

**ANÁLISIS E LA CALIDAD DEL AGUA PRESENTE EN EL PARQUE ECOLÓGICO
DISTRITAL DE HUMEDAL JABOQUE EN LOS MESES DE SEPTIEMBRE Y
OCTUBRE DEL 2022**

DANIEL FELIPE MORENO AGUILERA

**PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

DIRECTOR

**HARVEY ANDRES MILQUEZ SANABRIA
INGENIERO AMBIENTAL**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C**

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre del director

Firma del Director

Nombre

Firma del presidente Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Bogotá, D.C. agosto de 2023

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decana Facultad de Ingeniería

Dra. Naliny Patricia Guerra Prieto

Directora del programa

Dra. Nubia Liliana Becerra Ospina

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	7
1.JUSTIFICACIÓN	8
2.ANTECEDENTES	10
3.MARCO REFERENCIAL	13
3.1 Marco teórico	13
3.1 Marco legal	16
4.OBJETIVOS	18
4.1.Objetivo General	18
4.2.Objetivos Específicos	18
5.ASPECTOS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO	19
6.METODOLOGÍA	22
6.1. Revisión de información secundaria	22
6.2. Análisis de la información de parámetros fisicoquímicos	24
6.3. Determinación de la calidad del agua del humedal Jaboque a partir de los índices ICA	24
6.3. Georreferenciación de puntos de muestreo	27
6.4.Análisis temporal de la calidad de agua.	27
7.RESULTADOS Y ANÁLISIS	28
8.CONCLUSIONES	39
REFERENCIAS	41

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Marco legal aplicable a los ecosistemas de humedal del distrito capital.	16
Figura 2. Mapa de ubicación del Parque Ecológico Distrital de Humedal Jaboque.	21
Figura 3. Información de los puntos de muestreo para el año 2022.	22
Figura 4. Ubicación de los puntos de monitoreo en el PEDH Jaboque.	23
Figura 5. Calificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA (IDEAM, 2013).	25
Figura 6. Valores ponderados de cada variable según la metodología del IDEAM 2013.	25
Figura 7. Cálculo del valor para estimar cada variable (IDEAM, 2013).	26
Figura 8. Estimación del Indicador de Calidad de Agua para el 2022.	29
Figura 9. Resultado del Índice de Calidad de Agua en los puntos de monitoreo.	31
Figura 10. Valores del Índice de calidad del agua para cada uno de los puntos de monitoreo en los años 2017, 2019, 2020 y 2022.	32
Figura 11. Comparación entre los índices de calidad del agua entre los años 2017, 2019, 2020 y 2022.	33

RESUMEN

Los procesos de densificación urbana han generado grandes cambios en la conformación de diversos ecosistemas, en el caso de la ciudad de Bogotá la urbanización tan fuerte que presentó la ciudad produjo que ecosistemas de humedales quedaran adyacentes a barrios de invasión, en el caso del Parque Ecológico Distrital de Humedal (PEDH) Jaboque, el cual es uno de los 15 humedales oficiales que se encuentran inmersos en la matriz urbana de la ciudad de Bogotá, ha presentado un gran número de tensiones ambientales que afectan las características fisicoquímicas del agua, afectando así a la calidad del recurso hídrico del humedal.

El presente estudio busca evaluar la calidad del agua presente en el Parque Ecológico distrital de humedal Jaboque en los meses de septiembre y octubre del 2022 y analizar los cambios que ha sufrido en términos de la calidad del agua en comparación a trabajos similares que se hayan realizado en años anteriores, para ello se determinaron las condiciones fisicoquímicas de la calidad del agua del humedal con datos suministrados por el grupo de humedales de la Secretaría Distrital de Ambiente.

Se determinaron los valores del Índice de Calidad de Agua (ICA) para cada punto de monitoreo, esto permitiendo observar que la calidad del agua presente del humedal es categorizada como “mala” para los puntos JAB-Reb, JAB-Cr105, JAB-BrVGI, JAB-Is1 y JAB-Is3 y “regular” para el punto JAB-CAI, resultado que al ser comparado con otros trabajos similares realizados en la zona ha permitido identificar que la calidad del agua ha tenido una leve mejoría en los valores de los índices de calidad del agua para los puntos de muestreo JAB-CAI y JAB-Reb entre los años 2017, 2019, 2020 y 2022.

El humedal Jaboque cuenta con una gran lista de tensionantes que afectan directa o indirectamente la calidad del agua que circula por el ecosistema, en el presente trabajo se propone elaborar un análisis utilizando la guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos (PMAA) para proponer medidas de mejoramiento para la conservación y cuidado del recurso hídrico del Parque ecológico distrital de humedal Jaboque.

Palabras clave: Fisicoquímicos, ICA, Urbanización, alteración, contaminación.

1.JUSTIFICACIÓN

En los últimos tiempos los centros urbanos son los lugares donde mayoritariamente habitan las personas, el 54% de la población mundial actual reside en áreas urbanas (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, conocida abreviadamente como UNESCO, 2019, pag 7). Estos procesos de densificación urbana han conducido a la modificación de los ecosistemas (Stratford & Robinson, 2005, pag 2), siendo responsable de producir los cambios más profundos que cualquier conversión de tierra impulsada por el ser humano (Dallimer et al., 2012, pag 1).

El aumento de la población y el desarrollo urbanístico está ocasionando fuertes transformaciones ecológicas que conducen al deterioro drástico o a la desaparición de los humedales (Senhadji-Navarro et al., 2017, pag 2). En la ciudad de Bogotá específicamente, los procesos de urbanización han llevado a que los Parques Ecológicos Distritales de Humedales se encuentren altamente transformados, originado que se presenten afectaciones antrópicas a estos ecosistemas (Páez, 2021, pag 2; Pardo, 2018, pag 3).

Actualmente los 15 Parques Ecológicos Distritales de Humedal se encuentran fragmentados por la matriz urbana de la ciudad de Bogotá (Escovar & Gómez, 2011, pag 11), algunos de ellos se encuentran aledaños a barrios informales, los cuales no han sido intervenido por el distrito para la consolidación de una infraestructura urbana que ayude a mitigar este problema (Galeano & Alfonso, 2019, pag 12), servicios de acueducto (agua y residuos sólidos) son inexistentes en estos barrios. La solución que los habitantes realizaron sobre el manejo de aguas negras se hace a través de conexiones a canales de aguas lluvias, los cuales están diseñados para que el agua lluvia alimente los espejos de agua del humedal, pero debido a las conexiones erráticas, el agua que llega al humedal está contaminada por los desechos que producen los habitantes que residen dichos barrios (Galeano & Alfonso, 2019, pag 13).

A nivel mundial los humedales son considerados zonas de gran importancia ecológica debido a los diversos servicios ecosistémicos que proveen a la humanidad, dentro de los

cuales se encuentran: la regulación hídrica de cuencas hidrográficas, la retención de sedimentos y nutrientes, el control de erosión del suelo, la recarga de acuíferos, almacenamiento de carbono y la conservación de biodiversidad (Martínez, 2017, pag 7). Adquiriendo cada vez mayor relevancia, siendo la Convención de Ramsar el primero de los tratados modernos de carácter intergubernamental sobre conservación el uso racional de los humedales en todos sus aspectos (Ramsar, 2013, pag 8), originando gran interés en la preservación de tan valiosos ecosistemas y haciendo necesario su estudio.

En el caso del humedal Jaboque, la cercanía a los barrios de invasión que se establecieron en la zona adyacente al humedal ha generado altos niveles de contaminación en sus cuerpos de agua (Becerra, 2015, pag 22). Siendo las principales actividades generadoras de contaminación presentes en la zona los vertimientos de aguas residuales, conexiones erradas del alcantarillado, desecho de basuras dentro del cuerpo del humedal (Pardo, 2018, pag 3).

El tratado internacional aprobado el 2 de febrero de 1971 en la ciudad iraní de Ramsar (de ahí su nombre), ha elaborado una lista de humedales de importancia Internacional, en los cuales se incluyen ecosistemas cuya relevancia hace que sean considerados por la comunidad internacional como dignos de ser preservados, mediante un uso sustentable que no modifique sus características hidrológicas, biológicas y ecológicas (Ramsar, 2013, pag 8). En el año 2018 el humedal Jaboque fue declarado sitio RAMSAR, debido a los servicios ecosistémicos, económicos y socio culturales que brinda este ecosistema, servicios que se han visto afectados por los diferentes factores, tales como la urbanización en la zona hídrica, el aporte de vertimientos directos, disposición inadecuada de residuos, entre otros (Villamil, 2021, pag 15).

Es necesario realizar estudios actualizados que permitan hacer un seguimiento y control específico del humedal, con el fin de analizar su problemática e impactos ambientales y de esta forma hacernos conscientes de la importancia de este tipo de ecosistemas (Hernández et al., 2005, pag 2). Por esa razón es fundamental cumplir con los objetivos que están establecidos en el presente documento, permitiendo ver el estado actual del humedal con respecto al índice de calidad del agua.

2.ANTECEDENTES

El Parque Ecológico Distrital de Humedal Jaboque ha sido el protagonista de gran variedad de artículos, se han abordado temas como el análisis de la calidad del agua del humedal Jaboque mediante la identificación de la comunidad fitoplanctónica y las condiciones fisicoquímicas del agua (Cotrino, 2020, pag 10), en donde por medio de 3 estaciones de muestreo se realizaron toma de datos del fitoplancton presente en el humedal, por medio de una malla de 23 micras y se midieron los parámetros fisicoquímicos en campo de oxígeno disuelto, pH, sólidos disueltos totales, turbidez, conductividad y temperatura, encontrando con los índices de riqueza, equidad y dominancia una diversidad media, la cual al realizar la correlación con los parámetros físicos químicos presentaron una asociación débil, únicamente se obtuvieron datos para el índice de riqueza de Margalef en relación positiva con la temperatura y negativa con el oxígeno disuelto.

Por otro lado, se han realizado diversas evaluaciones de la calidad del agua y diagnósticos ambientales del humedal comparando diferentes años, en donde encontramos el trabajo desarrollado por Freiner Leandro Castro Hernández, Isabel Cruz Rincón y Luz Adriana Moreno Cely titulado “Evaluación de la calidad del agua y diagnóstico ambiental del humedal Jaboque”, el cual tiene por objetivo realizar la evaluación de la calidad del agua y el diagnóstico ambiental del humedal Jaboque en la Sabana de Bogotá, en el estudio se fraccionó el humedal, se ubicaron puntos de muestreo y se analizaron muestras in situ y en laboratorio para determinar diferentes parámetros físicos y químicos, con esos datos se plantea el índice de calidad del agua (water quality index) y se comparan los resultados con el índice de calidad (ICA) obtenido en el estudio realizado por la Universidad Distrital en el año 2003, encontrando calidades de agua categorizadas en contaminación fuerte y excesivamente contaminada (Hernández et al., 2005).

Otra investigación que analiza la calidad del agua del humedal es la realizada por la ingeniera ambiental Daniela Pardo Urbano, en donde por medio del método

geoestadístico Kriging se realizó un mapa de interpolación del Índice de Calidad de Agua (ICA) para el humedal Jaboque para el periodo del 2009 al 2017, encontrando para el año 2009, que el cuerpo de agua del humedal Jaboque presentó una calidad de agua “mala” en el 18% de su área y “regular” en el 82%, para el año 2017 el cuerpo de agua del humedal presentó una calidad de agua “mala” en el 69%, “regular” en el 21% y “aceptable” en el 11% del cuerpo de agua, durante el periodo de tiempo estudiado (2009-2017) el humedal Jaboque ha disminuido la calidad de su agua a “mala” un 51% de su área, lo que le permitió concluir que las estrategias de la autoridad ambiental no han contribuido al cuidado de éste ecosistema y que es necesario reevaluarlas con el fin de mejorar su gestión ambiental (Pardo, 2018).

En el trabajo realizado por las investigadoras Sara Ávila de Navia, Sandra Mónica Estupiñán, Ángela María Mejía Grajales y Lady Viviana Mora Velásquez se evaluó la calidad bacteriológica del agua del humedal de Jaboque en época seca y época de lluvia en el año 2010, ellas utilizaron la técnica de filtración por membrana y identificaron los microorganismos con pruebas rápidas Crystal BBL, como resultado obtuvieron un recuento significativamente alto en UFC/100mL de coliformes totales y *Enterococcus* spp, los géneros *Pseudomonas* y *Clostridium* mostraron presencia con un recuento significativamente alto en época seca y época de lluvia, con estos y otros análisis que realizaron pudieron comparar los resultados con un estudio previo realizado en 2004-2005 y se determinó que la calidad bacteriológica del agua mejoró debido a las intervenciones realizadas en el humedal (Ávila de Navia et al., 2014).

Otro artículo interesante que hay que mencionar es el que realizó Erika Martínez Quiroga, donde se tenía como objetivo cuantificar el valor económico del Humedal Jaboque mediante la aplicación de la metodología de precios hedónicos, una de las conclusiones a la que llegó la investigadora es que de acuerdo a los resultados obtenidos, es posible determinar que el Humedal Jaboque provee diversos bienes y/o servicios ambientales a la población distrital, dentro de los cuales se encuentran: Regulación hídrica del Río Bogotá en épocas de invierno, hábitat de especies endémicas, nicho ecológico y purificador de agua, retención y depósito de nutrientes, medio de

crecimiento de importantes especies de flora, funciones de prevención de erosión del suelo, servicios recreativos para los ciudadanos (Avistamiento de fauna, Caminatas ecológicas Recorrido en ciclorrutas), entre otros, por lo tanto este ecosistema posee una gran importancia nivel social y ambiental (Martínez, 2017).

Como último estudio encontrado, se analizó el trabajo realizado por la investigadora Diana Carolina Villamil Pasito donde se desarrolló una evaluación espacio temporal de la calidad del agua del humedal, a partir de la estadística descriptiva se analizó la calidad del agua a nivel espacial y temporal, se realizó el índice de calidad del agua (ICA) para los años 2017, 2019 y 2020 en donde se obtuvieron calidades de agua categorizadas como “mala” y “regular”, para las 3 áreas de muestreo en donde se realizaron la muestra (Villamil, 2021).

Es importante mencionar que la Secretaría Distrital de Ambiente de la ciudad de Bogotá realiza el informe de gestión periódicamente, con el fin de presentar los avances en la gestión y el estado actual del Parque Ecológico Distrital de Humedal –PEDH- Jaboque, a partir de la participación del grupo designado para la administración, el apoyo técnico social y de monitoreo, respecto a la ejecución articulada de acciones de administración, manejo, conservación, y uso sostenible del humedal (Secretaría Distrital de Ambiente subdirección de ecosistemas y ruralidad grupo de humedales, 2021), en este documento se encuentra gran cantidad de información referente al humedal, aunque para el interés del presente trabajo la información más importante es la relacionada a la calidad del agua que presenta el humedal.

Todas las investigaciones anteriores realizadas en el humedal Jaboque recalcan la importancia del humedal más extenso que tiene la ciudad, denotando desde diferentes ámbitos la calidad del agua y la prestación de servicios ecosistémicos que posee.

3.MARCO REFERENCIAL

3.1 Marco teórico

El Convenio RAMSAR (Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional) define los humedales como ecosistemas tanto naturales como artificiales que se hallan temporal o permanentemente inundados, ya sea por aguas dulces o salobres, estancadas o corrientes; que incluyen regiones ribereñas, costeras o marinas, que no excedan los seis metros de profundidad.

Son ecosistemas complejos que actúan como interfase entre los hábitats terrestres y los acuáticos. Son ambientes ricos en biodiversidad y altos en productividad, que ofrecen una gran cantidad de servicios ecosistémicos (Ramsar, 2013, pag 9)

Los humedales son considerados unos de los ecosistemas biológicamente más diversos. Las peculiaridades del entorno hacen que la fauna presente sea por lo general endémica y netamente diferenciada de las zonas grandes familias de aves y reptiles están exclusivamente adaptadas a este tipo de entorno (Herrera et al., 2004, pag 4).

Las funciones de estos ecosistemas dan lugar a varios servicios ecosistémicos potenciales, que se hacen reales tan pronto un usuario hace uso de ellos, ya sea de forma directa o indirecta, se han determinado tres tipos de servicios (de regulación, abastecimiento y cultural).

En el caso de este estudio solo se explicará el servicio ecosistémico de regulación, el cual se expresa en el control que ejerce el humedal sobre variables ambientales (Cruz, 2017, pag 19), entre estos controles se encuentran:

- Regulación climática. Influye y regula la temperatura, precipitación y otros procesos climáticos.
- Purificación del aire. Retención de gases o de partículas contaminantes del aire.

- Regulación hídrica y depuración del agua. Recarga y descarga de aguas subterráneas y superficiales.
- Control de la erosión. Almacenaje, reciclaje, procesamiento y adquisición de nutrientes.
- Fertilidad del suelo. Mantenimiento de la humedad y de los nutrientes en el suelo.
- Control biológico. Regulación de plagas y de vectores patógenos de humanos, cosechas y ganado.
- Polinización. Transferencia de polen por parte de insectos, aves u otros organismos.
- Mantenimiento de hábitat para especies singulares. Conservación del espacio físico para que las especies desarrollen su ciclo de vida.

Para cumplir con los objetivos propuestos en la presente investigación, se puede definir la calidad del agua como las condiciones en que se encuentra el agua respecto a sus características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano (Baeza, 2016, pag 1). La calidad del agua, en general, se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. Este concepto ha sido asociado principalmente al uso del agua para consumo humano, sin embargo, dependiendo de otros usos también se puede definir la calidad del agua en función de ello (Baeza, 2016, pag 2).

Una forma de poder determinar la calidad del agua es mediante el Índice de calidad de agua (ICA), este indicador es un valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco o seis variables, registradas en una estación de monitoreo en el tiempo (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2013, pag 5).

El indicador refleja las condiciones fisicoquímicas generales de la calidad de una corriente de agua, y en alguna medida permite reconocer problemas de contaminación de manera ágil en un punto determinado en un intervalo de tiempo específico. Permite

conceptuar respecto a las posibilidades o limitaciones del uso del agua para determinadas actividades (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2013).

Los parámetros en los que se requieren para estimar el Índice de calidad de agua son los siguientes:

Conductividad, entendiéndose como una expresión numérica de la habilidad del agua para transportar una corriente eléctrica, la cual depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se realice la determinación (Pardo, 2018, pag 3).

La Demanda Química de Oxígeno (DQO), que representa la cantidad de oxígeno necesario para descomponer químicamente la materia orgánica e inorgánica. Se utiliza para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en el agua (Sánchez Oscar et al., 2007, pag 10)

El Potencial de hidrogeno (pH), el cual es un logaritmo negativo de la concentración de hidrogeniones, permite clasificar al agua como neutra, acida o alcalina (Romero et al., 2005, pag 5)

Los Sólidos suspendidos totales (SST) que corresponden a la cantidad de material (Sólidos) que es retenido después de realizar la filtración de un volumen de agua. Su presencia disminuye el paso de luz a través de agua evitando su actividad fotosintética, importante para la producción de oxígeno (Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE- s.f., pag 1)

El Nitrógeno total (NT), el cual incluye los valores de nitratos (es un nutriente que puede provocar contaminación de cuerpos de agua por eutrofización acelerada), nitritos (indica contaminación de carácter fecal reciente) y nitrógeno amoniacal en su totalidad (Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE- s.f., pag 1).

El Fósforo total (FT) que al igual que el nitrógeno total, incluye todas las formas de fósforo en una determinada muestra, contribuye junto con el nitrógeno a la eutrofización de los cuerpos de agua (Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE- s.f., pag 1).

3.1 Marco legal

En el desarrollo de la investigación se identificó la normatividad Colombiana, es decir leyes, decretos y resoluciones enfocadas al recurso hídrico y demás aspectos ambientales afines a los ecosistemas de humedal del distrito capital, la siguiente tabla relaciona se puede observar la normatividad aplicable.

Figura 1.

Marco legal aplicable a los ecosistemas de humedal del distrito capital.

Decreto	Artículo	Temática
Decreto – ley 2811 de 1974	Artículo 8	Establece como factores que deterioran el ambiente: la, disposición inadecuada de residuos, eutrofización en cuerpos alteración nociva del flujo del agua, alteraciones de paisajes naturales lenticos, entre otros
Decreto – ley 2811 de 1974	Artículos 80 y 83	Establece para el recurso hídrico (cuerpos lénticos y lóticos), una faja de treinta metros de ancho paralela al nivel máximo, siendo estas áreas inalienables e imprescriptibles
Constitución Política de Colombia 1991	Artículo 8	Es deber del estado y de los colombianos proteger los recursos naturales, como lo son agua y flora.
	Artículo 79	El estado, debe garantizar la protección del ambiente a nivel de diversidad e integridad, así como, conservar áreas ecológicas de gran valor y fomentar programas, actividades desde el campo de la educación
	Artículo 95	Es deber de la persona, velar por la conservación del ambiente
Ley 357 de 1997	Artículo 3	Establece la “Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas” (Ley 357, 1997), suscrita en Ramsar. Por otra parte, estipula que se deberá planificar en pro de la conservación y uso racional de los humedales.

Figura 1. (Continuación)

Decreto	Artículo	Temática
Política Nacional para Humedales interiores de Colombia del 2002		Establece objetivos y acciones acordes al uso sostenible, la conservación y recuperación de los humedales de Colombia.
Resolución 0157 de 2004	Artículo 2	Establece los humedales como bien de uso público
	Artículo 3	Decreta la elaboración y ejecución del Plan de Manejo Ambiental por parte de las autoridades ambientales competentes
Resolución 196 de 2006		Establece la adopción de la Guía técnica para la formulación de planes de manejo de humedales presentes en el país
Decreto Distrital 619 de 2000		Adopta el POT para el Distrito Capital – Bogotá, en donde se reconoce los humedales y sus rondas como parte del sistema hídrico, a su vez, establece la elaboración de planes de manejo de parques ecológicos de humedales por parte de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB E.S.P; en el cual se encuentra inmerso el humedal objeto de estudio (humedal Jaboque).
Política de humedales del distrito Capital		Plantea la protección y recuperación de los humedales Distritales, integrados al desarrollo de Bogotá, a partir de las relaciones entre personas y comunidades (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, 2006).
Resolución Conjunta N° 1 de 2015		Aprueba el PMA y el Plan de Acción del Parque Ecológico Distrital de Humedal Jaboque (CAR-SDA, 2015)
Acuerdo 35 de 1999	Artículo 2	Establece la ronda y zona de manejo y preservación Ambiental del humedal Jaboque.
Resolución 3964 de 2019 de la Secretaría Distrital de Ambiente		Por el cual se establecen los objetivos de calidad para las Reservas Distritales de Humedal (RDH) de Bogotá D.C
Decreto 1076 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Artículo 2.2.3.3.9.10	Sobre los criterios de calidad para la preservación de flora y fauna en aguas frías dulces corregidos en el Artículo 18 del Decreto 703 de 2018.

Nota. Representación de la norma vigente esta orientada a la gestión ambiental de los ecosistemas de humedal del distrito capital.

4.OBJETIVOS

4.1.Objetivo General

Evaluar la calidad del agua presente en el Parque Ecológico Distrital de Humedal Jaboque en los meses de septiembre y octubre del 2022 y analizar los cambios que ha sufrido la calidad del agua en comparación a trabajos similares.

4.2.Objetivos Específicos

- Determinar las condiciones fisicoquímicas de calidad de agua del humedal Jaboque para los meses de septiembre y octubre del año 2022.
- Analizar tanto los resultados obtenidos en el presente trabajo, como los alcanzados en los informes de los años anteriores, viendo así el cambio que ha tenido el recurso hídrico.
- Proponer medidas de mejoramiento para la conservación y cuidado del recurso hídrico del Parque ecológico distrital de humedal Jaboque.

5.ASPECTOS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se seleccionó el Parque Ecológico distrital de humedal Jaboque (PEDH) como área de estudio, este ecosistema se encuentra inmerso dentro del distrito capital, el cual es resultado de la paulatina desecación de un antiguo lago que cubrió el territorio (Moreno et al., s.f. pag 2), cuenta con la máxima certificación ambiental a nivel mundial RAMSAR, como resultado del trabajo que se viene adelantando para la conservación de la biodiversidad en estos espacios considerados áreas protegidas del distrito, que hacen parte de la estructura ecológica principal de Bogotá, por lo cual el humedal fue declarado reserva distrital de humedal mediante el artículo 55 del Decreto 555 de 2021.

Según la Secretaría Distrital de Ambiente, en el humedal Jaboque se han identificado un total aproximado de 653 especies, de las cuales 105 son atribuidos a la fauna silvestre vertebrada, principalmente de aves y de allí el porqué es considerado como Área Importante para la Conservación de las Aves de Colombia y el mundo (AICA).

Por otro lado, se han identificado: 3 especies de mamíferos; 3 especies de reptiles; 2 especies de anfibios; 74 especies de flora entre acuática, acuática-terrestre, terrestre, hepáticas y musgos; 60 especies arbóreas; 93 especies de zooplancton; 36 macroinvertebrados acuáticos; 212 morfoespecies de artrópodos; 73 especies de algas plantónicas y perifíticas; 97 especies de aves entre las cuales **siete (7) son especies endémicas**, es decir, no se encuentran en ninguna otra parte del mundo, y de ellas cuatro (4) se encuentran catalogadas en alguna categoría de extinción (Secretaría Distrital de Ambiente subdirección de ecosistemas y ruralidad - grupo de humedales, 2021).

Otro factor importante es su valoración arqueo-astronómica del emplazamiento monolítico del humedal de Jaboque, y es que este humedal en muisca conocido como “tierra de abundancia” o “la tierra de los leños de Dios”, es un humedal artificial, formado por la construcción de camellones y canales en la desembocadura de la antigua quebrada La Ruda, por parte de nativos hacia el año 800 a. C. (Peñuela, 2018, pag 11),

este desarrollo se dio a partir de su actividad agrícola en las riberas del río Bogotá y sus prácticas culturales en torno a los astros; remanentes en la actualidad, con la observación de camellones en diferentes patrones y veinte monolitos o menhires, encontrados principalmente sobre un Jarillón, hacia los límites del costado de la parte oriental de la zona más conservada del humedal (Peñuela, 2018, pag 12), volviéndose de gran importancia para la preservación de nuestra historia en torno al asentamiento muisca que se dio alguna vez en lo que hoy es la ciudad de Bogotá.

Según el informe de gestión desarrollado por la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, como se puede observar en la figura 1. el Parque Ecológico Distrital de Humedal Jaboque limita por el occidente con el Río Bogotá, por el sur con algunos barrios de Engativá como Santa Teresita, Villa Gladys, San José Obrero, La Faena y la carretera (vía Torquigua) que une a Engativá con el parque La Florida; por el oriente limita con los barrios Álamos Norte, Álamos Sur y Bosques de Mariana entre otros. Por el norte con los barrios Villas de Granada, Los Ángeles, Gran Granada, Unir II y la Alameda que conecta la calle 80 con el Parque La Florida. Geográficamente se localiza entre el aeropuerto el Dorado, el río Juan amarillo y la autopista Medellín, en una pequeña cuenca encerrada (Secretaría Distrital de Ambiente subdirección de ecosistemas y ruralidad - grupo de humedales, 2021, pag 24).

Figura 2.

Mapa de ubicación del Parque Ecológico Distrital de Humedal Jaboque



Nota. Representa el área de ubicación del Parque Ecológico Distrital Jaboque en la ciudad de Bogotá.

6.METODOLOGÍA

6.1. Revisión de información secundaria

Una vez identificados los objetivos que se querían lograr con la investigación se procedió a buscar la información necesaria para poder evaluar la calidad del agua del PEDH Jaboque, entre la búsqueda se encontró el informe de gestión del humedal de interés que realiza la Secretaría Distrital de Ambiente – específicamente la subdirección de ecosistemas y ruralidad - grupo de humedales para el año 2021, en donde dentro de la información que comparten se encuentran los resultados de las muestras de agua, analizando diferentes variables fisicoquímicas presentes en el recurso hídrico presente en el humedal, por este motivo se procedió a contactar al grupo de humedales de la Secretaría Distrital de Ambiente, con el fin de consultar si tendrían los datos del muestreo de agua del humedal para el año 2022.

La Secretaría Distrital de Ambiente compartió los resultados de las muestras de agua que obtuvieron para el 2022, esta información estará disponible en el Anexo 1, entre la información que se compartió estaban los resultados de 30 diferentes variables, acompañada de datos como el sitio del muestreo, día y hora de la toma de la muestra, observaciones y demás información.

En la tabla 2, se podrán observar la ubicación, la fecha y la hora de monitoreo en hora militar de los puntos de muestreo donde se realizaron las tomas de agua a las que se analizaron los parámetros fisicoquímicos, la ubicación está reflejada de una forma que sea mejor dimensionarla en la figura 2.

Figura 3.

Información de los puntos de muestreo para el año 2022

Fecha de monitoreo	Hora de monitoreo	Nombre del Punto	Coordenadas	Coordenadas corregidas
13/09/22	9:00:00	JAB-Reb	4°43'36.4692"N 74°8'45.6396"W	4.7268, -74.1460

Figura 3. (Continuacion)

13/09/22	10:30:00	JAB-CAI	4°42'17.4312"N 74°7'43.7196"W	4.704842, -74.128811
13/09/22	13:00:00	JAB-Cr105	4°42'7.47"N 74°7'26.9796"W	4.702075, -74.12416100
4/10/22	9:30:00	JAB-Is1	4°43'16.4208"N 74°8'15.6912"W	4.721228, -74.137692
4/10/22	11:00:00	JAB-Is13	4°43'19.0884"N 74°8'27.0636"W	4.72196900, -74.14085100
12/10/22	8:30:00	JAB-BrVGI	4°42'44.2584"N 74°7'59.7216"W	4.712294, -74.13325600

Nota. Representa los datos de fecha, hora y ubicación geográfica de cada uno de los 6 puntos de muestreo donde se realizaron las tomas de agua en el humedal Jaboque.

Figura 4.

Ubicación de los puntos de monitoreo en el PEDH Jaboque



Nota. El mapa refleja los puntos de muestreo de las muestras de agua dentro del humedal Jaboque.

6.2. Análisis de la información de parámetros fisicoquímicos

Una vez se organizó la información compartida por la Secretaría Distrital de Ambiente, se procedió a identificar mediante que metodología se desarrollaría el Índice de Calidad del Agua (ICA), revisando las diferentes maneras de desarrollar el indicador, se eligió la metodología propuesta por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2013), debido a que esta metodología permite reconocer problemas de contaminación de manera ágil en un punto determinado en un intervalo de tiempo específico, además, su formulación permite evaluar una amplia cantidad de recursos hídricos en forma periódica (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2013).

6.3. Determinación de la calidad del agua del humedal Jaboque a partir de los índices ICA

La estimación del ICA se realizó mediante el cálculo de las siguientes seis (6) variables fisicoquímicas: Oxígeno Disuelto (OD), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Conductividad, pH (Unidades) y Nitrógeno Total/ Fósforo Total (NT/PT), por medio de la ecuación 1.

Ecuación 1:

$$ICAnjt = (\sum_{i=1}^n W_i I_{ikjt})$$

Donde

- $ICAnjt$ = índice de calidad del agua en una estación de monitoreo con n variables, de la calidad de agua en un tiempo (IDEAM, 2013).
- W_i = Peso relativo asignado a la variable de calidad I (IDEAM, 2013).
- I = valor calculado para cada variable, expresado en una escala de 0 a 1 (IDEAM, 2013).

El resultado obtenido de la ecuación 1. Permite obtener un resultado entre 0,0 y 1,0, el cual permite categorizar la calidad del agua dependiendo del rango en el que se encuentre el resultado como se puede observar en la tabla 3.

Figura 5.

Calificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA (IDEAM, 2013).

Categoría de valores que puede tomar el indicador	Calificación de calidad del agua	Señal de alerta
0,00 - 0,25	Muy mala	Rojo
0,26 - 0,50	Mala	Naranja
0,51 - 0,70	Regular	Amarillo
0,71 - 0,90	Aceptable	Verde
0,91 - 1,00	Buena	Azul

Nota. La figura representa la calificación de la calidad del agua según el resultado que genere el índice de calidad del agua – ICA.

En la tabla 4. Se encuentran los pesos relativos asignado a cada variable, por los cuales serán multiplicados por el valor de su variable correspondiente una vez se calculen por medio de las ecuaciones que se encuentran en la tabla 5.

Figura 6.

Valores ponderados de cada variable según la metodología del IDEAM 2013

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto	% de Saturación	0,17
Sólidos Suspendidos Totales	(mg/L)	0,17
Demanda Química de Oxígeno	(mg/L)	0,17
Conductividad (μ S/cm)	(μ S/cm)	0,17
pH	(Unidades)	0,15
Nitrógeno Total /Fósforo Total	NT(mg/L)/PT(mg/L)	0,17

Nota. Representa la ponderación de cada variable en el índice de calidad del agua – ICA.

Usando como fuente de información los datos de laboratorio que fueron suministrados por la Secretaría Distrital de Ambiente, se procedió a realizar las operaciones descritas en la metodología del IDEAM del 2013 con el fin de determinar el valor de cada variable,

las ecuaciones se pueden observar en la tabla 5, no fue necesario realizar ningún cambio de unidad de medida debido a que la información de las variables concordaba con las unidades de medida que se requerían en las diversas ecuaciones.

Figura 7.
Cálculo del valor para estimar cada variable (IDEAM, 2013)

Variable	Ecuación
Oxígeno disuelto	$PS_{OD} = \frac{Ox \cdot 100}{C_p}$ <p>Donde:</p> <p><i>Ox:</i> Es el oxígeno disuelto medido en campo (mg/l) asociado a la elevación, caudal y capacidad de reoxigenación.</p> <p><i>Cp:</i> Es la concentración de equilibrio de oxígeno (mg/l), a la presión no estándar, es decir, oxígeno de saturación.</p>
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	$I_{sst} = 1 - (-0,02 + 0,003 * SST)$ <p>Si $SST \leq 4,5$, entonces $I_{sst} = 1$ Si $SST \geq 320$, entonces $I_{sst} = 0$</p>
Demanda Química de Oxígeno (mg/L O ₂)	<p>Si $DQO \leq 20$, entonces $IDQO = 0,91$ Si $20 < DQO \leq 25$, entonces $IDQO = 0,71$ Si $25 < DQO \leq 40$, entonces $IDQO = 0,51$ Si $40 < DQO \leq 80$, entonces $IDQO = 0,26$ Si $DQO > 80$, entonces $IDQO = 0,125$</p>
Conductividad (µS/cm)	$I_{C.E.} = 1 - 10^{(-3,26 + 1,34 \text{Log} 10 C.E.)}$ <p>Cuando $I_{C.E.} < 0$, entonces $I_{C.E.} = 0$</p>
pH (Unidades)	<p>Si $pH < 4$, $I_{pH} = 0,1$ Si $4 \leq pH \leq 7$, entonces $I_{pH} = 0,02628417 * e^{(pH * 0,520025)}$ Si $7 < pH \leq 8$, entonces $I_{pH} = 1$ Si $8 < pH \leq 11$, entonces $I_{pH} = 1 * e^{(pH - 8) * -5187742}$ Si $pH > 11$, entonces $I_{pH} = 0,1$</p>
Nitrógeno Total (mg/L) / Fósforo Total (mg/L)	<p>Si $15 \leq NT/PT \leq 20$, entonces, $I_{NT/PT} = 0,8$ Si $10 < NT/PT < 15$, entonces, $I_{NT/PT} = 0,6$ Si $5 < NT/PT \leq 10$, entonces $I_{NT/PT} = 0,35$ Si $NT/PT \leq 5$, ó $NT/PT > 20$, entonces $I_{NT/PT} = 0,15$</p>

Nota. La figura ilustra las ecuaciones o el rango de valores para estimar cada variable dentro del índice de calidad del agua.

6.3. Georreferenciación de puntos de muestreo

Mediante el de software libre QGIS, el cual es un Sistema de Información Geográfica de código abierto para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS, Microsoft Windows y Android, se realizaron diversos mapas que permitieron observar las estaciones de muestreo de las tomas de agua a las cuales se les determinaron las 30 variables fisicoquímicas por parte de la Secretaría Distrital de Ambiente, esta herramienta permite visibilizar de otra forma los resultados obtenidos mediante el indicador de calidad de agua (ICA).

6.4. Análisis temporal de la calidad de agua.

Con la revisión de información secundaria fue posible determinar Índices de Calidad de Agua que se habían realizado en el PEDH Jaboque en años anteriores, se encontraron las investigaciones de Daniela Pardo Urbano (Pardo, 2018) y Diana Carolina Villamil Pasito (Villamil, 2021), pero con el fin de analizar los mismos puntos de muestreo y la misma metodología se seleccionó el informe de gestión que realizó la Secretaría Distrital de Ambiente (Secretaría Distrital de Ambiente subdirección de ecosistemas y ruralidad - grupo de humedales, 2021), en donde se publicaron los resultados del Índice de Calidad de Agua para el año 2017, 2019 y 2020, en el año 2019 y 2020 únicamente se realizaron tres (3) muestreos de agua en los mismos puntos de toma de muestras que se realizaron para el año 2017 y 2023.

7.RESULTADOS Y ANÁLISIS

El índice de calidad del agua (ICA), fue calculado acorde con la metodología establecida por el IDEAM (2013), para 6 puntos de monitoreo en el año 2022, cuyas muestras de agua fueron tomadas entre septiembre y octubre del mismo año, se desarrolló un ICA para cada uno de los puntos de monitoreo pudiendo de terminar el valor y la categoría de calidad del agua para cada uno de los puntos, los datos se encontraran anexados al documento en un archivo de excel.

En cinco (5) de los 6 puntos de monitoreo se obtuvo una calificación de calidad de agua determinada como mala según el rango de categorización de la tabla 3, al estar dentro del rango de 0,26 - 0,50, solo el punto de monitoreo denominado como JAB-CAI obtuvo una calificación de regular.

Los resultados del ICA para cada punto de muestreo se pueden observar en la tabla 6, en donde los puntos que obtuvieron el peor valor en el Índice de Calidad de Agua fueron JAB-lsl1 y JAB-lsl3, estas estaciones dieron como resultado un alto número de Sólidos Suspendidos Totales, que al ser operados por la ecuación para determinar el valor de la variable dio inferior al de los otros puntos de muestreo. Es importante recalcar que la presencia de sólidos en suspensión en los cuerpos de agua indica cambio en el estado de las condiciones hidrológicas de la corriente, es decir, esta variable representa la cantidad de partículas que se mantienen en suspensión en las corrientes de agua superficial (Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE- . (s.f.)), y teniendo estos puntos la mayor concentración de SST, podemos deducir que en esos puntos podrían estar relacionados con procesos erosivos, de vertimientos industriales, extracción de materiales y disposición de escombros (IDEAM, 2013, pag 7), esta variable tiene una relación directa con la turbiedad presente en el agua (Villamil, 2021, pag 4).

En el caso de la variable de conductividad al finalizar el cálculo expresado en la tabla 5, todos los valores dieron negativos por lo que si eran inferiores a 0, se otorgaba

directamente un valor de 0 según la metodología aplicada, esto se debe a que la conductividad es una variable numérica que muestra la habilidad del agua para transportar una corriente eléctrica, la cual depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua (Pardo, 2018, pag 6), dicho de otra manera, el agua tomada en los sitios de muestreo tienen sustancias que permiten que el agua pueda ser conductor de energía. Verificando los datos de conductividad del agua para cada estación, se observó que las estaciones tienen una conductividad que oscila entre 302 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y 907 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), siendo el punto de monitoreo JAB-Is1 el que tiene la conductividad más alta, según bibliografía encontrada valores entre 500 hasta 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pueden indicar que el agua está mineralizada, este hecho puede estar asociado a vertimientos de aguas residuales y a los procesos de descomposición de la materia (Villamil, 2021, pag 61).

Por otro lado, los puntos de muestreo JAB-Is1 y JAB-Is3 fueron los únicos puntos que obtuvieron un valor de 0 al tener un *pH* entre el rango de 8 a 11 unidades, los demás puntos de muestreo tuvieron valores más neutros en términos de *pH*, lo que permitió al momento de ser operados por la ecuación de la tabla 5 dieran un valor diferente a 0.

Figura 8.

Estimación del Indicador de Calidad de Agua para el 2022

Nombre del Punto	Oxígeno disuelto	SST	DQO	Conductividad	PH	NT/PT	ICA	Calificación de calidad del agua
JAB-Reb	0,087	0,164	0,044	0,0	0,123	0,060	0,477	Mala
JAB-CAI	0,056	0,160	0,087	0,0	0,136	0,102	0,541	Regular
JAB-Cr105	0,027	0,162	0,044	0,0	0,149	0,060	0,442	Mala
JAB-Is1	0,097	0,146	0,044	0,0	0,000	0,060	0,346	Mala
JAB-Is3	0,087	0,145	0,044	0,0	0,000	0,060	0,335	Mala
JAB-BVGI	0,040	0,140	0,087	0,0	0,150	0,060	0,476	Mala

Nota. La figura representa los valores que se obtuvieron una vez se aplicó cada una de las ecuaciones a cada variable.

Una vez ubicados los puntos de muestreo en el software libre de QGIS, se pudo georreferenciar espacialmente la ubicación de cada uno de los puntos de monitoreo dentro del mapa del PEDH Jaboque, como se puede observar en la figura 2, los 6 puntos de monitoreo se encuentran a lo largo de todo el humedal, desde su inicio al oriente de la ciudad en los barrios de Álamos norte y su fin al occidente de la ciudad en el Río Bogotá.

Para poder observar los valores de cada uno de los puntos de monitoreo dentro del PEDH Jaboque es necesario observar la figura 3, el único punto que obtuvo el valor para categorizarse en calidad de agua regular se encuentra ubicado al inicio del humedal, en la zona oriental, por otro lado, las estaciones JAB-BrVGI, JAB-IsI1 y JAB-IsI3 se encuentran en la zona media del humedal, esta zona para septiembre y octubre del año 2022 presentó los mayores niveles de Sólidos Suspendidos Totales pudiendo deberse a procesos erosivos, de vertimientos industriales, extracción de materiales y disposición de escombros (IDEAM, 2013, pag 7), y es que estos puntos son los que más interactúan con las construcciones de viviendas que están adyacentes al humedal, debido a que a medida que el canal del humedal va creciendo desde el oriente se va volviendo más ancho llegando a la zona occidental. Cerca al punto de muestreo JAB-IsI3 ya las construcciones se acaban, lo dicho anteriormente se puede observar en la Figura 1. Mapa de ubicación del Parque Ecológico Distrital de Humedal Jaboque, lo que explicaría porque el punto de monitoreo JAB-Reb fue el que menos SST obtuvo, al disminuir su interacción con las construcciones adyacentes.

Figura 9.

Resultado del Índice de Calidad de Agua en los puntos de monitoreo



Nota. La figura representa el valor del índice de calidad del agua – ICA en cada uno de los puntos de muestreo.

Una vez determinado el ICA para cada uno de los puntos de monitoreo se procedió a realizar la comparación con los valores del índice de calidad del agua desarrollados para los años 2017, 2019 y 2020 elaborados por la Secretaría Distrital de Ambiente, datos tomados de Imagen 3. Calidad del agua en el humedal Jaboque que tiene como fuente al Grupo de monitoreo de la biodiversidad SDA 2020 (Secretaría Distrital de Ambiente subdirección de ecosistemas y ruralidad - grupo de humedales, 202, pag 46), en estos se encontró que para el año 2017 se cuenta exactamente con las mismas estaciones en las que se realizó el monitorio para el año 2022, en cambio los puntos de monitoreo para el año 2019 solo coincidieron en JAB-Reb, JAB-CAI y JAB-BrVGI, para el año 2020 los puntos que coincidieron fueron únicamente JAB-CAI, JAB-Cr105 y JAB-IsI3.

Figura 10.

Valores del Índice de calidad del agua para cada uno de los puntos de monitoreo en los años 2017, 2019, 2020 y 2022

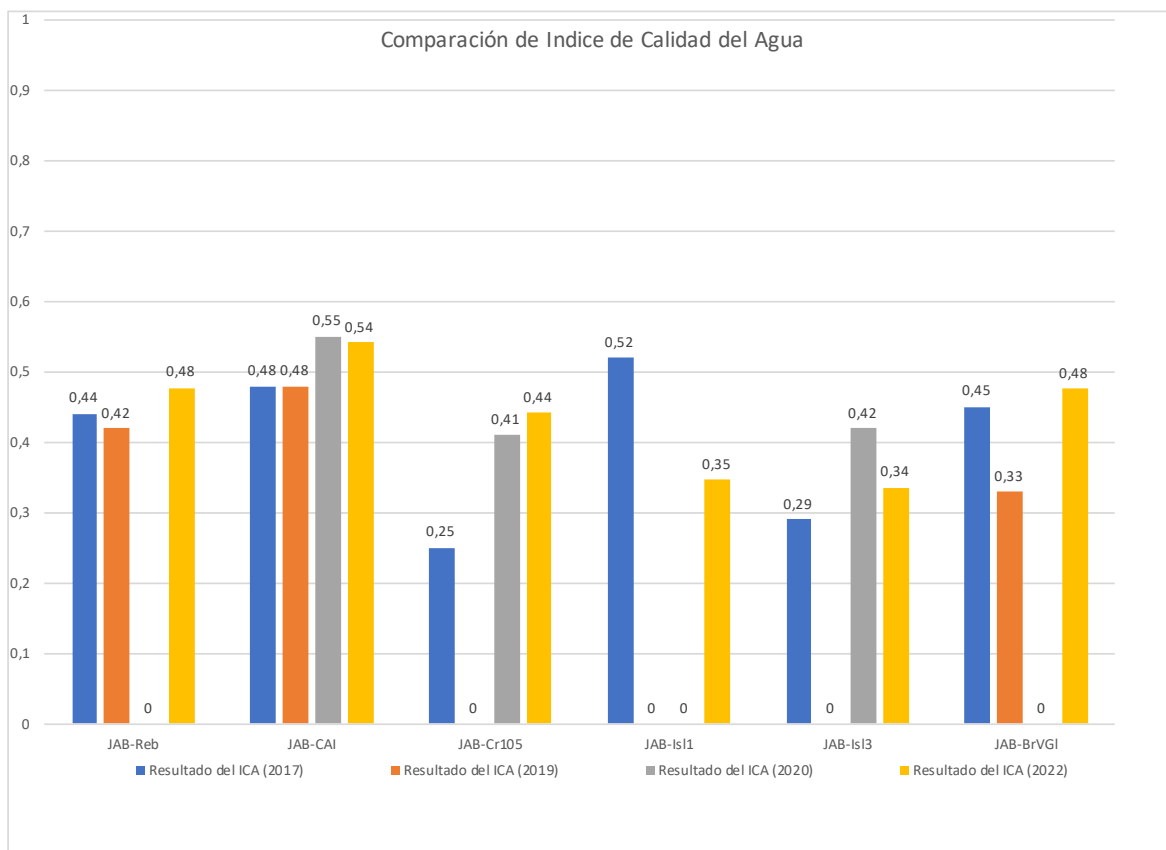
Punto de muestreo	Resultado del ICA (2017)	Resultado del ICA (2019)	Resultado del ICA (2020)	Resultado del ICA (2022)
JAB-Reb	0,44	0,42	N/A	0,48
JAB-CAI	0,48	0,48	0,55	0,54
JAB-Cr105	0,25	N/A	0,41	0,44
JAB-IsI1	0,52	N/A	N/A	0,35
JAB-IsI3	0,29	N/A	0,42	0,34
JAB-BrVGI	0,45	0,33	N/A	0,48

Nota. La figura representa un comparativo de los resultados del índice de calidad del agua – ICA para los años 2017, 2019, 2020 y 2022.

Al hacer la comparación de los valores del ICA entre los años 2017 y 2022 en la figura 4, se puede observar que en cinco (5) de los seis (6) puntos de monitoreo hubo un aumento en el índice de calidad del agua, solamente en el punto JAB-IsI1 se observó una disminución en el índice, pasando de categoría “regular” a categoría “mala”. Por otro lado, el punto de monitoreo JAB-BrVGI presentó una disminución en el valor del indicador entre el año 2017 y 2019, valor que volvió a aumentar para el año 2022. El punto de monitoreo JAB-CAI el cual fue el único que obtuvo la categoría de regular para el año 2022 se mostró constante al ser comparados con los años 2017, 2019 y 2020, teniendo un resultado muy próximo a la categoría de regular en los años 2017 y 2019, y estando en el rango de regular para el año 2020, esto deja a la interrogante si la proximidad del CAI del policía este o no influyendo en la calidad del agua en esta zona del PEDH Jaboque.

Figura 11.

Comparación entre los índices de calidad del agua entre los años 2017, 2019, 2020 y 2022



Nota. La figura representa un comparativo de los resultados del índice de calidad del agua – ICA en formato grafico de tablas para los años 2017, 2019, 2020 y 2022.

Al comparar los resultados con los trabajos (Pardo, 2018) y (Villamil, 2021), se pudo observar que entre las tres investigaciones generalmente la calidad del agua del humedal Jaboque es categorizada como mala o regular, únicamente se obtuvo una categorización de calidad de agua “aceptable” en el caso de la investigación de Daniela Pardo, la cual se puede observar en la tabla 3 para el año 2017 (Pardo, 2018).

Según las predicciones que se pueden observar en la ilustración 7 de la investigación (Pardo, 2018), hay ciertas zonas en las que se podrían presentar unas calidades de agua categorizadas como aceptables según el índice ICA para el año 2017. Estas zonas están ubicadas en los puntos JAB-Reb y JAB-BrVGI, pero al contrastar esto con los resultados

obtenidos para el 2017 que se observan en la tabla 7, el único lugar que obtuvo la categoría regular, la cual fue la mejor calidad de agua que se encontró para el respectivo año, fue en el punto de muestreo JAB-Is1, punto en el cual dentro de las predicciones realizadas se encontraría una calidad de agua categorizada como mala, según las conclusiones de la investigación el 11% del cuerpo de agua del humedal Jaboque presento una calidad de agua “aceptable” (Pardo, 2018), resultado que no pudo ser observado en los resultados de la presente investigación.

En el caso de la investigación (Villamil, 2021), se pudo observar cierta similitud en los resultados obtenidos para el índice de calidad del agua, encontrando únicamente categorías de calidad de agua de “mala” y “regular” en el PEDH Jaboque. Aunque claramente existen diferencias en los valores del ICA, los puntos observados que en la figura 3 en el trabajo realizado por la investigadora Diana podrían fortalecer lo reflejado en la figura 4 de la presente investigación, donde los puntos de muestreo JAB-CAI y JAB-Reb para los años 2017, 2019, 2020 y 2022 son los que se han mantenido de forma más constante en términos de calidad de agua, viendo poca variación en el valor que arroja el ICA para cada uno de estos años.

Por otro lado, proponer medidas de mejoramiento para la conservación y cuidado del recurso hídrico del PEDH Jaboque es todo un reto, como se puede observar en el informe de gestión que realiza la Secretaría Distrital de Ambiente, el humedal se enfrenta a una larga lista de tensionantes que impactan la calidad del agua, entre ellos encontramos vertimientos de aguas contaminadas y conexiones erradas, la presencia de residuos sólidos en la franja del humedal, presencia de especies invasoras de flora y fauna, presencia de residuos de construcción y demolición o RCD's en cualquier parte del humedal, quemas adyacentes al humedal, acciones delictivas (problemas de seguridad), Consumo de sustancias psicoactivas, presencia de habitantes de calle y la acumulación de lodos (Secretaría Distrital de Ambiente subdirección de ecosistemas y ruralidad - grupo de humedales, 2021).

La complejidad para abordar la problemática ambiental que envuelve la calidad del agua del humedal es muy grande, pero es un reto que la ciudad debe enfrentar para lograr el objetivo de mejorar estos espacios tan importantes para la ciudad, para lograr este objetivo se propone desarrollar un plan de manejo ambiental de acuíferos (PMMA).

Estos planes, son instrumentos de planificación y administración del agua, que se implementan mediante el establecimiento de medidas de manejo para la protección de zonas de especial importancia hidrogeológica y la minimización o control de las principales problemáticas identificadas, esta estructura permite la formulación de los programas, proyectos y actividades que habilitan la sostenibilidad del recurso, mediante el fortalecimiento de las capacidades institucionales, el avance en el conocimiento, el monitoreo sistemático del estado de los sistemas hidricos, el fortalecimiento de la educación ambiental, y de los mecanismos para la participación de la comunidad aledaña, para ellos su metodología plantea cinco (5) fases; Aprestamiento, Diagnóstico, Formulación, Ejecución y Seguimiento y evaluación las cuales serán analizadas a continuación.

En la fase de aprestamiento, se conforma el equipo técnico necesario para realizar y acompañar la formulación e implementación del plan, en esta fase es fundamental mencionar el papel que tiene el grupo de humedales de la Secretaría Distrital de Ambiente y la gran comunidad de vecinos interesados en la conservación del humedal, como ejemplo el colectivo Caicas, el cual es una comunidad de vecinos que ejercen educación ambiental a través del arte y la ciencia en el humedal.

En la fase del diagnóstico, se identifican los conflictos y problemáticas, se realizan el análisis de vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación y, la identificación y análisis de riesgos de las fuentes potenciales de contaminación, entre otros aspectos. En esta fase el informe de gestión que desarrolla el grupo de humedales de la Secretaría Distrital de Ambiente es vital para lograr dicho objetivo, debido a que en el documento se registran los tensionantes que desarrollan el problema de contaminación en el humedal.

En esta misma fase también es importante mencionar que se considera fundamental estandarizar los puntos de muestreo de donde se está realizando los análisis físicoquímicos del agua presente en el humedal, de ser posible aumentando el número de puntos de muestreo y las frecuencias con las que se toman las muestras, con el fin de poder identificar las diferencias de la calidad del agua que presenta el humedal en el mismo año. Esto permitiría tener mayor información que permita generar una mejor base de monitoreo sobre las condiciones del humedal en términos de calidad del agua, pudiendo priorizar las zonas que en el año están siendo los puntos donde se evidencia mayor contaminación y permitiendo focalizar los esfuerzos en las zonas con mayores tensionantes.

Para la fase de formulación, se definen las medidas a implementar y los proyectos y actividades a ejecutar, con el fin de solucionar la problemática identificada en el diagnóstico, en esta fase es crucial mejorar el monitoreo que se hace sobre la calidad del agua que recorre el humedal a lo largo del año y generar una red de apoyo sobre los actores presentes en abordar dicha problemática, pudiendo entre los actores gubernamentales y no gubernamentales diseñar estrategias que permitan generar diversos proyectos que ataquen los tensionantes que generan el problema.

La fase de ejecución consiste en desarrollar las medidas, proyectos y actividades conforme a lo dispuesto en la fase de formulación, aquí es necesario enfocarse en las conexiones erradas o los vertimientos de aguas contaminadas que están llegando al humedal, en este apartado es importante destacar que la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá en su Plan de identificación y corrección de conexiones erradas a para la fecha del 30/06/2021 realizó la verificación de 46 conexiones erradas y la corrección de 668 conexiones erradas que llegaban directo al humedal desde los barrios La Perla y Unir II y al canal Los Ángeles (Secretaría Distrital de Ambiente subdirección de ecosistemas y ruralidad - grupo de humedales, 2021). Esto permitirá que cada vez menos aguas con cargas orgánicas o contaminantes lleguen directamente al humedal, por otro lado, las sesiones que ha realizado la Secretaría Distrital de Ambiente

en educación ambiental a la población aledaña al humedal es fundamental para lograr una disminución de residuos sólidos que llegan al humedal, cada vez más se tiene conciencia de la importancia de la relación ser humano – naturaleza, y ahí la educación ambiental es una herramienta fundamental que permite observar como la relación del ser humano con su ambiente (natural y artificial), genera unas consecuencias para el ser humano (Martínez Roger, 2010, pag 5), es fundamental que los vecinos del humedal comprendan las consecuencias negativas que les traerá tener una mala calidad de agua, tanto para la salud del humedal como para la de ellos.

Una estrategia que sería interesante en aplicar es la creación de una capa de información de los tensionantes que presenta el humedal, la cual se pueda observar usando herramientas de sistemas de información geográfica, para esto se propone vincular a la comunidad adyacente al humedal o hacer uso del personal de la Secretaría Distrital de Ambiente, con el fin de determinar mediante alguna aplicación las coordenadas donde se evidencie un tensionante, pudiendo elaborar un mapa de calor donde estén georreferenciados todos los tensionantes identificados en el PEDH Jaboque, creando una base de datos que permita ver el lugar exacto donde se presentó y la frecuencia con la que se está desarrollando.

Una vez elaboradas estas capas de información, se puede realizar un análisis que permita sobrelapar la información, permitiendo identificar las zonas donde se debe invertir la mayor cantidad de esfuerzo para neutralizar las problemáticas, mediante la aplicación de educación ambiental, enfocando los recursos en tratar estas áreas prioritizadas, entendiendo que los tensionantes son los que están empeorando la calidad del agua del humedal (Secretaría Distrital de Ambiente subdirección de ecosistemas y ruralidad - grupo de humedales, 2021).

Se debe añadir que actualmente el humedal Jaboque cuenta con una comunidad muy fuerte que valora el humedal, existen grupos como el colectivo Caicas, este junto otros grupos comunitarios puede ejercer una red de apoyo con la alcaldía local de la ciudad u organizaciones no gubernamentales para desarrollar proyectos de investigación o

actividades enfocadas en la conservación y restauración del ecosistema, influyendo en la mejora de la calidad del agua aliviando los tensionantes que presenta el humedal, la articulación de estos actores permitiría un escenario que beneficiaría potencialmente el cuidado y la preservación del humedal.

En la última fase de seguimiento y evaluación, se realiza el seguimiento y la evaluación del plan, conforme a las metas e indicadores planteados, con el objeto de definir los ajustes a que haya lugar, para esto es necesario tener un diagnóstico fuerte que permita observar y analizar si los tensionantes han disminuido y si así la calidad del agua ha disminuido, aquí las capas de información podrían ser buenos indicadores al permitir comprobar el número de actividades tensionantes desarrolladas. Esto permitiría comparar si existe o no mejoría en la calidad del agua al eliminar o disminuir un tensionante presente en el humedal, además de permitir realizar una mejor gestión sobre los tensionantes ya identificados, pudiendo analizar su variación con la implementación de estrategias desarrolladas.

Para finalizar, es importante resaltar que la gestión que se ha realizado para el humedal ha ayudado a mejorar o mantener la calidad del agua del humedal, pero es fundamental seguir adelantando y gestionando procesos que neutralicen los tensionantes más fuertes que influyen negativamente en términos de la calidad del agua, sería ideal tener más puntos de muestreo a lo largo del humedal, para poder observar como van cambiando las variables fisicoquímicas a lo largo del recorrido del agua por el humedal, además, sería interesante poder observar la variación de las variables a lo largo del año, es decir, tener más muestras en un año, debido a que solo se realizan una vez en el mismo, por último, quisiera recomendar que los informes de gestión se socialicen muchísimo más, haciendo que se vuelvan más visibles al público, permitiendo que la información sea visibilizada de una forma en que todo el mundo entienda y la pueda analizar, esto se podría hacer por medio digitales de la Secretaría Distrital de Ambiente, permitiendo que la información del informe no quede archivada solo para un público específico, siendo ignorada por el resto de la ciudadanía.

8.CONCLUSIONES

- El índice de calidad del agua realizado para el 2022 permitió observar que la calidad del agua en ese periodo muestreado fue categorizada como “mala” en cinco (5) de sus seis (6) puntos de monitoreo, siendo el único punto que obtuvo la categoría de “regular” el JAB-CAI, este resultado podría inferir que la cercanía al CAI de policía podría estar influenciando de alguna manera la presencia de tensionantes que afecten la calidad del agua en esta zona directamente.
- Al hacer la comparación de los valores del ICA entre los años 2017, 2019, 2020 y 2022, se puede observar que en cinco (5) de los seis (6) puntos de monitoreo hubo un aumento en el índice de calidad del agua, solamente en el punto JAB-Is1 se observó una disminución en el índice, pasando de categoría “regular” a categoría “mala”, de estos resultados se podría inferir que las acciones que está realizando la Secretaría Distrital de Ambiente junto con los otros actores que conviven directamente con el humedal Jaboque, si han tenido un impacto en la calidad del agua presente en el humedal, no obstante es importante generar mecanismos que permitan realizar una evaluación de la calidad del agua mucho más efectiva, refiriéndose a la temporalidad de la toma de muestras y a los puntos de muestreo, donde para cada año por lo menos haya muestras en temporada seca y en temporada de lluvias y se establezcan puntos determinados donde siempre se realicen los muestreos exactamente de la misma manera.
- La complejidad para abordar la problemática de la contaminación del agua que afecta la calidad del recurso hídrico del PEDH Jaboque es enorme, por lo que no hay solo una solución que arregle todo el problema, hay que abordar una gran cantidad de problemas de formas diferentes que vayan permitiendo poco a poco solucionar la problemática, para esto es clave seguir realizando los planes de gestión del humedal que realiza la Secretaría Distrital de Ambiente, donde se puedan determinar los tensionantes que más afectan la calidad del agua y se puedan generar estrategias que permitan reducir su impacto en la calidad del agua o aún mejor su presencia en

el humedal. Para esto es vital vincular a la comunidad por medio de estrategias que generen una educación ambiental que le permita entender a la gente las problemáticas medioambientales que se presentan al tener una mala calidad de agua y como esto les afecta directamente a ellos.

REFERENCIAS

- Ávila de Navia, Sara Lilia, Estupiñán-Torres, Sandra Mónica, Mejía Grajales, Ángela María, & Mora Velásquez, Lady Viviana. (2014). La calidad bacteriológica del agua del humedal jaboque (bogotá, colombia) en dos épocas contrastantes. *Caldasia*, 36(2), 323-329. <https://doi.org/10.15446/caldasia/v36n2.47490>.
- Baeza Gómez, E. (2016). Calidad del agua. [archivo PDF]. <https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Calidad%20del%20Agua%20Final.pdf>
- Becerra, Y. (2015). *Estado de conservación de seis humedales de Bogotá D.C., utilizando líquenes como bioindicadores*. [Trabajo de maestría]. Fundación universidad jorge tadeo lozano. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/1744/T038%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Cotrino Villa, J. A. (2020). Análisis de la calidad del agua del humedal jaboque mediante la identificación de la comunidad fitoplanctónica y las condiciones fisicoquímicas del agua. [Trabajo de maestría]. Universidad Santo Tomas. <http://hdl.handle.net/11634/30505>
- Cruz, M. E. (2017). Determinación de la calidad fisicoquímica del agua del humedal el juncal y su reconocimiento como ecosistema estratégico dentro de la educación básica primaria. [Trabajo de maestría]. Universidad Tadeo Lozano. <http://hdl.handle.net/20.500.12010/2398>.
- Dallimer, M., Rouquette, J. R., Skinner, A. M. J., Armsworth, P. R., Maltby, L. M., Warren, P. H., & Gaston, K. J. (2012). Contrasting patterns in species richness of birds, butterflies and plants along riparian corridors in an urban landscape. *Diversity and Distributions*, 18(8), 742–753. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2012.00891.x>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE- . (s.f.). *Ficha tecnica Sistema de Información del Medio Ambiente Identificación de la Variable Nombre: Nitrógenos totales*. [Archivo en pdf]. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/Nitrogenos_totales_13.pdf

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE- . (s.f.). *Ficha tecnica Sistema de Información del Medio Ambiente Identificación de la Variable Sólidos suspendidos totales.* [Archivo en pdf]. <http://institucional.ideam.gov.co/descargas?com=institucional&name=pubFile814&downloadname=>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE- . (s.f.). *Ficha tecnica Sistema de Información del Medio Ambiente Variable Fósforo total.* [Archivo en pdf]. http://www.wtw.com/media/ES_O_07_P_044_047_I.pdf.
- Escovar, M., & Gómez, T. (2011). *Reconstrucción histórica del proceso de fragmentación de los humedales de Bogotá y su relación con la percepción social, para la generación de una propuesta de manejo, lineamientos y protección de los humedales.* [Trabajo de maestría]. Pontificia Universidad Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/3504>
- Galeano, C., & Alfonso, J. (2019). *Propuesta urbano-arquitectónica para el manejo y conservación de la zona occidental del humedal jaboque en la localidad de Engativá.* [Trabajo de pregrado]. Universidad la Gran Colombia. <https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/5595>.
- Hernández, F. L. C., Rincón, I. C., y Cely, L. A. M. (2005). Evaluación de la calidad del agua y diagnóstico ambiental del humedal Jaboque. *Tecnogestión: Una mirada al ambiente*, 2(1). <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tecges/article/view/4330>.
- Herrera, Y., Marta, M., Díaz Leguizamón, C., Lucia, P., Barreiro, V., Rodas, J. C., Carlos, M., Díaz, A. (2004). *Política de humedales del distrito capital de Bogotá Plan estratégico para su restauración, conservación y manejo.* https://www.rds.org.co/aa/img_upload/2c3473c46134962901b3d566d2945318/Politica_Distrital_de_Humedales.pdf.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2013). *Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua.* [archivo PDF]. <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/646961/3.21+HM+Indice+calidad+agua+FI.pdf/cd2bbf44-1ab6-4f17-b914-ebca1b46454e>.
- Martínez, E. (2017). *Entrega final valoración economica humedal Jaboque.* [Trabajo de postgrado]. Universidad libre. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/11258>.

- Martínez Roger. (2010). *La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual*. [archivo PDF]. <https://www.redalyc.org/pdf/1941/194114419010.pdf>
- Moreno, V., García, J. F., & Carlos Villalba, J. (s,f). *Descripción general de los humedales de Bogotá D.C.* www.sogeocol.edu.co. [archivo PDF]. <https://www.sogeocol.edu.co/documentos/humed.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, - UNESCO-. (2019). *No dejar a nadie atrás informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2019*. UNESCO. [archivo PDF]. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367304>
- Páez, S. (2021). *Efectos De La Transformación Antrópica En Los Humedales Juan Amarillo y Jaboque, En Base A Los Índices De Calidad Ambiental Urbanos Desde El Año 2010 Hasta El Año 2019*. [Trabajo de pregrado] Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/42570>
- Pardo, D. (2018). *Análisis multitemporal del índice de calidad de agua (ICA) determinado por métodos geostadísticos para el humedal de Jaboque en la ciudad de Bogotá para los años 2009 y 2017* [Trabajo de postgrado] Universidad militar nueva granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/20380>.
- Peñuela, M. (2018). *Camellones, monolitos y lógicas urbanizadoras: un análisis de las siconaturalezas que configuran el tercio medio del humedal Jaboque, Bogotá D.C.Colombia*. [archivo PDF]. https://www.researchgate.net/publication/331286647_Camellones_monolitos_y_lógicas_urbanizadoras_un_analisis_de_las_siconaturalezas_que_configuran_el_tercio_medio_del_humedal_Jaboque_Bogota_DC_Colombia.
- Ramsar. (2013). *Manual de la Convención de Ramsar, 6ª edición*. [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/63CDE791FF2EB4CD05257C630051708F/\\$FILE/1_pdfsam_Manual_convenci%C3%B3n_de_Ramsar_2013.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/63CDE791FF2EB4CD05257C630051708F/$FILE/1_pdfsam_Manual_convenci%C3%B3n_de_Ramsar_2013.pdf).
- Romero, X., Navarro, P., & Noguera, J. (2005). *ACIDEZ Y pH*. [archivo PDF]. https://www.academia.edu/33721042/ACIDEZ_Y_pH.
- Sánchez Oscar, Herzing Mónica, Peters Eduardo, Márquez Roberto, & Zambrano Luis. (2007). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*.

<https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Perpectivas-sobre-conservaci%C3%B3n-de-ecosistemas-acu%C3%A1ticos-en-M%C3%A9xico.pdf>.

Secretaría Distrital de Ambiente subdirección de ecosistemas y ruralidad - grupo de humedales. (2021). *Parque Ecológico Distrital De Humedal Jaboque, Informe de gestión*. [archivo PDF]

https://www.ambientebogota.gov.co/documents/10184/3542328/RDHJA+INFORME+GESTION+2021_VF.pdf/76bc209b-00fc-443b-ae07-5188d8309641.

Senhadji-Navarro, K., Ruiz-Ochoa, M. A., & Rodríguez Miranda, J. P. (2017). Estado ecológico de algunos humedales colombianos en los últimos 15 años: Una evaluación prospectiva. *Colombia Forestal*, 20(2), 181–191. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2017.2.a07>.

Stratford, J.A., Robinson, W.D. (2005). Distribution of neotropical migratory bird species across an urbanizing landscape. *Urban Ecosyst* 8, 59–77. <https://doi.org/10.1007/s11252-005-1419-0>.

Villamil, D. (2021). *Evaluación espacio temporal de la calidad del agua del humedal Jaboque Bogotá Colombia*. [Trabajo de maestría]. Universidad Santo Tomas. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/38495>.