos diferentes factores biogeofísicos y socioeconómicos, por tanto es indispensable tener comprensión absoluta de los mismos con el fin de tener sólidas bases para lograr tanto en la teoría como en la práctica la sostenibilidad de sociedad-humano. Teniendo cuenta que entre los factores relacionados se encuentra el cambio climático y de las condiciones del suelo, es prudente conocer que afectaciones tienen estas variaciones.

En definitiva, la finalidad de este estudio es conocer y establecer las condiciones de calidad de las aguas del humedal a través del método BMWP y parámetros fisicoquímicos, generando así información documentada acerca del estado actual de esta reserva ecológica con el fin de plantear, si es posible, nuevas alternativas que contribuyan con la recuperación de estos cuerpos de agua.

Por consiguiente, en el presente artículo se realiza una evaluación de la calidad de agua del humedal Santa María del Lago de la ciudad de Bogotá – Colombia a través del método BMWP y parámetros fisicoquímicos, para lo cual, como primera medida se realiza una medición de variables como pH, turbidez, temperatura y oxígeno, y en segunda estancia se realiza una selección aleatoria de cuatro puntos dentro del área del humedal, a su vez una recolección de macroinvertebrados en cada uno de ellos con el fin de conocer las condiciones del agua. Cabe mencionar que debido a las condiciones climatológicas bimodales que posee Colombia, esta metodología se desarrollara tanto en periodo de lluvias como en periodo seco, esto como validación de la información obtenida.

Teniendo en cuenta lo anterior, se evalúa la relación y se efectúa una comparación entre ambos parámetros como forma de validación del proceso, finalizando así con la formulación de una acción de mejora que favorezca la mejora y conservación de las condiciones del humedal.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología BMWP inicia a través de los estudios de macroinvertebrados realizados por Friedrich August Rudolph Kolenati y Ferdinand Cohn, los cuales fueron titulados “Über Nutzen und Schaden der Trichopteren” (en español: ¿Quién se beneficia y los daños de Trichoptera?) y “Über lebende Organismen im Trinkwasser” (en español: Organismos que viven en el agua potable) publicados en los años de 1848 y 1853 respectivamente. Fue en ese entonces cuando se descubrió que había una intensa relación entre estos organismos y el medio en el que se encuentran.

Transcurrido casi un siglo, luego de un sinnúmero de estudios realizados por otros autores en toda la extensión del continente Europeo, en el año de 1970 nació el método Biological Monitoring Working Party (BMWP), el cual fue catalogado como un método sencillo y económico para determinar la calidad del agua, puesto que en ese entonces un análisis de calidad era relativamente costoso.

Con el año de 1973 en curso, la metodología BMWP es aplicada por primera vez en Colombia, esto con los estudios de fauna en el río Medellín elaborados por el investigador de la Universidad de Antioquia Gabriel Roldán Pérez, más adelante, para el año de 1988 Owe Mathias y Humberto Moreno desarrollaron una investigación similar en el mismo río adicionando la relación de los parámetros fisicoquímicos con la presencia de determinadas especies de macroinvertebrados.

Para la ejecución de la presente investigación, la Regional, (2012) indica que el proceso parte dos fases fundamentales para su desarrollo, la primera es la de campo, la cual consta de una selección aleatoria de cuatro puntos dentro del área del humedal para realizar una recolección de macroinvertebrados con la ayuda de la malla tanto en periodo de estiaje como en periodo de lluvia. Cabe aclarar que la elección de los sitios de muestreo es al azar debido a que los humedales son sistemas uniformes, esto quiere decir que no es necesario tener en cuenta criterios concretos para ello. Para ello se debe contar con:

- Malla para recolección (preferiblemente de boca triangular). La barra soporte debe tener una extensión mínima de 1.50 metros para garantizar que la red entre hasta el fondo del cuerpo de agua sin que el investigador también tenga que hacerlo.
- Bandeja (preferiblemente de color blanco) para depositar el material extraído con la malla.

- Pinzas pequeñas para tomar con facilidad los macroinvertebrados presentes en el material extraído.
- Frascos pequeños recolectores para almacenar los macroinvertebrados capturados.
- Alcohol antiséptico.
- Guantes
- Equipos para medición de parámetros fisicoquímicos (Termómetro, Oxímetro, Turbidímetro, etc.)

La malla de recolección debe ser introducida hasta el fondo del cuerpo de agua en tres ocasiones, y una vez allí, se debe raspar ligeramente con el fin de extraer la mayor cantidad de macroinvertebrados. Este proceso se debe realizar en cada uno de los cuatro puntos seleccionados dentro del humedal.

Los macroinvertebrados extraídos por punto y por cada inserción de la malla deben ser introducidos en un frasco con 30% de agua (del humedal preferiblemente) y 70% de alcohol para conservar las características morfológicas de los taxones aunque ya no se encuentren en su medio. Así, se obtendrán cuatro frascos por punto; una vez finalizado el muestreo biológico, se da inicio a la toma de parámetros fisicoquímicos tales como pH, oxígeno disuelto, conductividad, turbidez y temperatura en cada uno de los puntos.

Al finalizar todos los anteriores pasos, se da inicio a la segunda fase, la práctica de laboratorio, la cual consiste en identificar y contar todos y cada uno de los macroinvertebrados encontrados, es decir, reconocer a que familia pertenece cada insecto hallado y lo que indica su presencia dentro del agua, lo cual favorece la toma de decisiones en temas de calidad. [8]

ANALISIS DE RESULTADOS

De acuerdo a los análisis entomológicos y teniendo en cuenta el nivel de especies y el número de individuos presentes, podemos inferir la calidad de agua que se presenta en el humedal Santa María del Lago es dudosa debido a que algunas de estas familias se caracterizan por vivir en ambiental con alta presencia de agentes contaminantes además de factores de carácter antrópico que han tenido gran influencia a través del tiempo.

Durante el proceso de identificación de macroinvertebrados fueron halladas familias que se caracterizan por ser ligeramente tolerantes a la contaminación como es el caso de Corixidae del orden hemiptera, sin embargo, se también fue posible encontrar individuos de la especie Chironomidae, los cuales muestran ser más resistentes a entornos contaminados. De esto es posible inferir que esta

situación se presenta debido a que las especies más fuertes fueron encontradas en puntos donde la concentración de agentes contaminantes es mayor, como por ejemplo, el punto de descargas del conjunto residencial “El Sago” en cercanías a este cuerpo de agua.

Tras aplicación del método BMWP en periodo de estiaje (seco) y periodo lluvia en el humedal Santa María del Lago, se caracterizaron las familias de macroinvertebrados Libellulidae, Corixidae, Aeshnidae, Coenagrionidae, Physidae, Chironomidae, Hyalellidae, planorblidae y Pelecypoda Unionidae. Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación se dan a conocer los resultados en cuanto a la presencia y significancia de individuos de las diferentes familias.

A continuación se hará una pequeña caracterización referente a la significancia de la presencia de cada una de estas familias en el estudio realizado.

ITEM	FAMILIA	PUNTAJE BMWP	SIGNIFICANCIA
1	Libellulidae	6	Los macroinvertebrados pertenecientes a esta familia en su mayoría son característicos de aguas poco contaminadas, sin embargo, ocasionalmente son hallados en aguas moderadamente contaminadas.
2	Corixidae	7	Los organismos con este puntaje son característicos de aguas poco contaminadas.
3	Aeshnidae	6	Los macroinvertebrados pertenecientes a esta familia en su mayoría son característicos de aguas poco contaminadas, sin embargo, ocasionalmente son hallados en aguas moderadamente contaminadas.
4	Coenagrionidae	7	Los organismos con este puntaje son característicos de aguas poco contaminadas.
5	Physidae	3	Los macroinvertebrados con este puntaje son comunes en aguas contaminadas aunque es posible encontrarlos ocasionalmente en aguas muy contaminadas.
6	Chironomidae	2	Los organismos con este puntaje son característicos de

			aguas muy contaminadas.
7	Hyaellidae	7	Los organismos con este puntaje son característicos de aguas poco contaminadas.
8	planorbiidae	5	Los macroinvertebrados con este puntaje son característicos de aguas moderadamente contaminadas.
9	Pelecypoda	4	Los macroinvertebrados con este puntaje son comunes en aguas moderadamente contaminadas aunque es posible encontrarlos ocasionalmente en aguas contaminadas.

Fuente: Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua/ Gabriel Roldán Pérez, 2012.

La cantidad total de individuos hallados de todas las estirpes en los cuatro puntos seleccionados fue de 83 individuos en periodo seco, mientras que en periodo de lluvia fueron 127, mostrando a los macroinvertebrados la familia *Corixidae* del orden *Hemiptera* como la más representativa.

Basándose en los índices BMWP y ASTP, para el periodo de estiaje se tienen valores de 37 y 5,28 respectivamente; esto representa que el humedal posee aguas de calidad dudosa, moderadamente contaminadas de clase 3 y diversidad media, para el periodo de lluvia, se obtuvo un valor BMWP de 45 y un ASTP de 5,62, lo cual indica que son aguas de calidad dudosa con aguas moderadamente contaminadas, diversidad media y de clase 3 según los índices analizados, todo esto definido con un color amarillo, en el rango de valores BMWP para Colombia definido por (Roldán, 1999). [9]

Adentrándose en los parámetros fisicoquímicos analizados, los rangos de pH obtenidos en cada punto de muestreo seleccionado en ambos periodos son aceptables, esto avalado por el (Ministerio De Ambiente & Territorial, 1984) a través decreto 1594 de 1984, el cual en su artículo 42 especifica que las aguas para uso recreativo deben estar en un rango de 5 a 9 unidades. [10]

Adicionalmente se observa que los resultados de los análisis de contenido de oxígeno disuelto en periodo de estiaje se encuentran muy por debajo de lo requerido por la norma (70% de Saturación). Por tanto, como lo explica (Ott, 1987), los cuatro puntos de muestreo llegan a estar entre los 29.90 y los 67.9 puntos porcentuales de saturación para oxígeno disuelto. [11]

Para el caso de la conductividad, los valores obtenidos en los cuatro puntos de muestreo en los dos periodos cumplen satisfactoriamente con respecto a lo estipulado el (Ministerio de Protección Social Ambiente Desarrollo y Vivienda, 2007) en su resolución 2115 de 2007, la cual muestra que el valor máximo permisible es de 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Además, para la turbidez, el mismo documento resalta que el agua debe tener una valor máximo de 2 NTU, y para consumo humano de 0.5 NTU. El análisis muestra exceso de esta medida en todos los puntos estudiados. [12]

DISCUSION DE RESULTADOS

Apoyándose en lo afirmado por (Medio Ambiente, 1998) en el decreto de ley 2811 de 1974 en su artículo 329, “las reservas naturales son aquellas en las cuales existen condiciones de diversidad biológica destinada a la conservación. Investigación y estudio de sus riquezas naturales”, incluidas en dichas áreas, también se encuentran los humedales, los cuales además de lo antes mencionado también sirven como sitios de paso para especies migratorias. [13]

Adicional a la obligación y la necesidad de conservación de estas áreas, en Bogotá algunos de los humedales existentes también son espacios de uso recreativos que le permiten a la población caminar en su interior y disfrutar de zonas naturales para su esparcimiento. Tras el desarrollo de la investigación, es posible evidenciar que los parámetros fisicoquímicos del humedal Santa María del Lago se ven severamente afectados principalmente por actividades antrópicas.

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - EAAB, (2001) muestra que la afectación de los parámetros fisicoquímicos más relevantes como el pH o el oxígeno disuelto se debe a los frecuentes vertimientos procedentes de las urbanizaciones aledañas y aguas con altos contenidos de grasas provenientes de talleres automotrices cercanos al humedal. [14]

Para corroborar esto, teniendo en cuenta parámetros fisicoquímicos como el oxígeno disuelto o la turbiedad, a través de los resultados obtenidos en esta evaluación, es posible evidenciar que los valores referentes a la medida de oxígeno disuelto se ven alterados específicamente en el punto de muestreo número 4 tanto en periodo de lluvia como en periodo de estiaje. Esto debido a que este sitio se caracteriza por recibir descargas de aguas residuales domiciliarias provenientes del “Conjunto Residencial el Sago” ubicado en cercanías al humedal.

Con base en esto, es posible afirmar que el nivel de contaminación en este sector es más alto con respecto a los demás debido al vertimiento generado. Todo esto, deducido y validado gracias a la presencia de macroinvertebrados de las familias *Chironomidae* y *Planorbiidae*, los cuales cuentan con un puntaje 2 y 5 en la escala

BMWP que denotan que estos organismos son característicos de aguas muy contaminadas y moderadamente contaminadas respectivamente, y aunque fue posible capturarlos en algunos de los otros puntos en ambos periodos, la cantidad de taxones captados en este lugar fue más elevada con respecto a los demás.

En complemento de lo anterior, Guadalupe & Rolando, (2009) explica que entre los efectos más comunes de la presencia de la planta conocida como Enea (*Typha*) en el humedal se encuentran la reducción del oxígeno disuelto y la alta producción de residuos orgánicos a causa de los restos de raíces y ramificaciones en el agua. [15]

Específicamente en el punto de muestreo número 3, la disminución del oxígeno disuelto es producto de las firmes y largas raíces de este tipo de pasto que impiden el intercambio de oxígeno con la atmósfera debido a que se queda atrapado en la parte lodosa de las profundidades del cuerpo de agua. Sin embargo los parámetros más comprometidos en el sitio son la conductividad y la turbiedad a causa de la captación excesiva de nutrientes de esta planta invasora, lo cual influye directamente en la aceleración de su ciclo de vida que conlleva a la muerte rápida, pronta descomposición y rápida generación de residuos orgánico y algas.

Eventualmente, los resultados del muestreo de la conductividad y la turbiedad en este punto en ambos periodos son más bajos con respecto a los demás pero se exceden un poco con respecto a lo requerido por la norma debido a la problemática antes mencionada, lo cual influye en temas de calidad del agua, sin embargo, estos parámetros suelen ser un poco más comunes y fáciles de tratar a diferencia del pH y el oxígeno disuelto, por tanto es posible inferir que las condiciones del agua en este sitio no son tan críticas como en los otros.

Esto lo ratifica la presencia de macroinvertebrados de las familias *hyalellidae* y *Corixidae* con puntaje 7 en la escala BMWP el denota que estos organismos son característicos de aguas poco contaminadas y la aparición de taxones de *libellulidae* y *aeshnidae* con puntaje BMWP de 6 propio de aguas poco contaminadas, sin embargo, ocasionalmente son hallados en aguas moderadamente contaminadas.

PRODUCTO NO CONFORME

A lo largo de esta investigación se pudo observar que los estándares de convivencia para el manejo adecuado y conservación de los recursos naturales por parte de la comunidad han sido cumplidos a cabalidad, entre las estrategias establecidas por las personas se observa:

- ✓ La disposición adecuada de residuos sólidos (empaques, envolturas, envases, etc) ya que su presencia en las rutas peatonales ya no es tan notoria.
- ✓ Cuidado y respeto a la riqueza silvicultural característica de la zona.
- ✓ Respeto a las especies animales nativas y migratorias como la Tingua Bogotana.

La presencia y el apoyo de entes gubernamentales como el Ministerio de Ambiente, la Secretaría Distrital de Ambiente, la CAR y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá es sinónimo de cuidado y conservación del humedal, sin embargo, tras la ejecución del proyecto, es posible afirmar que el acompañamiento de las entidades oficiales no ha sido el esperado, es posible inferir esto ya que se considera que el personal designado como comitiva, guía y protección dentro del humedal no es suficiente y no cuenta con la capacitación adecuada.

Para corregir esta problemática, sería indispensable que las entidades gubernamentales tengan en cuenta la importancia de una mayor designación de personal al cuidado de los humedales o en su defecto guías, esto para así aumentar los estándares de planeación adicional al cumplimiento de políticas de conservación. Además de esto, para el buen desarrollo de sus funciones, el personal debe ser capacitado y/o entrenado para la correcta ejecución de sus funciones que a su vez son las más relevantes (acompañamiento, seguimiento, verificación, control, etc).

Seguido de esto, con el fin de mejorar las condiciones de calidad del agua y la diversidad de los humedales en general, sería muy bueno incluir a la comunidad en el proceso, esto a través del desarrollo de actividades lúdicas y la implementación de nuevas tecnologías que permitan el movimiento tanto afuera como adentro del agua, elementos como lanchas o molinos que cumplan con esta función favorecerían el intercambio de oxígeno y por ende la mejora de este parámetro además del entorno de los organismos presentes y de estos ecosistemas en general.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados de los análisis fisicoquímicos que se llevaron a cabo para este estudio, se puede concluir que el humedal Santa María del Lago no cuenta con todas las características especificadas por la normatividad colombiana para garantizar calidad de sus aguas, pese a que factores como el pH y la conductividad se encuentran dentro de los rangos permitidos, parámetros como la turbiedad, conductividad (estos dos un poco más llevaderos y tratables) y el más afectado, oxígeno disuelto no son aceptables.

Pese a que la contaminación de este cuerpo de agua no es severa en comparación a otros humedales de la ciudad de Bogotá, este no cumple con lo estimado por el decreto 1594 de 1994 en lo concerniente a aguas para uso recreativo y entre tantas otras razones, la más representativa y a la vez influyente son los vertimientos de aguas residuales domiciliarias seguido de la presencia de Enea (*Typha*), pasto generador de materia orgánica y enraizamiento excesivo que afecta directamente la turbiedad, el color aparente del agua y el oxígeno disuelto.

La anterior afirmación es acompañada y corroborada por los análisis biológicos realizados, los cuales definieron que el humedal posee aguas de clase III, de calidad dudosa con diversidad biótica media, esto a través de los índices BMWP y ASTP. Aunque la presencia de familias como *Hyaellidae* y *Corixidae* otorga puntajes que expresan condiciones de poca contaminación, *Planorbiidae* y *Chironomidae* indican aguas moderadamente contaminadas y muy contaminadas, lo cual genera una gran incertidumbre sobre las propiedades del agua.

Durante los últimos 3 años el humedal ha venido sufriendo constantes variaciones, una de ellas es la reducción de su extensión y por ende la disminución del área de su espejo de agua, todo por factores antrópicos como las adecuaciones locativas de las edificaciones cercanas y el aumento de la cantidad de Enea presente que a su vez es causante de la eutrofización reflejada en la evaluación de oxígeno disuelto.

Teniendo en cuenta todo esto, es posible afirmar que aunque la presencia de Tinguas Bogotanas además de otras especies de aves y macroinvertebrados muestra que el humedal posee variedad de especies, los análisis fisicoquímicos y biológicos efectuados indican que el humedal ya no posee las condiciones requeridas para soportar su diversidad biológica que lo ha caracterizado a través de los años.

BIBLIOGRAFIA

- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (n.d.). HUMEDALES DE BOGOTA HUMEDALES : encontrará el listado de humedales distritales.
- Ambiente, M. (1998). Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de en ejercicio de las facultades extraordinarias conferidas por la Ley 23 de 1973 y previa participar en su preservación y manejo , que son de utilidad pública e interés social . , 1974(34).
- Ambiente, M. De, & Territorial, D. Decreto 1594, 1984Ley 9 de 1979 - Ley 2811 1974 55 (1984).
- Contraloría de Bogotá D.C. (2015). Informe de auditoría gubernamental con enfoque integral modalidad especial transversal al manejo, control, seguimiento y protección de los parques ecológicos de humedal de la zona norte de bogotá D.C. *Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015*, 1. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Elena, M., Estupiñán, C., Carolina, D., Cárdenas, S., Antonio, M., & Chávez, C. (2013). Seguimiento a Las Políticas Ambientales Distritales Y Las Herramientas De Planeación En Dos Humedales Del Distrito Capital Environmental Policies and Planning Tools in Two, (c).
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - EAAB. (2001). Humedal Santa María del Lago. *Ventana Ambiental - Humedales*.
- Guadalupe, M., & Rolando, S. (2009). Effect of hydrophytes (*Typha latifolia*) presence on the redox potentials (reduction-oxidation) in lab scale, 24(1).
- Humboldt, A. von I. de I. de R. B. (2004). Los Humedales de la Sabana de Bogotá : Área Importante para la Conservación de las Aves de Colombia y el Mundo, 38.
- Ministerio de Proteccion Social Ambiente Desarrollo y Vivienda. (2007). Resolucion numero 2115, 23. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ott, W. R. (1987). Environmental Indices, Theory and practice, 1–3. Retrieved from http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/OD.pdf
- Regional, C. A. (2012). *Los Macroinvertebrados como Bioindicadores de la Calidad Del Agua Calidad Del Agua*.
- Roldán, G. P. (1999). Los Macroinvertebrados Y Su Valor Como Indicadores De La Calidad Del Agua. *Revista Academica Colombiana de Ciencias Exactas, Fisicas Y Naturales*. <http://doi.org/0370-3908>
- Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá - SDA. (2013). Ficha de buenas prácticas: PED Humedal Santa María del Lago. *PEH Humedal Santa Maria Del Lago*.

Técnico, E., Lucia, P., Barreiro, V., Alfonso, C., Leguizamón, D., & Nieto, S. (2004). DEL DISTRITO CAPITAL Plan estratégico para su restauración , conservación y manejo.

Whiting, G. G. J., Chanton, J. J. P., Ramsar. Irán, Hartman, W. H., Richardson, C. J., Vilgalys, R., ... Li, C. (2002). Evaluaci??n de un humedal artificial de flujo vertical intermitente, para obtener agua de buena calidad para la acuicultura. *Revista Mexicana de Ingeniera Qumica*, 16(4), 93–99.
<http://doi.org/10.1080/10256016.2013.831089>

ANEXOS A.

CONTEO E IDENTIFICACION DE MACROINVERTEBRADOS Y DETERMINACION DE CALIDAD DEL AGUA.

Tabla 1. Macroinvertebrados identificados periodo de estiaje

SANTA MARIA DEL LAGO	PERIODO ESTIAJE					
	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	CANTIDAD	PUNTAJE BMWP
PUNTO 1	GASTROPODA	BASOMMATOPHORA	PLANORBIIDAE	HELISOMA	2	5
	INSECTA	HEMIPTERA	CORIXIDAE	TENGOBIA	19	7
	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE		4	2
PUNTO 2	INSECTA	HEMIPTERA	CORIXIDAE	TENGOBIA	16	7
	GASTROPODA	BASOMMATOPHORA	PHYSIDAE	PHYSA	2	3
	GASTROPODA	BASOMMATOPHORA	PLANORBIIDAE	HELISOMA	1	5
PUNTO 3	INSECTA	ODONATA	LIBELLULIDAE	MACROTREMIS	3	6
	CRUSTACEA	AMPHIPODA	HYALELLIDAE	HYALELLA	7	7
	GASTROPODA	BASOMMATOPHORA	PHYSIDAE	PHYSA	3	3
	INSECTA	HEMIPTERA	CORIXIDAE	TENGOBIA	13	7
PUNTO 4	CRUSTACEA	AMPHIPODA	HYALELLIDAE	HYALELLA	8	7
	INSECTA	ODONATA	COENAGRIONIDAE	TELEBIASIS	2	7
	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE		3	2

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 2. Macroinvertebrados identificados periodo de lluvia

SANTA MARIA DEL LAGO	PERIODO DE LLUVIA					
	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	CANTIDAD	PUNTAJE BMWP
PUNTO 1	GASTROPODA	BASOMMATOPHORA	PLANORBIIDAE	HELISOMA	3	5
	INSECTA	HEMIPTERA	CORIXIDAE	TENGOBIA	27	7
	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE		3	2
	BIVALVIA	VENEROIDA	PELECYPODA	UNIONIDAE	1	4
PUNTO 2	INSECTA	HEMIPTERA	CORIXIDAE	TENGOBIA	28	7
	INSECTA	ODONATA	LIBELLULIDAE	MACROTREMIS	2	6
	GASTROPODA	BASOMMATOPHORA	PLANORBIIDAE	HELISOMA	4	5
	CRUSTACEA	AMPHIPODA	HYALELLIDAE	HYALELLA	5	7
PUNTO 3	INSECTA	ODONATA	LIBELLULIDAE	MACROTREMIS	6	6
	CRUSTACEA	AMPHIPODA	HYALELLIDAE	HYALELLA	14	7
	INSECTA	HEMIPTERA	CORIXIDAE	TENGOBIA	1	7
	INSECTA	ODONATA	AESHNIDAE	CORYPHAESHNA	3	6
	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE		7	2
PUNTO 4	INSECTA	ODONATA	AESHNIDAE	CORYPHAESHNA	4	6
	INSECTA	ODONATA	COENAGRIONIDAE	TELEBIASIS	1	7
	GASTROPODA	BASOMMATOPHORA	PLANORBIIDAE	HELISOMA	6	5
	CRUSTACEA	AMPHIPODA	HYALELLIDAE	HYALELLA	12	7

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 3. Valores BMWP y ASTP del humedal Santa María del Lago.

BMWP PERIODO DE ESTIAJE			BMWP PERIODO DE LLUVIA		
PUNTAJE BMWP	NÚMERO DE FAMILIAS CON PUNTAJE	PUNTAJE TOTAL	PUNTAJE BMWP	NÚMERO DE FAMILIAS CON PUNTAJE	PUNTAJE TOTAL
7	3	21	7	3	21
6	1	6	6	2	12
5	1	5	5	1	5
3	1	3	4	1	4
2	1	2	3	1	3
TOTAL BMWP		37	TOTAL BMWP		45
VALOR ASTP		5,28	VALOR ASTP		5,62

Fuente: Elaboración propia, 2016.

1. Total BMWP = Σ Puntajes totales

2. Valor ASTP = $\frac{\Sigma \text{Puntajes totales}}{\Sigma \text{Número de familias con puntaje}}$

Tabla 4: Parámetros fisicoquímicos del humedal Santa María del Lago.

	EPOCA SECA				EPOCA DE LLUVIA			
PUNTO	1	2	3	4	1	2	3	4
PH	7,83	7,50	7,25	7,73	7,96	7,63	7,56	7,70
OXIGENO DISUELTO	5,28 mg/L	5,52 mg/L	4,85 mg/L	4,27 mg/L	8,3 mg/l	8,73 mg/l	7,9 mg/l	7,1 mg/l
CONDUCTIVIDAD	4,93 $\mu\text{s/cm}$	5,06 $\mu\text{s/cm}$	4,47 $\mu\text{s/cm}$	4,99 $\mu\text{s/cm}$	6,51 $\mu\text{s/cm}$	7,22 $\mu\text{s/cm}$	5,95 $\mu\text{s/cm}$	6,03 $\mu\text{s/cm}$
TURBIDEZ	3,37 NTU	3,38 NTU	2,97 NTU	3 ,36 NTU	2,71 NTU	2,89 NTU	2,63 NTU	2,46 NTU
TEMPERATURA	20 °C	20°C	19 °C	20 °C	17 °C	18°C	19 °C	18 °C

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 5: Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col.

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodiidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossossomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae,	2
Tubificidae	1

Fuente: Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua/ Gabriel Roldán Pérez, 2012.

Tabla 6: Clases de calidad del agua, Valores BMWP/Col y significado, colores de referencia.

<i>Clase</i>	<i>Calidad</i>	<i>BMWP/Col</i>	<i>Significado</i>	<i>Color</i>
I	Buena	>150 101-120	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua/ Gabriel Roldán Pérez, 2012.

ANEXO B
REGISTRO FOTOGRAFICO



Hyalellidae:Hyalella



Chironomidae



Libellulidae: Macrothemis



Coenagrionidae: Telebiasis



Aeshnidae: Coryphaeshna



Planorbidae: Helisoma



Corixidae: Tenegobias



Physidae: Physa