

ACTUALIZACIÓN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL HUMEDAL DE SANTA MARÍA DEL ALGO



ACTUALIZACIÓN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL HUMEDAL DE SANTA MARÍA DEL ALGO

CAPÍTULO II. EVALUACIÓN

**SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE
BOGOTÁ D.C, 2023**

TABLA DE CONTENIDO

2	EVALUACIÓN	11
2.1	CRITERIO BIOFÍSICO.....	11
2.1.1	Agua superficial.....	11
2.1.1.1	Efecto de la variabilidad climática.....	12
2.1.1.2	Análisis de impacto de cambio climático	15
2.1.2	Calidad del agua	17
2.1.2.1	Calidad del agua superficial del humedal	17
2.1.2.2	Condiciones fisicoquímicas	17
2.1.2.3	Parámetros hidrobiológicos	19
2.1.3	Caudal ecológico	23
2.2	CRITERIO ECOLÓGICO	23
2.2.1	Diversidad biológica	23
2.2.1.1	Índices de diversidad flora.....	24
2.2.1.2	Índices de diversidad fauna.....	26
2.2.2	Conectividad ecológica.....	27
2.2.3	Conectividad estructural	28
2.2.4	Conectividad hídrica estructural.....	36
2.2.5	Rareza.....	41
2.2.5.1	Rareza flora	41
2.2.5.2	Rareza fauna.....	43
2.2.6	Fragilidad	45
2.2.6.1	Fragilidad flora	45
2.2.6.2	Fragilidad fauna	48
2.2.7	Naturalidad.....	51
2.2.7.1	Índice de Naturalidad	52
2.2.7.2	Análisis de naturalidad a partir de información cartográfica.....	60
2.2.8	Representatividad	76
2.2.9	Análisis a partir de la oferta ambiental	77
2.2.9.1	Oferta ambiental de coberturas en franja acuática y semiacuática ...	77
2.2.9.2	Oferta ambiental de coberturas en franja terrestre	78
2.2.10	Análisis a partir del potencial biótico	80
2.2.10.1	Potencial biótico desde las aves acuáticas.....	80
2.3	CRITERIO SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL	82
2.3.1	Valores estéticos, culturales, religiosos e históricos	83
2.3.2	Recreación pasiva, educación e investigación.....	84
2.3.2.1	Cantidad de recorridos interpretativos en el humedal.....	85
2.3.2.2	Cantidad de participantes en recorridos interpretativos en el humedal	

2.3.2.3	Cantidad de acciones pedagógicas en el humedal.....	87
2.3.2.4	Cantidad de participantes en acciones pedagógicas en el humedal.	87
2.3.2.5	Cantidad de acciones pedagógicas en colegios	88
2.3.2.6	Cantidad de participantes en acciones pedagógicas en colegios	89
2.3.2.7	Cantidad de monitoreos participativos en el humedal en el humedal	90
2.3.2.8	Cantidad de participantes en monitoreos participativos en el humedal	90
2.3.2.9	Cantidad de proyectos de investigación articulados con la SDA por año para humedales con área menor o igual a 30 ha.....	91
2.3.3	Participación y gobernanza	92
2.3.4	Infraestructura y equipamientos.....	95
2.3.4.1	Desempeño de la Infraestructura	95
2.3.4.2	Desempeño de equipamientos	97
2.4	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	98
2.4.1	Servicios de provisión.....	98
2.4.2	Servicios de regulación	99
2.4.3	Servicios de soporte	99
2.4.4	Servicios culturales.....	107
2.5	EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL MANEJO.....	107
2.5.1	Evaluación ecológica.....	110
2.5.2	Evaluación socioeconómica y cultural	113
2.5.3	Planificación y gestión	117
2.5.4	Problemática ambiental	127
2.5.4.1	Vertimientos de aguas residuales y/o conexiones erradas	129
2.5.4.2	Especies invasoras y/o potencialmente invasoras de flora acuática	130
2.5.4.3	Tenencia irresponsable de animales domésticos de compañía	130
2.5.4.4	Daños a cerramientos	131
2.5.4.5	Daños a la infraestructura	132
2.5.4.6	Presencia de árboles en riesgo de volcamiento	132
2.5.4.7	Otros tensionantes	133
2.5.4.8	Relación con los tensionantes identificados en el Sitio Ramsar complejo de Humedales Urbanos del Distrito Capital.....	135
2.5.4.9	Avance en el control de tensionantes desde 2009	139
2.5.5	Resultados	141
2.6	REFERENCIAS	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categorías para la evaluación de resultados de ICA-HUM	18
Tabla 2. Descripción de los índices ecológicos utilizados para la evaluación hidrobiológica.....	20
Tabla 3. Índices de diversidad por coberturas en el humedal de Santa María del Lago.....	24
Tabla 4. Índices de diversidad para aves, humedal Santa María del Lago.	26
Tabla 5. Índices de diversidad para entomofauna, humedal de Santa María del Lago.....	26
Tabla 6. Coberturas fragmentadoras y no fragmentadoras presentes en el humedal de Santa María del Lago.....	28
Tabla 7. Elementos del paisaje e índices de conectividad.	32
Tabla 8. Matriz topológica de conectividad directa del humedal de Santa María del Lago.....	39
Tabla 9. Escala de valoración de la conectividad directa para los nodos de la red.....	41
Tabla 10. Categorización de rareza	42
Tabla 11. Clasificación de categorías de rareza de aves para el humedal de Santa María del Lago.....	44
Tabla 12. Clasificación del índice de vulnerabilidad y rangos de rareza para las aves del humedal de Santa María del Lago.....	44
Tabla 13. Especies de flora amenazadas para el humedal de Santa María del Lago.	46
Tabla 14. Flora invasora del humedal de Santa María del Lago.	47
Tabla 15. Especies amenazadas de aves en el humedal de Santa María del Lago. LC: Preocupación menor, VU: Vulnerable, EN: En peligro.	49
Tabla 16. Especies de fauna incluidas en apéndices CITES en el humedal de Santa María del Lago.....	50
Tabla 17. Especies invasoras de fauna en el humedal de Santa María del Lago.	51
Tabla 18. Valores de referencia para la calificación de los parámetros de flora, fauna y tensionantes considerados en el índice de Naturalidad.....	53
Tabla 19. Valores de referencia para la calificación del parámetro de coberturas considerado en el índice de Naturalidad.	54
Tabla 20. Datos de biodiversidad de flora y fauna para el cálculo del índice de naturalidad.	55
Tabla 21. Parámetros para medir el índice de naturalidad en el humedal Santa María del Lago.	56
Tabla 22. Escalas de naturalidad que permiten evaluar el estado de naturalidad del humedal.....	58
Tabla 23. Tipología de niveles de naturalidad.....	60
Tabla 24. Grados de naturalidad para distintas capas cartográficas del humedal de Santa María del Lago.....	62
Tabla 25. Cálculo de naturalidad del área buffer a partir de información cartográfica.	75
Tabla 26. Cálculo de naturalidad del área legal del humedal a partir de información cartográfica.	75

Tabla 27. Cálculo de naturalidad del área legal del humedal + área buffer de 50 m de ancho.	76
Tabla 28. Oferta ambiental en la franja acuática y semiacuática del humedal de Santa María del Lago.	78
Tabla 29. Criterios de calificación para la oferta ambiental de la vegetación terrestre	79
Tabla 30. Calificación para la oferta ambiental de la vegetación terrestre.	80
Tabla 31. Evaluación del potencial biótico de aves acuáticas en el humedal de Santa María del Lago. Comparación entre SDA (2008) y la presente actualización del PMA.	81
Tabla 32. Escala de calificación para el potencial biótico de aves acuáticas para humedales.	82
Tabla 33. Criterios de evaluación del número de eventos y participantes en el humedal de Santa María del Lago.	83
Tabla 34. Resultado de evaluación del número de eventos y de participantes representativos por año en el humedal de Santa María del Lago.	84
Tabla 35. Escala de calificación para recorridos interpretativos en el humedal/Año	85
Tabla 36. Relación de recorridos interpretativos en el humedal en 2018, 2019 y 2021.	86
Tabla 37. Escala de calificación para participantes en recorridos interpretativos en el humedal/año.	86
Tabla 38. Relación de participantes en recorridos interpretativos en el humedal en 2018, 2019 y 2021.	87
Tabla 39. Escala de calificación para acciones pedagógicas en el humedal/Año. ..	87
Tabla 40. Relación de acciones pedagógicas en el humedal en 2018, 2019 y 2021	87
Tabla 41. Escala de calificación para acciones pedagógicas en el humedal/Año. ..	88
Tabla 42. Relación de participantes en acciones pedagógicas en el humedal en 2018, 2019 y 2021.	88
Tabla 43. Escala de calificación para acciones pedagógicas en colegios/Año.	88
Tabla 44. Relación de acciones pedagógicas en colegios en 2018, 2019 y 2021. ..	89
Tabla 45. Escala de calificación para participantes en acciones pedagógicas en colegios/año.	89
Tabla 46. Relación de participantes en acciones pedagógicas en colegios en 2018, 2019 y 2021.	90
Tabla 47. Escala de calificación para monitoreos participativos en el humedal/Año.	90
Tabla 48. Relación de monitoreos participativos en el humedal en 2018, 2019 y 2021.	90
Tabla 49. Escala de calificación para participantes en monitoreos participativos en el humedal/Año.	91
Tabla 50. Relación de participantes en monitoreos participativos en el humedal en 2018, 2019 y 2021.	91
Tabla 51. Escala de calificación para proyectos de investigación articulados con la SDA por año para humedales con área menor o igual a 30 ha. /Año.	92

Tabla 52. Relación de proyectos de investigación articulados con la SDA por año para humedales con área menor o igual a 30 ha. en 2018, 2019 y 2021.	92
Tabla 53. Rangos de evaluación del número de mesas territoriales y participantes adelantadas por años en el humedal de Santa María del Lago.	93
Tabla 54. Resultados de evaluación del número de mesas y participantes en mesas territoriales en el humedal de Santa María del lago.	94
Tabla 55. Valoración estado de infraestructura presente en el humedal de Santa María del Lago.	95
Tabla 56. Valoración frecuencia uso de infraestructura presente en el humedal de Santa María del lago.	96
Tabla 57. Métricas seleccionadas para la construcción del índice de integridad del hábitat (IIH).	100
Tabla 58. Puntajes de las variables consideradas para la estimación del índice de integridad del hábitat (IIH).	101
Tabla 59. Puntajes del IIH índice de Integridad de Hábitat.	102
Tabla 60. Valores promedio de variables fisicoquímicas seleccionadas para el cálculo del IIH.	106
Tabla 61. Valoración para las métricas evaluadas en el IIH para el humedal de Santa María del Lago.	106
Tabla 62. Matriz base para la evaluación de la efectividad del manejo.	109
Tabla 63. Escala de Calificación.	109
Tabla 64. Parámetros para definir la evaluación ecológica en el humedal de Santa María del lago.	110
Tabla 65. Integración de los elementos para la evaluación Socioeconómica y Cultural en el humedal de Santa María del Lago.	114
Tabla 66. Evaluación de la planificación y gestión en el humedal de Santa María del lago.	117
Tabla 67. Evaluación de los avances en la implementación del plan de acción vigente en el humedal de Santa María del lago.	121
Tabla 68. Parámetro para evaluar los tensionantes.	128
Tabla 69. Escala de valoración de tensionantes.	128
Tabla 70. Tensionantes reportados en el humedal de Santa María del Lago con relación al total de tensionantes reportados para el Sitio Ramsar Complejo de Humedales del Distrito Capital.	135
Tabla 71. Trazabilidad de tensionantes reportados en el año 2009 con relación al año 2022.	139
Tabla 72. Escala de calificación cualitativa para el resultado general obtenido para el humedal de Santa María del Lago.	142
Tabla 73. Resultados final evaluación efectividad del manejo en el humedal de Santa María del Lago.	142

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista aérea del área de drenaje del humedal de Santa María del Lago. Fuente: Elaboración propia.	12
Figura 2. Variación del índice ONI desde 1990 a enero de 2022. Fuente: https://ggweather.com/enso/oni.htm	13
Figura 3. Variación del balance hídrico en el humedal de Santa María del Lago bajo un evento ENSO - Niña. Fuente: Elaboración propia.	14
Figura 4. Variación del balance hídrico en el humedal de Santa María del Lago bajo un evento ENSO – Niño. Fuente: Elaboración propia.	14
Figura 5. Cambios proyectados en la precipitación para el humedal de Santa María del Lago en el periodo 2011 - 2040 en Bogotá. Fuente: Elaboración propia con base en IDEAM et al., 2015.	16
Figura 6. Variación del balance hídrico en el humedal de Santa María del Lago bajo escenario de cambio climático. Fuente: Elaboración propia.	17
Figura 7. Evolución del Índice de calidad del agua para humedales (ICA-HUM) en el humedal de Santa María del Lago. Fuente: Elaboración propia con base en SDA (2021a) y SDA (2022a).	19
Figura 8. Valores del índice de Shannon - Wiener para las comunidades hidrobiológicas del humedal de Santa María del Lago. Fuente: Elaboración propia con datos de SDA (2021a).	21
Figura 9. Valores del índice de dominancia de Simpson para las comunidades hidrobiológicas del humedal de Santa María del Lago. Fuente: Elaboración propia con datos de SDA (2021a).	21
Figura 10. Valores del índice de equidad de Pielou para las comunidades hidrobiológicas del humedal de Santa María del Lago. Fuente: Elaboración propia con datos de SDA (2021a).	21
Figura 11. Contexto general humedal de Santa María del Lago dentro del conector ecosistémico subcuenca Virrey – Chicó. Fuente: Elaboración propia con base en cartografía oficial Decreto Distrital 555 de 2021 Alcaldía Mayor de Bogotá. (2021).	30
Figura 12. Disponibilidad de hábitat en el área de influencia del humedal de Santa María del Lago Fuente: Elaboración propia con base en cartografía oficial Decreto Distrital 555 de 2021 Alcaldía Mayor de Bogotá. (2021) y SIGAU (2021).	34
Figura 13. Áreas de interés para la conectividad ecológica en el área de influencia del humedal de Santa María del Lago Fuente: Elaboración propia con base en cartografía oficial Decreto Distrital 555 de 2021 Alcaldía Mayor de Bogotá. (2021) y SIGAU (2021).	36
Figura 14. Grafo representativo de la red del humedal de Santa María del Lago. Se observan las direcciones de flujo del sistema pluvial que aporta al humedal. Fuente: Elaboración propia.	38
Figura 15. Comparación de la escala de naturalidad del humedal de Santa María del Lago con relación a los datos valorados en el sitio Ramsar complejo de humedales urbanos del Distrito Capital de Bogotá SDA y CAR (2023). Siglas: COR (humedal Córdoba), CON (humedal La Conejera), JAB (humedal Jaboque), VAC (humedal de La Vaca), TUN (humedal del Tunjo), BUR (humedal del Burro), TIBJA (humedal	

Tibabuyes – Juan Amarillo), TORGUA (humedales de Torca y Guaymaral), CAP (humedal de Capellanía), SML (humedal de Santa María del Lago). Fuente: Elaboración propia.	59
Figura 16. Geomorfología empleada para la naturalidad del humedal de Santa María del Lago. Fuente: Elaboración propia.	62
Figura 17. Suelos empleados para la naturalidad del humedal de Santa María del Lago. Fuente: Elaboración propia.	64
Figura 18. Tratamiento urbanístico del humedal de Santa María del Lago. Fuente: Elaboración propia.	66
Figura 19. Coberturas de la tierra humedal de Santa María del Lago. Fuente: Elaboración propia.	68
Figura 20. Grados de Naturalidad del humedal de Santa María del Lago y su área de influencia directa. Fuente: Elaboración propia.	73
Figura 21. Escala de naturalidad del humedal de Santa María del Lago y su área de influencia directa. Fuente: Elaboración propia.	74
Figura 22. Número de eventos y de participantes representativos por año en el humedal de Santa María del Lago. Fuente: Elaboración propia.	84
Figura 23. Gráficas de evaluación del Número de Mesas Territoriales por año. Fuente: Elaboración propia.	93
Figura 24. Valoración del estado de la infraestructura. Fuente: Elaboración propia.	96
Figura 25. Valoración frecuencia uso de infraestructura. Fuente: Elaboración propia.	97
Figura 26. Valoración estado de equipamientos. Fuente: Elaboración propia.	97
Figura 27. Valoración frecuencia uso de equipamientos. Fuente: elaboración propia.	98
Figura 28. Cambios en cobertura del cuerpo de agua del humedal de Santa María del Lago entre los años 2014 y 2021. Fuente: Elaboración propia.	103
Figura 29. Coberturas impermeables en el humedal de Santa María del Lago. ..	104
Figura 30. Cobertura de materia orgánica dentro del humedal de Santa María del Lago. Fuente: Elaboración propia.	105
Figura 31. Avance en implementación plan de acción del humedal año 2022.	126
Figura 32. Porcentaje de ejecución de las estrategias de la Política Distrital de Humedales del Distrito Capital a través del plan de acción del PMA del humedal Santa María del Lago. Fuente: Elaboración propia.	127
Figura 33. Tensionantes reportador en el humedal de Santa María del Lago durante el periodo de octubre 2021 a octubre 2022. Fuente: Elaboración propia.	129
Figura 34. Desprendimiento del material sintético instalado en las plazoletas. Fuente: Elaboración propia.	133
Figura 35. Desprendimiento del material sintético instalado en las plazoletas. Fuente: Elaboración propia.	134

LISTA DE SIGLAS

CITES: Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres

EAAB: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá

EEP: Estructura Ecológica Principal

ICA: Índice de Calidad de Agua

PMA: Plan de Manejo Ambiental

PMAE: Programa de Monitoreo de Afluentes y Efluentes

RDH: Reserva Distrital de Humedal

SDA: Secretaría Distrital de Ambiente

SIGAU: Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano

SPPA: Subdirección de Políticas y Planes Ambientales

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

VOC: Valor Objeto de Conservación

2 EVALUACIÓN

En este capítulo se describen los resultados del ejercicio de evaluación y análisis de las condiciones actuales del humedal de Santa María del Lago en los criterios físico, ecológico, sociocultural; así mismo, se presentan los resultados de la evaluación del manejo y las problemáticas ambientales identificadas para la actualización del Plan de Manejo Ambiental del 2010.

2.1 CRITERIO BIOFÍSICO

En el presente capítulo se busca evaluar el componente hídrico del humedal de Santa María del Lago mediante una aproximación a la disponibilidad de agua que tiene para la conservación de sus componentes, procesos y servicios ecosistémicos.

2.1.1 Agua superficial

De acuerdo con la caracterización hidrográfica del humedal de Santa María del Lago presentada en el capítulo de Descripción, los aportes de agua dependen principalmente de las aguas lluvias captadas por la red de alcantarillado pluvial de la zona, a través de cuatro colectores principales que aportan las lluvias de escorrentía de 0,922 km² que conforman el área aferente al humedal.

En términos del ciclo hidrológico, el agua que precipita principalmente se convierte en escorrentía teniendo en cuenta que cerca del 95 % del área de aporte está impermeabilizada tejido urbano continuo, ver Figura 1, escorrentía que se canaliza por el sistema de alcantarillado, por lo que el balance hídrico en el humedal, representado por las cantidades de precipitación y evapotranspiración constituyen una representación aproximada de la disponibilidad de agua.

Teniendo en cuenta el efecto que tienen los fenómenos de variabilidad climática y de cambio climático en el comportamiento de la precipitación y la evapotranspiración, a continuación, se realiza un análisis sobre el efecto de ambas condiciones para la disponibilidad hídrica en el humedal de Santa María del Lago.

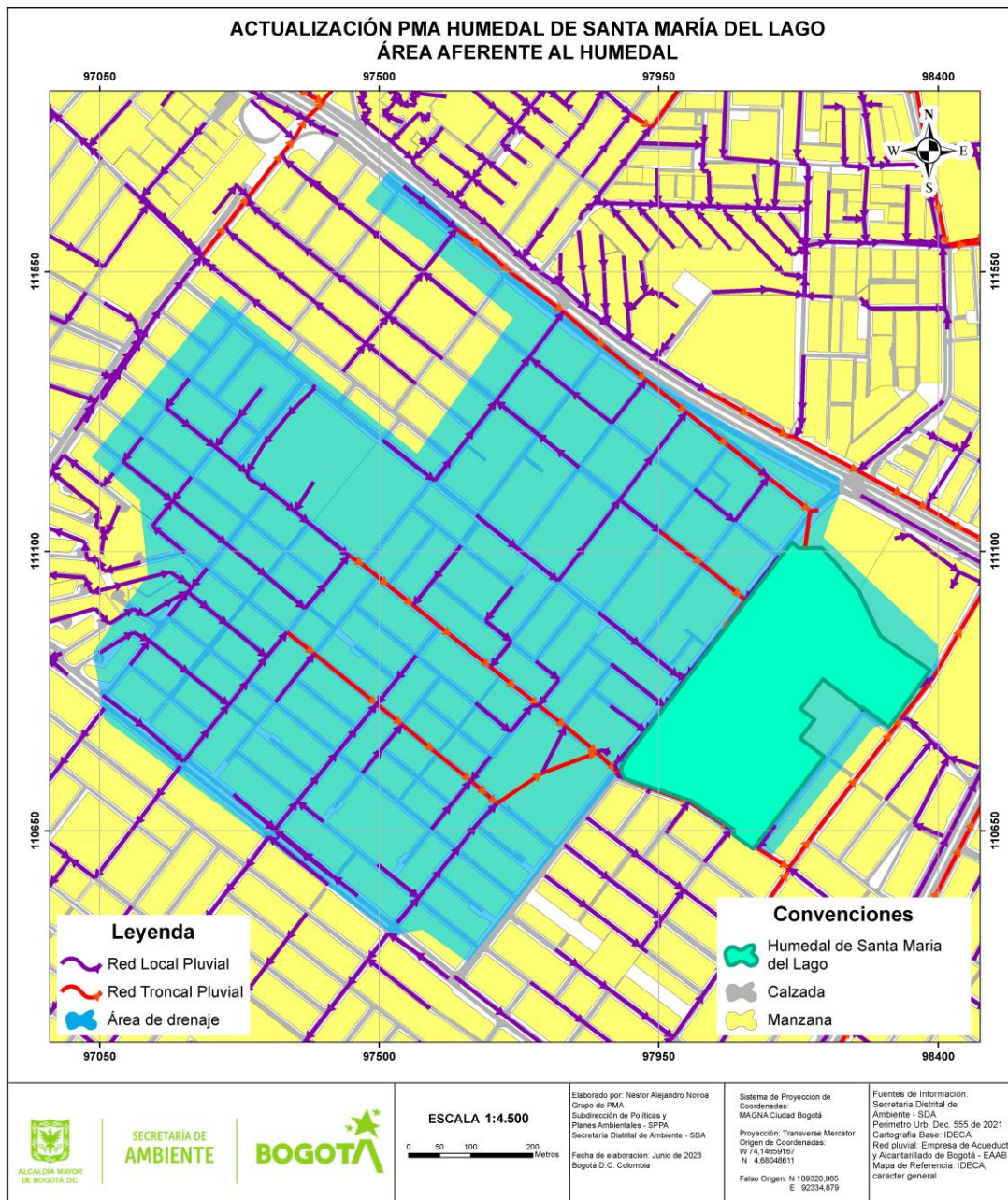


Figura 1. Vista aérea del área de drenaje del humedal de Santa María del Lago. Fuente: Elaboración propia.

2.1.1.1 Efecto de la variabilidad climática

Como bien expone Poveda (2004), la variabilidad climática global a una escala interanual está fuertemente controlada por la ocurrencia del evento El Niño / Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés), el cual tiene una fase cálida llamada El Niño, en la que se presenta un aumento de las temperaturas superficiales del mar, en particular sobre el centro y el oriente del Pacífico tropical, lo cual conduce a alteraciones en los patrones de circulación de vientos,

de presiones atmosféricas superficiales y de precipitación sobre todo el Océano Pacífico. La Niña por su parte, es la fase fría del ENSO.

El efecto del ENSO en Bogotá está representado por la reducción en los niveles de precipitación con una probabilidad de reducción de hasta el 80% cuando ocurre un evento Niño, a diferencia del evento Niña cuando ocurre un aumento notorio en los niveles de precipitación con una probabilidad de aumento de alrededor del 80% (Ruiz & Escobar, 2012).

El índice Niño Oceánico (ONI en inglés) es una medida de la condición del ENSO, el cual es la principal medida para hacer seguimiento y predecir un evento ENSO, y se compone de tres fases: Valores positivos del ONI mayores o iguales a $+0.5^{\circ}\text{C}$ durante tres meses continuos representa la ocurrencia de un evento Niño; la Niña, caracterizada por valores negativos del ONI menores o iguales a -0.5°C durante tres meses continuos: y la fase neutra que presenta valores del ONI entre -0.5°C y $+0.5^{\circ}\text{C}$ (Trenberth, 1997).

De acuerdo con los reportes que realiza la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés), desde 1990 se han presentado eventos alrededor de seis eventos Niño de importancia, entre los que se destacan los ocurridos entre 1991-1992, 1997-1998 y 2015-2016. Para los casos de los eventos Niña se tienen igualmente reportes de seis de importancia, de los que se destacan los ocurridos entre 1998-1999, 1999-2000, 2007-2008 y 2010-2011 (Ver Figura 2).

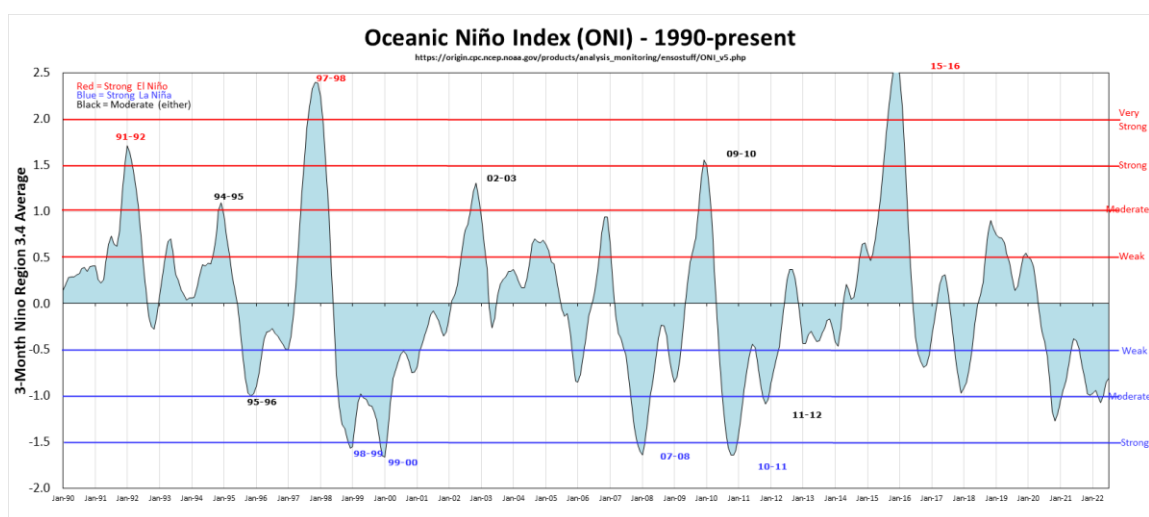


Figura 2. Variación del índice ONI desde 1990 a enero de 2022. Fuente: <https://ggweather.com/enso/oni.htm>

Tomando como referencia el balance hídrico promedio realizado en el capítulo de descripción, y al compararlo con años Niño y Niña respectivamente se evidencia el impacto representativo

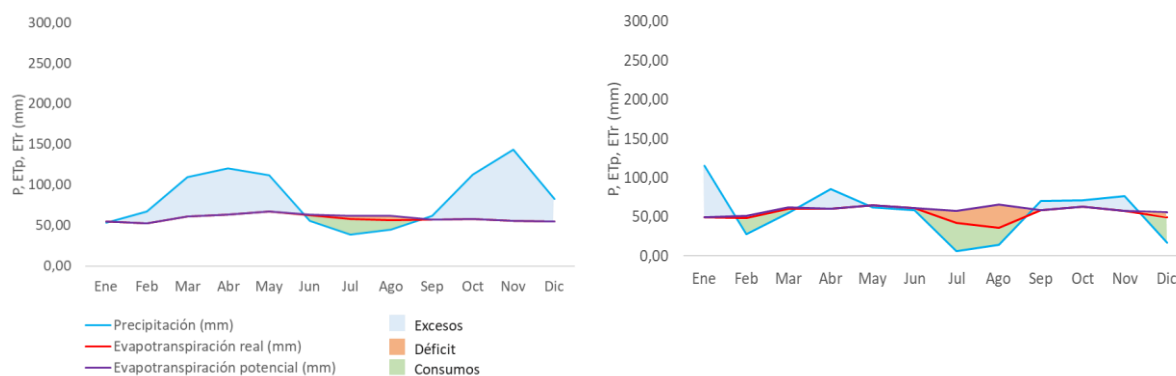
en el comportamiento de la precipitación, generando altos excesos de agua en casi todo el año para el evento Niña, y mayores periodos de déficit y una reducción significativa en los excesos para los años en los que se presentan eventos Niño, como se muestra respectivamente en la Figura 3 y Figura 4.



a) Año normal

b) Año Niña (2011)

Figura 3. Variación del balance hídrico en el humedal de Santa María del Lago bajo un evento ENSO - Niña. Fuente: Elaboración propia.



a) Año normal

b) Año Niño (1997)

Figura 4. Variación del balance hídrico en el humedal de Santa María del Lago bajo un evento ENSO – Niño. Fuente: Elaboración propia.

El efecto de esta amplia variabilidad que se presenta por un fenómeno que ha mostrado tener una recurrencia entre 4 – 5 años, muestra la necesidad de garantizar un adecuado manejo de los eventos extremos en un humedal como Santa María del Lago, cuya dependencia principal de las aguas lluvia, hace relevante su papel de amortiguador de crecientes, cuando se evidencian excesos tan considerables en eventos Niña, y a su vez la supervivencia de las diferentes especies que habitan en el humedal bajo eventos de sequía asociados a eventos niño tan fuertes como el ocurrido en 1997.

2.1.1.2 Análisis de impacto de cambio climático

La disponibilidad de agua puede verse igualmente afectada por los efectos del cambio climático de las próximas décadas, tanto en las condiciones promedio, como en la frecuencia de ocurrencia y magnitud de los eventos extremos.

Para evaluar esta amenaza se utilizó la información de los escenarios¹ de cambio climático de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (IDEAM et al. 2015) para Bogotá y la sabana de Bogotá en el periodo 2011-2100. Estos fueron elaborados siguiendo metodologías propuestas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), con base en los escenarios de forzamiento radiativo² dados por los Caminos Representativos de Concentración de Emisiones de GEI (RCP, por sus siglas en inglés) 2.6, 4.5, 6.0 y 8.5, y tomando como clima de referencia (clima presente) el periodo 1976-2005 (IDEAM et al. 2015).

Para Bogotá, en cuanto a la variación de la temperatura media anual, se espera que para 2040 se incremente en 0,25°C en la zona rural y 0,65°C en el área urbana (SDA, 2022d). Con respecto a las precipitaciones, también se prevén aumentos en el porcentaje de cambio principalmente, con variaciones a lo largo del territorio ocasionadas por la misma orografía de la ciudad, pronosticando un aumento en el porcentaje de las lluvias de hasta en un 35% para 2040 hacia el occidente, mientras que en los cerros orientales se prevé un importante descenso de hasta 15% (Ver Figura 5).

¹ "Descripción coherente, internamente consistente y convincente de un posible estado futuro del mundo. No es un pronóstico, sino una imagen alternativa de cómo el futuro puede revelarse" (IDEAM et al., 2015).

² "Cambio impuesto en el balance radiativo de la Tierra, dado por cualquier cambio en la radiación entrante o saliente de un sistema climático" (IDEAM et al., 2015).

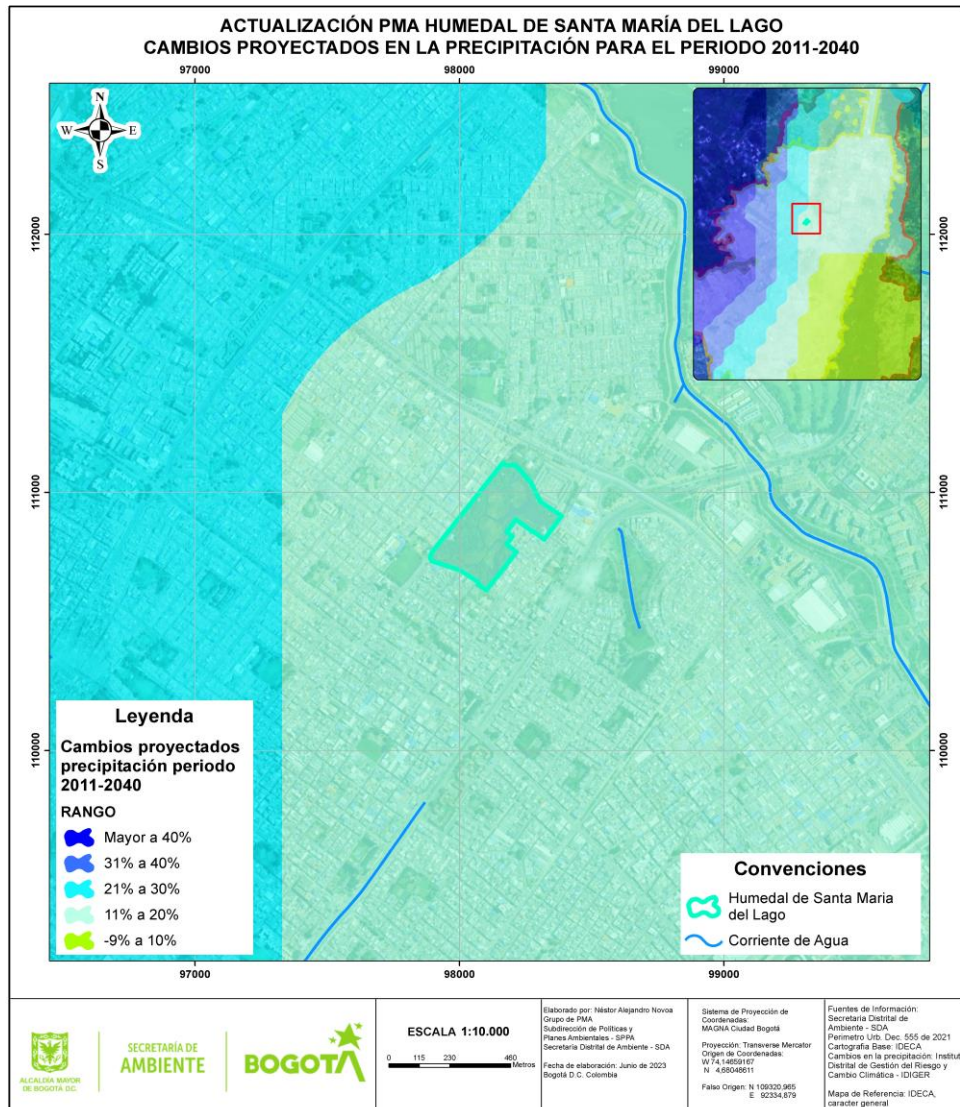
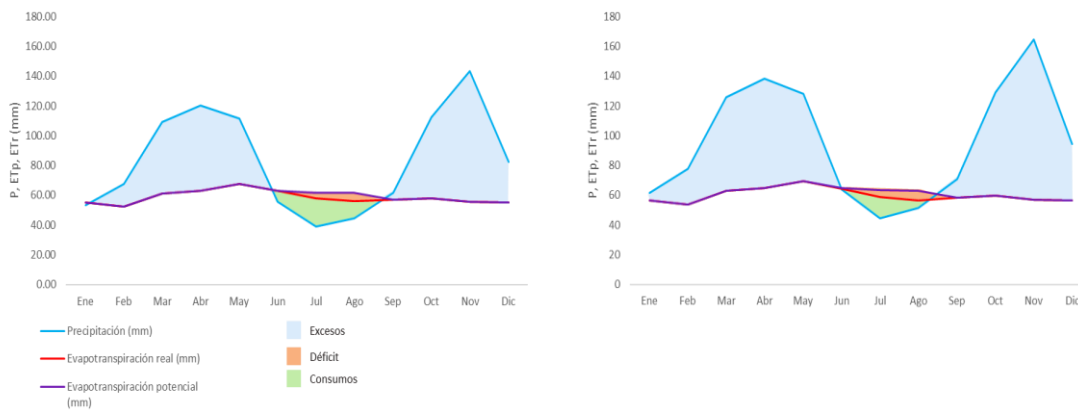


Figura 5. Cambios proyectados en la precipitación para el humedal de Santa María del Lago en el periodo 2011 - 2040 en Bogotá. Fuente: Elaboración propia con base en IDEAM et al., 2015.

Teniendo en cuenta este escenario, para el humedal de Santa María del Lago, se estima un aumento en la temperatura de $0,65^{\circ}\text{C}$ y en la precipitación del 15%, con lo que se estimó el efecto sobre el balance hídrico del humedal, evidenciando una importancia relevante en los excesos de agua ocasionados por el aumento en la precipitación, y un déficit más notorio en los meses más secos del año, comparado con las condiciones actuales, asociado a una reducción en la evapotranspiración real esperada en el humedal, como se muestra en la Figura 6.



a) Condición actual

b) Escenario de cambio climático temperatura +0.65°C y precipitación +15%

Figura 6. Variación del balance hídrico en el humedal de Santa María del Lago bajo escenario de cambio climático. Fuente: Elaboración propia.

2.1.2 Calidad del agua

2.1.2.1 Calidad del agua superficial del humedal

La evaluación del parámetro de calidad del agua se realizó teniendo en cuenta tanto las condiciones fisicoquímicas como hidrobiológicas, buscando aprovechar la información disponible para reflejar en forma integral el estado del humedal.

Desde el punto de vista fisicoquímico se presenta una aproximación desde la información disponible sobre la calidad del agua del sistema hídrico urbano del Distrito Capital, con base en el análisis del Índice de Calidad del Agua desarrollado para los humedales del distrito (ICA-HUM) empleado por la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA, 2019). Desde el punto de vista hidrobiológico se presenta una aproximación basada en la bioindicación a partir de la información existente sobre composición y estructura de las comunidades hidrobiológicas presentes.

2.1.2.2 Condiciones fisicoquímicas

La Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), junto con la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) mediante el convenio interadministrativo No SDA-SECOPII-712018 adelantó el monitoreo fisicoquímico del agua superficial en catorce (14) humedales del distrito, durante los años 2019 y 2020, con muestreos en épocas de baja precipitación en la ciudad.

Los resultados del muestreo fueron presentados mediante informe final en mayo de 2021 (SDA, 2021a), a partir de los cuales se realizó el cálculo del índice ICA-HUM, desarrollado

para los humedales en Bogotá (SDA, 2019), los cuales se complementaron mediante la estimación del índice para los monitoreos realizados en el año 2021 en el marco del Programa de Monitoreo de Afluentes y Efluentes (PMAE) de la SDA (SDA, 2022a).

El índice considera los parámetros de: porcentaje de saturación de oxígeno, pH, temperatura del agua, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), conductividad, fósforo total, sustancias activas al azul de metileno (SAAM), y nitrógeno total de Kjeldahl (NTK). El ICA-HUM establece cinco categorías de calidad acorde con los quintiles de los datos recopilados para su desarrollo. En la Tabla 1, se muestra la clasificación de la calidad del agua que varía de 0 a 100, según el índice:

Tabla 1. Categorías para la evaluación de resultados de ICA-HUM

Calidad	Valor WQI	Definición
Excelente	$80.65 < \text{ICA-HUM} < 100$	El agua no presenta contaminación, las condiciones son altamente favorables para el ecosistema
Buena	$69.33 < \text{ICA-HUM} < 80.64$	El agua satisface el uso para conservación de fauna y flora, presenta niveles de contaminación bajos.
Aceptable	$60.38 < \text{ICA-HUM} < 69.32$	Algunos de los parámetros se hallan en el límite o exceden los criterios de calidad, sin embargo, las condiciones son parcialmente favorables para el desarrollo de la fauna y flora.
Pobre	$49.23 < \text{ICA-HUM} < 60.37$	El humedal presenta un grado medio de contaminación, el agua debe ser potencialmente tratada, se presume que existen vertimientos de aguas residuales al ecosistema.
Muy Pobre	$0 < \text{ICA-HUM} < 49.22$	El agua presenta niveles de contaminación alta y muestra condiciones que no son favorables para la vida acuática.

Fuente: Información obtenida de: SDA (2019).

De acuerdo con el cálculo del ICA-HUM para cada uno de los puntos de monitoreo del humedal de Santa María del Lago, las condiciones de calidad se muestran según la escala de colores empleada en la Tabla 1, para los últimos años en la Figura 7.



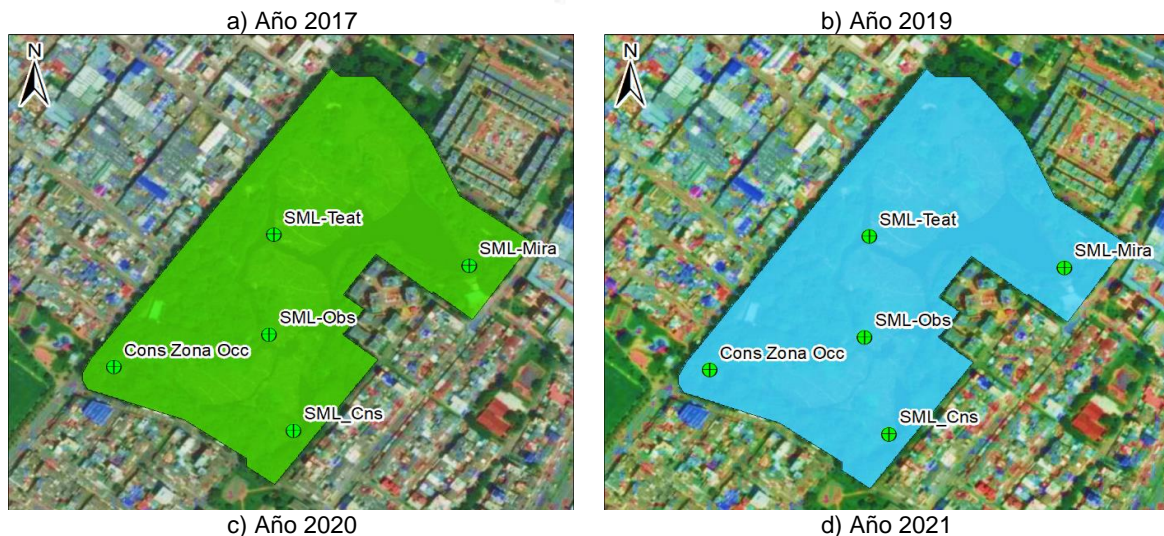


Figura 7. Evolución del Índice de calidad del agua para humedales (ICA-HUM) en el humedal de Santa María del Lago. Fuente: Elaboración propia con base en SDA (2021a) y SDA (2022a).

Puede evidenciarse que las condiciones de calidad en el humedal se han mantenido de buenas a excelentes en los últimos años, presentando el menor valor en el monitoreo realizado en el año 2017 para el punto SML-Obs, donde el parámetro arrojó un resultado de condiciones aceptables de calidad. Sin embargo, las variaciones no han sido significativas, manteniéndose condiciones apropiadas de calidad del agua para garantizar la conservación de flora y fauna.

2.1.2.3 Parámetros hidrobiológicos

Las comunidades bióticas acuáticas se valoran con el objetivo de conocer el estado del cuerpo de agua, ya que las alteraciones en los sistemas acuáticos se ven reflejadas en daños sobre la condición y el funcionamiento de dichas comunidades, entre ellos están la pérdida de grupos sensibles y los cambios en la estructura y composición de las comunidades (Fundación Omacha e Instituto Humboldt, 2015). Algunos grupos biológicos particulares son capaces de tolerar alteraciones a distintos niveles, estos grupos son importantes porque se convierten en bioindicadores de la calidad del agua.

Teniendo en cuenta lo anterior, la evaluación de la calidad del agua del humedal de Santa María del Lago presenta el análisis de la información sobre las 4 comunidades hidrobiológicas caracterizadas en la sección de Limnología del capítulo de Descripción: fitoplancton perifiton, zooplancton y macroinvertebrados, incluyendo índices ecológicos, composición y bioindicación de los diferentes grupos. Los datos analizados provienen de SDA (2021a).

Los índices ecológicos utilizados fueron la diversidad de Shannon-Wiener (H'), la equidad de Pielou (J') y la dominancia de Simpson (D). El rango de valoración de cada uno, así como su respectiva interpretación se consignan en la Tabla 2.

Tabla 2. Descripción de los índices ecológicos utilizados para la evaluación hidrobiológica.

Índice	Rango	Interpretación	Referencia
Shannon-Wiener (H')	0 – $\ln S$, donde S es el número de especies. Normalmente se encuentra entre 1 y 5	Valores menores a 2 indican una diversidad baja, entre 2 a 3,5 media y por encima de 3,5 una alta diversidad. También se considera que cuando es superior a 3, el agua se encuentra limpia, valores entre 1 y 3 indican un agua ligeramente contaminada y por debajo de 1 indica un agua intensamente contaminada.	Margalef (1972) Pinilla (2010)
Equidad de Pielou (J)	0 – 1	Medición de la diversidad observada vs. la máxima esperada, donde 1 es una abundancia igual de todas las especies y 0 es una ausencia de uniformidad.	Magurran (1988) citado en Moreno (2001)
Dominancia de Simpson (D)	0 – 1	Valores cercanos a 0 indican poca dominancia por parte de unas pocas especies y por ende mayor diversidad. Valores más cercanos a 1 indican una mayor probabilidad de que la muestra esté dominada por una sola especie	SDA (2021b)

Fuente: Elaboración propia.

Los valores obtenidos para cada índice ecológico se muestran en las Figuras 8, 9 y 10, discriminadas por comunidad hidrobiológica, año y punto de muestreo (para ubicar los puntos de muestreo, ver Figura 7).

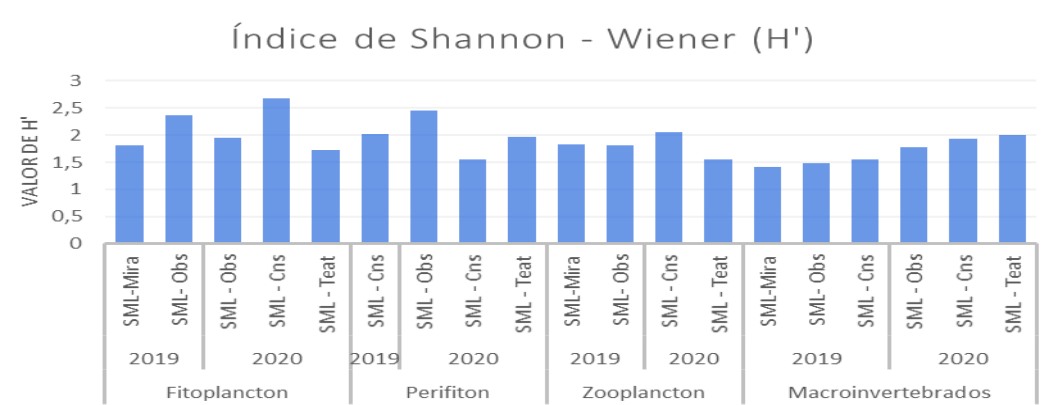


Figura 8. Valores del índice de Shannon - Wiener para las comunidades hidrobiológicas del humedal de Santa María del Lago. Fuente: Elaboración propia con datos de SDA (2021a).

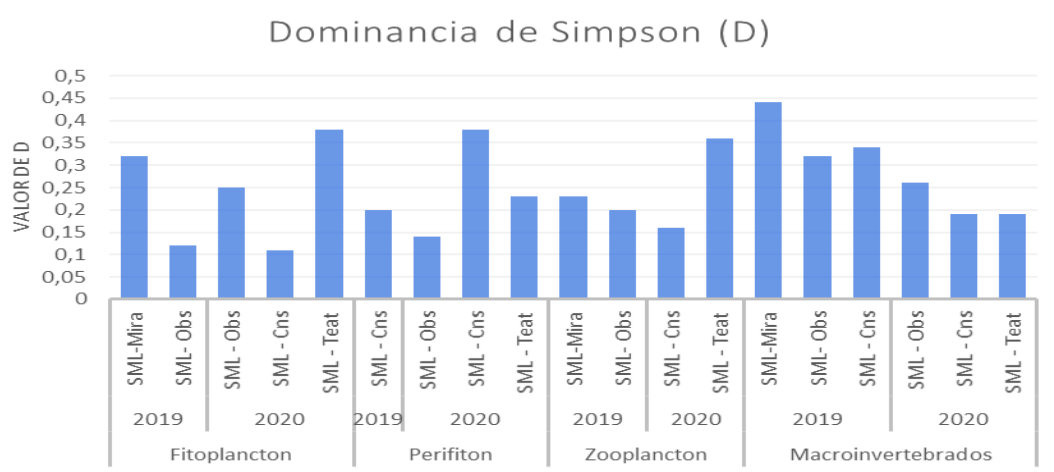


Figura 9. Valores del índice de dominancia de Simpson para las comunidades hidrobiológicas del humedal de Santa María del Lago. Fuente: Elaboración propia con datos de SDA (2021a).

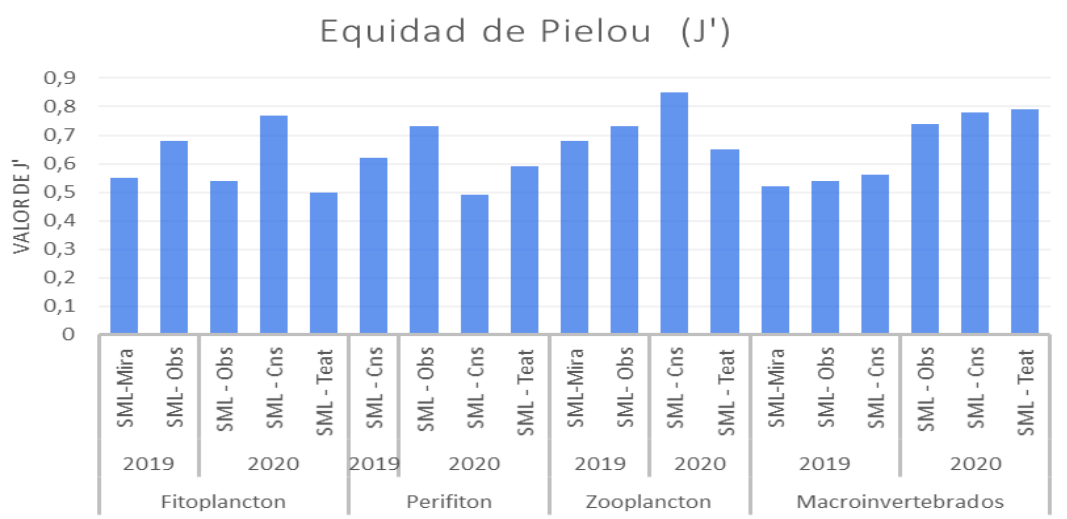


Figura 10. Valores del índice de equidad de Pielou para las comunidades hidrobiológicas del humedal de Santa María del Lago. Fuente: Elaboración propia con datos de SDA (2021a).

El análisis de la composición y bioindicación de las comunidades hidrobiológicas tiene en cuenta los datos presentados en el capítulo de Descripción, sección Limnología. La composición de las comunidades de fitoplancton, perifiton, zooplancton y macroinvertebrados cambia del año 2019 a 2020 debido posiblemente a cambios estacionales o temporales, a pesar de que en ambos años los muestreos se realizaron en épocas secas. Sin embargo, este cambio de abundancias y riqueza de especies puede deberse también a una variación espacial, al no considerarse exactamente los mismos puntos de muestreo de un año a otro, lo cual remarca la importancia de un monitoreo estandarizado cuyos resultados puedan ser comparables en el tiempo.

En trabajos que tratan uno o varias comunidades hidrobiológicas, Santa María del Lago suele ubicarse mejor que varios humedales en su estado trófico, estando sus condiciones de mesotrófico a ligeramente eutrófico, razón que se apoya en el hecho de contar con 4 especies de peces. Pinilla (2010) sugiere que la baja calidad del agua mostrada en algunos índices obedece al aislamiento de la masa de agua, y teoriza que el alto contenido en materia orgánica se debe no a aportes de aguas residuales sino a una ausencia de corriente que haga circular esta materia.

En cuanto a la bioindicación, los grupos predominantes del zooplancton como los distintos géneros de rotíferos y amebozoos indican eutrofia, algunos géneros como *Polyarthra indican* meso a eutrofia (Pinilla, 2000), e igualmente los géneros más predominantes del fitoplancton muestran un amplio rango de bioindicación, puesto a que van desde la oligotrofia hasta la eutrofia, y algunos reflejan condiciones de enriquecimiento por materia orgánica. Por parte del perifiton, algunos géneros encontrados como *Gomphonema* y *Fragillaria indican* una contaminación moderada y *Tabellaria*, que es un indicador de oligo a mesotrofia (CAR, 2020), lo cual coincide parcialmente con los resultados de Castro-Roa y Pinilla (2015), en los que las diatomeas perifíticas indicaron buenas condiciones limnológicas para Santa María del Lago.

Por último, los macroinvertebrados más abundantes como el caracol del género *Physa* y los crustáceos del género *Hyaella* son indicadores de ambientes eutróficos y de alto enriquecimiento con materia orgánica, lo cual concuerda con los parámetros medidos en SDA (2021a) que indican un ambiente eutrófico y con alta carga de materia orgánica, sin embargo, para este mismo humedal Moreno y Guillot (2012) encontraron náyades de 4 especies de odonatos de las familias Aeshnidae y Coenagrionidae, las cuales según Pinilla (2000) indican aguas limpias o con leve contaminación y cuyas abundancias y riquezas tendieron a aumentar en puntos con mejores condiciones fisicoquímicas.

Respecto a los índices ecológicos, en general se puede observar que los distintos puntos presentaron una diversidad de Shannon-Wiener entre 1,5 y 2 (Figura 8), es decir, diversidades entre bajas y medias, pero sin llegar a indicar un agua muy contaminada (Tabla 2). La diversidad fue relativamente constante dentro de cada comunidad y entre los diferentes puntos y años, sin tener algún punto de muestreo en particular que sobresalga para todos los grupos. A pesar de los bajos valores de diversidad, las 4 comunidades presentan una heterogeneidad importante, al situarse los valores de dominancia de Simpson todos por debajo de 0,45 y los valores de equidad de Pielou entre 0,5 y 0,85, esto quiere decir que en

muy pocos casos se marca dominancia de pocas especies en cada comunidad. Así mismo, esta relativa estabilidad en los índices se corresponde con una homogeneidad de los parámetros de calidad del agua, como se ve en los valores del ICA-HUM.

2.1.3 Caudal ecológico

El mantenimiento del funcionamiento y resiliencia de los ecosistemas acuáticos y su provisión de servicios ecosistémicos depende directamente del volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad, lo que define el Decreto 3930 de 2010 y el Decreto 050 de 2018 como el caudal ecológico de un cuerpo hídrico.

Desde el año 2019, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) viene adelantando estudios y diseños para la recuperación del caudal ecológico en los humedales Distritales, sin embargo a la fecha de elaboración de la actualización del Plan de Acción del humedal de Santa María del Lago, no se cuenta con los resultados de la consultoría, por lo que resulta importante garantizar la estimación del caudal ecológico del humedal, con el fin de identificar la necesidad de implementar acciones que garanticen las condiciones de entrada de agua en cantidad, calidad, duración y estacionalidad necesarias para el funcionamiento y resiliencia del ecosistema acuático.

2.2 CRITERIO ECOLÓGICO

En la presente sección se evaluaron los parámetros de diversidad biológica, conectividad ecológica (a través del análisis de la conectividad hídrica estructural), rareza, fragilidad, naturalidad, representatividad, análisis a partir de la oferta ambiental y a partir del potencial biótico.

2.2.1 Diversidad biológica

La diversidad es un término el cual se viene acuñando desde la década de los 80 para referirse a la diversidad biológica, se define como *“la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas* (CDB, 1992, p. 3). Este criterio es de gran utilidad en la toma de decisiones con el fin de generar mecanismos concretos de protección de las especies y sus ecosistemas.

2.2.1.1 Índices de diversidad flora

Para el presente análisis de diversidad se tomó como base los datos aportados por el equipo de monitoreo de la biodiversidad de la Subdirección de Ecosistema y Ruralidad (SDA 2021a).

Los valores de Diversidad de Margalef indican que la diversidad específica es baja para todas las coberturas, puesto que esta escala indica que para valores inferiores a 2 refiere a ecosistemas muy antropizados y de baja diversidad específica, por el contrario, valores superiores a 5 a ecosistemas más conservados y con gran diversidad.

Se observa que las coberturas de Bosque y arbustales abiertos presentan valores de 4,5 y 4,7 respectivamente, siendo estos los valores más altos encontrados representando las comunidades más diversas, caso de las comunidades de pastos limpios y macrófitas las cuales reportan valores de 0,74 y 1,4 respectivamente lo que las hace las poblaciones menos diversas.

Los valores para el índice de Shannon_H establecen que la diversidad en las poblaciones de bosques abiertos y arbustales se comportan de manera normal, puesto que los valores que arrojaron fueron de 2,73 y 2,57, sin embargo, los valores para las demás comunidades fueron bajos, puesto que este indica que valores inferiores a 2 representa poblaciones con baja diversidad, para valores entre 2 y 3 represente a una población normal y mayores a 3 representa comunidades más diversas.

El Índice de Simpson tiene una escala de 0 a 1 en donde valores más cercanos a 0 representa poblaciones con menor diversidad biológica y valores más cercanos a 1 mayor diversidad biológica, se observó que los valores de las diferentes comunidades presentaron valores medio altos de diversidad siendo el bosque abierto y los arbustales los que presentaron mayor diversidad y los herbazales inundables los que menos diversidad reportaron, con mayor probabilidad de dominancia de alguna de las especies que la compone (Tabla 3).

Tabla 3. Índices de diversidad por coberturas en el humedal de Santa María del Lago.

	Bosque Abiertos	Arbustales Abiertos	Herbazales Inundables	Macrófitas	Pastos Enmalezados	Pastos Limpios
Taxas	21	22	11	11	15	4
Individuos	85	82	2268	1113	715	56
Margalef	4,502	4,765	1,294	1,426	2,13	0,7453
Shannon_H	2,739	2,575	1,066	1,732	1,726	1,229

Simpson_1-D	0,9196	0,8882	0,4928	0,7883	0,7083	0,6741
-------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Fuente: SDA 2021b.

2.2.1.2 Índices de diversidad fauna

Se tuvieron en cuenta para fauna únicamente los índices de diversidad para entomofauna y para avifauna, obtenidos por el Grupo de Monitoreo de la Biodiversidad de la SDA en el año 2021, por tanto, no se trabaja con la riqueza total descrita en el capítulo de Descripción sino solo con las 27 especies de aves y 86 morfoespecies de entomofauna encontradas en estos muestreos. Sólo se calcularon los índices para los mencionados grupos debido a que son los que cuentan con la mayor cantidad de registros y por tanto de una muestra estadística suficiente para este tipo de análisis, cosa que no cumplieron ni herpetos ni mamíferos, estos últimos además representados únicamente por especies exóticas.

A continuación, se presentan en las Tablas 4 y 5 los índices de diversidad de Shannon, Simpson y Equidad de Pielou para invertebrados y aves del (SDA 2021b).

Tabla 4. Índices de diversidad para aves, humedal Santa María del Lago.

Índice	Resultado
Shannon-Wiener	2,30
Dominancia de Simpson	0,16
Margalef	4,51

Fuente: SDA (2021b).

Tabla 5. Índices de diversidad para entomofauna, humedal de Santa María del Lago.

Índice	Pastos enmalezados	Arbustales	Bosque
Shannon-Wiener (H')	1,58	3,52	3,09
Dominancia de Simpson (D)	0,28	0,04	0,08
Equidad de Pielou (J')	0,81	0,9	0,79

Fuente: SDA (2021b)

Estos índices indican que, en cuanto a aves, la diversidad del humedal es media al ubicarse el valor de Shannon-Wiener ligeramente encima de 2 (Ver Tabla 2 de la sección parámetros hidrobiológicos) y en cuanto a invertebrados presenta diversidad media-alta, al situarse entre valores de 3 a 3,5 en las coberturas arboladas, sin embargo, en los pastos la diversidad es baja considerando que los pastos enmalezados se sitúan apenas por debajo del valor necesario para considerarse medio y los pastos limpios no se muestran en la tabla ya que al

encontrarse sólo 2 taxones no pudieron ser calculados los índices (SDA, 2021b), lo cual para esta cobertura refleja una muy baja diversidad.

Estos resultados concuerdan con la predominancia de las aves insectívoras en el humedal ya que encuentran una oferta amplia del recurso alimenticio, sin embargo, la diversidad de aves se ve disminuida por la alta abundancia de especies generalistas como la torcaza (*Zenaida auriculata*) y la mirla (*Turdus fuscater*).

A pesar de ello, la dominancia de Simpson es baja en todos los grupos, el índice de Margalef en aves está cercano al 5, lo cual es indicador de un área con una buena diversidad y pocas especies dominantes, y la equidad de Pielou para invertebrados se sitúa en valores altos para todas las coberturas, lo que sugiere un reparto equitativo de los individuos en las diferentes especies.

2.2.2 Conectividad ecológica

En términos de fauna, el humedal de Santa María del Lago se muestra como una especie de “isla verde” con poca conexión física con otros elementos de la EEP. Esto tiene relación directa con la ausencia de mamíferos nativos, pues muchas especies requieren tanto un espacio grande como un rango amplio de movilidad. El humedal puede mantener poblaciones de reptiles y anfibios tales como *Atractus crassicaudatus*, *Erythrolamprus epinephelus* y *Dendropsophus molitor* debido a que son especies de menor movilidad y home-range que los mamíferos, y solamente necesitan un área que les brinde refugio y microclimas adecuados para conseguir sus presas.

De igual forma, parece que el espacio y la calidad de agua son suficientes para mantener las poblaciones de los peces nativos *Eremophilus mutisii* y *Grundulus bogotensis*, a pesar de la limitada conectividad hídrica, pero así mismo al ser el espacio limitado puede haber riesgo de una extinción local a raíz de la competencia con las especies exóticas de peces (*Cyprinus carpio* y *Carassius auratus*, además de sus posibles híbridos) en caso de que estas tengan un mayor éxito reproductivo, y también debido a la presión por depredación por parte de otras especies de vertebrados como las tortugas trasplantadas y las aves piscívoras.

Con respecto a la avifauna, se ven en abundancia debido a que son las menos afectadas por la falta de conectividad ecosistémica, ya que su desplazamiento es más fácil por el aire y no dependen tanto de corredores físicos que conecten varios parches. Sin embargo, el humedal alberga especies acuáticas de vuelo limitado como algunas tinguas (*Fulica americana* y

Gallinula galeata), y la falta de conexión genera poblaciones aisladas de estas especies, lo cual lleva a la endogamia o reproducción entre parientes y de esta manera los individuos son más susceptibles a mortalidad por factores ambientales (Keller y Waller, 2002).

2.2.3 Conectividad estructural

Cabe resaltar que la estructura ecológica principal tiene como función primordial ser conductora y productora de servicios ambientales, la cual depende fundamentalmente de la interconexión entre cada uno de sus elementos, el primer componente se determina fundamentalmente por la disposición espacial de cada uno de los hábitats y su continuidad, influenciados directamente por su tamaño, forma y fragmentación; esto determina muchas veces las distancias de dispersión de los diferentes organismos que los habitan; influenciada por la tolerancia a hábitats disturbados, depredadores y competidores (Remolina, 2006).

Se plantea un análisis de conectividad estructural de los elementos del paisaje, permitiendo describir algunos patrones estructurantes (matriz, fragmento y corredor) esta ofrece información sobre el nivel de intervención antrópica, además estudia la configuración espacial de los ecosistemas o elementos constitutivos en cuanto a su composición y distribución de energía, materia y especies (Etter, 1991).

Algunas de las consecuencias de la fragmentación se ven reflejadas en: 1. La reducción de área de los parches, aumentando el efecto borde, propiciando condiciones para que se establezcan especies invasoras y perturba la dinámica ecológica. 2. Mayor aislamiento dificultando o eliminando la polinización o dispersión de semillas, propicia la aparición de patógenos y 3. Reducción del tamaño de las poblaciones, este se produce por la erosión genética provocada por procesos endogámicos.

Este análisis se realizó al interior del humedal tomando como referencia la interpretación de coberturas de la tierra, siguiendo la metodología de *CORINE Land Cover* adaptada para Colombia (IDEAM, 2010) en la cual se clasificaron dichas coberturas en dos grupos denominados como coberturas fragmentadoras y coberturas no fragmentadoras como se indica en la Tabla 6.

Tabla 6. Coberturas fragmentadoras y no fragmentadoras presentes en el humedal de Santa María del Lago.

Código	Coberturas CLC	Área ha	Área %
121255	Área administrativa, otras	0,15	1,40
1221121	Senderos	0,32	2,93

Tabla 6. Coberturas fragmentadoras y no fragmentadoras presentes en el humedal de Santa María del Lago.

Código	Coberturas CLC	Área ha	Área %
231	Pastos enmalezados	0,03	0,25
232	Pastos limpios	0,13	1,24
Total, Coberturas fragmentadoras		0,63	5,82
321121	Herbazal denso inundable	0,27	2,46
3211211	Juncal	1,22	11,24
31531	Mezcla de árboles plantados	4,94	45,53
3211212	Tifales	1,49	13,74
32321	Vegetación secundaria baja plantada	0,53	4,89
413	Vegetación acuática sca	0,25	2,29
512	Cuerpo de agua	1,52	14,02
Total, Coberturas No fragmentadoras		10,22	94,18
Total		10,85	100,00

Fuente: Elaboración propia con base en SDA, 2021b.

Como se pudo establecer, cuatro (4) de las once (11) coberturas presentes en el humedal de Santa María del Lago se configuran como coberturas fragmentadoras, por lo tanto, estas impiden el tránsito biológico entre espacios internos del humedal. Estas coberturas representan tan solo el 5,82%, por ende, no genera gran preocupación en términos de conectividad interna. Cabe resaltar que estas coberturas poseen diferentes tipos de permeabilidad para el tránsito biológico, siendo los pastos limpios y enmalezados las que generan menor oposición, por último, las áreas administrativas y senderos los menos permeables.

Es necesario recordar que el humedal de Santa María del Lago es parte fundamental del sistema hídrico del Distrito Capital y la Estructura Ecológica Principal (EEP) establecido en el Decreto Distrital 555 de 2021 Alcaldía Mayor de Bogotá. (2021), adicionalmente este Decreto en su artículo 11 plantea como estrategia de conectividad los conectores ecosistémicos, los cuales están conformados por elementos de la EEP y otras áreas que por sus condiciones ambientales son estratégicas a la hora de generar conexiones entre los diferentes atributos del territorio, se plantean 5 conectores ecosistémicos: Cerros Orientales – Río Bogotá, Suba-Conejera, Virrey- Chicó, subcuenca río Fucha y la Media Luna del Sur. En el caso específico del humedal de Santa María del Lago, este se encuentra incluido en el conector ecosistémico Virrey - Chicó, junto con los humedales Córdoba, Juan Amarillo y Jaboque como se muestra en la Figura 11.

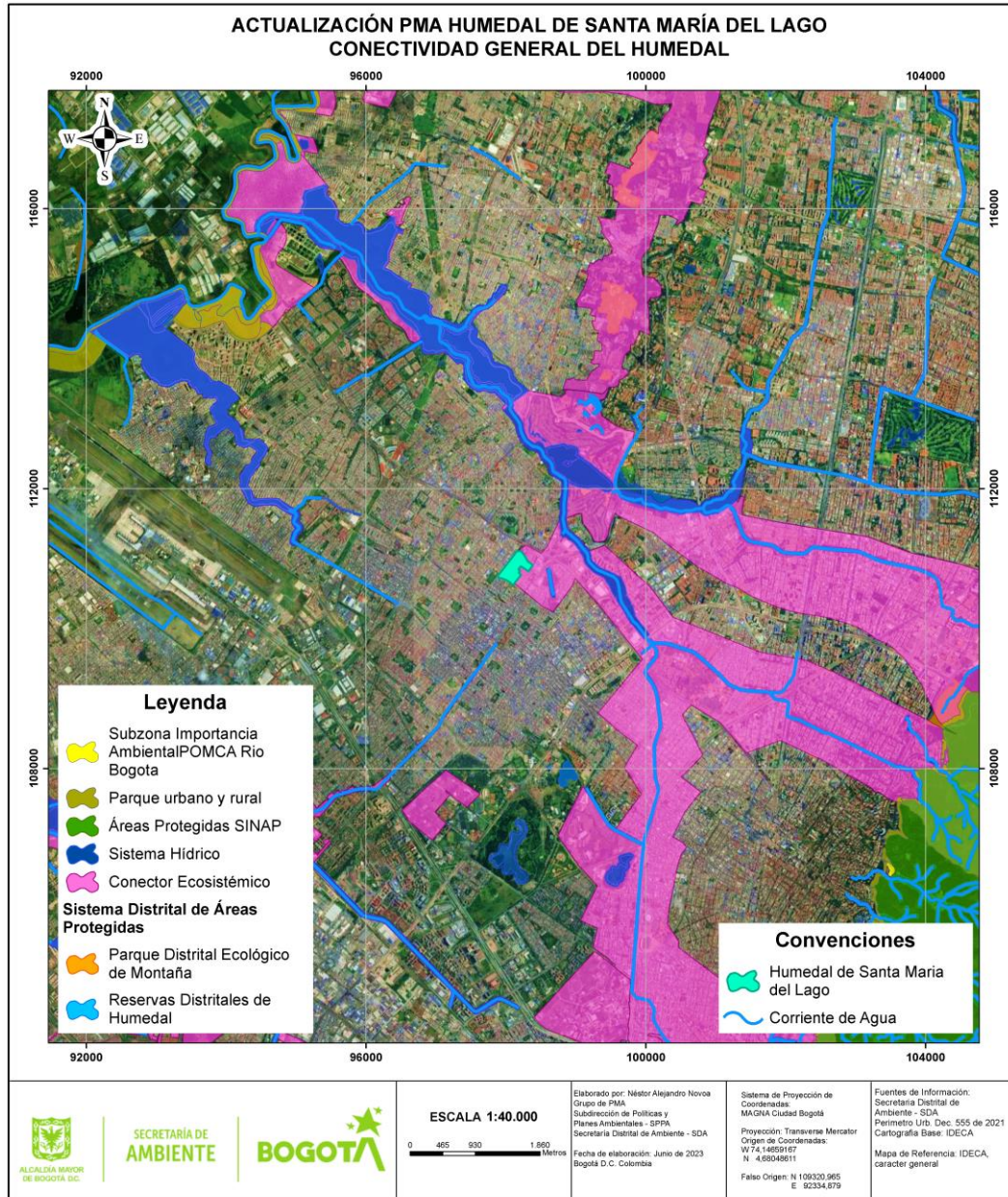


Figura 11. Contexto general humedal de Santa María del Lago dentro del conector ecosistémico subcuenca Virrey – Chicó. Fuente: Elaboración propia con base en cartografía oficial Decreto Distrital 555 de 2021 Alcaldía Mayor de Bogotá. (2021).

Teniendo en cuenta el contexto general del humedal de Santa María del Lago, este se encuentra inmerso en una densa matriz urbana poco permeable al tránsito biológico, de la cual posee pequeños parches de vegetación incipiente y dispersa representados en parques zonales, zonas verdes residenciales, algunos corredores viales y bordes de canales. Se encuentra flanqueado en su totalidad por una red vial de alto tránsito vehicular constituida por la AV. Calle 80, AV. Boyacá, Carrera 76 y la Calle 72, esta red refuerza la permeabilidad de dicha matriz urbana, impidiendo casi en su totalidad la dispersión, en especial de fauna

terrestre.

Con respecto a los corredores pertenecientes a la red del sistema Hídrico del Distrito Capital ninguno se encuentra interconectado de manera directa al humedal, tomado como referencia distancias euclidianas el canal Bonanza es el que se encuentra a menor distancias (459 m), seguido el río Salitre el cual se encuentra a 885 m, el canal Los Ángeles con una distancia de 1797 m y por último el canal Carmelo ubicado a 2969 m de distancia. En el caso de los parches más importantes que circundan al humedal de Santa María del Lago se encuentran: el humedal de Córdoba o Niza ubicado a una distancia de 1797 m; el Club los Lagartos se encuentra a una distancia de 1044 m; el humedal Juan Amarillo o Tibabuyes a 2331 m de distancia y el humedal Jaboque a 3111 m siendo este elemento el más lejano.

Posteriormente, se aplicaron el índice de diversidad de forma propuesto por Patton (1975) lo que indica que cuando el índice de diversidad es 1, la forma del fragmento semeja un círculo; a medida que este va en aumento, la forma se torna más compleja e incrementa el efecto de borde de las áreas circundantes o adyacentes. Se considera que índices de diversidad superiores a 2 reflejan formas más complejas.

El índice de Patton se calcula con base en la siguiente fórmula: $DI = P / (2 \cdot \sqrt{\pi} \cdot \sqrt{A})$ en donde P= al perímetro de cada uno de los parches en metros y A= a el área de cada parche en metros cuadrados. Este índice propone agrupar en cinco intervalos los resultados obtenidos al aplicar la ecuación de la siguiente forma: para resultados 1,25 redondo, de 1,25 a 1,50 oval- redondo, de 1,50 a 1,75 oval- oblongo, de 1,76 a 2 rectangular y de 2 amorfo irregular.

En cuanto al índice de compactación propuesto por Unwin en 1979 citado por Alarcón (2017) el cual indica el grado de fragilidad o compactación cada uno de los fragmentos con relación a la matriz circundante, al aplicar este índice resultan valores que se encuentran entre 0 y 1, siendo los parches más frágiles los cuales tengan valores más cercanos a 0 y los menos frágiles los más próximos a 1, este índice se calcula teniendo la siguiente fórmula $IC = 1/DI$ en donde DI= Índice de Forma de Patton.

Teniendo en cuenta los datos de perímetro y área de los parches más cercanos al humedal de Santa María del Lago se puede evaluar de estos su índice de forma y compactación. Los humedales de Córdoba, Juan Amarillo y Jaboque, según el índice de Patton poseen formas muy irregulares siendo el caso del humedal de Jaboque el más extremo con un valor de 3,07 por ende lo hace el parche más frágil y expuesto a que su entorno, lo que lo favorece en alguna medida es su proximidad al río Bogotá, reduciendo en cierto grado la influencia de la

matriz urbana, caso contrario sucede con el parche del Club Los Lagartos el cual presenta valor de 1,6 infiriendo que por su forma Oval – oblongo el efecto borde incide en menor forma en su estructura ecológica y podrían presentar menor fragilidad con respecto a los demás.

En el caso específico del humedal de Santa María del Lago, se realizó dicha evaluación de su grado de fragilidad teniendo en cuenta su área y perímetro legal, dando como resultado que su índice de forma es de 1,41 lo que indica que posee una forma oval redondo y un índice de compactación de 0,70 es decir, posee un grado de fragilidad bajo al estar expuesto a un efecto borde más reducido ver Tabla 7.

Tabla 7. Elementos del paisaje e índices de conectividad.

Elemento	Nombre	Distancia euclidiana (m)	Área (Ha)	Perímetro (m)	Índice de forma	Índice de compactación
Corredor	Canal Bonanza	459	NA	NA	NA	NA
Corredor	Rio Salitre	885	NA	NA	NA	NA
Corredor	Canal Los Ángeles	1762	NA	NA	NA	NA
Corredor	Canal Carmelo	2969	NA	NA	NA	NA
Parche	Humedal Córdoba	1797	43,97	6072,59	2,583394884	0,387087551
Parche	Club los Lagartos	1044	118	6408	1,664089067	0,600929373
Parche	Humedal Juan Amarillo	2331	225,06	14539	2,733886291	0,365779661
Parche	Humedal Jaboque	3111	166,4	14070,1	3,076915653	0,325000784
Parche	Santa María del Lago	0	10,85	1647	1,410502298	0,708967296

Fuente: Elaboración propia con base en SDA, 2022b

Posteriormente, se realizó un análisis de densidad del arbolado urbano presente en el área de influencia del humedal de Santa María del Lago, con el fin de identificar posibles hábitats, refugios o corredores que conecten este humedal con otros elementos de la Estructura Ecológica Principal del Distrito capital, tal efecto se tomó como base la información consignada en el Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano (SIGAU, 2021). La cual contiene información de arbolado localizado en espacio público.

Para este análisis se contó con información geográfica de la ubicación exacta de cada uno de los individuos y su especie, la cual se proyectó dentro del área de influencia del humedal de Santa María del Lago, para posteriormente generar una grilla hexagonal de áreas homogéneas de 0,216 ha, dentro de las cuales se realizó un conteo del número de individuos para así determinar la densidad del arbolado presente en cada una de estas unidades y así generar un mapeo de la disponibilidad de hábitat presente en el área de influencia del humedal como se muestra en la Figura 12.

Según el análisis, un gran número de polígonos no presentan reporte de individuos arbóreos dentro de su área, esto se debe a la densidad en las construcciones urbanas, las cuales no contemplaron arbolado urbano o este se encuentra inmerso en predios privados, lo que en cierta medida dificulta el tránsito biológico por deficiente oferta de hábitat. Los polígonos sombreados en color rojo representan áreas con una densidad baja de árboles, comprendidas entre 5 y 40 árboles por hectárea aproximadamente, esto se puede considerar como deficiente para generar hábitat o corredores funcionales que provean refugio o alimento a los organismos que potencialmente puedan usarlos, se concluye que estos polígonos cuentan con arbolado disperso o árboles aislados.

Los polígonos sombreados en naranja y amarillo representan valores medios de densidad del arbolado urbano, teniendo valores entre 40 y 460 árboles por hectárea, sumado a su aglutinamiento en el espacio los hacen áreas de interés por configurarse como potenciales corredores que interconectan hábitats en restauración, como lo son los humedales y otras áreas de importancia de la EEP, estos conglomerados se pueden observar con mayor claridad dentro del conector ecosistémico del Virrey - Chicó.

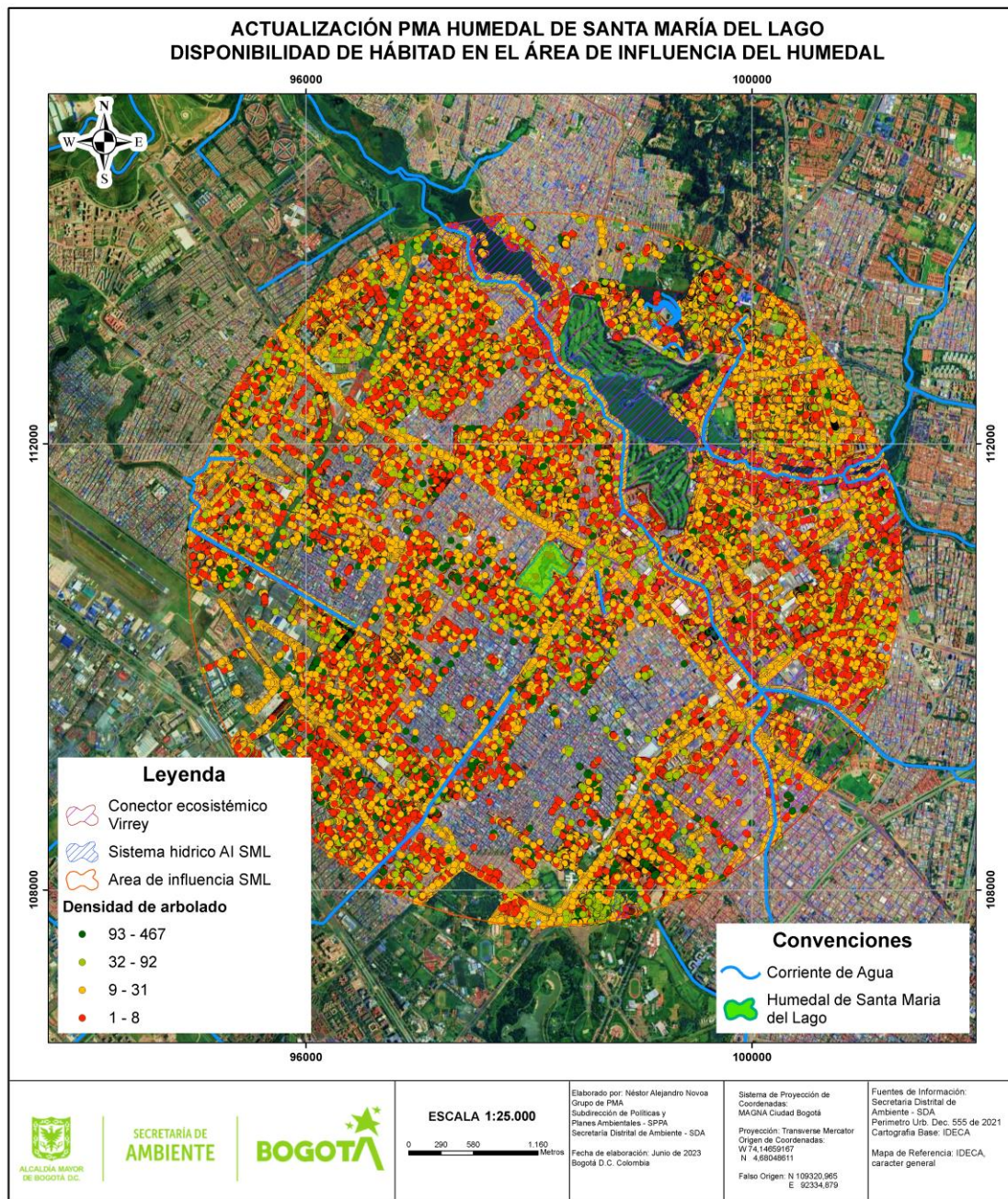


Figura 12. Disponibilidad de hábitat en el área de influencia del humedal de Santa María del Lago
Fuente: Elaboración propia con base en cartografía oficial Decreto Distrital 555 de 2021 Alcaldía Mayor de Bogotá. (2021) y SIGAU (2021).

Por último, se encontraron polígonos con valores de densidad entre 460 y 7000 árboles por hectárea, configurando parches o teselas de gran importancia para la conectividad ecológica, puesto que estas áreas pueden ofertar de algún modo refugios o hábitat con algún grado de oferta alimenticia para los organismos que hagan uso de ellas. Se puede observar que estas teselas coinciden con áreas de interés de la EEP como lo son los humedales de Córdoba, Juan amarillo, Salitre y el costado norte del club los Lagartos; en otros casos se encuentran

polígonos aislados potencialmente usados como Stepping stones o refugios de paso para especies de dispersión más limitada. Estas áreas se pueden observar en la Figura 13.

Según los datos reportados por el SIGAU (2021), el arbolado urbano del área de influencia del humedal de Santa María del Lago se encuentra constituido por 137397 individuos pertenecientes a 285 especies, dentro de las cuales las que mayor cantidad de registros presentan son el Sauco (*Sambucus* sp.), Jazmín del cabo (*Pittosporum undulatum*), Chicalá (*Tecoma stans*), Eugenia (*Eugenia* sp.), Holly liso (*Cotoneaster pannosus*), Ciprés (*Cupressus lusitánica*), Guayacán de Manizales (*Lafoensia acuminata*), Urapán (*Fraxinus uhdei*), Cucharo (*Myrsine guianensis*), entre otros, los cuales son importantes por sus características como fuente alimenticia, de refugio, percha y hábitat.

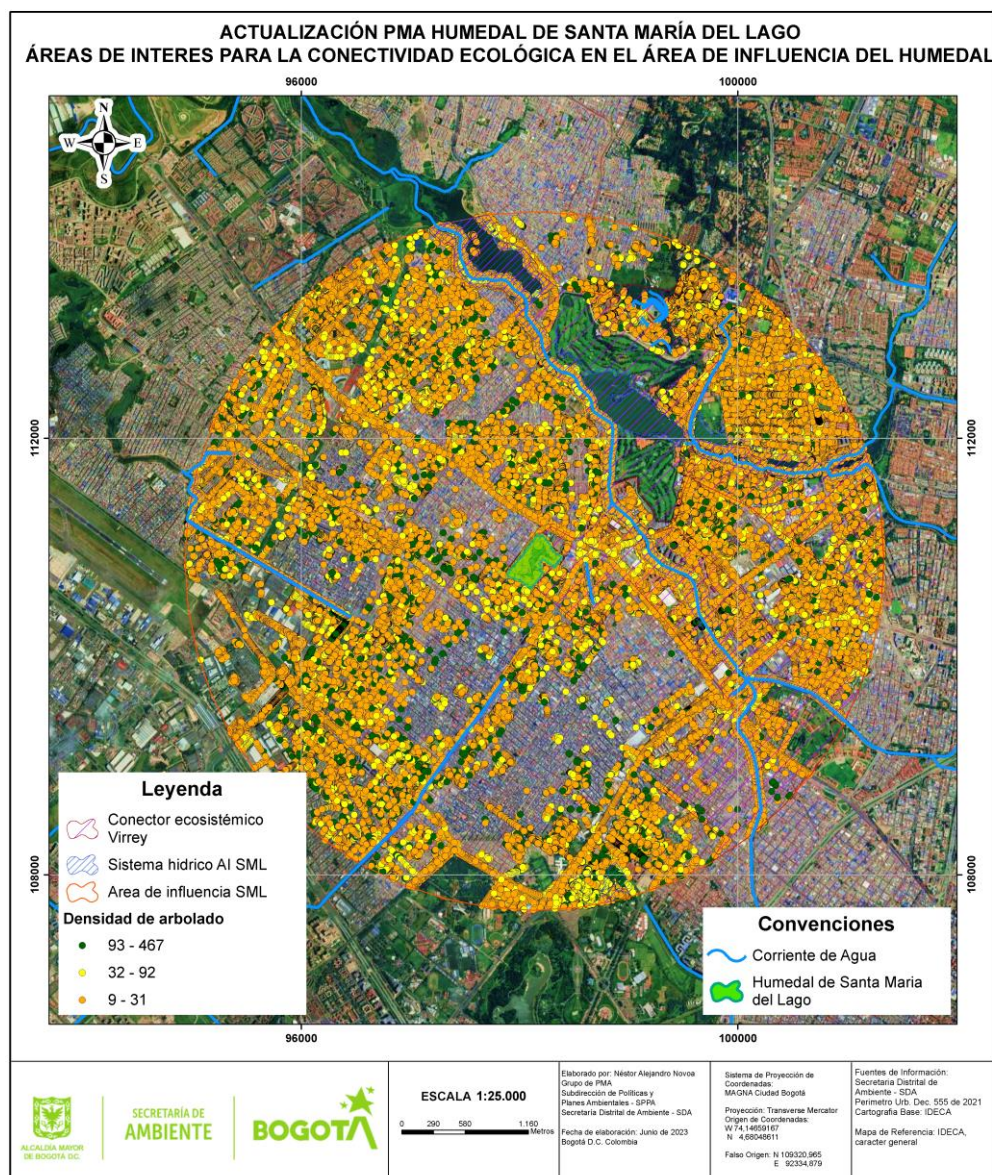


Figura 13. Áreas de interés para la conectividad ecológica en el área de influencia del humedal de Santa María del Lago Fuente: Elaboración propia con base en cartografía oficial Decreto Distrital 555 de 2021 Alcaldía Mayor de Bogotá. (2021) y SIGAU (2021).

2.2.4 Conectividad hídrica estructural

Se aplicó el método de análisis gráfico de la red, el cual se basa en el concepto de grafo, entendido como “un conjunto de puntos y un conjunto de relaciones entre pares de puntos” (Del Canto, et al. 1993, como se citó en Madrid et al., 2005, pág. 53). Con este se genera una representación simplificada de la estructura del sistema analizado, en forma de un conjunto de puntos (nodos y vértices) y líneas (arcos y aristas) conectados entre sí. Las áreas núcleo se convierten en puntos, mientras que los corredores se convierten en líneas rectas que conectan los puntos correspondientes.

A partir del análisis gráfico de la red de humedales del Sitio Ramsar (SDA – CAR, 2023), el humedal de Santa María del Lago presentó la conectividad más baja del Complejo de Humedales, por encontrarse desconectado físicamente de otros elementos de la Estructura Ecológica Principal (EEP) y completamente aislado dentro de una densa matriz urbana. En dicho análisis se tomaron como puntos (nodos) de la red, los nacimientos de agua, las áreas protegidas, los parques urbanos y las intersecciones entre corrientes y corredores; y como líneas (arcos) se tomaron las diferentes corrientes de agua, los corredores ecológicos de ronda, ríos, quebradas y canales, además de algunas cercas vivas; lo que permitió tener una visión a escala de ciudad de la conectividad hídrica entre los elementos del complejo y entre éstos y la EEP.

Se complementó lo anterior con un segundo análisis gráfico a escala detallada de humedal, tomando como nodo central el humedal de Santa María del Lago y como red hídrica aportante, la red pluvial troncal y local. Como nodos secundarios se consideraron las intersecciones entre las líneas de la red troncal y entre éstas y las líneas de la red local, en los puntos más alejados del nodo central (Figura 14).

El área de la red pluvial a considerar se acotó siguiendo las direcciones de flujo de las líneas locales y troncales, para seleccionar únicamente aquellas que aportaran caudal hacia el humedal. Considerando que la representación de la red por medio de líneas rectas que conectan los distintos nodos puede alejarse mucho de la realidad al ignorar el trazado real sobre el terreno, es conveniente conocer cuál es su grado de simplificación aplicando la *razón de sinuosidad*, que permite también clasificar el tipo de red en relación con su forma real

(Madrid y Ortiz 2005, p. 54). Este cálculo se obtiene de dividir la longitud real de la red medida cartográficamente (L_r) sobre la longitud total de los arcos o líneas rectas trazados en el grafo (L_g) (Bosque, 1992, como se citó en Madrid y Ortiz 2005, p. 54).

A partir de la información cartográfica generada (Anexo D1. *Nodos_arcos_grafos_representativos*), se definió una longitud real (L_r) de 9,53 km y una longitud del grafo (L_g) de 8,14 km; dando como resultado una razón de sinuosidad de 1,17; lo que indica que al no alejarse tanto de 1, la red es de tipo regular y que su nivel de simplificación no se aparta demasiado de la realidad (Bosque, 1992, como se citó en Madrid y Ortiz 2005, p. 57).

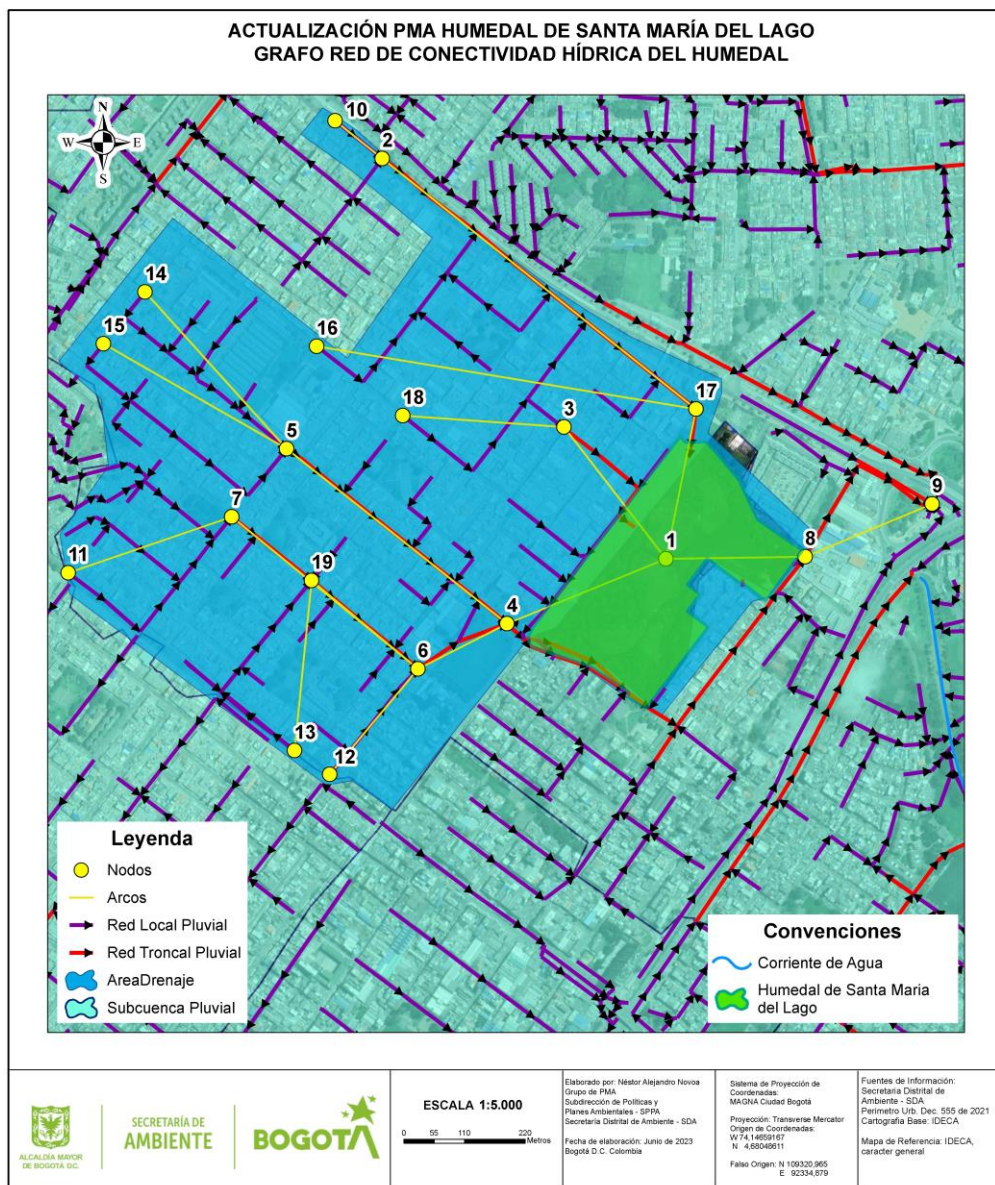


Figura 14. Grafo representativo de la red del humedal de Santa María del Lago. Se observan las direcciones de flujo del sistema pluvial que aporta al humedal. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se analizó la estructura de la red a partir del cálculo del índice Beta (β) que permite conocer su grado de conexión (Seguí 1995; y Del Canto 1993; como se citó en Madrid y Ortiz 2005, p. 59). Este cálculo se establece dividiendo el número de arcos sobre el número de nodos, por lo que a mayor número de arcos la red tendrá una mayor conexión y el resultado del índice será igual o superior a 1.

Se definieron para el humedal un total de 19 nodos y 8 arcos (Figura 14), dando como resultado un índice $\beta = 0,42$; lo que indica una baja conexión al interior de la red y la ausencia de circuitos. Visualmente esto se evidencia en el grafo al observar que la mayoría de los nodos se conectan solamente con uno o dos arcos.

Aunque en la información cartográfica disponible no se evidenció la existencia de nodos de conexión entre el humedal y el río Salitre o Juan Amarillo, estudios anteriores sí han descrito para el humedal de Santa María del Lago, una interconexión a través de drenajes subterráneos, con la parte superior del sistema Juan Amarillo (Schmidt-Mumm, 1998); y la función hidráulica de amortiguación y regulación de crecientes de los cauces menores para su posterior entrega al río Juan Amarillo (Hidrogeología y Geotecnia, 1999). Esto sin embargo deberá corroborarse con un estudio de aguas subterráneas del humedal.

Finalmente, se analizó la cohesión de la red a partir de un análisis dinámico, siguiendo lo propuesto por Seguí (1995) y Del Canto et. al. (1993) (Madrid y Ortiz 2005, p. 61). Este análisis permite diferenciar entre el grado de conectividad de la red y el grado de cohesión, entendiendo el primero como la unión directa entre nodos y el segundo como la relación indirecta entre los mismos, es decir, nodos que, a pesar de no conectarse directamente, se encuentran cohesionados por el hecho de hacer parte de la misma red.

Para este análisis se elaboró una matriz topológica de conectividad directa (Tabla 8), en la cual se observa que del total de posibles conexiones entre los nodos de la red (361), sólo 36 conexiones (= 10%) se dan de forma directa. El porcentaje restante de 90% se da a partir de relaciones indirectas, lo que significa que la red es más de cohesión que de conexión. Se calificó cada uno de los nodos según su grado de conexión, tomando como base la escala definida en el PMA del Sitio Ramsar (CAR – SDA, 2023) (Tabla 9).

Tabla 8. Matriz topológica de conectividad directa del humedal de Santa María del Lago.

N°	Nombre Nodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Total, conexiones	Calificación
1	RDH Santa María del Lago			1	1				1									1			4	Medio alto
2	Red Troncal Pluvial									1								1			2	Medio
3	Red Troncal Pluvial	1																	1		2	Medio
4	Red Troncal Pluvial	1				1	1														3	Medio alto
5	Red Troncal Pluvial				1										1	1					3	Medio alto
6	Red Troncal Pluvial				1							1								1	3	Medio alto
7	Red Troncal Pluvial										1									1	2	Medio
8	Red Troncal Pluvial	1								1											2	Medio
9	Red Troncal Pluvial								1												1	Medio bajo
10	Red Local Pluvial		1																		1	Medio bajo
11	Red Local Pluvial							1													1	Medio bajo
12	Red Local Pluvial					1															1	Medio bajo
13	Red Local Pluvial																			1	1	Medio bajo
14	Red Local Pluvial					1															1	Medio bajo
15	Red Local Pluvial					1															1	Medio bajo
16	Red Local Pluvial																	1			1	Medio bajo
17	Red Troncal Pluvial	1	1															1			3	Medio alto
18	Red Local Pluvial			1																	1	Medio bajo
19	Red Troncal Pluvial					1	1							1							3	Medio alto

Tabla 8. Matriz topológica de conectividad directa del humedal de Santa María del Lago.

N°	Nombre Nodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Total, conexione s	Calificació n
Total, conexiones directas																					36	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Escala de valoración de la conectividad directa para los nodos de la red.

Conectividad Directa		
0 nodos	1	Bajo
1 nodo	2	Medio bajo
2 nodos	3	Medio
3 - 4 nodos	4	Medio alto
≥ 5 nodos	5	Alto

Fuente: SDA y CAR, 2023.

De lo anterior se puede concluir que la red hídrica estructural del humedal de Santa María del Lago tiene una baja conectividad, dada principalmente por relaciones de cohesión (conexiones indirectas), lo que hace depender al humedal de una red hídrica artificial poco compleja y lo mantiene vulnerable ante posibles daños u obstrucciones en las redes pluvial troncal y local aportantes.

Por otra parte, hasta tanto no se compruebe el aporte de agua subterránea al cuerpo del humedal, es posible que el mismo dependa únicamente de los aportes de aguas lluvias directos y los aportes conducidos por la red pluvial troncal y local, por lo que existiría un riesgo de déficit hídrico en temporadas secas o de veranos prolongados.

El análisis gráfico realizado y los índices calculados aportarán valor al manejo y conservación del humedal, en tanto sea posible comparar las redes de diferentes humedales entre sí y analizar la evolución de dichas redes con el tiempo (Madrid y Ortiz 2005, p. 61), buscando identificar cambios y mejoras en la garantía de conectividad y aporte de caudal.

2.2.5 Rareza

2.2.5.1 Rareza flora

Para determinar de una manera más tangible el concepto de rareza, se establece que es una especie rara, la cual, presenta una abundancia baja (poblaciones locales pequeñas), una distribución geográfica restringida y una gran especificidad del hábitat en el que se encuentra. Teniendo en cuenta lo anterior, se pueden determinar tres tipos de rareza: rareza biogeográfica, rareza de hábitat y rareza demográfica, para realizar esta clasificación se tomaron los siguientes criterios (Rabinowitz et al., 1986 citado por Kattan, 1992):

- Distribución geográfica:

- a) **Extensa:** para las especies cuyos registros se encuentren distribuidos más allá de las regiones centro y suramericanas.
 - b) **Reducida:** para las especies cuyos registros se encuentren dentro de las regiones centro y suramericanas, para este parámetro se tomaron los datos de distribución geográfica reportados en la plataforma de GBIF.org (2022).
- Especificidad de hábitat:
 - a) **Baja:** especies las cuales no se encuentran asociadas directamente a hábitats acuáticos, inundables o de litoral.
 - b) **Alta:** vegetación directamente asociada a hábitats de humedal (vegetación acuática y palustre), basados en estudios de Schmidt (1998).
 - Tamaño de las poblaciones locales:
 - a) **Grande:** especies cuyo registro de abundancia relativa acumulada se encuentre dentro del 90% de los registros.
 - b) **Pequeña:** especies cuyo registro de abundancia relativa acumulada sean superiores al 90%, basados en datos recolectados en el informe análisis de resultados de los monitoreos de la biodiversidad año 2021 del humedal de Santa María del Lago. Para este caso específico, se tomó como punto de inflexión el 86,01 % de abundancia relativa acumulada, puesto que ese es el dato que se registra para el último reporte con 3 registros, desde dicho dato en adelante se puede considerar que las poblaciones son grandes.

Teniendo en cuenta la anterior clasificación se generó la Tabla 10 de correlación de rareza en cada una de las dimensiones arrojando los siguientes resultados.

Tabla 10. Correlación de rareza					
Categoría		Especificidad			
		Baja		Alta	
		Baja	Alta	Baja	Alta
Abundancia	Grande	10	7	9	0
	Pequeña	11	4	16	1

Fuente: Elaboración propia con base en SDA, 2022b

2.2.5.2 Rareza fauna

La evaluación de rareza se realizó sólo para las aves debido a que otros grupos están limitados por la incertidumbre taxonómica, como es el caso de los invertebrados (clasificación hasta familia u orden en algunos casos) y por la dificultad del registro y abundancias comparativamente mucho más bajas en el caso de los herpetos, mamíferos y peces, sumado a que la mayoría de los registros en GBif provienen de la plataforma EBird, una herramienta de ciencia ciudadana para observadores de aves.

Con base en Kattan (1992), se clasificaron las aves del Humedal de Santa María del Lago de acuerdo con tres dimensiones de la rareza biológica: la distribución geográfica, la especificidad de hábitat y el tamaño local de las poblaciones, representado aquí en la cantidad de registros. Para cada una de las dimensiones, se categorizó a cada especie de manera dicotómica de acuerdo con los siguientes criterios:

- Distribución geográfica:
 - **Extensa:** toda Sudamérica o más.
 - **Reducida:** norte de Sudamérica (Venezuela y norte de Brasil a norte del Perú), según las distribuciones que aparecen en la página web de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2021).
- Especificidad de hábitat:
 - a) **Baja:** no dependientes de los humedales.
 - b) **Alta:** dependientes de los humedales (aves acuáticas y semiacuáticas según Ruiz-Guerra, 2012).
- Cantidad de registros:
 - a) **Grande:** especies cuyos registros en Gbif suman el 90% de los registros.
 - b) **Pequeña:** especies cuyos registros acumulados pertenecen al 10% restante de los registros.

Para este último criterio, se organizaron las especies de mayor a menor en su número de registros, en caso de no tener registro en GBif, se le asignó a la especie 1 registro, y se toma hasta la especie que corresponda al 90% acumulado. Si es, por ejemplo, una especie con 8 registros, se tomarán como “grande” todas las de 8 registros en adelante, y “pequeña” las de menos de esa cifra.

Después de clasificar las especies en las 3 dimensiones, se genera una tabla con 8 celdas resultantes de la combinación de dichas dimensiones, en este caso las 110 especies de aves del humedal Santa María del Lago se distribuyeron de la manera que se muestra en la (Tabla 11):

Tabla 11. Clasificación de categorías de rareza de aves para el humedal de Santa María del Lago

Categorías de rareza					
		Distribución Geográfica			
		Extensa		Restringida	
Especificidad de Hábitat		Baja	Alta	Baja	Alta
Cantidad de registros	Grande	28	8	3	1
	Pequeña	45	15	9	1

Fuente: Elaboración propia con base en Kattan (1992).

A cada una de las 8 celdas se le asigna un índice de vulnerabilidad (IV) que está relacionado con la cantidad de dimensiones en las que las especies son raras, y estos índices a su vez se agrupan en 4 rangos representados en una escala de colores que representaría una “rareza descendente”, desde las especies más raras hasta las más comunes. Esta escala se muestra en la (Tabla 12):

Tabla 12. Clasificación del índice de vulnerabilidad y rangos de rareza para las aves del humedal de Santa María del Lago.

IV	Categorización	Rango	Cantidad Especies
1	Restringida-Alta-Pequeña	Raras en todas las dimensiones	1
2	Restringida-Alta-Grande	Raras en 2 dimensiones	25
3	Restringida-Baja-Pequeña		
4	Extensa-Alta-Pequeña		
5	Restringida-Baja-Grande	Raras en 1 dimensión	56
6	Extensa-Alta-Grande		
7	Extensa-Baja-Pequeña		

Tabla 12. Clasificación del índice de vulnerabilidad y rangos de rareza para las aves del humedal de Santa María del Lago.

IV	Categorización	Rango	Cantidad Especies
8	Extensa-Baja-Grande	Comunes	28

Fuente: Elaboración propia con base en Kattan (1992).

En el Anexo D2. *Matriz_rareza_SML* se puede ver la categorización al detalle de cada especie de ave según esta metodología. Como única especie rara en las 3 dimensiones aparece el pato paramuno (*Anas andium*), un ave acuática casi endémica pero con muy pocos registros de GBif en el humedal, como raras en 2 dimensiones aparece la monjita bogotana (*Chrysomus icterocephalus bogotensis*), un ave acuática endémica pero con buena cantidad de registros, aves acuáticas migratorias como las tringas (*Tringa flavipes*, *T. melanoleuca*, *T. solitaria*) y la tingua norteña (*Porzana carolina*) y aves de franja terrestre residentes en el norte de suramérica con pocos registros en el humedal, como dos especies de turpial (*Icterus icterus*, *I. nigrocularis*) y la tángara rastrojera (*Stilpnia vitriolina*).

La mayoría de aves se registraron como raras en una dimensión, esto incluye a especies de franja terrestre de distribución restringida pero con buena cantidad de registros, como el periquito de anteojos (*Forpus conspicillatus*) y el picocono rufo (*Conirostrum rufum*), aves acuáticas residentes comunes como la tingua de pico amarillo (*Fulica americana*), el ibis (*Phimosus infuscatus*) y la garcita del ganado (*Bubulcus ibis*), y aves de franja terrestre de distribución amplia que cuentan con pocos registros, aquí se pueden encontrar aves rapaces como el búho orejudo (*Asio stygius*) y el gavián maromero (*Elanus leucurus*) y numerosas migratorias de las familias Parulidae y Tyrannidae. Por último, hay 28 especies clasificadas como comunes, que son aquellas distribuidas ampliamente que no son dependientes de los humedales y cuentan con muchos registros en Santa María del Lago, muchas de ellas se ven fácilmente en parques urbanos, tales como el copetón (*Zonotrichia capensis*), el colibrí chillón (*Colibri coruscans*) y algunas migratorias como el pibí oriental (*Contopus virens*) y la reinita gorginaranja (*Setophaga fusca*).

2.2.6 Fragilidad

2.2.6.1 Fragilidad flora

Para evaluar la fragilidad en el componente de flora se tomaron las especies reportadas como amenazadas, las cuales son aquellas que presentan algún grado de riesgo a sus poblaciones

en estado silvestre, estas fueron evaluadas teniendo en cuenta las bases de datos (UICN, 2021), de acuerdo con esta clasificación los taxones incluidos en las categorías de: extintos en estado salvaje, en peligro crítico, en peligro, vulnerables se consideran como taxones amenazados.

Para el caso específico del humedal de Santa María del Lago se clasificaron las especies Nogal (*Juglans neotropica*) y Caucho del Tequendama (*Ficus tequendamae*) dentro de las especies en peligro tanto en los libros rojos de plantas de Colombia (LRC) como en las listas de la UICN, la especie Roble (*Quercus humboldtii*), Cedro de montaña (*Cedrela montana*), La Palma de Cera (*Ceroxylon quindiuense*), Sangregado (*Croton coriaceus*) las cuales en los libros rojos para Colombia se encuentra catalogada como taxón vulnerable y por último se reporta el Pino Chaquiro (*Retrophyllum rospigliosii*) el cual se reporta en los LRC como casi amenazado y en la UICN como vulnerable, como se muestra en la (Tabla 13).

Tabla 13. Especies de flora amenazadas para el humedal de Santa María del Lago.

Especie	LRC	UICN
<i>Juglans neotropica</i> Diels	ES	ES
<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	VU	LC
<i>Retrophyllum rospigliosii</i> (Pilg.) C.N.Page	NT	VU
<i>Cedrela montana</i> Turcz.	NT	VU
<i>Ceroxylon quindiuense</i> (H.Karst.) H.Wendl.	ES	VU
<i>Croton coriaceus</i> Kunth.	NE	VU

Fuente: Elaboración propia con base en (UICN 2021) y (LRC. vol 4. 2007 y vol 2 2005).

El Nogal (*Juglans neotropica*) es una especie la cual se encuentra generalmente en ecosistemas andinos distribuidos desde Bolivia hasta Venezuela entre los 800 y 3000 m.s.n.m, y esta especie se caracteriza por habitar ambientes moderadamente perturbados, esta fue catalogada como en peligro, puesto que soporta procesos intensivos de explotación maderera, siendo su madera valiosa para la fabricación de instrumentos musicales y pisos. Esta especie presenta una veda indefinida desde el año 1974 para toda clase de uso o aprovechamiento de poblaciones silvestre a nivel nacional proferida por la Resolución 0316 de 1974 delINDERENA y por Cárdenas & Salinas. (2007).

Cabe destacar que el humedal de Santa María del Lago posee una gran fuente semillera de esta especie, por lo tanto, una abundante tasa de regeneración natural, posibilitando la realización de rescate de plántulas para propagar tanto dentro de este humedal como en áreas aferentes o de interés.

El Roble (*Quercus humboldtii*) es una especie que se encuentra casi que exclusivamente en el territorio colombiano en sus regiones montañosas, este se distribuye entre los 1000 y 3600 m.s.n.m. generalmente conforma rodales denominados robledales, esta especie por lo general prefiere suelos bien drenados y con altos contenidos de materia orgánica. Esta se reporta como una especie amenazada debido a su alto grado de explotación maderera a la que se enfrenta, esta madera es usada principalmente en construcción como madera estructural y en la producción de carbón gracias a su potencial dendroenergético, esta especie presenta una veda indefinida desde el año 1974 para toda clase de uso o aprovechamiento de poblaciones silvestre a nivel nacional proferida por la Resolución 0316 de 1974 delINDERENA. (Cárdenas & Salinas (eds.). 2007)

El Pino colombiano (*Retrophyllum rospigliosii*) es una especie que se encuentra reportada para los Andes desde el Perú hasta Venezuela entre los 1600 y 2750 m.s.n.m. Esta especie se encuentra catalogada con algún grado de amenaza por fragmentación de hábitat y presión por aprovechamiento de su madera, la cual es muy valiosa en ebanistería. (Cogollo, et al., 2007)

El Cedro de montaña (*Cedrela montana*), se encuentra distribuida geográficamente en los Andes desde el norte de Perú hasta Venezuela dentro, de los 1500 y 3000 m.s.n.m, prefiere suelos bien drenados y arenosos, esta especie se encuentra catalogada por la UICN como vulnerable, mientras que en los LRC se cataloga como especie casi amenazada por la alta presión a la que son sometidos sus hábitats y la tala de individuos para obtención de madera la cual es utilizada en construcción y ebanistería (UEAI, 2014).

Con respecto a las especies de flora catalogadas como invasoras se tiene un registro de once (11) especies (Tabla 14), las cuales en su mayoría se debe a su procedencia exótica o en otros casos aun siendo nativas a factores como la eutrofización de los cuerpos de agua. No obstante, cabe resaltar que algunas de ellas cumplen funciones ecológicas importantes como fuente de alimento y hábitat para algunas especies de fauna que se encuentran en el humedal.

Tabla 14. Flora invasora del humedal de Santa María del Lago.

Especies invasoras	Procedencia
<i>Acacia decurrens</i> Willd.	Ex
<i>Acacia melanoxylum</i> (R.Br.) Poir.	Ex

Tabla 14. Flora invasora del humedal de Santa María del Lago.

Especies invasoras	Procedencia
<i>Cenchrus clandestinus</i> Hochst. ex Chiov.	Ex
<i>Paraserianthes lophantha</i> (Willd.) I.C.Nielsen	Ex
<i>Typha latifolia</i> L.	ID
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	Na
<i>Bidens laevis</i> (L.) Britton, Sterns & Poggenb.	Na
<i>Cucurbita pepo</i> L.	Na
<i>Limnobium laevigatum</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Heine	Na
<i>Persicaria punctata</i> (Elliott) Small	Na
<i>Schoenoplectus californicus</i> (C.A.Mey.) Soják	Na

Fuente: Elaboración propia basado de (Díaz et al., 2012).

2.2.6.2 Fragilidad fauna

El criterio de fragilidad para la fauna se consideró por un lado la cantidad de especies en alguna categoría de amenaza tanto a nivel nacional según la serie “Libros Rojos” (Morales-Betancourt, 2015; Renjifo et al., 2014; Renjifo et al., 2016; Rodríguez et al., 2005, Rueda-Almonacid et al., 2004) como internacional, en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (UICN, 2022), y también aquellas incluidas en algún apéndice de la CITES. Por otro lado, se consideraron como un factor de fragilidad las especies invasoras catalogadas como tal en la Global Invasive Species Database (GISD)

Para el humedal de Santa María del Lago, se han registrado un total de 3 especies amenazadas, 2 aves y un pez. Todas se encuentran en categoría “Preocupación Menor” a nivel internacional, sin embargo, sus poblaciones en Colombia sí se incluyen en las categorías de amenaza mostradas en la (Tabla 15).

Tabla 15. Especies amenazadas de aves en el humedal de Santa María del Lago. LC:

Preocupación menor, VU: Vulnerable, EN: En peligro.

Nombre científico	Nombre común	Categoría nacional (Libros Rojos)	Categoría global (IUCN)
<i>Icterus icterus</i>	Turpial guajiro	VU	LC
<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato turrio	EN	LC
<i>Eremophilus mutisii</i>	Capitán	VU	LC

Fuente: Elaboración propia.

El turpial guajiro (*Icterus icterus*), cuyo estado a nivel nacional es Vulnerable (VU), ha sido catalogado como una especie “escapada reproductiva” (Sua-Becerra y Chaparro-Herrera, 2015), es decir que probablemente algunos individuos fueron traídos a Bogotá desde su área de distribución natural en la Guajira y el norte de Venezuela y allí se escaparon o fueron liberados y lograron establecer una población reproductiva, razón por la cual se les ve frecuentemente desde 2006 en algunos parques y humedales de la ciudad (Espejo et al, 2016). Aun así, no hay que descartar que estos registros fuera de su rango de distribución normal correspondan a una dispersión natural de la especie y una ampliación de su ámbito altitudinal (Zuluaga-Bonilla, 2006, como se citó en Espejo et al., 2016). Es precisamente su captura para el mercado de mascotas lo que está representando una amenaza para la supervivencia de este turpial.

Respecto al pato turrio, es una especie muy asociada a los espejos de agua abiertos. No existe un consenso taxonómico en cuanto a la identificación de la población que hace presencia en los humedales bogotanos, no obstante, se considera mayoritariamente que pertenece a la subespecie *Oxyura jamaicensis andina*. Sin embargo, por sus características de plumaje intermedias entre las subespecies *Oxyura jamaicensis ferruginea* y *Oxyura jamaicensis jamaicensis*, se cuestiona la validez como subespecie de O. j. andina y se ha sugerido que puede ser un híbrido entre las otras dos (Todd, 1979; Fjeldsá, 1986, como se citan en Arteaga-Chávez, 2020). Otro estudio indica que O. j. andina es distinta genéticamente de las otras dos subespecies y podría ser incluso una especie diferente (Lozano-Jaramillo et al., 2018), la cual sería endémica de los humedales de las cordilleras Central y Oriental colombianas. Toda esta controversia revela la unicidad de la población que habita en Bogotá y sus alrededores y recalca la importancia de conservarla, teniendo en cuenta que la contaminación, la cacería, la reducción de espejos de agua y las especies domésticas e invasoras la han puesto en la categoría de “En Peligro” (EN) (Roselli y Benítez-

Castañeda, 2016).

Adicionalmente del total de especies de fauna registradas en el humedal, se registran 12 especies registradas en apéndices de la CITES, todas ellas aves (Tabla 16). La convención CITES propende por regular el comercio internacional de especies de flora y fauna, y clasifica algunas de ellas en 3 apéndices de acuerdo con el nivel de control exigido. En el humedal de Santa María del Lago todas las especies se clasifican en el apéndice II, esto quiere decir que no están amenazadas pero que podrían llegar a estarlo por su comercio no regulado (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre [CITES], s.f.), estas son principalmente aves rapaces tanto diurnas (familias Accipitridae y Falconidae) como nocturnas (familias Strigidae y Tytonidae), además de loros (familia Psittacidae) y colibríes (familia Trochilidae).

Tabla 16. Especies de fauna incluidas en apéndices CITES en el humedal de Santa María del Lago.

Nombre científico	Nombre común	Apéndice CITES
<i>Buteo brachyurus</i>	Gavilán rabicorto	II
<i>Buteo platypterus</i>	Gavilán aliancho	II
<i>Elanus leucurus</i>	Gavilán maromero	II
<i>Pandion haliaetus</i>	Águila pescadora	II
<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavilán caminero	II
<i>Chaetocercus mulsant</i>	Zumbador ventriblanco	II
<i>Forpus conspicillatus</i>	Periquito de anteojos	II
<i>Asio clamator</i>	Búho rayado	II
<i>Asio stygius</i>	Búho orejudo	II
<i>Megascops choliba</i>	Currucutú	II
<i>Colibri coruscans</i>	Colibrí chillón	II
<i>Colibri cyanotus</i>	Colibrí verdemar	II

Fuente: Elaboración propia.

A pesar de que en el humedal de Santa María del Lago no se registra la presión de la captura de fauna silvestre para el comercio, este parámetro se incluye como evaluación de la

fragilidad del ecosistema al ser un refugio de especies que podrían llegar a estar en peligro de no controlarse su comercialización.

Por último, se presentan las especies invasoras, las cuales fueron un total de 9, distribuidas como se ve en la Tabla 17. No se incluyen las que están catalogadas como exóticas o trasplantadas, pero no invasoras, como el ciempiés (*Lithobius forficatus*), el gusano plano cabeza de martillo (*Bipalium kewense*), o el loro común (*Amazona ochrocephala*), al no estar tan clara su nivel de incidencia negativa en el ecosistema.

Tabla 17. Especies invasoras de fauna en el humedal de Santa María del Lago.

Grupo	Nombre científico	Nombre común
Peces	<i>Carassius auratus</i>	Pez dorado
Peces	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa
Aves	<i>Bubulcus ibis</i>	Garcita del ganado
Aves	<i>Columba livia</i>	Paloma común
Mamíferos	<i>Felis catus</i>	Gato
Mamíferos	<i>Mus musculus</i>	Ratón casero
Mamíferos	<i>Rattus norvegicus</i>	Rata parda
Mamíferos	<i>Rattus rattus</i>	Rata gris

Fuente: Elaboración propia.

Casi todas las especies anteriores están relacionadas a las actividades humanas, como consecuencia de la urbanización y los residuos hay presencia de palomas, ratas y ratones y como consecuencia de la tenencia irresponsable de mascotas se tiene la presencia de peces ornamentales y gatos. Éstos últimos son responsables de entre 8 y 29 millones de muertes de vertebrados al año en los Andes de Colombia, en su mayoría aves (3 a 12 millones), y representan un factor de amenaza grande para poblaciones aisladas o con bajas abundancias (Sedano-Cruz, 2022).

2.2.7 Naturalidad

La naturalidad se ha considerado, junto a la diversidad, la rareza y la superficie, como uno de

los cuatro parámetros que describen los usos en conservación a partir de una base científica (Margules & Fisher 1981, en Machado et al. 2004) y es uno de los criterios más importantes para valorar un lugar desde el punto de vista de la conservación biológica (MAVDT, Resolución 196 de 2006).

Para algunos autores (i.e. Angermeier 2000 en Machado et al. 2004) la naturalidad es un imperativo en temas de conservación de la naturaleza y se le da preferencia sobre otros valores como la belleza, la complejidad o la productividad (Machado et al. 2004).

El criterio de naturalidad permite describir qué tan natural o artificial es un sitio (Resolución 196 de 2006, MAVDT) en especial el grado de modificaciones hechas a partir del uso de tecnología humana (Hunter 1996, Angermeier 2000, en Machado et al., 2004). No debe confundirse con el concepto de “integridad” (Pimentel et al. 2000 en Machado, 2004) ya que un bosque arrasado por un huracán seguirá siendo tan natural como lo era antes del desastre (Machado et al. 2004).

La naturalidad no es sinónimo exacto de “prístino” (Schmitter-Soto, 2014), es un concepto relativo que admite grados (Angermeier 2000 en Schmitter-Soto 2014), pero que no es del todo subjetivo, ya que se puede llegar a un consenso, entre distintos evaluadores, al admitir que algunos lugares sean más naturales que otros.

Para evaluar la naturalidad del humedal de Santa María del Lago se emplearon dos metodologías: a) una a partir del cálculo de un índice de naturalidad que combinó las variables de especies endémicas y casi endémicas de fauna y flora, especies nativas distintas a las endémicas y casi endémicas, coberturas de la tierra y cantidad de tensionantes reportados; y b) un análisis de naturalidad a partir del traslape de cuatro capas cartográficas disponibles: geomorfología, geotecnia, coberturas y tratamiento urbanístico. Los resultados obtenidos se describen a continuación.

2.2.7.1 Índice de Naturalidad

Siguiendo la metodología propuesta en el Plan de Manejo Ambiental del Sitio Ramsar Complejo de Humedal Urbanos del Distrito Capital (SDA y CAR, 2023), se realizó un ejercicio de naturalidad para el humedal de Santa María del Lago tomando las mismas variables empleadas en dicho instrumento: riqueza de especies endémicas y casi endémicas de fauna y flora, riqueza de especies nativas no endémicas ni casi endémicas, coberturas existentes

(SDFA 2021b) y cantidad de tensionantes o perturbaciones de origen antrópico que afectan de forma negativa la naturalidad del ecosistema.

Los resultados de estas variables para el humedal se calificaron tomando como referente la escala de calificación de cinco niveles, de muy bajo a muy alto, definida para el Sitio Ramsar. En esta escala se toma como mayor y menor rango de calificación, a los mayores y menores valores obtenidos en cada variable para todo el conjunto de humedales del complejo; y para los valores intermedios, se calcularon percentiles de igual amplitud. Las escalas de calificación para las variables empleadas se indican en las Tablas 18 y Tabla 19.

Tabla 18. Valores de referencia para la calificación de los parámetros de flora, fauna y tensionantes considerados en el índice de Naturalidad.

Escala de naturalidad	Valor	Nivel	Valores de referencia para cada escala de naturalidad				
			Flora		Fauna		Tensionantes
			Riqueza de especies y subespecies endémicas y casi endémicas	Riqueza de especies y subespecies nativas no endémicas ni casi endémicas de flora	Riqueza de especies y subespecies endémicas y casi endémicas	Riqueza de especies y subespecies nativas no endémicas ni casi endémicas	
Sistema transformado	1	Bajo	0-1	0-20	0 - 6	0 - 43	> 24 tensionantes
Sistema semi-transformado	2	Medio bajo	2	21-40	7 - 11	44 - 84	19 a 24 tensionantes
Sistema semi-natural	3	Medio	3	41-60	12 - 16	85 - 126	13 a 18 tensionantes
Sistema sub-natural	4	Medio alto	4	61-80	17 - 21	127 - 168	7 a 12 tensionantes
Sistema natural	5	Alto	≥ 5	≥ 81	≥ 22	≥ 169	0 a 6 tensionantes

Fuente: SDA y CAR (2023).

Tabla 19. Valores de referencia para la calificación del parámetro de coberturas considerado en el índice de Naturalidad.

Escala de naturalidad	Valor	Nivel	Coberturas											
			Cuerpo de	Vegetación acuática	Arbustales	Bosque de tierra firme	Vegetación secundaria	Pastos arbolados	Pastos enmalezados	Pastos herbáceos	Cultivos	Plantación de	Tierras desnudas y	Tejido urbano
Sistema transformado	1	Bajo	<5,2%	<30,4%	<3%	<0,1%	<0%	<0%	<0%	>26,1%	>0,8%	>1,7%	>2,1%	>5,93%
Sistema semi-transformado	2	Medio bajo	5,3-8,7%	30,5-33,2%	3,1-4,6%	0,2-3,21%	0-0,13%	0-1,47%	0-3,28%	20,7-26,0%	0,59-0,79%	1,26-1,69%	1,62-2,09%	4,19-5,92%
Sistema semi-natural	3	Medio	8,8-12,2%	33,3-36%	4,7-6,2%	3,2-6,33%	0,14-0,25%	1,47-2,94%	3,29-6,56%	15,2-20,6%	0,37-0,58%	0,84-1,26%	1,14-1,61%	2,45-4,18%
Sistema sub-natural	4	Medio alto	12,3-15,6%	36,1-38,7%	6,6-7,8%	6,3-9,44%	0,26-0,37%	2,95-4,40%	6,57-9,85%	9,61-15,1%	0,15-0,36%	0,41-0,83%	0,66-1,13%	0,8-2,44%
Sistema natural	5	Alto	>15,7%	>38,8%	>7,84%	>9,45%	>0,38%	>4,41%	>9,86%	<9,60%	<0,14%	<0,4%	<0,65%	<0,7%

Fuente: SDA y CAR 2023.

Se tuvieron en cuenta los siguientes datos de biodiversidad para calcular el índice: 1) Para las variables de flora se reportaron 111 especies, dentro de las cuales 52 se consideran nativas no endémicas y una endémica y dos casi endémicas correspondiendo a las especies Caucho del Tequendama (*Ficus tequendamae*) y dos especies de mano de oso (*Oreopanax bogotensis*) y (*Oreopanax incisus*) 2) Para las variables de fauna, 113 especies y morfoespecies de vertebrados nativos presentes en el humedal (las especies migratorias se consideran como nativas), del total de 123 vertebrados registrados (Ver capítulo descripción). En cuanto a las especies *endémicas* y *casi endémicas* de Colombia con registro de presencia en el humedal, corresponden a 11 tal como se muestra en la (Tabla 20).

Tabla 20. Datos de biodiversidad de flora y fauna para el cálculo del índice de naturalidad.

FLORA			
Total, de especies nativas (no endémicas ni casi endémicas)			52
Total, de especies endémicas y casi endémicas			3
Nombre científico		Nombre común	Endemismo
Ficus tequendamae Dugand		Caucho del Tequendama	Endémica
Oreopanax bogotensis Cuatrec.		Mano de oso	Casi Endémica
Oreopanax incisus (Willd. ex Schult.) Decne. & Planch.		Mano de oso	Casi Endémica
FAUNA			
Total, de especies nativas (no endémicas ni casi endémicas)			113
Total, de especies endémicas y casi endémicas			11
Grupo	Nombre científico		Nombre común
Peces	Grundulus bogotensis		Guapucha
Peces	Eremophilus mutisii		Capitán
Anfibios	Dendropsophus molitor		Rana sabanera
Reptiles	Atractus crassicaudatus		Culebra sabanera
Aves	Anas andium		Pato paramuno
Aves	Diglossa albilatera		Picaflor flanquiblanco
Aves	Chrysomus bogotensis	icterocephalus	Monjita bogotana
Aves	Conirostrum rufum		Picocono rufo
Aves	Forpus conspicillatus		Periquito de anteojos
Aves	Stilpnia vitriolina		Tangara rastrojera
Aves	Synallaxis subpudica		Chamicero cundiboyacense

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos para el humedal (Tabla 21), se mantiene en una escala de naturalidad nivel 4 o Sistema sub-natural, al igual que lo valorado en el SDA y CAR (2023).

Los registros actualizados a 2022 de especies nativas de flora, hacen descender la calificación de estos parámetros de medio bajo (2) a bajo (1), sin embargo, lo anterior no alcanza a modificar la escala de naturalidad obtenida para el humedal.

Tabla 21. Parámetros para medir el índice de naturalidad en el humedal Santa María del Lago.

Parámetros del índice de naturalidad		Resultado	Calificación
Flora (Nº)	Especies Endémicas y Sub endémicas	3	2
	Especies Nativas (no endémicas ni sub endémicas)	18	1
Fauna (Nº)	Especies Endémicas y Sub endémicas	11	2
	Especies Nativas (no endémicas ni sub endémicas)	113	3
Coberturas (%)	Cuerpo de agua	14,05	4
	Vegetación acuática	33,25	3
	Arbustales	4,76	3
	Bosque de tierra firme	45,12	5
	Vegetación secundaria	0	1
	Pastos arbolados	0	1
	Pastos enmalezados	1,16	2
	Pastos limpios	0,44	5
	Cultivos	0	5
	Plantación de latifoliadas	0	5
	Tierras desnudas y degradadas	0	5
	Tejido urbano discontinuo	1,23	4
Tensionantes (Nº)	Tensionantes reportados	8	4
RESULTADO TOTAL			55
Valor			4

Tabla 21. Parámetros para medir el índice de naturalidad en el humedal Santa María del Lago.

Parámetros del índice de naturalidad	Resultado	Calificación
Escala de Naturalidad		Sistema sub-natural

Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, el humedal obtiene una buena calificación en el manejo de las coberturas de la franja terrestre, evidenciando un efectivo control de pastos limpios, cultivos, plantaciones de latifoliadas, suelos degradados y urbanizaciones, lo que ha permitido consolidar un bosque secundario de tierra firme. También conserva su cuerpo y espejo de agua, sin embargo, los porcentajes de coberturas de vegetación acuática y arbustales no son tan altos, obtienen una calificación media, lo que podría estar indicando que se requiere invertir esfuerzos en restauración ecológica para diversificar los hábitats de franja acuática en sentido horizontal, y los estratos de vegetación en franja terrestre en sentido vertical enriqueciendo las coberturas arbustivas.

En términos de endemismos de flora y fauna, el humedal obtiene una baja calificación (2, medio bajo) en comparación con otros humedales del Sitio Ramsar. Para flora, este resultado podría estar relacionado con la baja riqueza de especies nativas (18 en total; calificación 1-bajo) y una alta presencia de especies invasoras (11 en total; calificación 2- medio bajo). En el componente de fauna el total de especies nativas tampoco está bien calificado con un valor medio (3 – medio); aunque en comparación al Sitio Ramsar se registran pocas especies invasoras (6 especies de vertebrados, calificación 4 – medio alto).

El aislamiento del humedal podría estar influyendo en los bajos resultados de endemismos y especies nativas reportadas, en el sentido que se encuentra limitado el flujo de individuos y genes con otros humedales de la región. Por otra parte, al interior del ecosistema se hace necesario analizar si existe o no una baja representatividad de los hábitats propios de las especies endémicas y sub-endémicas de la Sabana, lo que podría también incidir en los bajos reportes encontrados.

El resultado para el parámetro de tensionantes se ubica en un nivel “medio alto”, lo que indica que del total de tensionantes reportados en los humedales del Sitio Ramsar, en el humedal de Santa María del Lago se presenta un bajo porcentaje; que además coincide con reportes de situaciones de baja ocurrencia y bajo impacto que no generan una afectación significativa sobre la naturalidad del humedal. Este análisis de tensionantes se describe con mayor detalle

en el ítem de Evaluación de Efectividad del Manejo, “problemática ambiental” del presente capítulo.

A partir de la escala de naturalidad (Tabla 22) definida para los humedales, se reconoce que en el humedal de Santa María del Lago se presenta un índice de naturalidad de 55, lo que indica que este humedal representa un sistema sub-natural. En la Figura 14 se puede comparar respecto a los humedales del Sitio Ramsar complejo de humedales urbanos del Distrito Capital de Bogotá SAD y CAR (2023).

Tabla 22. Escalas de naturalidad que permiten evaluar el estado de naturalidad del humedal.

Escala de naturalidad	Total, sumatoria de calificación de variables	Rango de calificación para cada escala
Sistema natural	85	68,1 - 85
Sistema sub-natural	68	51,1 – 68
Sistema semi-natural	51	34,1 – 51
Sistema semi-transformado	34	17,1-34
Sistema transformado	17	≤ 17

Fuente: Elaboración propia.

Machado et al (2004) define una escala de naturalidad Figura 15 con 10 categorías de sistemas: natural virgen, natural, subnatural, cuasi-natural, seminatural, cultural autosuficiente, cultural asistido, muy intervenido, semi-transformado y transformado. A partir de esta clasificación se definieron para el humedal de Santa María del Lago cinco tipos de sistemas (Tabla 20) que agrupan y sintetizan las categorías propuestas por Machado et al. (2004).

La categoría de “sistema sub-natural” empleada para el humedal de Santa María del Lago, podría equipararse a los descrito por Machado et al (2004) como “sistema sub-natural” y “sistema cuasi-natural”, es decir, lugares con especies exóticas eventualmente presentes no dominantes, elementos artificiales no extensivos y dispersos, actividades antrópicas de bajo impacto físico, fragmentación interna irrelevante y contaminación que puede ser procesada por el sistema.

Siguiendo a Machado et al. (2004), las demás categorías pueden definirse de la siguiente manera:

- Sistema natural: lugares donde priman los procesos y elementos naturales, sin contaminación fisicoquímica proveniente de fuentes humanas, o bien, la presencia de contaminantes no sobrepasa la capacidad de carga del sistema para asimilarla; mínima infraestructura artificial.
- Sistema semi-natural: lugares donde la dinámica aún se basa en procesos naturales con una producción biológica no muy forzada, pero donde podría haber una eventual dominancia de especies exóticas y algunas especies naturales encontrarse alteradas; con presencia de infraestructura antrópica escasa o concentrada y ocurrencia de actividades humanas extensivas, además de presentar poca o ninguna gestión del agua.
- Sistema semi-transformado: lugares con infraestructuras y acondicionamientos del medio físico importantes, gran aporte de materiales contaminantes, matriz artificial con elementos naturales dispersos como parches o corredores, alta fragmentación, biodiversidad muy reducida y geomorfología alterada.
- Sistema transformado: predominio de elementos construidos con eventual desarrollo vertical, dependencia total del aporte externo de materia y energía, elementos naturales muy reducidos o ausentes y elementos exóticos confinados.

Comparación de la escala de Naturalidad del humedal de Santa María del Lago con relación a los datos valorados en el PMA del Sitio Ramsar

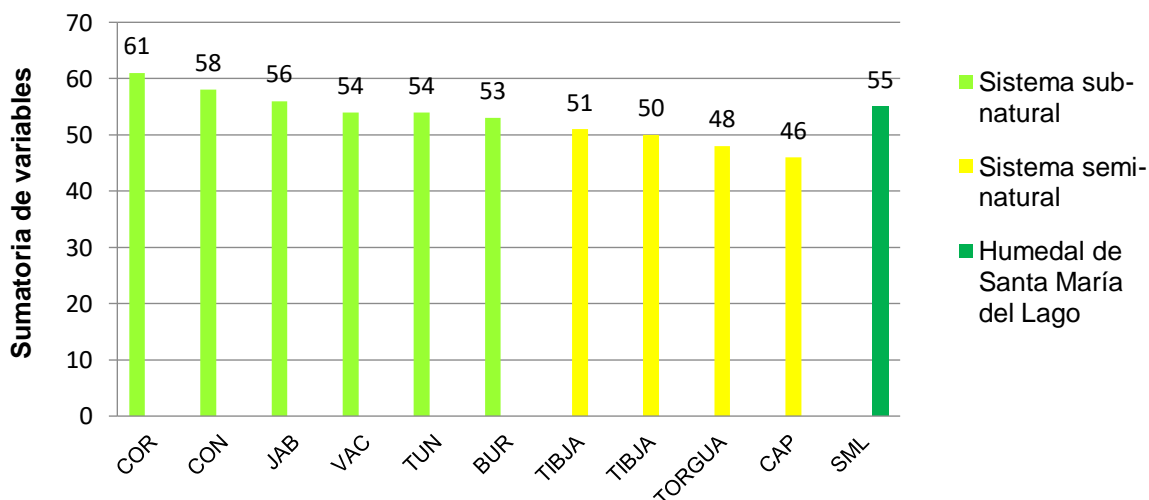


Figura 15. Comparación de la escala de naturalidad del humedal de Santa María del Lago con relación a los datos valorados en el sitio Ramsar complejo de humedales urbanos del Distrito Capital

de Bogotá SDA y CAR (2023). Siglas: COR (humedal Córdoba), CON (humedal La Conejera), JAB (humedal Jaboque), VAC (humedal de La Vaca), TUN (humedal del Tunjo), BUR (humedal del Burro), TIBJA (humedal Tibabuyes – Juan Amarillo), TORGUA (humedales de Torca y Guaymaral), CAP (humedal de Capellanía), SML (humedal de Santa María del Lago). Fuente: Elaboración propia.

2.2.7.2 Análisis de naturalidad a partir de información cartográfica

Se realizó un segundo análisis de naturalidad, empleando la información cartográfica disponible de coberturas de la tierra (SDA 2021b), geotecnia, geomorfología y tratamiento urbanístico. Con base en la metodología propuesta por Arroyo-Molt (2017), se empleó como unidad de análisis el área del humedal, más un buffer de 50 metros alrededor de su perímetro, con el fin de incluir en el análisis de naturalidad, la zona de influencia directa.

Este análisis cartográfico incluye también el cálculo de un índice de naturalidad morfométrico que mide el grado de perturbación e intervención en un humedal, dependiendo del nivel de antropización y urbanización de los usos y las coberturas del suelo. La cuantificación de este índice de naturalidad, inicialmente sólo para la capa de coberturas se extrapoló para las otras tres capas consideradas, siguiendo la fórmula (Arroyo-Molt 2017):

$$IN = \sum CSi \times GNi / ST$$

Donde:

CSi = Superficie total de cada una de las coberturas de suelo i

GNi = Grado de naturalidad definido para cada cobertura i

ST = Superficie total del área

Se asignó un grado de naturalidad (GNi) entre 1 y 10 a cada una de las categorías incluidas en las cuatro capas evaluadas, siendo 1, el valor dado a la categoría más antropizadas y 10 a la más natural (Tabla 23 y 24).

Tomando como referencia a Machado et al (2004), estos distintos niveles de naturalidad se describen de la siguiente manera:

Tabla 23. Tipología de niveles de naturalidad.

Nivel	Nombre	Área (ha)	Porcentaje	Descripción
1	Transformado	4,6721	23,82	Coberturas únicamente con tejido urbano continuo, urbanismo consolidado o en renovación; geomorfología de terrazas altas (rellenos aplanados) y tipo de suelo blando.

Tabla 23. Tipología de niveles de naturalidad.

Nivel	Nombre	Área (ha)	Porcentaje	Descripción
2	Semi Transformado	3,6689	18,71	Coberturas con tejido urbano continuo y mezcla de árboles plantados, urbanismo consolidado; geomorfología de terrazas altas (rellenos aplanados) y tipo de suelo de rondas de ríos y humedales.
3	Muy Intervenido	0,0028	0,01	Coberturas de senderos al interior del humedal; considerado suelo protegido para el desarrollo urbanístico; geomorfología de terrazas altas (rellenos aplanados) y tipo de suelo de rondas de ríos y humedales.
5	Cultural sostenible	1,1781	6,01	Coberturas con mezcla de árboles plantados y áreas administrativas al interior del humedal; considerado suelo protegido para el desarrollo urbanístico; geomorfología de terrazas altas (rellenos aplanados) y tipo de suelo de rondas de ríos y humedales.
6	Semi natural	0,028	0,14	Coberturas de vegetación acuática; considerado suelo protegido para el desarrollo urbanístico; geomorfología de terrazas altas (antrópico) y suelos de rondas de ríos y humedales.
7	Casi natural	4,5123	23,01	Coberturas con mezcla de árboles plantados y vegetación secundaria baja; considerado suelo protegido para el desarrollo urbanístico; geomorfología de área anegable permanente y tipo de suelo de rondas de ríos y humedales.
8	Sub natural	0,2769	1,41	Coberturas con vegetación secundaria baja, tifales, juncuales, herbazal denso inundable y vegetación acuática; considerado suelo protegido para el desarrollo urbanístico; geomorfología de terraza baja y área anegable permanente y tipo de suelo de rondas de ríos y humedales.
9	Natural	5,2737	26,89	Coberturas únicamente con cuerpos de agua; considerado suelo protegido para el desarrollo urbanístico; geomorfología de área anegable permanente y tipo de suelo de rondas de ríos y humedales.
Total		19,6128	100	

Fuente: Elaboración propia Modificado de Machado et al, 2004.

Tabla 24. Grados de naturalidad para distintas capas cartográficas del humedal de Santa María del Lago.

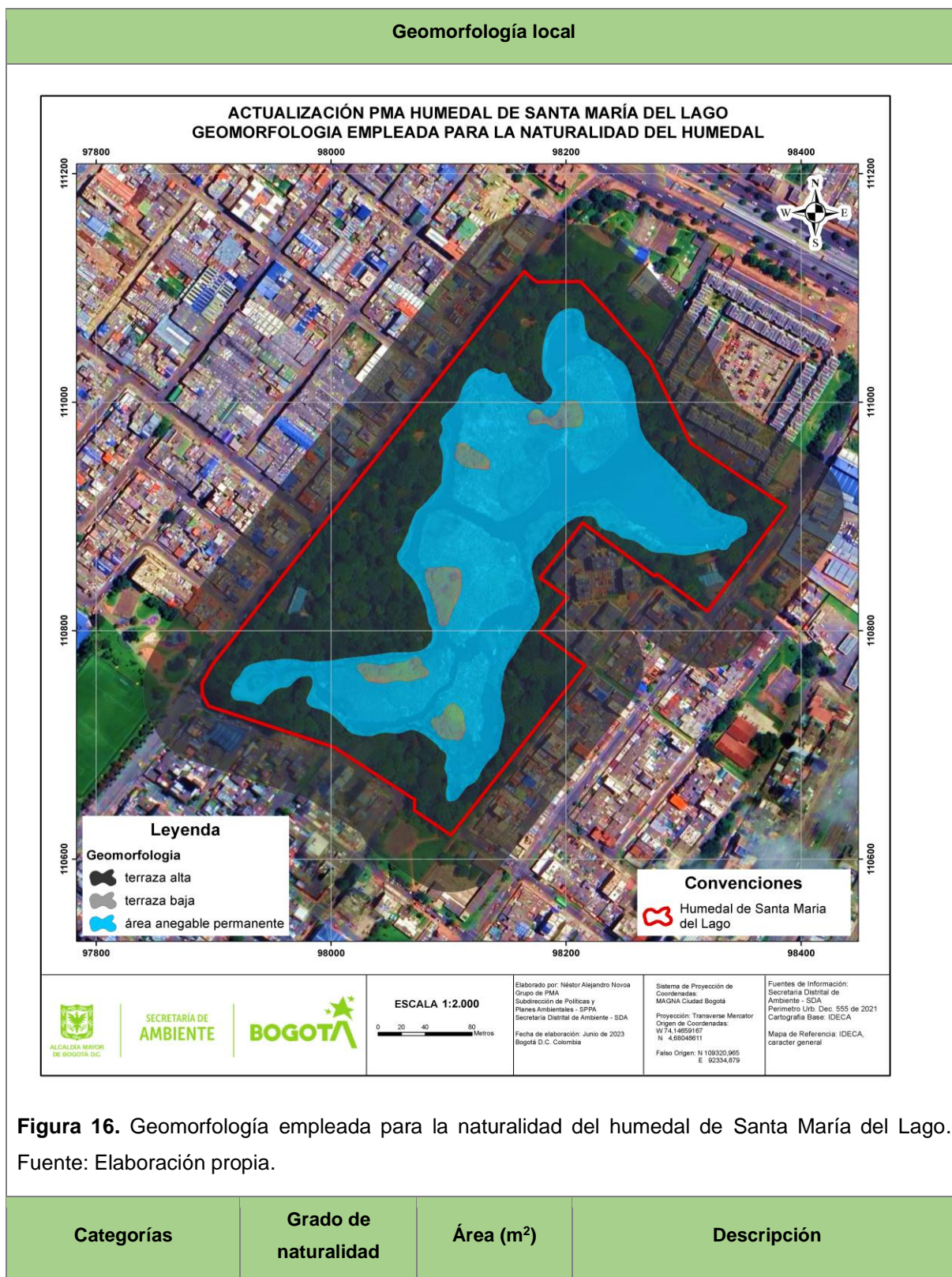


Figura 16. Geomorfología empleada para la naturalidad del humedal de Santa María del Lago.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Grados de naturalidad para distintas capas cartográficas del humedal de Santa María del Lago.

Área legal del humedal			
Terraza alta	1	53055,80	Terraza de morfología plana a ligeramente inclinada, caracterizadas por estar limitadas con escarpes de disección. Se forman por la acumulación de material mediante procesos fluviales, las cuales se han visto fuertemente afectadas por procesos antrópicos, caracterizadas por ser acciones de relleno y aplanado de superficies (CAR, 2019).
Área anegable permanente	10	51552,58	Franja de terreno plana baja de morfología ondulada, inundable. Se presenta bordeando los cauces fluviales y se limita localmente por escarpes de terraza. Se constituye de 3 - 5 m de arcillas y limos producto de la sedimentación durante eventos de inundación fluvial (CAR, 2019).
Terraza baja	10	3918,09	Terraza de morfología con pendientes de 5° a 10°, se encuentran limitadas con escarpes de disección. Se forman por la acumulación de material mediante procesos fluviales o fluvio-torrenciales (CAR, 2019).
Buffer 50 m			
terrazza alta	1	87645,19	Terraza de morfología plana a ligeramente inclinada, caracterizadas por estar limitadas con escarpes de disección. Se forman por la acumulación de material mediante procesos fluviales, las cuales se han visto fuertemente afectadas por procesos antrópicos, caracterizadas por ser acciones de relleno y aplanado de superficies (CAR, 2019).
área anegable permanente	10	6,72	Franja de terreno plana baja de morfología ondulada, inundable. Se presenta bordeando los cauces fluviales y se limita localmente por escarpes de terraza. Se constituye de 3 - 5 m de arcillas y limos producto de la sedimentación durante eventos de inundación fluvial (CAR, 2019).

Tabla 24. Grados de naturalidad para distintas capas cartográficas del humedal de Santa María del Lago.

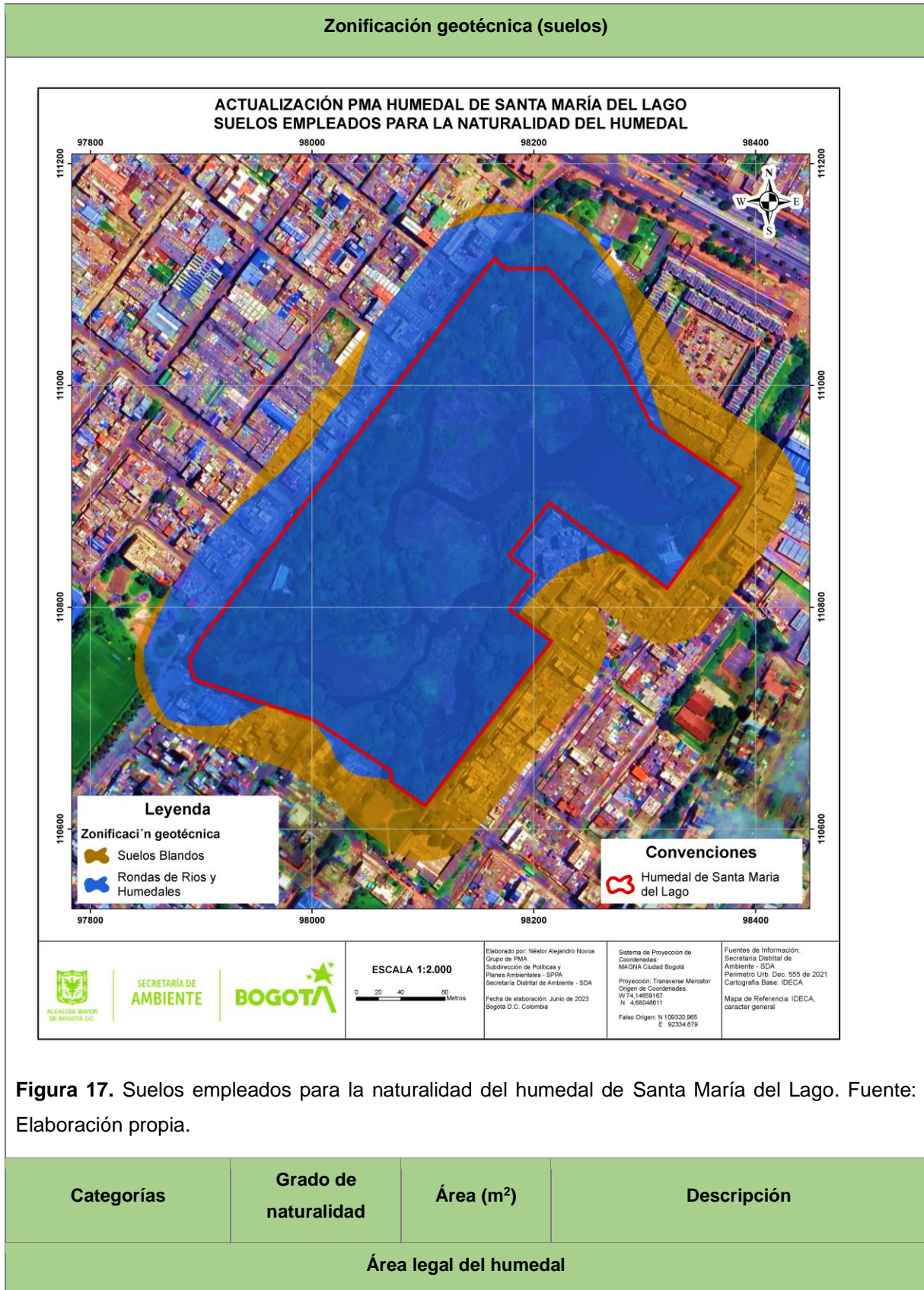


Figura 17. Suelos empleados para la naturalidad del humedal de Santa María del Lago. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Grados de naturalidad para distintas capas cartográficas del humedal de Santa María del Lago.

Suelos blandos	8	0,06	Caracterizados por la presencia de arcillas blandas de alta compresibilidad y de origen lacustre (IDIGER, 2010).
Rondas de ríos y humedales	10	108526,41	Pertenecen a esta zona los cuerpos de agua de la ciudad, tales como: humedades, antiguos lagos y zonas de inundación (IDIGER, 2010).
Buffer 50 m			
Suelos blandos	8	50255,63	Caracterizados por la presencia de arcillas blandas de alta compresibilidad y de origen lacustre (IDIGER, 2010).
Rondas de ríos y humedales	10	37389,56	Pertenecen a esta zona los cuerpos de agua de la ciudad, tales como: humedades, antiguos lagos y zonas de inundación (IDIGER, 2010).
Tratamiento urbanístico- Decreto Distrital 555 de 2021			

Tabla 24. Grados de naturalidad para distintas capas cartográficas del humedal de Santa María del Lago.

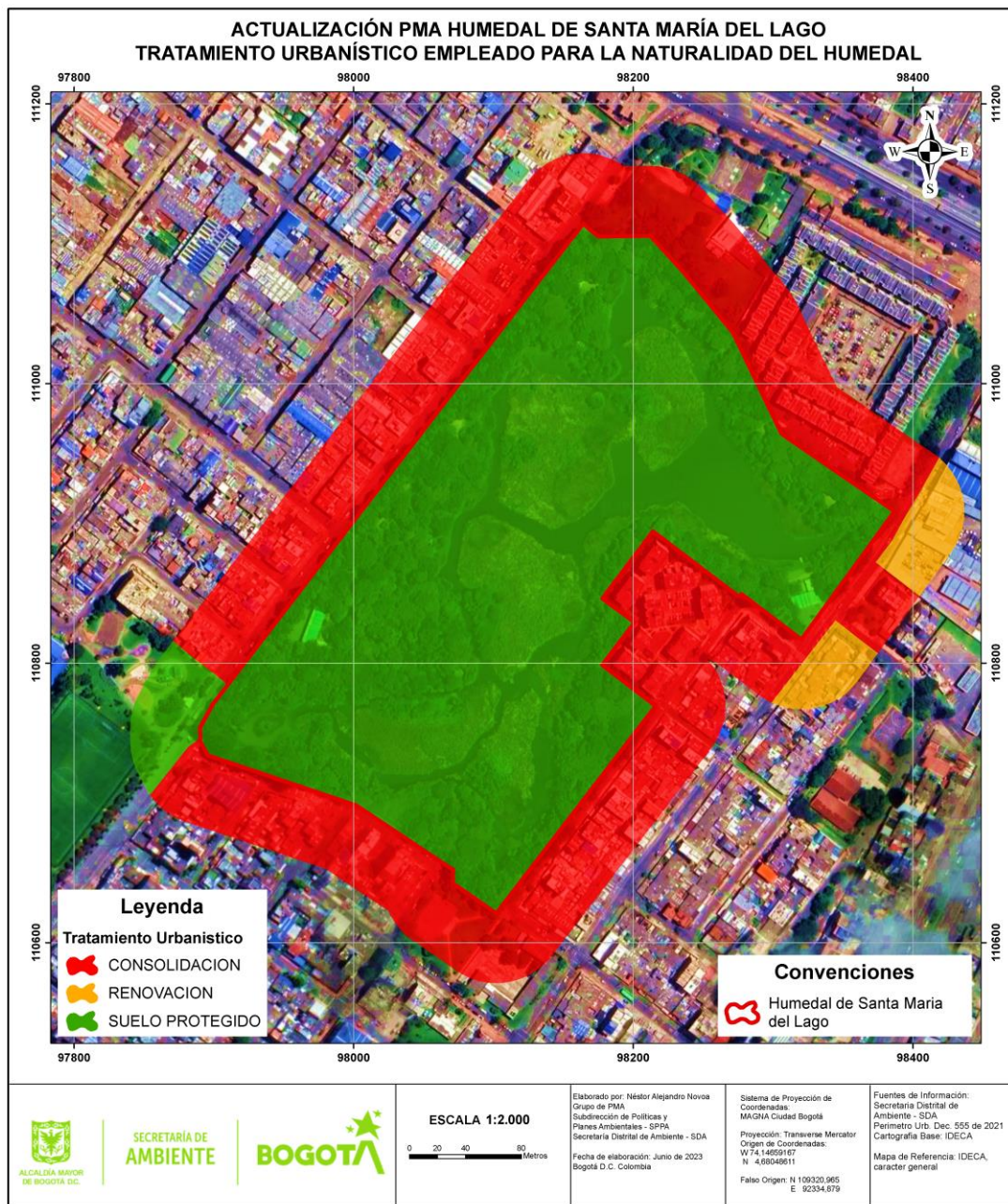


Figura 18. Tratamiento urbanístico del humedal de Santa María del Lago. Fuente: Elaboración propia.

Categorías	Grado de naturalidad	Área (m²)	Descripción
Área legal del humedal			

Tabla 24. Grados de naturalidad para distintas capas cartográficas del humedal de Santa María del Lago.

Consolidación	1	4,87	El suelo urbano consolidado es el que se encuentra en la ciudad y no requiere de transformación urbanística. Es el que tiene la condición de solar y aquellos que para alcanzarla solo necesitan alguna obra a costa del propietario. Las edificaciones en el suelo urbano consolidado se pueden realizar solo con la licencia.
Suelo protegido	10	108521,60	Un suelo rústico protegido cuenta con recursos naturales que buscan ser resguardados por la administración de turno. Esto se traduce en que no es legal realizar cambios edificatorios o urbanizadores que alteren su curso natural.
Buffer 50 m			
Consolidación	1	77981,94	El suelo urbano consolidado es el que se encuentra en la ciudad y no requiere de transformación urbanística. Es el que tiene la condición de solar y aquellos que para alcanzarla solo necesitan alguna obra a costa del propietario. Las edificaciones en el suelo urbano consolidado se pueden realizar solo con la licencia.
Desarrollo	1	5574,83	Es el conjunto de disposiciones que orienta y regula la urbanización de los predios urbanizables no urbanizados, localizados en suelo urbano o de expansión urbana, y define tanto el potencial edificable de las áreas privadas.
Suelo protegido	10	4088,43	Un suelo rústico protegido cuenta con recursos naturales que buscan ser resguardados por la administración de turno. Esto se traduce en que no es legal realizar cambios edificatorios o urbanizadores que alteren su curso natural.
Coberturas de la tierra, SDA 2022			

Tabla 24. Grados de naturalidad para distintas capas cartográficas del humedal de Santa María del Lago.



Figura 19. Coberturas de la tierra humedal de Santa María del Lago. Fuente: Elaboración propia.

Categorías	Grado de naturalidad	Área (m ²)	Descripción
Área legal del humedal			

Tabla 24. Grados de naturalidad para distintas capas cartográficas del humedal de Santa María del Lago.

Área administrativa, otras	1	1518,37	"Son las áreas cubiertas por infraestructura artificial (terrenos cimentados, alquitranados, asfaltados o estabilizados), sin presencia de áreas verdes dominantes, las cuales se utilizan también para actividades comerciales o industriales." (IDEAM, 2010, p.15)
Cuerpo de agua	8	15219,53	"Superficies o depósitos de agua naturales de carácter abierto o cerrado, dulce o salobre, que pueden estar conectadas o no con un río o con el mar." (IDEAM, 2010, p. 66)
Herbazal denso inundable	8	2672,31	"Corresponde a una cobertura natural constituida por un herbazal denso, el cual se desarrolla en áreas que están sujetas a períodos de inundaciones, las cuales pueden presentar o no elementos arbóreos y/o arbustivos dispersos. Se recomienda el uso de información secundaria de apoyo para complementar el análisis pictórico para la identificación de las áreas inundables." (IDEAM, 2010, p. 50)
Juncal	7	12200,92	Bajo esta categoría se clasifica la vegetación que se encuentra establecida sobre cuerpos de agua, recubriéndolos en forma parcial o total. Formado principalmente por herbáceas denominadas Juncos, en su mayoría dominados por las especies <i>Juncus effusus</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i> .
Mezcla de árboles plantados	7	47721,79	Son coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación y/o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación, para la

Tabla 24. Grados de naturalidad para distintas capas cartográficas del humedal de Santa María del Lago.

			producción de bienes y servicios ambientales (plantaciones protectoras). (IDEAM, 2010, p. 46)
Pastos enmalezados	3	275,07	"Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura de la vegetación secundaria es menor a 1,5 m." (IDEAM, 2010, p. 34)
Pastos limpios	2	1347,14	Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, enclavamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas. (IDEAM, 2010, p. 33)
Senderos	1	3179,79	Son espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como carreteras. (IDEAM, 2010, p. 15), En este caso están destinados a tránsito peatonal
Tejido urbano continuo	1	0,59	"Comprende las áreas cubiertas por la infraestructura vial, pavimentada o asfaltada, de uso sostenible o privado que permite el tránsito de algún tipo de vehículo" (IDEAM, 2010).
Tifales	7	14906,32	Bajo esta categoría se clasifica la vegetación que se encuentra establecida sobre cuerpos de agua, recubriéndolos en forma parcial o total, favorecida por el alto grado de colmatación del mismo. Donde abunda la Enea, especies del género <i>Typha</i> común en los humedales y presente en más del 70%.

Tabla 24. Grados de naturalidad para distintas capas cartográficas del humedal de Santa María del Lago.

Vegetación acuática	5	2482,22	"Bajo esta categoría se clasifica toda aquella vegetación flotante que se encuentra establecida sobre cuerpos de agua, recubriéndolos en forma parcial o total. Comprende vegetación bio tipológicamente clasificada como Pleustophyta, Rizophyta y Haptophyta. En Colombia, esta cobertura se encuentra asociada con lagos y lagunas andinas en proceso de eutrofización y en las zonas bajas asociada con cuerpos de agua localizados en las planicies de inundación o desborde." (IDEAM, 2010, p. 62)
Vegetación secundaria baja plantada	7	5161,68	"Son aquellas áreas cubiertas por vegetación principalmente arbustiva y herbácea con dosel irregular y presencia ocasional de árboles y enredaderas, que corresponde a los estadios iniciales de la sucesión vegetal después de presentarse un proceso de deforestación de los bosques o aforestación de los pastizales. Se desarrolla posterior a la intervención original y, generalmente, están conformadas por comunidades de arbustos y herbáceas formadas por muchas especies." (IDEAM, 2010, p. 55) En este caso contempla procesos de restauración asistida.
Vías	1	1840,73	"Comprende las áreas cubiertas por la infraestructura vial, pavimentada o asfaltada, de uso sostenible o privado que permite el tránsito de algún tipo de vehículo" (IDEAM, 2010).
Buffer 50 m			
Área administrativa, otras	1	0,01	"Son las áreas cubiertas por infraestructura artificial (terrenos cimentados, alquitranados, asfaltados o estabilizados), sin presencia de áreas verdes dominantes, las cuales se utilizan también para

Tabla 24. Grados de naturalidad para distintas capas cartográficas del humedal de Santa María del Lago.

			actividades comerciales o industriales." (IDEAM, 2010, p. 15)
Campo de fútbol	1	1595,58	"Son los terrenos dedicados a las actividades de deporte, incluyendo los parques habilitados para esta actividad, no incluidos dentro del tejido urbano" (IDEAM, 2010, p. 19)
Mezcla de árboles plantados	7	1,54	Son coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación y/o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación, para la producción de bienes y servicios ambientales (plantaciones protectoras). (IDEAM, 2010, p. 46) En este caso arbolado urbano.
Pastos limpios	2	11456,84	Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, encalamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas. (IDEAM, 2010, p. 33)
Tejido urbano continuo	1	60612,25	"Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más de 80% de la superficie del terreno. La vegetación y el suelo desnudo representan una baja proporción del área del tejido urbano." (IDEAM, 2010, p. 14).
Vías	1	13978,98	"Comprende las áreas cubiertas por la infraestructura vial, pavimentada o asfaltada, de uso sostenible o privado que

Tabla 24. Grados de naturalidad para distintas capas cartográficas del humedal de Santa María del Lago.

			permite el tránsito de algún tipo de vehículo" (IDEAM, 2010).
--	--	--	---

Fuente: Elaboración propia.

El cruce de las cuatro capas analizadas para el humedal de Santa María del Lago dio como resultado un mapa de unidades homogéneas con polígonos que representan distintos niveles de naturalidad desde 2 (semi transformado) hasta 9 (natural) (Figuras 20 y 21).

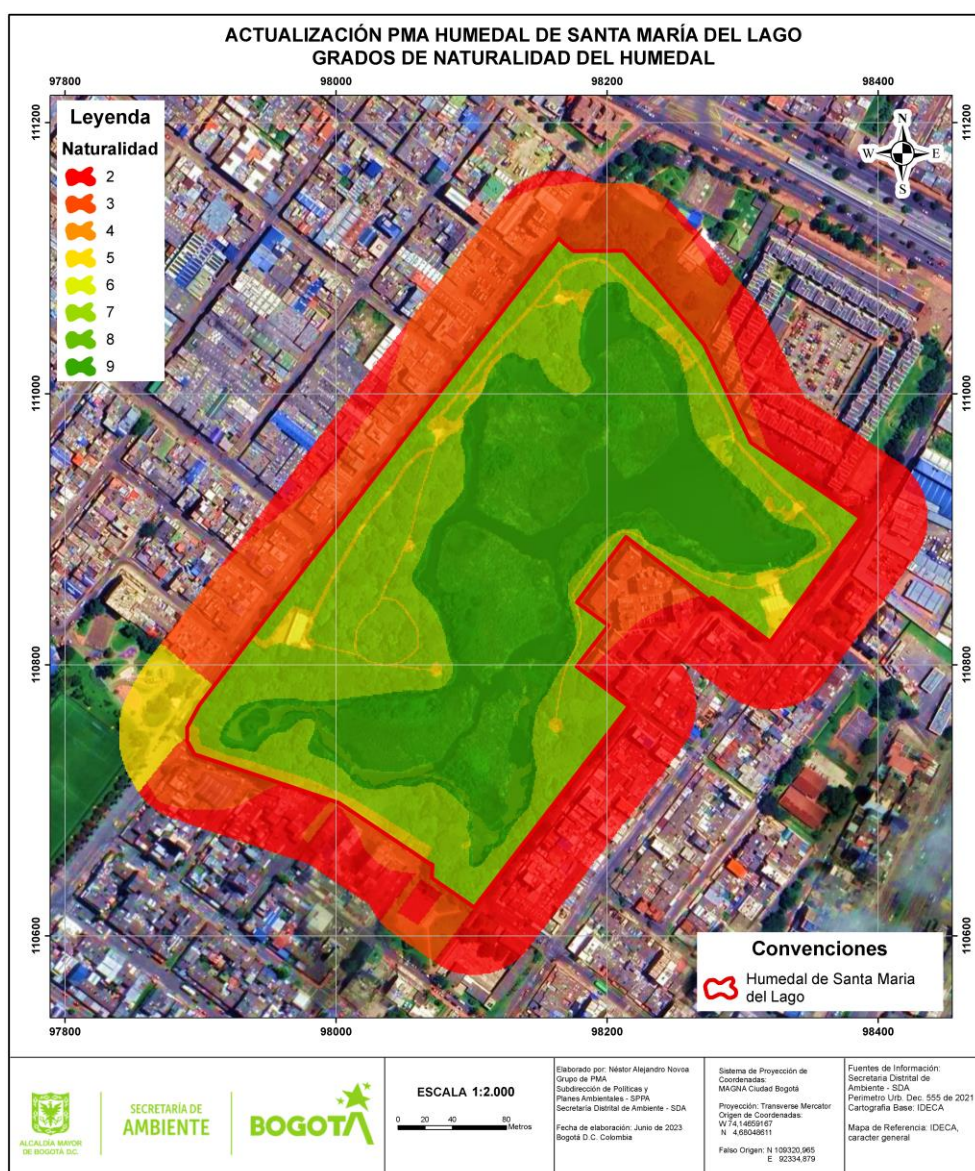


Figura 20. Grados de Naturalidad del humedal de Santa María del Lago y su área de influencia directa. Fuente: Elaboración propia.

Los porcentajes de naturalidad para el humedal de Santa María del Lago se pueden observar en la siguiente gráfica:

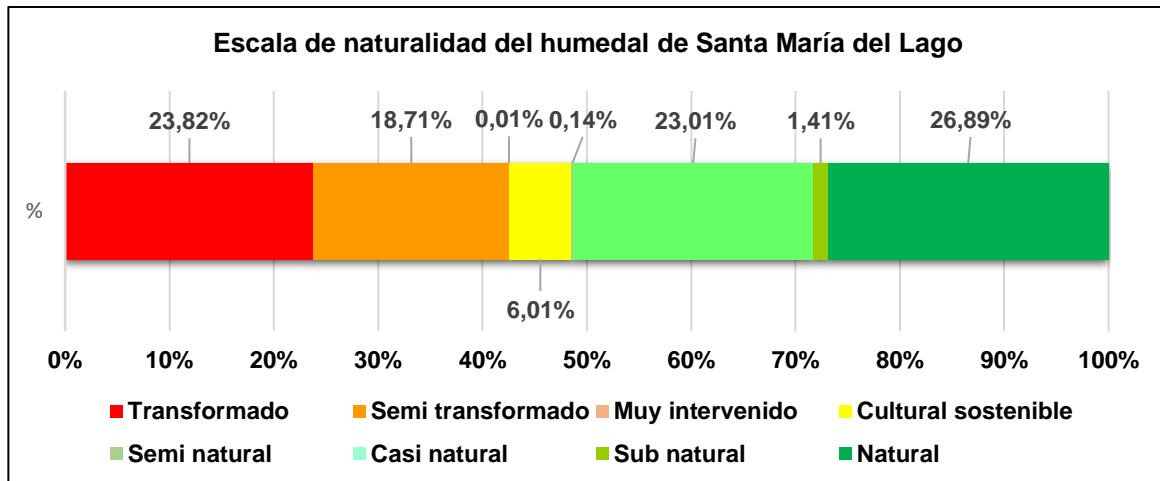


Figura 21. Escala de naturalidad del humedal de Santa María del Lago y su área de influencia directa. Fuente: Elaboración propia.

El análisis a partir de información cartográfica muestra al interior del área legal del humedal un alto nivel de naturalidad, con menos del 1% de elementos transformados, lo que concuerda con el análisis a partir de un índice cualitativo que ubica al humedal en la segunda categoría más alta denominada “sub-natural”. El mayor porcentaje de transformación antrópica se ubica en el buffer de 50 metros de ancho que rodea al área protegida, correspondiente a una matriz urbana con muy pocos espacios naturalizados. A pesar de las presiones antrópicas que esta matriz pudiera ejercer hacia el humedal, los procesos de recuperación ecológica al interior del área protegida han conseguido mantener a hoy, altos niveles de naturalidad, tal como se detalla a continuación.

El grado de naturalidad para las áreas de buffer, área legal del humedal y su conjunto arrojó los siguientes resultados:

El humedal de Santa María del Lago al estar inmerso en una matriz urbana altamente consolidada se ve afectado por un área de influencia antropizada, que para efectos del análisis se delimitó en un buffer de 50 m de ancho. A partir del cálculo del índice de naturalidad morfométrico y de las tipologías de naturalidad indicadas en la Tabla 21, el área de influencia directa del humedal presentó una calificación de 2,6 ubicándose en la categoría de *semitransformado a muy intervenido* como se muestra en la Tabla 25.

Tabla 25. Cálculo de naturalidad del área buffer a partir de información cartográfica.

ID	GNI	CSi (m2)	GNI *CSi	IN=ΣCSi*GNI/ST	Tipología de niveles de naturalidad	Escala de IN
1	2	46676,5	93352,97	2,6	De semitransformado a muy intervenido	
2	3	36580,2	109740,5			
3	4	10,3	41,22774			
4	5	4188,0	20940,12			
5	7	146,6	1025,942			
ST (m2)		87601,5557	225100,8			

Fuente: Elaboración propia.

Por el contrario, el área legal del humedal de Santa María del Lago al encontrarse sometida a procesos de recuperación ecológica, mantenimiento constante, tratamiento urbanístico de protección y geomorfología favorable; arrojó valores altos de naturalidad en el cálculo del índice, alcanzando una puntuación de 7,8, tipificándolo como un área *casi natural a sub natural* como se indica la (Tabla 26).

Tabla 26. Cálculo de naturalidad del área legal del humedal a partir de información cartográfica.

ID	GNI	Csi (m2)	Gsi *Gni	IN=ΣCSi*Gni/ST	Tipología de niveles de naturalidad	Escala de IN
6	2	44,5	89,03406	7,8	De casi natural a sub natural	
7	3	108,8	326,4658			
8	4	17,7	70,77226			
9	5	7593,0	37964,88			
10	6	280,0	1680			
11	7	44976,4	314835,1			
12	8	2769,0	22152			
13	9	52737,0	474633			
ST (m2)		108526,44	851751,2			

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se consolidaron los datos para el área de influencia directa y el área legal del humedal de Santa María del Lago, observando que la naturalidad de todo el conjunto se ve afectada tanto por la presencia de elementos artificiales al interior del humedal la puntuación del índice de naturalidad para todo el conjunto disminuye a 5,5 tipificándolo como *cultural sostenible a seminatural*, como se muestra en la (Tabla 27).

Tabla 27. Cálculo de naturalidad del área legal del humedal + área buffer de 50 m de ancho.

ID	GNI	Csi (m2)	Gsi *Gni	IN=ΣCsi*Gni/ST	Tipología de niveles de naturalidad	Escala de IN
1	2	46676,5	93352,97	5,5	De cultural sostenible a Semi natural	
2	3	36580,2	109740,5			
3	4	10,3	41,22774			
4	5	4188,0	20940,12			
5	7	146,6	1025,942			
6	2	44,5	89,03406			
7	3	108,8	326,4658			
8	4	17,7	70,77226			
9	5	7593,0	37964,88			
10	6	280,0	1680			
11	7	44976,4	314835,1			
12	8	2769,0	22152			
13	9	52737,0	474633			
ST (m2)		196128,0	1076852			

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta lo anterior se concluye que, al estar el humedal altamente influenciado por la matriz urbana en la que se encuentra inmerso; las acciones de recuperación del área protegida deberían trascender los límites legales, ya que el humedal, que ha sido aislado de la EEP de la ciudad, podría estar presentando una gran erosión genética en las poblaciones de especies nativas que lo habitan. Adicionalmente, esta matriz urbana tenderá a antropizarse más con el paso del tiempo, generando así mayor presión sobre el ecosistema.

Es necesario, por tanto, regular las construcciones que se encuentran circundando el área protegida, con el fin de que estas generen espacios amigables con la zonificación propuesta para el humedal.

2.2.8 Representatividad

Para definir qué tan representativo es un humedal dentro de una zona o complejo de humedales (Resolución 196 de 2006, MAVDT), entendiendo la representatividad como el porcentaje mínimo que una unidad de análisis requiere para asegurar el equilibrio de los atributos de la biodiversidad en términos de su composición, estructura y funcionalidad (Andrade y Corzo, 2011, p.73); se requiere conocer en principio, la extensión y ubicación de los ecosistemas de humedal que originalmente existieron en el territorio, es decir, el mapa de ecosistemas o de biomas potenciales.

Si bien existen datos de representatividad en el país, para sistemas de áreas protegidas del

orden nacional o regional, para el caso del Distrito Capital, no se cuenta con información cartográfica de los biomas o ecosistemas potenciales, que permita calcular en qué medida los ecosistemas de humedal remanentes son representativos del gran bioma de humedales andinos que alguna vez existió en el territorio; ni en qué porcentaje la ciudad aporta a las metas de conservación del país. Por lo anterior se propone un análisis de representatividad alternativo, tal como se describe a continuación.

2.2.9 Análisis a partir de la oferta ambiental

Un análisis sustituto de representatividad basado en lo propuesto por Fandiño-Lozano (1996) en Fandiño & Wyngaarden, 2005) que sugiere una aproximación a la representatividad topológica (arreglo natural vertical) usando como referente los territorios requeridos para permitir poblaciones mínimas viables de especies consideradas sombrilla.

La oferta de hábitat u oferta ambiental de un humedal se entiende como la extensión, el estado y la diversidad de hábitat que ofrece el humedal a la fauna. El análisis se realizó tanto para la oferta de hábitat para las aves acuáticas, como para la oferta de hábitat de la franja terrestre del humedal, con base en la metodología propuesta por SDA (2008).

A diferencia de este estudio, que tomó como referencia el área aproximada de cada tipo de hábitat, en este caso como unidad de análisis el mapa de coberturas (SDA 2021b) actualizado del humedal, considerando que las coberturas albergan en su interior uno o varios tipos de hábitats. Los resultados obtenidos para el humedal se explican a continuación.

2.2.9.1 Oferta ambiental de coberturas en franja acuática y semiacuática

Se tuvo en cuenta tanto el número de coberturas presentes en el humedal como la representación de cada una, lo que da una medida de diversidad de las coberturas presentes en el humedal. Se consideraron las coberturas relacionadas con hábitats acuáticos o semiacuáticos, que constituyen el “área efectiva” del humedal, es decir “el área con vegetación acuática propia de un humedal” (SDA, 2008, p. 106); y a cada una se le asignó un puntaje según al porcentaje con el que aporta al área efectiva total del humedal, como se muestra en la Tabla 28. Allí mismo, se indica también la calificación al área efectiva del humedal dependiendo de su tamaño:

Para el cálculo final de la oferta ambiental de la franja acuática del humedal se modificó la fórmula de SDA (2008), incluyendo como variables a las coberturas en lugar de los hábitats,

como se observa a continuación (Tabla 28):

Oferta ambiental = N° total de coberturas + N° de coberturas con valores de 1 y 2 + valor de la cobertura de juncal + valor del área efectiva del humedal.

Tabla 28. Oferta ambiental en la franja acuática y semiacuática del humedal de Santa María del Lago.

Código C.L.C	Tipo de Cobertura	Hábitat	Área Cobertura	% Área Cobertura	Calificación Cobertura Hábitat	Área efectiva del humedal
413	Vegetación acuática SCA	Vegetación flotante	0,25	5%	1	3
		Tapete flotante				
		Agua panda / Veg.				
		Sumergida				
512	Cuerpo de agua	Agua abierta	1,52	32%	2	
3211211	Juncal	Juncal	1,22	26%	2	
		Juncal seco				
		Orilla abierta				
321121	Herbazal denso inundable noA	Vegetación herbácea/emergente de borde	0,27	6%	1	
		Pradera emergida				
3211212	Tifales	Tifales	1,49	31%	2	
	Totales		4,75	100%	15	

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la Tabla 28, el humedal de Santa María del Lago tiene un tamaño medio, suficiente para mantener algunas poblaciones de aves acuáticas, y de igual manera el puntaje de la oferta ambiental 15, según SDA (2008), refleja una limitada oferta de hábitat, aunque al no emplear las mismas categorías usadas en el mencionado documento, los resultados pueden no ser muy confiables en su comparación.

2.2.9.2 Oferta ambiental de coberturas en franja terrestre

Se tuvieron en cuenta las variables de: ancho promedio de la ronda alrededor del humedal, fisionomía de la vegetación con énfasis en la vegetación leñosa, composición de la vegetación (nativa o exótica) y tipo de entorno (favorable o no para las aves terrestres) (SDA, 2008, p. 106) ver Tabla 29. Estas variables se calificaron a partir de los siguientes valores (SDA, 2008, p. 108):

Tabla 29. Criterios de calificación para la oferta ambiental de la vegetación terrestre

Criterio	Puntaje	Valor correspondiente
A. Ancho de la ronda	0	< 10 m
	1	10 hasta 20 m
	2	20 hasta 30 m
	3	> 30 m
B. Estructura de la vegetación terrestre	0	Suelo desnudo o cemento
	1	Pasto o vegetación herbácea baja, arbustos y arbolitos aislados
	2	Pastos con arbustos, pocos árboles
	3	Mezcla de vegetación baja, arbustos y árboles bajos y altos
C. Composición de la vegetación terrestre	0	Sin vegetación
	1	Principalmente exótica
	2	Mixta
	3	Principalmente nativa
D. Presión por áreas urbanizadas	0	Aumento de establecimiento de urbanizaciones ilegales
	1	Establecimiento de invasiones ilegales
	2	Invasiones ilegales controladas y temporales
	3	Zonas arborizadas anchas: protección más efectiva
E. Obras de infraestructura que impactan negativamente	0	Presencia alta de obras de infraestructura
	1	Media alta presencia alta de obras de infraestructura
	2	Media baja presencia alta de obras de infraestructura
	3	Presencia baja de obras de infraestructura duras
F. Áreas cultivos	0	Con alto porcentaje de áreas de cultivo sobre la ronda
	1	Media alta presencia de áreas de cultivos sobre la ronda
	2	Media bajo presencia de áreas de cultivos sobre la ronda
	3	Sin presencia de áreas de cultivo sobre la ronda
G. Suelos desnudos o de cobertura vegetal ausente	0	Con alto porcentaje de áreas de cultivo sobre la ronda
	1	Media alta de suelo desprovisto de cobertura vegetal
	2	Media baja de suelo desprovisto de cobertura vegetal
	3	Sin presencia de suelos desprovistos de cobertura vegetal
H. Áreas vegetales invasiva caso específico: <i>Penisetum clandestinum</i> (P) y <i>Ulex europeus</i> (UPA)	0	Baja presencia de áreas con vegetación invasiva
	1	Media baja presencia de áreas con vegetación invasiva
	2	Media alta presencia de áreas con vegetación invasiva
	3	Con alto porcentaje de áreas con vegetación invasiva
Cálculo de la oferta ambiental de la ronda: puntaje total de A+B+C+D+E+F+G+H		

Fuente: SDA, 2008 p. 117.

Para el cálculo final de la oferta ambiental de la franja terrestre del humedal se empleó la fórmula (SDA, 2008):

- **Oferta ambiental** = Valor ancho de la ronda (A) + Estructura de la vegetación terrestre (B) + Composición de la vegetación terrestre (C) + Presión por áreas urbanizadas (D) + Obras de infraestructura que impactan negativamente (E) + Áreas de cultivos (F) + Suelos desnudos o de cobertura vegetal ausente (G) + Áreas de vegetación invasiva casos específicos pasto kikuyo o retamo espinoso (H).

Teniendo en cuenta que la calificación de la oferta ambiental, puede obtener como puntaje máximo 24 puntos, el humedal de Santa María del Lago aplicando los criterios señalados en la Tabla 30 (Criterios de calificación para la oferta ambiental de la vegetación terrestre) el humedal obtuvo 17,5 puntos, haciendo referencia que su ancho de ronda es amplio, la presión por áreas urbanizadas es Baja, las obras de infraestructura que impactan negativamente el humedal son pocas y la composición de su vegetación en gran medida es nativa, se puede inferir que la oferta ambiental que brinda el humedal es media alta.

Tabla 30. Calificación para la oferta ambiental de la vegetación terrestre.

Código	Coberturas_CLC SML	Área_ha	Área %	Shannon	A	B.	C.	D.	E	F.	G.	H.
121255	Área administrativa otras	0,15	2,49%	0,0918802	3	0	0	3	2	3	1	0
1221121	Senderos AP	0,32	5,21%	0,15391396		0	0				1	0
231	Pastos enmalezados	0,03	0,45%	0,02434277		1	2				3	3
232	Pastos limpios	0,13	2,21%	0,08415738		2	2				3	3
31531	Mezcla de árboles plantados	4,94	80,95%	0,17111456		3	3				3	0
32321	Vegetación secundaria baja plantada	0,53	8,70%	0,21245467		3	3				3	0
Total		6,10	100%	0,73786354	3	1,5	1,7	3	2	3	2,3	1
Cálculo de la oferta ambiental de la ronda puntaje total de A+B+C+D+E+F+G+H					17,5							

Fuente: Elaboración propia.

2.2.10 Análisis a partir del potencial biótico

2.2.10.1 Potencial biótico desde las aves acuáticas

Siguiendo la metodología utilizada en SDA (2008), se puntúan 25 especies de aves acuáticas y semiacuáticas de manera diferencial, dando mayor peso a especies y subespecies amenazadas y endémicas, tal como se puede apreciar en la Tabla 31, en la que se comparan las evaluaciones hechas en 2008 y en la presente actualización de 2022. La lógica de esta metodología se basa en que el potencial biótico guarda estrecha relación con la oferta ambiental de un sitio, dado que la estructura y la diversidad de la vegetación son buenos

predictores de la riqueza de aves y otros grupos de fauna. Para este análisis, se considera el nivel de subespecie de *Oxyura jamaicensis* (*O. jamaicensis andina*) y se considera a *Fulica americana* dentro de “otras especies”.

Tabla 31. Evaluación del potencial biótico de aves acuáticas en el humedal de Santa María del Lago. Comparación entre SDA (2008) y la presente actualización del PMA.

Método de puntuación: especies endémicas y amenazadas: 4 puntos, subespecies endémicas y amenazadas: 3 puntos, otras subespecies endémicas: 2 puntos, otras especies amenazadas: 2 puntos, otras especies: 1 punto.		
Especie	SDA, 2008	Este Trabajo, 2022
<i>Rallus semiplumbeus</i>	-	-
<i>Cistothorus apolinari</i>	-	-
Total puntos spp. endémicas y amenazadas	0	0
<i>Porphyriops melanops bogotensis</i>	-	-
<i>Ixobrychus exilis bogotensis</i>	-	-
<i>Oxyura jamaicensis andina</i>	-	X
Total puntos subespecies endémicas y amenazadas	0	3
<i>Chrysomus icterocephalus bogotensis</i>	X	X
Total puntos otras subespecies endémicas	2	2
<i>Pseudocolopteryx acutipennis</i>	-	-
Total puntos otras especies amenazadas	0	0
<i>Podilymbus podiceps</i>	X	X
<i>Fulica americana</i>	X	X
<i>Bubulcus ibis</i>	X	X
<i>Ardea alba</i>	X	X
<i>Butorides striata</i>	X	X
<i>Egretta caerulea</i>	-	X
<i>Nycticorax nycticorax</i>	-	X
<i>Spatula discors</i>	-	X
<i>Porzana carolina</i>	-	X
<i>Gallinula galeata</i>	X	X
<i>Porphyrio martinica</i>	X	X
<i>Actitis macularius</i>	--	X
<i>Tringa solitaria</i>	-	X
<i>Tringa flavipes</i>	-	X
<i>Tringa melanoleuca</i>	-	X
<i>Gallinago nobilis</i>	-	-
<i>Gallinago delicata</i>	-	-
<i>Serpophaga cinerea</i>	-	-
Total puntos otras especies	7	15
Puntaje total	9	20

Fuente: Elaboración propia. con base en SDA (2008).

Basado en el puntaje máximo que es 40, es posible establecer una escala de medición sencilla, que se muestra en la (Tabla 32):

Tabla 32. Escala de calificación para el potencial biótico de aves acuáticas para humedales.

Puntaje	Calificación Potencial Biótico
0 – 12	Bajo
13 – 26	Medio
27 - 40	Alto

Fuente: Elaboración propia con base en SDA (2008).

De esta manera, se puede apreciar que el humedal de Santa María del Lago tuvo un cambio drástico desde la evaluación realizada en el año 2008, puesto que de acuerdo con la escala de calificación pasaría de un nivel bajo a un nivel medio de potencial biótico. Esto puede ser debido a la mayor cantidad de fuentes de información que existen actualmente, las cuales permiten dar cuenta de un mayor número de especies registradas en el humedal.

Si esto se analiza de acuerdo con la oferta ambiental de franja acuática y área efectiva de humedal, las cuales indican un valor bajo y medio respectivamente, se podría inferir que el humedal puede brindar recursos para una moderada cantidad de especies de aves acuáticas, pero tiene una limitada capacidad de mantener poblaciones residentes, pues en SDA (2021b) solamente la Tingua de pico amarillo (*Fulica americana*) fue abundante en los monitoreos del año 2021.

2.3 CRITERIO SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL

En esta sección de la evaluación del humedal de Santa María del Lago se identificó la condición actual de los aspectos sociales y culturales significativos para la planificación del manejo y la conservación del área protegida en los valores sociales y culturales asociados a esta. Se definieron para ello cinco (5) parámetros con base en la Guía técnica para la formulación de planes de manejo para humedales en Colombia (MAVDT, Resolución 196 de 2006), los cuales se evalúan principalmente a partir de la información cuantitativa generada por el seguimiento a la implementación de las estrategias y proyectos del plan de acción de la Política Pública de Humedales del Distrito Capital (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2015) y de la ejecución de las estrategias y proyectos derivados de está en el PMA objeto de actualización y su plan de acción.

2.3.1 Valores estéticos, culturales, religiosos e históricos

Este parámetro busca, a través de diversos indicadores, identificar el sentido de identidad o pertenencia que tienen las comunidades con el humedal y los valores culturales que están asociados a este ecosistema. Para ello se analiza la información sobre el número de eventos representativos llevados a cabo en el humedal, así como los encuentros para el intercambio de experiencias y saberes en torno a la conservación de los humedales, los cuales evidencian prácticas culturales y de apropiación social de estos espacios por parte de las comunidades.

Los eventos culturales permiten identificar prácticas culturales de las comunidades asociadas a estos ecosistemas, ya que son actividades con participación representativa de ciudadanos, en las que se conmemoran fechas relevantes del calendario ambiental y reflejan la valoración ambiental otorgada por los habitantes del entorno y líderes ambientales partícipes de los mismo. Entre estos eventos se encuentran las conmemoraciones del día de los humedales, el día de la biodiversidad, el día del agua, el día de la Tierra y el día del río Bogotá, además de jornadas especiales de educación ambiental. La Figura 22 y Tabla 33 y 34 presentan la cantidad de eventos y participantes registrados en el humedal entre 2018 y 2021.

Para el cálculo del indicador de número de eventos representativos en el humedal por año se ha promediado los tres años inmediatamente anteriores, a pesar de que en el año 2020 la pandemia por COVID 19 impidió el desarrollo normal de actividades a nivel global, esto no impactó de manera significativa este indicador, haciendo entonces un promedio de los eventos representativos de los años 2019, 2020 y 2021 para la evaluación del indicador bajo la escala presentada a continuación.

Tabla 33. Criterios de evaluación del número de eventos y participantes en el humedal de Santa María del Lago.

INDICADOR	4 Muy bueno	3 Bueno	2 Aceptable	1 Deficiente
Número de eventos representativos en el humedal por año	6 o más.	Entre 4 y 5	Entre 2 y 3	≤ 1
Número de participantes en eventos representativos en el humedal por año	90 más	Entre 61 a 89	Entre 41 a 60	≤ 40

Fuente: Elaboración propia.

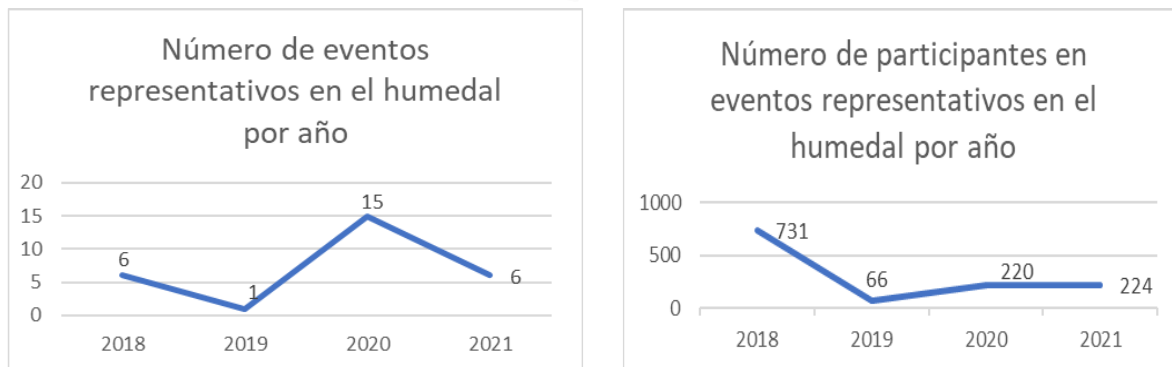


Figura 22. Número de eventos y de participantes representativos por año en el humedal de Santa María del Lago. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34. Resultado de evaluación del número de eventos y de participantes representativos por año en el humedal de Santa María del Lago.

INDICADOR	2019	2020	2021	Promedio evaluación
Número de eventos representativos en el humedal por año	1	1	15	6
Número de participantes en eventos representativos en el humedal por año	66	60	207	111

Fuente: Elaboración propia.

Se identifica entonces un promedio muy bueno de eventos representativos, lo cual muestra una significación e importancia del humedal para las comunidades. Sin embargo, en diferentes años ha sido deficiente el número de eventos representativos, aspecto a tenerse en cuenta para el capítulo de plan de acción e intentar fortalecer la sostenibilidad en el tiempo de los eventos representativos, para continuar afianzando la apropiación social y la valoración del humedal. Lo que permite evaluar positivamente la apropiación social de los humedales como escenarios con valores culturales y, en algunos casos, espirituales para algunas comunidades del territorio.

2.3.2 Recreación pasiva, educación e investigación

Para la estimación de los nueve (9) indicadores cuantitativos correspondientes a este numeral, metodológicamente se tuvo en cuenta la información reportada por la Oficina de Participación, Educación y Localidades (OPEL) y remitida por la Subdirección de Ecosistemas y Ruralidad (SER) de la SDA en la denominada 'Base de datos significativos' (SDA, 2022c).

Se incluyó y promedió los valores logrados en 2018, 2019 y 2021; lo respectivo al año 2020 fue excluido, teniendo en cuenta sus características atípicas, relacionadas con la pandemia a causa de la Covid-19. Ante la ausencia de datos para algunos casos, se asignó el valor cero (0) y se diferenció con relleno color gris claro. Los indicadores fueron:

- Cantidad de recorridos interpretativos en el humedal.
- Cantidad de participantes en recorridos interpretativos en el humedal.
- Cantidad de acciones pedagógicas en el humedal.
- Cantidad de participantes en acciones pedagógicas en el humedal.
- Cantidad de acciones pedagógicas en colegios.
- Cantidad de participantes en acciones pedagógicas en colegios.
- Cantidad de monitoreos participativos en el humedal.
- Cantidad de participantes en monitoreos participativos en el humedal.
- Cantidad de proyectos de investigación articulados con la SDA por año para humedales con área menor o igual a 30 ha.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los indicadores en su orden, puntualizando su respectiva escala de calificación de manera discriminada.

2.3.2.1 Cantidad de recorridos interpretativos en el humedal

Este indicador hace referencia a las acciones de visita al humedal por personas individuales y grupos que participaron en recorridos con acompañamiento de intérpretes de la OPEL, por lo cual su registro de asistencia fue posible. Lo anterior, con el ánimo de aclarar que, el humedal es recorrido de manera libre en diferentes momentos del día y a lo largo de la semana por personas individuales y grupos, de quienes no se tiene reporte específico (cuantitativo). A partir de las cifras de la 'Base de datos significativos' (SDA, 2022c), la escala de calificación establecida para el presente indicador se muestra en la (Tabla 35).

Tabla 35. Escala de calificación para recorridos interpretativos en el humedal/Año

4 Muy bueno	3 Bueno	2 Aceptable	1 Deficiente
Más de 200	200	entre 196 y 160	< = 159

Fuente: Elaboración propia.

El promedio anual obtenido para este indicador fue de 201,33 recorridos interpretativos en el humedal, es decir, una asignación numérica de cuatro (4) en la escala determinada y, por tanto, una valoración de muy bueno para esta acción educativa en el área protegida (Tabla

36). Este resultado, puede considerarse producto de la acogida e interés que representa el humedal de Santa María del Lago para la comunidad vecina y no vecina, ya que entre los registros se identificó variedad de población etaria, escolar, universitaria, colectiva, empresarial y de tema abordado durante las visitas.

Tabla 36. Relación de recorridos interpretativos en el humedal en 2018, 2019 y 2021.

2018	2019	2021	Promedio	Calificación
182	206	216	201,33	Muy Bueno

Fuente: SDA 2022b.

2.3.2.2 Cantidad de participantes en recorridos interpretativos en el humedal

Para este caso se tuvo en cuenta la cantidad de personas que, de forma individual u organizadas en grupo, hicieron parte de recorridos interpretativos en el humedal con acompañamiento de intérpretes de la OPEL, por lo cual su registro de asistencia fue realizado y hace viable el cálculo de este indicador, con base en la capacidad de carga previamente determinada de 200 personas día Umbarila y Veloza (2001). Sin dejar de lado, lo explicado líneas arriba, respecto a que, el humedal es transitado diariamente de manera libre por personas individuales y grupos, de quienes no se cuenta con reporte específico (cuantitativo). A partir de las cifras de la 'Base de datos significativos' (SDA, 2022c), la escala de calificación establecida para el presente indicador se muestra en la (Tabla 37).

Tabla 37. Escala de calificación para participantes en recorridos interpretativos en el humedal/año.

4 Muy bueno	3 Bueno	2 Aceptable	1 Deficiente
Su número no supera el 50% de la capacidad de carga establecida.	Su número es menor al 79% de la capacidad de carga establecida.	Su número esta entre el 80 y el 99% de la capacidad de carga establecida.	Supera el 100% de la capacidad de carga establecida.

Fuente: Elaboración propia.

El promedio anual obtenido para este indicador fue de 9146 participantes en recorridos interpretativos en el humedal, es decir, una asignación numérica de cuatro (4) en la escala determinada y, por tanto, una valoración de muy bueno para esta acción educativa en el área protegida (Tabla 38). Lo anterior, teniendo en cuenta el resultado de calcular la capacidad de carga establecida anual, es decir, un total de 73.000 personas; cuyo 50% es 36.500. Es relevante exponer que, en el humedal de Santa María del Lago existe registros diarios para 2018 de 210 (enero) y 256 (septiembre) participantes en esta acción educativa, siendo evidente haber excedido su capacidad de carga día e importante, revisar las características y acuerdos para la realización de recorridos interpretativos en el área protegida, respetando los usos determinados y buscando la sostenibilidad del ecosistema.

Tabla 38. Relación de participantes en recorridos interpretativos en el humedal en 2018, 2019 y 2021.

2018	2019	2021	Promedio	Calificación
9605	11308	6526	9146,00	Muy bueno

Fuente: SDA 2022c.

2.3.2.3 Cantidad de acciones pedagógicas en el humedal

Las denominadas acciones pedagógicas en el humedal, principalmente, obedecen a actividades de sensibilización articuladas por la OPEL y dirigidas a diferentes grupos etarios, en las que se involucra a los participantes en momentos prácticos reflexionando y/o llamando la atención frente a realidades territoriales enmarcadas en los ejes: gestión de riesgos, manejo integral de residuos sólidos, biodiversidad, agua y EEP y cambio climático. Según las cifras de la 'Base de datos significativos' (SDA, 2022c), la escala de calificación establecida para el presente indicador se muestra en la (Tabla 39).

Tabla 39. Escala de calificación para acciones pedagógicas en el humedal/Año.

4 Muy bueno	3 Bueno	2 Aceptable	1 Deficiente
Más de 100	100	Entre 99 y 60	< = 59

Fuente: Elaboración propia.

El promedio anual obtenido para este indicador fue de 183,67 acciones pedagógicas en el humedal, lo cual, representa una asignación numérica de cuatro (4) en la escala determinada y, por tanto, una valoración de Muy bueno para esta acción educativa en el ecosistema (Tabla 40). Se rescata que, en estos eventos son habitantes del sector y visitantes frecuentes, quienes se interesan de forma institucional e independiente en la oferta educativa no formal para aportar a la conservación de los bienes y servicios del humedal de Santa María del Lago, a partir del conocimiento y entendimiento de sus tensionantes y potencialidades ambientales.

Tabla 40. Relación de acciones pedagógicas en el humedal en 2018, 2019 y 2021

2018	2019	2021	Promedio	Calificación
139	118	294	183,67	Muy bueno

Fuente: SDA 2022c.

2.3.2.4 Cantidad de participantes en acciones pedagógicas en el humedal

Los participantes en acciones pedagógicas en el humedal de Santa María del Lago se involucraron en eventos enfocados a los temas: biodiversidad y manejo integral de residuos sólidos, siendo menos frecuentes los de agua y EEP y gestión de riesgos. Para la cantidad

de personas que, individual o grupalmente, hicieron parte de estas actividades con acompañamiento de intérpretes de la OPEL, su registro de asistencia fue realizado y está consolidado en la 'Base de datos significativos' (SDA, 2022b), la escala de calificación establecida para el respectivo indicador se muestra en la (Tabla 41).

Tabla 41. Escala de calificación para acciones pedagógicas en el humedal/Año.

4 Muy bueno	3 Bueno	2 Aceptable	1 Deficiente
Su número no supera el 50 % la capacidad de carga establecida.	Su número es menor al 79 % de la capacidad de carga establecida.	Su número esta entre el 80 % y el 99 % de la capacidad de carga establecida.	Supera el 100 % de la capacidad de carga establecida.

Fuente: Elaboración propia.

De nuevo, con base en la capacidad de carga considerada y citada líneas arriba, así como conociendo que, no se cuenta con reporte cuantitativo de quienes acuden regularmente de manera libre al ecosistema, el promedio anual obtenido para el indicador fue de 8922 participantes en acciones pedagógicas en el humedal, es decir, una asignación numérica de cuatro (4) en la escala determinada y, por tanto, una valoración de Muy bueno para esta acción educativa en el área protegida (Tabla 42). Sin embargo, llama la atención como en el segundo y cuarto trimestre de 2018, hubo eventos de única fecha realizados por la OPEL con registro de 203, 223, 237, 270 o 676 personas partícipes, dejando claro haber excedido la capacidad de carga conocida.

Tabla 42. Relación de participantes en acciones pedagógicas en el humedal en 2018, 2019 y 2021.

2018	2019	2021	Promedio	Calificación
10150	5568	11048	8922,00	Muy bueno

Fuente: SDA 2022c.

2.3.2.5 Cantidad de acciones pedagógicas en colegios

Las acciones pedagógicas en colegios corresponden a eventos de sensibilización, que en su mayoría desarrolló quienes conforman el Aula Ambiental Artística Itinerante (AUAMBARI) desde la estrategia de Etnoeducación de la OPEL y en los que se involucró comunidad de distintos ciclos escolares e Instituciones Educativas (IE). Docentes y estudiantes hicieron parte de acciones artísticas y reflexivas enmarcadas en los ejes: biodiversidad, agua y EEP y cambio climático. A partir de lo incluido en la 'Base de datos significativos' (SDA, 2022b), la escala de calificación determinada para este indicador se muestra en la (Tabla 43).

Tabla 43. Escala de calificación para acciones pedagógicas en colegios/Año.

4 Muy bueno	3 Bueno	2 Aceptable	1 Deficiente
-------------	---------	-------------	--------------

Más de 50	50	Entre 49 y 30	< = 29
-----------	----	---------------	--------

Fuente: Elaboración propia.

Para este indicador, el promedio anual obtenido, fue de 131,33 acciones pedagógicas en colegios, lo cual, constituye una asignación numérica de cuatro (4) en la escala determinada y corresponde a una valoración de muy bueno para esta actividad formativa (Tabla 44). En estos eventos el eje más recurrente fue biodiversidad, por lo que las comunidades educativas mediante obras de teatro y, en varias oportunidades, como parte de la conmemoración de fechas del calendario ambiental, conocieron y entendieron en relación con: ¿Qué es biodiversidad?, importancia y amenazas contra la biodiversidad, protección de la fauna y flora del territorio, reconocimiento y apropiación territorial.

Tabla 44. Relación de acciones pedagógicas en colegios en 2018, 2019 y 2021.

2018	2019	2021	Promedio	Calificación
7	62	325	131,33	Muy bueno

Fuente: SDA 2022c.

2.3.2.6 Cantidad de participantes en acciones pedagógicas en colegios

La escala de calificación para este indicador se muestra en la Tabla 45, contempla la participación de personas en acciones pedagógicas desarrolladas tanto en IE públicas como privadas, diferentes grados escolares involucrados y ejes ya citados; cuyo registro de participantes fue realizado y consolidado en la 'Base de datos significativos' (SDA, 2022b). Estudiantes y docentes, lograron conocer y entender dinámicas del territorio y apropiaron conceptos ambientales en acciones artísticas, principalmente, relacionados a biodiversidad del área protegida (fauna y flora), incentivando su protección.

Tabla 45. Escala de calificación para participantes en acciones pedagógicas en colegios/año.

4 Muy bueno	3 Bueno	2 Aceptable	1 Deficiente
Más de 400	400	Entre 399 y 300	< = 299

Fuente: Elaboración propia.

El promedio anual obtenido para este indicador fue de 8023,67 participantes en acciones pedagógicas en colegios, es decir, una asignación numérica de cuatro (4) en la escala determinada y, por tanto, una valoración de muy bueno para este ejercicio educativo (Tabla 46). Entre el interés institucional, se rescata el acuerdo y la realización de actividades solo dirigidas a grupos integrados por pedagogos, como replicadores y/o sensibilizadores en sus comunidades educativas y fortalecimiento de su quehacer en el aula y fuera de esta, por

ejemplo, en asignaturas, comités y/o proyectos.

Tabla 46. Relación de participantes en acciones pedagógicas en colegios en 2018, 2019 y 2021.

2018	2019	2021	Promedio	Calificación
524	9275	14272	8023,67	Muy bueno

Fuente: SDA 2022.

2.3.2.7 Cantidad de monitoreos participativos en el humedal en el humedal

Este indicador hace referencia a las acciones dedicadas a observar la biodiversidad presente en el humedal por parte de la comunidad con apoyo de uno o varios colaboradores capacitados. Evento abierto al público interesado o concertado previamente con un grupo institucional o no, como ejercicio de aprendizaje que aporta en la investigación participativa y aplicada. A partir de las cifras de la 'Base de datos significativos' (SDA, 2022b), la escala de calificación establecida para el presente indicador se muestra en la (Tabla 47).

Tabla 47. Escala de calificación para monitoreos participativos en el humedal/Año.

4 Muy bueno	3 Bueno	2 Aceptable	1 Deficiente
Más de 10	10	6	< = 5

Fuente: Elaboración propia.

El promedio anual obtenido para este indicador fue de tres (3) monitoreos participativos en el humedal, es decir, una asignación numérica de uno (1) en la escala determinada y, por tanto, una valoración de deficiente para esta labor en el área protegida (Tabla 48). Este resultado, puede considerarse efecto de la baja difusión e incitación de fechas propuestas/programadas y de hacer parte en tan relevante actividad, respectivamente. Por lo cual, estudiar posibles acciones de mejora para potenciar las observaciones comunitarias y exaltar la diversidad biológica propia del área protegida es una necesidad apremiante.

Tabla 48. Relación de monitoreos participativos en el humedal en 2018, 2019 y 2021.

2018	2019	2021	Promedio	Calificación
4	4	1	3,00	Deficiente

Fuente: SDA 2022b

2.3.2.8 Cantidad de participantes en monitoreos participativos en el humedal

Acá se tuvo en cuenta la cantidad de personas que, de forma individual u organizadas en grupo, hicieron parte de monitoreos participativos en el humedal con acompañamiento de

colaboradores capacitados, por lo cual su registro de asistencia fue posible y hace viable el cálculo de este indicador, teniendo en cuenta la capacidad de carga establecida anual y explicada precedentemente. A partir de las cifras de la 'Base de datos significativos' (SDA, 2022b), la escala de calificación establecida para el presente indicador se muestra en la (Tabla 49).

Tabla 49. Escala de calificación para participantes en monitoreos participativos en el humedal/Año.

4 Muy bueno	3 Bueno	2 Aceptable	1 Deficiente
Su número no supera el 50 % la capacidad de carga establecida.	Su número es menor al 79 % de la capacidad de carga establecida.	Su número esta entre el 80 % y el 99 % de la capacidad de carga establecida.	Supera el 100 % de la capacidad de carga establecida.

Fuente: Elaboración propia.

El promedio anual obtenido para este indicador fue de 29,33 participantes en monitoreos participativos de aves en el humedal, lo cual, constituye una asignación numérica de cuatro (4) en la escala determinada y corresponde a una valoración de Muy bueno para esta acción en el área protegida (Tabla 50). Lo anterior, teniendo en cuenta la capacidad de carga, en relación con la cual y referida a resultados que suman número de personas diarias en el humedal se hizo precisiones importantes; en conjunto, sí fueran coincidentes en fecha, por ejemplo, esta estimación acentuaría el llamado a determinar mejoras en favor del uso sostenible del ecosistema. Adicional, no se cuenta con el registro de comunidad participe en 2021, por lo que el promedio de este indicador naturalmente sería diferente.

Tabla 50. Relación de participantes en monitoreos participativos en el humedal en 2018, 2019 y 2021.

2018	2019	2021	Promedio	Calificación
47	41	0	29,33	Muy bueno

Fuente: SDA 2022.

2.3.2.9 Cantidad de proyectos de investigación articulados con la SDA por año para humedales con área menor o igual a 30 ha

En referencia a proyectos de investigación en el humedal de Santa María del Lago, fue posible identificar algunos realizados en articulación con la SDA, tal como lo refiere este indicador. A partir de las cifras sistematizadas y remitidas por la SER (SDA, 2022b), la escala de calificación establecida para el presente indicador se muestra en la Tabla 51. Se aclara que, para 2018 y 2021, no se tiene registro.

Tabla 51. Escala de calificación para proyectos de investigación articulados con la SDA por año para humedales con área menor o igual a 30 ha. /Año.

4 Muy bueno	3 Bueno	2 Aceptable	1 Deficiente
Más de 4.	4	Entre 3 y 2	< = 1

Fuente: Elaboración propia.

Los temas centrales de las investigaciones desarrolladas en 2019 fueron: diagnóstico de calidad del agua y agua y sedimentos del humedal. Se precisa, el promedio es susceptible a cambiar, al no contar con cifras para 2018 y 2021. El promedio anual obtenido para este indicador fue de 0,50 proyectos de investigación articulados con la SDA, lo cual, constituye una asignación numérica de uno (1) en la escala determinada y, por tanto, una valoración de Deficiente para esta acción en el área protegida (Tabla 52). Se requiere trabajar y poner en marcha un proceso sistemático de investigación definido que subsane vacíos de información existentes y genere información base para la toma de decisiones respecto al manejo del ecosistema, por ejemplo, en respuesta a sus tensionantes y potencialidades.

Tabla 52. Relación de proyectos de investigación articulados con la SDA por año para humedales con área menor o igual a 30 ha. en 2018, 2019 y 2021.

2018	2019	2021	Promedio	Calificación
0	2	0	0,50	Deficiente

Fuente: SDA 2022b.

A partir de la cantidad de actividades evaluadas entre recreación, educación e investigación, es evidente que el ejercicio pedagógico con y entre diferentes actores es mayor que el ejercicio investigativo en el área protegida. También, es necesario revisar y tomar decisión referida a la capacidad de carga que permita el uso sostenible del ecosistema. Bien porque esta sea actualizada o porque el acuerdo para la implementación de acciones diarias sea consecuente con la establecida, teniendo en cuenta que esta debe ser menor durante la época de migración aviar de cada año (diciembre a marzo) Umbarila y Veloza (2001). Adicional, se estima relevante, los intereses y edades sean tenidos en cuenta en las acciones educativas para facilitar la comprensión, hacer evidente un contenido de calidad y no de cantidad (variedad de temas y evaluación de impacto).

2.3.3 Participación y gobernanza

Para dar cuenta del estado actual de la participación ciudadana en la conservación del humedal se tomó como referencia la información de seguimiento a las instancias participativas a escala territorial, como lo son las Mesas Territoriales del humedal de Santa

María del Lago. Igualmente, a partir de la información obtenida en las visitas de campo realizadas y en los talleres participativos para la actualización del PMA con comunidades y entidades, se identificaron elementos en relación con las condiciones de gobernanza existentes en el humedal.

En el plan de acción de la Política Pública de Humedales del Distrito Capital (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2015) se estableció la conformación de Mesas Territoriales como espacios para la participación comunitaria e interinstitucional en cada uno de los humedales del Distrito, con el objetivo de coordinar su gestión integral. Estos escenarios se vienen implementando de manera paulatina y diferencial en cada humedal desde el año 2016. Para su evaluación se promedió el número de mesas territoriales desarrolladas y el número de asistentes a las mismas en los tres (3) años inmediatamente anteriores a la evaluación y se definió la siguiente escala de calificación (Tabla 53):

Tabla 53. Rangos de evaluación del número de mesas territoriales y participantes adelantadas por años en el humedal de Santa María del Lago.

INDICADOR	4 Muy bueno	3 Bueno	2 Aceptable	1 Deficiente
Número de Mesas territoriales adelantadas por año en el humedal	8 o más.	Entre 6 y 7.	Entre 3 y 5.	≤ 2
Número de Participantes Mesas en las territoriales adelantadas por año en el humedal	57 o más	Entre 41 y 56	Entre 17 y 40	≤ 16

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la información secundaria se identificaron los datos de seguimiento al desarrollo de las Mesas Territoriales en el humedal y se construyó la siguiente evaluación Figura 23.

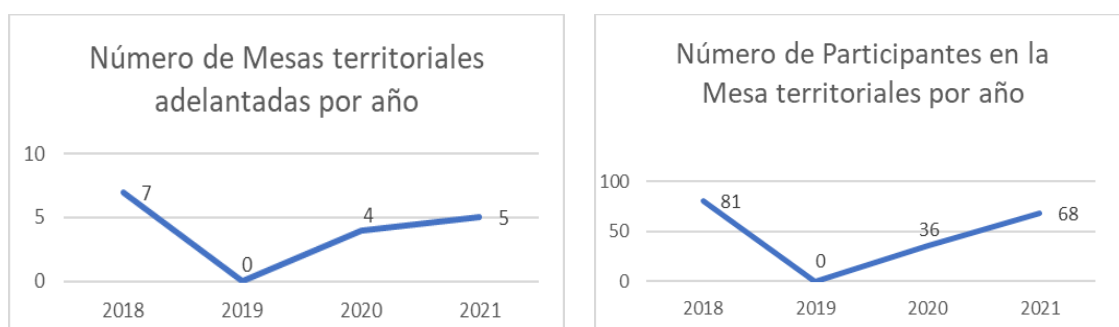


Figura 23. Gráficas de evaluación del Número de Mesas Territoriales por año. Fuente: Elaboración propia.

Se identifica que el número de sesiones de la mesa territorial, y por ende de sus asistentes, fluctúa entre los años analizados, y como promedio final nos da un resultado deficiente. Es de resaltar que en el análisis cualitativo desarrollado en los talleres de participación se identifica sin embargo que precisamente por las particularidades del ecosistema, en el cual se han logrado garantizar condiciones de seguridad, infraestructura y restauración ecosistémica, se ha superado de forma significativa los tensionantes que aquejan al humedal, lo que paradójicamente ha representado una disminución del activismo y de los procesos organizacionales ambientales y comunitarios que durante décadas desarrollaron gobernanza en el área protegida (Tabla 54).

Tabla 54. Resultados de evaluación del número de mesas y participantes en mesas territoriales en el humedal de Santa María del lago.

INDICADOR	2019	2020	2021	Promedio evaluación
Número de mesas territoriales adelantadas por año en el humedal	0	5	2	2
Número de participantes mesas en las territoriales adelantadas por año en el humedal	0	55	32	29

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, la caracterización de la población asistente permite identificar que es la población que diariamente recorre el humedal en el marco de las actividades de recreación pasiva y contemplativa que mayoritariamente desarrollan los adultos mayores vecinos. En donde se encuentra una disminución de la periodicidad de las mesas territoriales, pero un reconocimiento y valoración de este espacio y su impacto en la conservación del ecosistema.

Por lo que se identifican dos debilidades que afectan el alcance de los objetivos de la Mesa Territorial. El primero es la baja regularidad en su desarrollo y limitado número de asistentes y una segunda es la “institucionalización” de estos espacios, ya que, si bien es importante la participación de las instituciones competentes, la esencia de estas mesas territoriales es el diálogo con las comunidades querientes de cada uno de los humedales, por lo cual es necesario prevenir que las agendas de trabajo de estas mesas giren en torno a las ejecuciones contractuales en el humedal o su área de influencia.

Se hace necesario superar la concepción de estas Mesas Territoriales como escenarios de

socialización de ejecuciones de contratos u actividades en los humedales y apostar por una planeación más participativa del quehacer institucional en los territorios, fortaleciendo la participación ciudadana en los ejercicios de planeación y evaluación de los planes, programas y proyectos implementados, permitiendo también el seguimiento a la ejecución de los respectivos planes de manejo.

Sin embargo, es importante reconocer a las mesas territoriales como el principal espacio de articulación interinstitucional y entre las entidades y las comunidades a escala territorial, lo que ha permitido la atención de los tensionantes aún presentes.

2.3.4 Infraestructura y equipamientos

Para medir el estado de conservación de la infraestructura y equipamientos que se encuentran ubicados en el humedal de Santa María del Lago, se empleó como base la encuesta de percepción a los administradores y visitantes para realizar el análisis cualitativo, la cual se obtuvo en los talleres participativos para la actualización del PMA con la comunidad y las entidades, y a las visitas de campo para realizar el inventario de los elementos implantados en el humedal. La evaluación se realizó promediando la escala de valoración y el número de participantes que respondieron la encuesta. Se determinó como indicador de evaluación el Desempeño de la infraestructura y los equipamientos.

Este indicador corresponde al uso de los elementos de acuerdo con su frecuencia, eficacia y estado informado por la comunidad como visitantes y su relación con el área protegida. La escala de calificación establecida para el presente indicador se muestra en la (Tabla 55 y Tabla 56).

2.3.4.1 Desempeño de la Infraestructura

Para el cálculo se definió dos escalas de valoración:

- Estado de la infraestructura la cual se mide con valores de deficiente, aceptable y bueno
- Frecuencia de uso de la infraestructura la cual se mide con valores de nunca, algunas veces y siempre.

Tabla 55. Valoración estado de infraestructura presente en el humedal de Santa María del Lago.

Definición	Valor
No se encuentra en buen estado	Deficiente
No se encuentra en buen estado, pero se puede utilizar	Aceptable
Se encuentra en buen estado	Bueno

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56. Valoración frecuencia uso de infraestructura presente en el humedal de Santa María del lago.

Definición	Valor
No hago uso de esa infraestructura	Nunca
Alguna vez la he usado, pero no es frecuente	Algunas veces
Siempre hago uso de esa infraestructura	siempre

Fuente: Elaboración propia.

Realizando la valoración del estado y su promedio se encontró que el 69% de los visitantes indican que es buena, el 20% aceptable y el 11% deficiente ver (Figura 24).

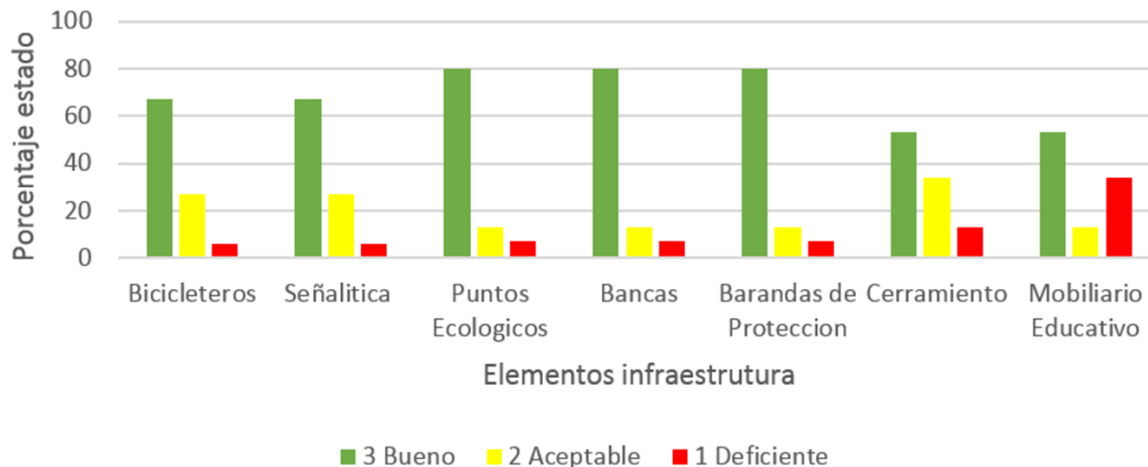


Figura 24. Valoración del estado de la infraestructura. Fuente: Elaboración propia.

La medición de frecuencia de uso de la infraestructura y su promedio indicó que el 40% de los visitantes siempre usa alguna infraestructura en sus visitas, el 30% algunas veces y el 30% nunca (Figura 25).

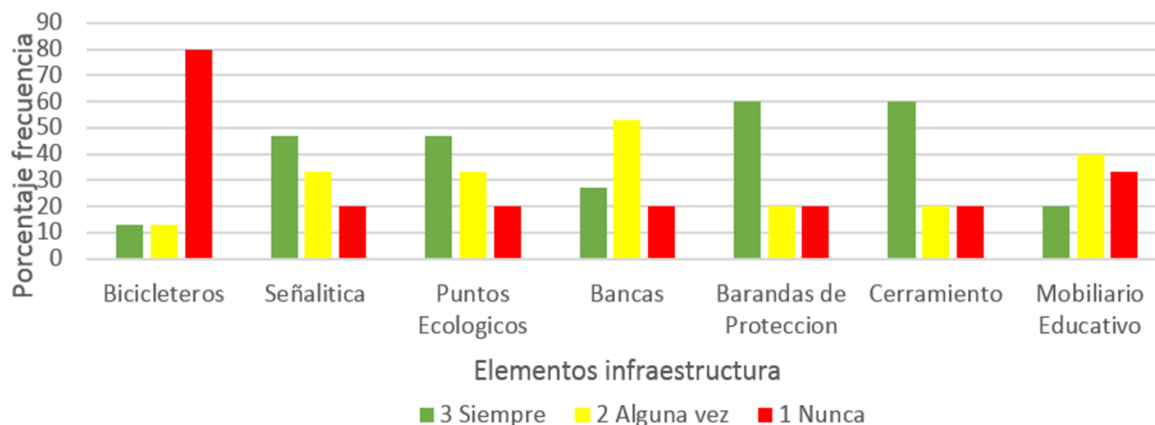


Figura 25. Valoración frecuencia uso de infraestructura. Fuente: Elaboración propia.

2.3.4.2 Desempeño de equipamientos

Al igual que el anterior, el cálculo se definió con dos escalas de valoración:

- Estado de la infraestructura la cual se mide con valores de deficiente, aceptable y bueno.
- Frecuencia de uso de la infraestructura la cual se mide con valores de nunca, algunas veces y siempre.

Para el estado de los equipamientos se promedió y se estableció que el 63% de los visitantes indican que es bueno, el 22% aceptable y el 14% deficiente (Figura 26).

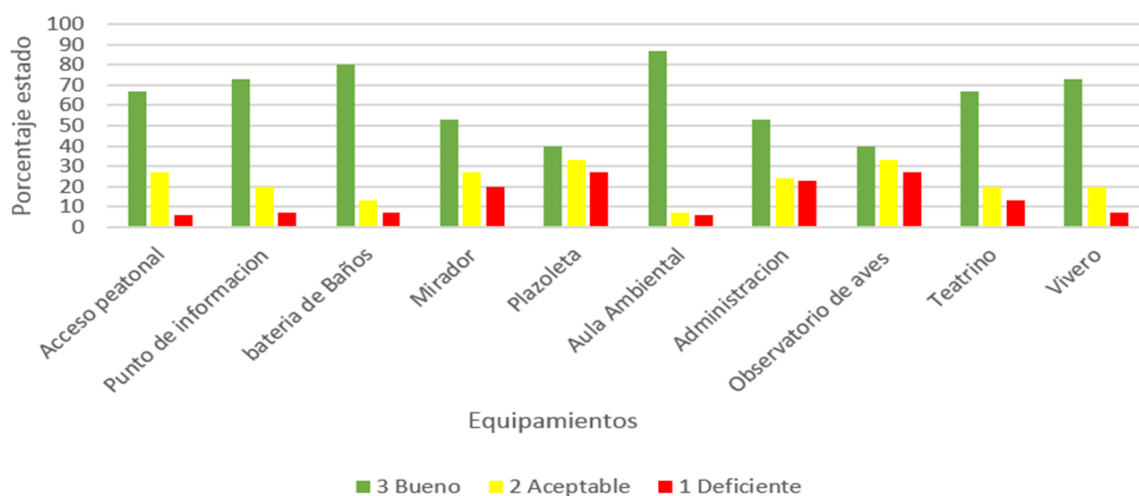


Figura 26. Valoración estado de equipamientos. Fuente: Elaboración propia.

De igual forma, se midió la frecuencia de uso de los equipamientos, en donde el 55% indica siempre, el 20% algunas veces y el 25% nunca (Figura 27).

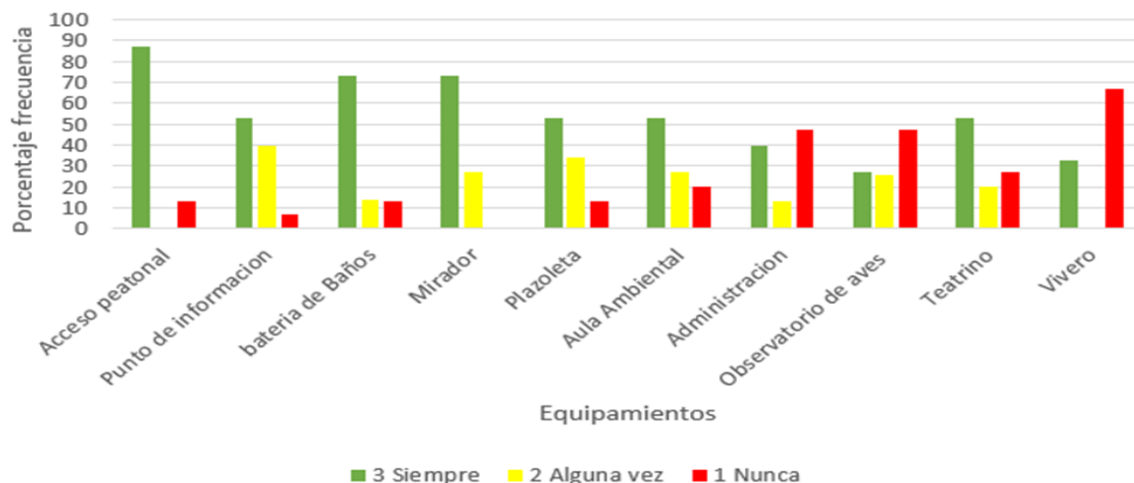


Figura 27. Valoración frecuencia uso de equipamientos. Fuente elaboración propia

A partir de la medición de valoración del estado y frecuencia de uso, se identifica que la percepción del estado de la infraestructura es buena para los visitantes, aunque su frecuencia de uso no es constante. Respecto a los equipamientos se evidencia que el estado para la mayoría de las visitantes es bueno sin embargo solo un poco más de la mitad indican que su uso es continuo. Por lo tanto, en la escala de calificación de desempeño de la infraestructura y los equipamientos se ubica en bueno.

2.4 SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los servicios ecosistémicos hacen referencia a aquellos beneficios que son adquiridos por medio de los ecosistemas y contribuyen al bienestar humano de manera directa o indirecta (De Groot et al., 2002). Por lo tanto, es necesario mantener la estructura y el equilibrio de la biodiversidad (Millennium Ecosystem Assessment [MEA], 2005).

La Evaluación de Ecosistemas del Milenio establece cuatro categorías para evaluar los servicios ecosistémicos que brinda un ecosistema en específico, estos son: Servicios de provisión, regulación, soporte y culturales (MEA, 2005).

2.4.1 Servicios de provisión

El humedal de Santa María del Lago cuenta con aguas que según el indicador de calidad ICA-HUM se clasifican como excelente, esto significa que son aguas favorables para el ecosistema. Por lo tanto, pueden llegar a ser aptas para diferentes usos como riego o

ganadería, pero cabe aclarar que el humedal al estar clasificado como área protegida, el uso del agua es restringido.

Por otro lado, en cuanto a provisión de alimento, el humedal brinda frutos como curuba, mora, uchuva, calabaza, entre otros, pero así mismo como sucede con la provisión de agua, estos alimentos no son consumidos por las personas puesto que son fuente de alimento para la fauna que habita en el área protegida.

De acuerdo con lo anterior, los servicios relacionados con materias primas (madera) y recursos medicinales como los que se obtienen del sauco, suelda con suelda, ortiga, entre otros, no se pueden extraer del humedal. Cabe mencionar que, en el caso de madera y material vegetal, se hace uso dentro del área protegida para generar sustratos por medio del compostaje.

2.4.2 Servicios de regulación

Principalmente, por medio del ecosistema se genera regulación en la temperatura teniendo en cuenta la vegetación de porte alto que se encuentra en toda el área del humedal, lo cual resulta en microclimas que traen beneficios tanto a la comunidad aledaña al área protegida como a toda aquella fauna que requiere ciertos espacios húmedos y de sombra. Así mismo, otro servicio de regulación presente es la absorción de dióxido de carbono y material particulado que se genera en las dos avenidas principales aledañas (Av Boyacá y Calle 80).

Igualmente, el humedal es un área de control biológico teniendo en cuenta las percepciones de la comunidad quienes mencionan que no es habitual presenciar vectores en el barrio. Lo anterior, debido a que en el área protegida hay presencia de búhos, gavilanes, aves insectívoras y rana sabanera quienes son controladores biológicos y mitigan la posibilidad de generar enfermedades en la comunidad vecina.

Para el caso de la polinización y dispersión de semillas, en el humedal se tiene presencia de diferentes aves que contribuyen en estos servicios y así mismo, hay presencia de insectos como abejas que cumplen la función de polinizar.

2.4.3 Servicios de soporte

Uno de los principales servicios que presta un humedal consiste en la capacidad de soportar y mantener comunidades de organismos, cuya composición, diversidad y organización

funcional de las especies, son comparables con los hábitats naturales, como los expresan Parris y Kates (2003) en su concepción de la “integridad ecológica”.

La integridad ecológica se determina mediante la aplicación de índices multimétricos, que se ajustan a las particularidades de cada ecosistema y región, con el fin de determinar si los componentes, la estructura, las funciones y los procesos ecológicos ocurren dentro de los rangos de variación natural, que como exponen Garzón y Hernández (2018), permite identificar que el ecosistema tenga la capacidad de resistir y de recuperarse ante las perturbaciones, ya sean de carácter natural o antrópico.

Basados en los trabajos de Pinilla et al. (2014) y de Garzón y Hernández (2018) se plantea la estimación de un índice de integridad del hábitat (IIH), como una medida que considera la disponibilidad de hábitat acuático, el tipo de cobertura y las condiciones fisicoquímicas para establecer las características del ambiente físico donde se desarrollan las comunidades y su estado ecológico. En la Tabla 57 se explican las variables utilizadas y en la Tabla 58 se proponen sus respectivos puntajes de acuerdo con la variación esperada de las métricas seleccionadas.

Tabla 57. Métricas seleccionadas para la construcción del índice de integridad del hábitat (IIH).

Métrica	Tipo	Descripción
Área perdida	Disponibilidad de hábitat	Corresponde a la evaluación multitemporal de la variación del vaso de agua. Un valor alto en esta métrica corresponde a pérdida de disponibilidad de hábitat.
Tipos de sustratos	Disponibilidad de hábitat	Para cuantificar la diversidad de hábitats se estima el porcentaje de cobertura de los sustratos: macrófitas, áreas endurecidas, suelos arcilla – limo, arenas, hojarasca, raíces y restos de madera, a partir del mapa de coberturas.
Precipitación media anual	Disponibilidad de hábitat	Considera el efecto de las variaciones intra anuales de las lluvias en el área de espejo de agua, analizando la precipitación anual que permite identificar principalmente el efecto de años secos como es el caso de los años en que se presente fenómeno de El Niño. De acuerdo con la caracterización del humedal de Santa María del Lago, las precipitaciones en el periodo comprendido entre 1991 y 2021 varían aproximadamente entre 858 y 1020 mm/año.
Relación área / volumen	Disponibilidad de hábitat	Una mayor profundidad del vaso de agua favorecerá un mejor desarrollo de los distintos grupos de organismos.
Variación del nivel del agua	Disponibilidad de hábitat	La disminución del nivel de agua bien sea por pérdida del área del vaso de agua o por la alta sedimentación de sólidos, genera disminución de la disponibilidad de hábitat.

Tabla 57. Métricas seleccionadas para la construcción del índice de integridad del hábitat (IIH).

Métrica	Tipo	Descripción
Conductividad eléctrica	Calidad de hábitat	Refleja la presencia de cationes de sodio, potasio, calcio, magnesio y aniones de carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y cloruros, principalmente aportadas por vertimientos residuales de origen doméstico. Un incremento en la conductividad del agua puede tener efectos graves sobre la dinámica ecológica de los ecosistemas llegando incluso a una fuerte reducción de la biodiversidad (Tambo, 2015).
Oxígeno disuelto	Calidad de hábitat	Valores altos de oxígeno disuelto muestran un ambiente físico más apropiado para el buen desarrollo de la biota.
pH	Calidad de hábitat	La variación del pH tiene efectos sinérgicos con otras sustancias. Un intervalo de pH de 6 a 9 brinda protección a la vida acuática de agua dulce y los invertebrados del fondo. Los valores por debajo de 5 están fuertemente relacionados con vertimientos de aguas residuales (SDA, 2019).
Relación de nutrientes	Calidad de hábitat	Nitrógeno Total / Fósforo Total. Una relación ideal de estos dos nutrientes para la biota fluctúa entre 14:1 y 20:1. Relaciones por debajo de 7:1 y por encima de 20:1 desfavorecen un buen desarrollo del organismo (Pinilla et al., 2014)

Fuente: Elaboración propia basados en los trabajos de Pinilla et al. (2014) y de Garzón y Hernández (2018)

Tabla 58. Puntajes de las variables consideradas para la estimación del índice de integridad del hábitat (IIH).

Sigla	Métrica	Unidad	Puntaje		
			Deterioro alto (0)	Deterioro medio (0,5)	Deterioro bajo (1)
<i>Ap</i>	Área perdida	%	>40	6-40	≤5
<i>CI</i>	Coberturas impermeables (mega bloques, cantos, placas, cascajo, áreas endurecidas)	%	>30	11-30	≤10
<i>MB</i>	Suelo desnudo de material blando (arcillo limoso, arenoso – franco, franco – arcilloso – limoso, arcilloso)	%	>30	11-30	≤10
<i>MO</i>	Materia orgánica (turba en alto grado de descomposición, turba en bajo grado de descomposición, hojarasca)	%	>40	11-40	≤10
<i>MA</i>	Cobertura del espejo de agua por macrófitas acuáticas	%	>70	11-70	≤10
<i>Pma</i>	Precipitación media anual	mm	<858	858-1020	>1020
<i>A/V</i>	Relación área / volumen	m ⁻¹	<0.3	0.3-0.5	>0.5
<i>NV</i>	Variación en el nivel del agua	cm	>10.0	5.0-10.0	<5.0
<i>CE</i>	Conductividad eléctrica*	μs/cm	>200	50-200	<50

Tabla 58. Puntajes de las variables consideradas para la estimación del índice de integridad del hábitat (IIH).

Sigla	Métrica	Unidad	Puntaje		
			Deterioro alto (0)	Deterioro medio (0,5)	Deterioro bajo (1)
<i>SO</i>	Oxígeno disuelto**	Mg O ₂ L ⁻¹	<5	5.2-7.9	≥8.0
<i>pH</i>	pH***	Unidades	<5.5 o >10.5	5.5-6.0 ó 9.0-10.5	6.0-9.0
<i>N/P</i>	Relación Nitrógeno / fósforo	mg L ⁻¹	<3 o >30	3-6 ó 14-30	6-14

* Límites según rangos de mineralización de acuerdo con la conductividad propuestos por Nisbet y Verneaux (1970)

** Límites propuestos por Garzón y Hernández (2018)

*** Límites según efectos de los niveles de pH en la vida acuática propuestos por LaMotte Company (1992)

Pinilla et al. (2014) proponen que los valores de las variables oscilan entre 0 y 1 como se señala en la Tabla 55 (0 para valores que corresponden a sitios en donde la variable muestra condiciones de hábitat poco apropiadas para la biota y 1 para valores en donde la variable muestra sitios de buenas características ambientales). El IIH se estima como la suma de los puntajes de cada variable, dividida por el número de variables:

$$IIH = \frac{(Ap + CI + MB + MO + MA + Pma + A/V + NV + CE + SO + pH + \frac{N}{P})}{12}$$

El índice se califica como se muestra en la (Tabla 59).

Tabla 59. Puntajes del IIH índice de Integridad de Hábitat.

Puntaje	Interpretación	Condición de estado ecológico
0-0.2	Pobre integridad del hábitat	Hábitat inapropiado para el desarrollo de la biota o que genera comunidades de baja diversidad y reducida abundancia
0.21-0.5	Baja integridad del hábitat	Hábitat poco apropiado para comunidades
0.51-0.8	Moderada integridad del hábitat	Se aseguran condiciones aceptables para las comunidades
0.81-1	Alta integridad del hábitat	Hábitat con muy buenas condiciones para las comunidades, que estimula el establecimiento de comunidades diversas y bien presentadas.

Fuente: Pinilla et al. (2014).

A continuación, se describe la implementación del IIH para el humedal de Santa María del Lago:

- **Área perdida:** asados en las coberturas identificadas en el año 2014 a través de estudio hecho por (FULECOL, 2016), y las estimadas para la actualización del PMA, se identificó como vaso de humedal las coberturas asociadas a cuerpo de agua y vegetación acuática, teniendo para el año 2014 un total de 5,22 Ha y para el año 2021 5,13 Ha (Figura 28), evidenciando una pérdida del área del vaso del humedal de 1,70%.

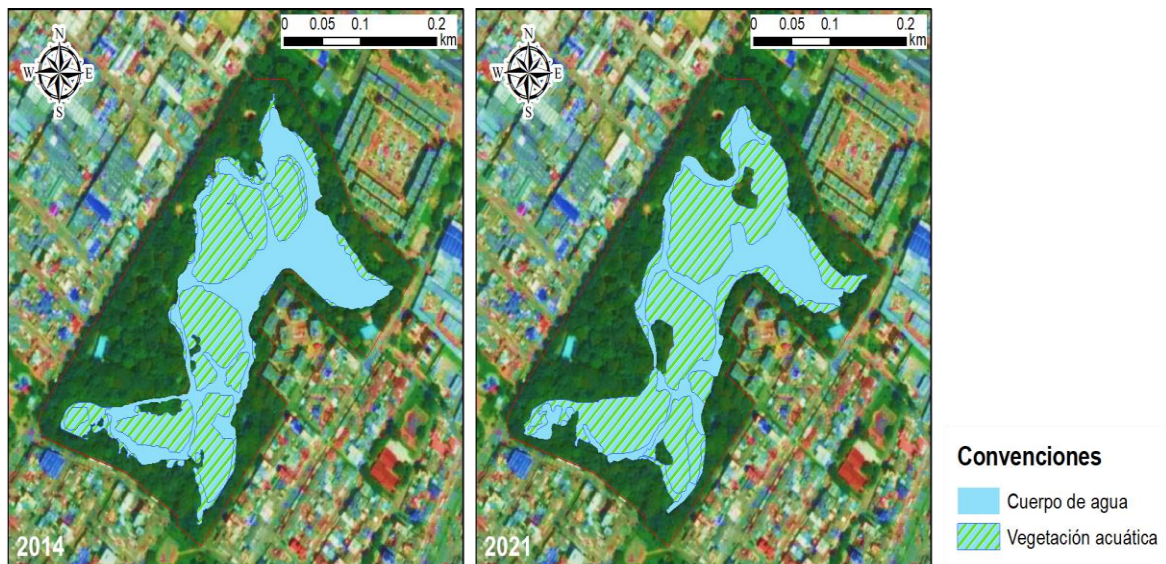


Figura 28. Cambios en cobertura del cuerpo de agua del humedal de Santa María del Lago entre los años 2014 y 2021. Fuente: Elaboración propia.

- **Coberturas impermeables (mega bloques, cantos, placas, cascajo, áreas endurecidas):** a partir de las coberturas empleadas para la actualización del PMA, se tomó como referente las relacionadas con tejido urbano discontinuo, la cual corresponde a un área de 0,13 ha del humedal que representa el 1,23% del área de este como se muestra en la Figura 29.



Figura 29. Coberturas impermeables en el humedal de Santa María del Lago.

Fuente: Elaboración propia.

- **Suelo desnudo de material blando (arcillo limoso, arenoso – franco, franco – arcilloso – limoso, arcilloso):** de acuerdo con el mapa de coberturas, no se identifican suelos desnudos dentro del humedal de Santa María del Lago.
- **Materia orgánica (turba en alto grado de descomposición, turba en bajo grado de descomposición, hojarasca):** tomando como referente las coberturas asociadas a arbustales, pastos y bosque de tierra firme, se estima que el área cubierta por materia orgánica representa 5,59 ha, correspondiente al 51,47% del área del humedal como se muestra en la Figura 30.

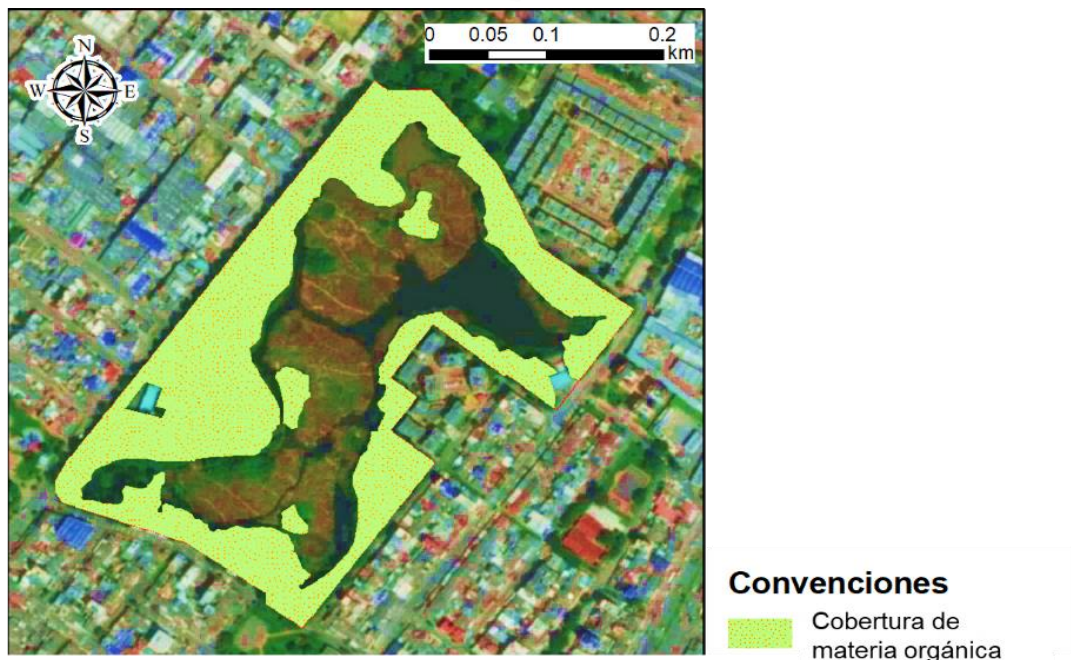


Figura 30. Cobertura de materia orgánica dentro del humedal de Santa María del Lago.
Fuente: Elaboración propia.

- **Cobertura del espejo de agua por macrófitas acuáticas:** el área que cubre la vegetación acuática para el año 2021 se estima en 3,61 Ha que representa el 70,29% del vaso del humedal.
- **Precipitación media anual:** de acuerdo con los registros empleados para la caracterización de la precipitación en el humedal de Santa María del Lago, para el año 2021 la precipitación total anual fue de 933,2 mm.
- **Relación área / volumen.** tomando un aproximado del volumen del humedal a partir de la profundidad promedio medida por las miras con que cuenta el humedal, la cual se estima en 84 cm para el año 2021, se tiene un volumen aproximado de 43,154 m³ arrojando una relación área volumen de 1,19 m⁻¹.
- **Variación en el nivel del agua:** de acuerdo con los registros de las miras con que cuenta el humedal, la desviación estándar de las mediciones hechas para el año 2021 osciló entre los 7.4 y los 8,9 cm, con un valor promedio de 8,07 cm.
- **Parámetros físicoquímicos:** a partir de los monitoreos realizados en el año 2021 en el marco del Programa de Monitoreo de Afluentes y Efluentes (PMAE) de la SDA (2022a), se tienen los siguientes valores promedio de las variables físicoquímicas seleccionadas dentro del humedal (ver Tabla 60):

Tabla 60. Valores promedio de variables fisicoquímicas seleccionadas para el cálculo del IIH

Variabl-e	Conductividad eléctrica	Oxígeno Disuelto	pH	Relación de nutrientes
Valor promedio 2021	159 $\mu\text{S/cm}$	3.08 mg/L	7.27	1.96 mg/L

Fuente: SDA, 2022a

- **Cálculo del IIH:** a partir de la identificación de los valores de los parámetros seleccionados para el cálculo del Índice de Integridad del Hábitat, se asignó la valoración correspondiente como se muestra en la (Tabla 61).

Tabla 61. Valoración para las métricas evaluadas en el IIH para el humedal de Santa María del Lago.

Sigla	Métrica	Unidad	Valor	Puntaje
<i>Ap</i>	Área perdida	%	1.70	1.0
<i>CI</i>	Coberturas impermeables (mega bloques, cantos, placas, cascajo, áreas endurecidas)	%	1.23	1.0
<i>MB</i>	Suelo desnudo de material blando (arcillo limoso, arenoso – franco, franco – arcilloso – limoso, arcilloso)	%	0.00	1.0
<i>MO</i>	Materia orgánica (turba en alto grado de descomposición, turba en bajo grado de descomposición, hojarasca)	%	51.47	0.0
<i>MA</i>	Cobertura del espejo de agua por macrófitas acuáticas	%	70.29	0.0
<i>Pma</i>	Precipitación media anual	Mm	933.2	0.5
<i>A/V</i>	Relación área / volumen	m^{-1}	1.19	1.0
<i>NV</i>	Variación en el nivel del agua	Cm	8.07	0.5
<i>CE</i>	Conductividad eléctrica*	$\mu\text{S/cm}$	159	0.5
<i>SO</i>	Oxígeno disuelto**	$\text{Mg O}_2 \text{ L}^{-1}$	3.08	0.0
<i>pH</i>	pH***	Unidades	7.27	1.0
<i>N/P</i>	Relación Nitrógeno / fósforo	mg L^{-1}	1.96	0.0
Índice de Integridad del Hábitat				0.54

Fuente: Elaboración propia.

Para el humedal de Santa María del Lago, el índice de integridad del hábitat se encuentra en 0,54 correspondiente a condición MODERADA, que representa unas condiciones aceptables para las comunidades.

2.4.4 Servicios culturales

En cuanto a los servicios culturales que provienen del humedal de Santa María del Lago, principalmente están relacionados con actividades de recreación pasiva y contemplación de naturaleza. Así mismo, es un espacio propicio para la educación e investigación teniendo en cuenta que es un aula viva.

Por otro lado, el humedal ha sido el lugar que integra a las personas que viven en áreas aledañas, lo cual ha generado apropiación y sentido de pertenencia. Sin embargo, se menciona por parte de la comunidad el riesgo de accidentes que ocasiona el deterioro o mal estado de algunos tramos del sendero que es más notable en temporadas de lluvia.

2.5 EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL MANEJO

La evaluación de áreas protegidas se ha planteado a partir de tres enfoques: la efectividad del diseño, la efectividad del manejo y la evaluación de la integridad ecológica (Ervin, 2003 en Figueroa et al., 2011).

La efectividad del diseño tiene una aplicación más regional al permitir evaluar el grado de representatividad de especies, comunidades o tipos de vegetación en un sistema de áreas protegidas, buscando identificar elementos de la biodiversidad subrepresentados o ausentes (Rodríguez et al., 2004; Margules y Sakar, 2007; en Figueroa et al. 2011).

La efectividad del manejo evalúa las fortalezas y debilidades de la planeación y ejecución de planes de manejo ambiental. En este enfoque se ubica el marco conceptual desarrollado por la CMAP (Comisión Mundial de Áreas Protegidas) de la UICN (Hockings, 1998 en Figueroa et al. 2011) a partir del cual se han definido metodologías de evaluación de sistemas de áreas protegidas nacionales en distintos países, incluyendo a Colombia (Hockings et.al, 2019).

Este enfoque hacia la efectividad del manejo puede abordarse en dos niveles: una evaluación de la efectividad de las áreas protegidas a gran escala para evaluar por ejemplo su aporte a la reducción de la deforestación en un país; o una evaluación de la “efectividad del manejo de áreas protegidas” propiamente dicha o PAME por sus siglas en inglés (Protected Area Management Effectiveness), aplicable tanto en áreas protegidas individuales como en conjuntos de áreas protegidas.

Esta metodología, sin embargo, podría aportar resultados con cierto grado de subjetividad y parcialidad ya que la principal fuente de información para la evaluación son las percepciones sociales del personal de las AP, las organizaciones no gubernamentales que trabajan en éstas o las comunidades, haciendo necesario complementar el análisis con evaluaciones empíricas y cuantitativas (Ferraro y Pattanayak, 2006; Nepstad et al., 2006; en Figueroa et al. 2011).

En este sentido, incluir elementos de evaluación de integridad ecológica podría ofrecer un método más objetivo al basarse en la cuantificación de indicadores (Figueroa et al. 2011). Por ejemplo, la evaluación del estado de los valores de biodiversidad o valores objeto de conservación (VOC), que es en sí un subconjunto del enfoque PAME pero centrado solamente en resultados, al integrarse con la evaluación de otros elementos más relacionados con el contexto, la gestión, la participación comunitaria, etc., permitiría desarrollar una evaluación más integral. Es de resaltar que este análisis de los VOC requiere de un monitoreo detallado e informes de su condición y tendencia a lo largo del tiempo (Hockings et al. 2019), por lo que el monitoreo de estos debe hacer parte de la planificación anual de actividades.

Tomando en cuenta estas consideraciones y lo propuesto tanto por la UICN para evaluaciones PAME (Hockings et al. 2006; en Hockings et al. 2019) como por Ospina et al. (2020) para el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) de Colombia, se ajustaron las seis (6) fases de la gestión del manejo de un área protegida, acorde al contexto de los humedales del Distrito Capital, así: contexto, planeación, recursos, seguimiento a procesos, logros y gobernanza.

Se definieron también una serie de parámetros de evaluación, agrupados en los criterios de: evaluación ecológica, evaluación socioeconómica y cultural, problemática ambiental y planificación y gestión y se relacionaron con cada una de las fases de gestión, buscando confirmar que para todas las fases se hubieran planteado elementos de evaluación (Tabla 62).

Tabla 62. Matriz base para la evaluación de la efectividad del manejo.

CRITERIOS	EVALUACIÓN ECOLÓGICA											EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL					PROBLEMÁTICA AMBIENTAL	PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN						
PARÁMETROS																								
	Conectividad ecológica	Diversidad biológica flora	Diversidad biológica fauna	Coberturas	Naturalidad	Fragilidad flora	Fragilidad fauna	Provisión de hábitat mediante garantía	Provisión de hábitat mediante acciones de	Condiciones habilitadas en el humedal	Calidad del agua	Valores ecológicos o de la biodiversidad	Gobernanza	Valores estéticos, culturales, religiosos e	Educación e investigación	Equipamientos e infraestructura	Uso sostenible	Vestigios patrimoniales y arqueológicos	Factores de perturbación en el humedal	Protección y regulación	Manejo y procesos	Recursos	Ordenamiento territorial	Eficiencia y cumplimiento
FASES DE LA GESTIÓN																								
CONTEXTO																								
PLANEACIÓN																								
RECURSOS																								
SEGUIMIENTO A PROCESOS																								
LOGROS																								
GOBERNANZA																								

Fuente: Elaboración Propia.

Posteriormente, para cada uno de los parámetros se definieron indicadores cuantitativos o cualitativos, que se midieron y calificaron siguiendo una escala de cuatro niveles (Tabla 63) desde 1 (deficiente) hasta 4 (muy bueno). Se asignó un color a cada calificación, tipo “semáforo”, para poder identificar indicadores que requieren atención (rojo y amarillo) o indicadores de buen desempeño (verde y naranja):

Tabla 63. Escala de Calificación.

ESCALA DE CALIFICACIÓN			
4 muy bueno	3 bueno	2 aceptable	1 deficiente

Fuente: Elaboración propia.

Además de los definidos al interior del equipo evaluador de la SDA, se incluyeron 28

indicadores cualitativos propuestos en la herramienta de evaluación (R-METT) aprobada en la Resolución XII de 2015 de la Convención Ramsar; arrojando un total de 64 indicadores en la matriz de evaluación (Anexo D3. *Matriz_evaluación_Efectividad*).

Las escalas de calificación se encuentran soportadas en bibliografía o se tomaron como referencia escalas manejadas en el PMA del Sitio Ramsar SDA y CAR (2023) para algunos indicadores; y para los indicadores cualitativos, los resultados corresponden a alguna de las opciones de respuesta planteadas en la herramienta R-METT de la Convención Ramsar; lo cual se indica con mayor detalle en el Anexo D3. A continuación, se describen los resultados obtenidos para cada uno de los criterios del manejo.

2.5.1 Evaluación ecológica

En esta parte de la evaluación se integraron los elementos descritos en el presente capítulo, relacionados con la conectividad del área protegida (Tabla 64), los índices de biodiversidad, el estado de las coberturas, el nivel de fragilidad medido a partir de la presencia de especies amenazadas, la valoración de naturalidad, la provisión de hábitat que permitiría hacer seguimiento a la efectividad de caudales ecológicos habilitados en el área protegida, la calidad del agua e información relacionada con los VOC.

Tabla 64. Parámetros para definir la evaluación ecológica en el humedal de Santa María del lago.

Parámetro	Ítem	Indicador	Cálculo del indicador	Resultado	Calificación
Conectividad ecológica	1	Índice de Sinuosidad	$S = L_r / L_g$ Donde: S es la razón de sinuosidad, L _r es la longitud real de la red y L _g es la longitud del grafo	1,17	3
	2	Índice Beta	$\beta = N^{\circ} \text{ de arcos} / N^{\circ} \text{ de nodos}$	0,42	2
Diversidad biológica flora	3	Índice Margalef (diversidad específica)	$I = (s - 1) / \ln N$ Donde I es la diversidad específica, s es el número de especies presentes, y N es el número total de individuos (pertenecientes a todas las especies).	2,5	2

Tabla 64. Parámetros para definir la evaluación ecológica en el humedal de Santa María del lago.

Parámetro	Ítem	Indicador	Cálculo del indicador	Resultado	Calificación
Diversidad biológica fauna (aves)	4	Índice Shannon Wiener	$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$ <p>Donde: S (riqueza de especies), p_i (abundancia relativa de la especie $i = n_i/N$ total), n_i (número de individuos de la especie i), N (número total de individuos de todas las especies)</p>	1,8	2
	5	Índice Simpson (dominancia)	$D = \sum n_i (n_i - 1) / N (N - 1)$ <p>Donde: S es el número de especies, N es el total de organismos presentes (o unidades cuadradas) y n es el número de ejemplares por especie</p>	0,6	2
	6	Índice Margalef (diversidad específica)	$I = (s - 1) / \ln N$ <p>Donde I es la diversidad específica, s es el número de especies presentes, y N es el número total de individuos (pertenecientes a todas las especies).</p>	4,51	3
	7	Índice Shannon Wiener	$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$ <p>Donde: S (riqueza de especies), p_i (abundancia relativa de la especie $i = n_i/N$ total), n_i (número de individuos de la especie i), N (número total de individuos de todas las especies)</p>	2,3	3
	8	Índice Simpson (dominancia)	$D = \sum n_i (n_i - 1) / N (N - 1)$ <p>Donde: S es el número de especies, N es el total de organismos presentes (o unidades cuadradas) y n es el número de ejemplares por especie</p>	0,16	4

Tabla 64. Parámetros para definir la evaluación ecológica en el humedal de Santa María del lago.

Parámetro	Ítem	Indicador	Cálculo del indicador	Resultado	Calificación
Coberturas	9	Área natural	área natural / área total del humedal X 100	96,8%	4
	10	Vegetación antropizadas	vegetación antropizadas / área total del humedal X 100	1,6%	4
	11	Cobertura antrópica	cobertura antrópica / área total del humedal X 100	1,2%	4
Naturalidad	12	Índice de Naturalidad	\sum calificaciones de criterios evaluados	55	3
Fragilidad flora	13	Riqueza de especies de flora en categoría de amenaza a partir de vulnerable.	Número de especies	6 especies	4
Fragilidad fauna	14	Riqueza de especies de fauna en categoría de amenaza a partir de vulnerable.	Número de especies	5 especies	1
Provisión de hábitat mediante garantía del caudal ecológico del humedal	15	Índice de Integridad del Hábitat (IIH) con garantía de caudal ecológico	$IIH = ((Ap + CI + MB + MO + MA + Pma + A/V + NV + CE + SO + pH + N/P)) / 12$ <p>Donde: Ap (Área perdida), CI (Coberturas impermeables), MB (Suelo desnudo de material blando), MO (Materia orgánica), MA (Cobertura del espejo de agua por macrófitas acuáticas), Pma (Precipitación media anual), A/V (Relación área / volumen), NV (Variación en el nivel del agua), CE (Conductividad eléctrica), SO (Oxígeno disuelto), pH, N/P (Relación Nitrógeno / fósforo)</p>	0,54	3

Tabla 64. Parámetros para definir la evaluación ecológica en el humedal de Santa María del lago.

Parámetro	Ítem	Indicador	Cálculo del indicador	Resultado	Calificación
Calidad del agua	16	ICA-HUM	Promedio de los subíndices: %OD (% saturación de oxígeno), °T (temperatura del agua en °C), SST (sólidos suspendidos totales en mg/L), CE (conductividad eléctrica en µS/cm), Pt (fósforo total en mg/L), NTK (nitrógeno total de Kjeldahl en mg/L), SAAM (sustancias activas al azul de metileno en mg/L).	> del 80% del sector 2 está en el rango de 69,3 y 80,64	4
Valores ecológicos o de la biodiversidad	17	Descripción de las características ecológicas	Descripción cualitativa	Se ha completado una descripción de las características ecológicas del humedal	4
	18	Estado de los valores objeto de conservación asociados a la biodiversidad	Descripción cualitativa	Muchos valores importantes de la biodiversidad o ecológicos se están degradando gravemente; o no se han definido VOC para el área	1

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2 Evaluación socioeconómica y cultural

En esta parte de la evaluación se integraron los elementos descritos en el presente capítulo, relacionados con la gobernanza en el área protegida, la existencia de valores estéticos, culturales, religiosos o históricos, la educación e investigación, la infraestructura y

equipamientos y elementos del uso sostenible como el manejo de cerramientos perimetrales (Tabla 65).

Tabla 65. Integración de los elementos para la evaluación Socioeconómica y Cultural en el humedal de Santa María del Lago.

Parámetros	Ítem	Indicador	Cálculo del indicador	Resultado	Calificación
Gobernanza	19	Cantidad de mesas territoriales adelantadas por año.	Promedio de mesas territoriales por año	2 mesas territoriales	1
	20	Número de participantes en mesas territoriales	Promedio de participantes por año	29 participantes	2
	21	Participación de comunidades locales en la toma de decisiones	Descripción cualitativa	Las comunidades locales contribuyen directamente a algunas decisiones relevantes sobre el manejo, pero su participación se podría mejorar	3
Valores estéticos, culturales, religiosos e históricos	22	Cantidad de eventos representativos en el humedal por año	Promedio de eventos representativos por año	6 eventos	4
	23	Cantidad de participantes en eventos representativos en el humedal por año	Promedio de participantes por año	111 participantes	4
	24	Estado de los valores objeto de conservación culturales	Descripción cualitativa	Muchos valores importantes culturales se están degradando gravemente 1/12/2022 o no se han definido VOC para el área	1

Tabla 65. Integración de los elementos para la evaluación Socioeconómica y Cultural en el humedal de Santa María del Lago.

Parámetros	Ítem	Indicador	Cálculo del indicador	Resultado	Calificación
Educación e investigación	25	Existencia de un programa de educación vinculado a objetivos y necesidades	Descripción cualitativa	Existe un programa de educación y sensibilización, pero solo satisface parcialmente las necesidades y se podría mejorar	3
	26	Cantidad de recorridos interpretativos.	Número de recorridos interpretativos por año	201 recorridos	4
	27	Cantidad de acciones pedagógicas en el humedal.	Número de acciones pedagógicas en el humedal por año	184 acciones pedagógicas en el humedal	4
	28	Cantidad de participantes en acciones pedagógicas en el humedal.	Número de participantes en acciones pedagógicas en el humedal por año	8922 participantes	4
	29	Cantidad de acciones pedagógicas en colegios.	Número de acciones pedagógicas en colegios por año	131 acciones pedagógicas en colegios	4
	30	Cantidad de participantes en acciones pedagógicas en colegios.	Número de participantes en acciones pedagógicas en colegios por año	8024 participantes	4
	31	Cantidad de monitoreos participativos.	Número de monitoreos participativos por año	3 monitoreos participativos	1

Tabla 65. Integración de los elementos para la evaluación Socioeconómica y Cultural en el humedal de Santa María del Lago.

Parámetros	Ítem	Indicador	Cálculo del indicador	Resultado	Calificación
	32	Cantidad de participantes en monitoreos participativos.	Número de participantes en monitoreos participativos por año	29 participantes	4
	33	Existencia de un programa de investigación orientado al manejo	Descripción cualitativa	Existen bastantes estudios e investigaciones, pero no están orientados hacia las necesidades de manejo del humedal	3
	34	Cantidad de proyectos de investigación articulados con la SDA por año para humedales con área menor o igual a 30 Ha.	Número de proyectos de investigación ejecutados y divulgados/Número total de proyectos de investigación ejecutados y divulgados por año	0,5 proyectos de investigación	1
Equipamientos e infraestructura	35	Mantenimiento adecuado	Descripción cualitativa	El mantenimiento del equipamiento y la infraestructura es bueno	4
Uso sostenible	36	Porcentaje de cerramiento provisional instalado	metros lineales de cerramiento provisional / metros lineales totales de perímetro sin cerramiento definitivo X 100	0%	1
	37	Porcentaje de cerramiento definitivo instalado	metros lineales de malla eslabonada construida / total de metros lineales perimetrales X 100	91,3 metros lineales	4

Tabla 65. Integración de los elementos para la evaluación Socioeconómica y Cultural en el humedal de Santa María del Lago.

Parámetros	Ítem	Indicador	Cálculo del indicador	Resultado	Calificación
	38	Presencia de infraestructura no compatible con el humedal según POT vigente.	área de infraestructura no compatible / área total del humedal X 100	0 Ha.	4

Fuente: Elaboración propia.

2.5.3 Planificación y gestión

En esta parte de la evaluación se integraron los elementos descritos en el presente capítulo, relacionados con protección y regulación; manejo y procesos; recursos, ordenamiento territorial y eficiencia y cumplimiento (Tabla 66).

Tabla 66. Evaluación de la planificación y gestión en el humedal de Santa María del lago.

Parámetros	Ítem	Indicador	Cálculo del indicador	Resultado	Calificación
Protección y regulación	39	Estatus legal del humedal	Descripción cualitativa	El humedal está protegido jurídicamente	4
	40	Existencia de reglamentación a los usos del suelo	Descripción cualitativa	Existe reglamentación para controlar actividades y usos de la tierra inadecuados en el humedal y representa una base excelente para el manejo	4
	41	Intermediación efectiva por parte del personal responsable en la aplicación de las normas ambientales	Descripción cualitativa	El personal tiene un nivel adecuado de capacidad o recursos para hacer que se apliquen la legislación y reglamentación sobre el el humedal, pero quedan algunas deficiencias por superar	3

Tabla 66. Evaluación de la planificación y gestión en el humedal de Santa María del lago.

Parámetros	Ítem	Indicador	Cálculo del indicador	Resultado	Calificación
	42	Límites demarcados y reconocidos	Descripción cualitativa	La autoridad de manejo y tanto la población local como los usuarios de los terrenos vecinos conocen los límites del humedal, que están bien demarcados	4
	43	Control efectivo al acceso	Descripción cualitativa	Los sistemas de protección son mayormente o totalmente efectivos para controlar el acceso	4
Manejo y procesos	44	Manejo activo de hábitats	Descripción cualitativa	Aunque se están aplicando muchos de los requisitos para el manejo activo de hábitats, especies, procesos ecológicos y/o valores culturales esenciales, no se están abordando algunas de las cuestiones clave	3
	45	Manejo con base en objetivos preestablecidos	Descripción cualitativa	Existen objetivos establecidos para el humedal y el manejo se lleva a cabo con el objetivo de cumplir de dichos objetivos	4
	46	Manejo del presupuesto en función de las necesidades esenciales	Descripción cualitativa	El manejo presupuestario es adecuado, pero podría mejorarse	3
	47	Cooperación por parte de usuarios públicos o privados vecinos	Descripción cualitativa	Existe contacto entre la dirección del humedal y los usuarios vecinos de la tierra o del agua públicos o privados, pero solo una cooperación moderada	3

Tabla 66. Evaluación de la planificación y gestión en el humedal de Santa María del lago.

Parámetros	Ítem	Indicador	Cálculo del indicador	Resultado	Calificación
	48	Existencia de un programa de monitoreo y evaluación en relación con resultados	Descripción cualitativa	Existe un buen sistema de monitoreo y evaluación que se aplica adecuadamente y se utiliza en el manejo adaptable	4
	49	Aporte de operadores turísticos al manejo del humedal	Descripción cualitativa	Existe contacto entre los responsables del manejo del humedal y los operadores turísticos, pero se limita mayormente a aspectos administrativos o reglamentarios	2
	50	Existencia de un comité de manejo intersectorial	Descripción cualitativa	Existe un comité de manejo intersectorial que funciona	4
Recursos	51	Presupuesto suficiente	Descripción cualitativa	El presupuesto disponible es aceptable, pero podría mejorarse aún más para lograr un manejo efectivo del humedal	3
	52	Estabilidad del presupuesto	Descripción cualitativa	Existe un presupuesto estable para el humedal y su manejo	4
	53	Equipo suficiente para las necesidades del manejo	Descripción cualitativa	Existe equipo e infraestructura, pero aún hay deficiencias que limitan el manejo	3
	54	Personal suficiente para el manejo	Descripción cualitativa	La cantidad de personal está por debajo del nivel óptimo para las actividades críticas de manejo	3

Tabla 66. Evaluación de la planificación y gestión en el humedal de Santa María del lago.

Parámetros	Ítem	Indicador	Cálculo del indicador	Resultado	Calificación
Ordenamiento territorial	55	Planificación del uso de la tierra y del agua aporta a los objetivos de manejo	Descripción cualitativa	La planificación conexa del uso de la tierra y del agua tiene parcialmente en cuenta las necesidades a largo plazo del humedal	3
	56	Diseño del sitio efectivo para la conservación de la biodiversidad	Descripción cualitativa	El diseño del humedal no es un obstáculo importante para el logro de los objetivos, pero podría mejorar (p.ej., respecto de procesos ecológicos a mayor escala)	3
Eficiencia y cumplimiento	57	Existencia e implementación de un plan de manejo	Descripción cualitativa	Existe un plan de manejo y se está aplicando	4
	58	Implementación de un plan de trabajo	Descripción cualitativa	Existe un plan operativo de trabajo y se llevan a cabo muchas actividades	3
	59	Información suficiente para el manejo del área	Descripción cualitativa	La información disponible sobre los hábitats críticos, especies, procesos ecológicos y valores culturales del humedal es suficiente para apoyar la mayoría de los procesos clave de planificación y toma de decisiones	3
	60	Porcentaje de proyectos del PMA ejecutados en el humedal.	\sum proyectos ejecutados / total de proyectos formulados X 100	54,2%	2
	61	Porcentaje de proyectos del	\sum proyectos sin ejecutar / total de	4,2%	4

Tabla 66. Evaluación de la planificación y gestión en el humedal de Santa María del lago.

Parámetros	Ítem	Indicador	Cálculo del indicador	Resultado	Calificación
		PMA sin ejecutar en el humedal.	proyectos formulados X 100		

Fuente: Elaboración propia.

El humedal de Santa María del Lago cuenta con un PMA vigente, aprobado mediante Resolución SDA 7773 del 22 de diciembre de 2010. Su implementación a la fecha se evaluó según el porcentaje de ejecución de proyectos y actividades programados en su plan de acción y a partir de la herramienta de seguimiento construida para este fin, por parte de la Subdirección de Ecosistemas y Ruralidad de la SDA.

Dicha herramienta toma como unidad básica de análisis a las actividades de los proyectos, clasificándolas en:

- Implementada o en ejecución: actividades que por sus características se han ejecutado de manera constante o que se encuentran totalmente ejecutadas, que cuentan con reportes o informes finales y resultados socializados a la comunidad.
- Implementación parcial: actividades parcialmente ejecutadas, que no han terminado su ejecución total y tienen metas u objetivos pendientes por cumplir y;
- Sin implementar: actividades sin avances en su ejecución o para las que no se encontró ninguna evidencia de implementación.

Con fecha de corte a noviembre de 2022, el plan de acción del humedal de Santa María del Lago presenta el siguiente avance en su implementación (Tabla 67).

Tabla 67. Evaluación de los avances en la implementación del plan de acción vigente en el humedal de Santa María del lago.

ESTRATEGIAS	PROYECTOS TOTAL = 24	AVANCE EN LAS ACTIVIDADES DE CADA PROYECTO			
		Implementadas o en ejecución	Implementadas parcialmente	Sin implementar	Avance combinado
	Diseño y adecuación de senderos peatonales en el	6			

Tabla 67. Evaluación de los avances en la implementación del plan de acción vigente en el humedal de Santa María del lago.

ESTRATEGIAS	PROYECTOS TOTAL = 24	AVANCE EN LAS ACTIVIDADES DE CADA PROYECTO			
		Implementadas o en ejecución	Implementadas parcialmente	Sin implementar	Avance combinado
Recuperación, protección y compensación	humedal Santa María del Lago				
	Reconformación hidrogeomorfológica del vaso del humedal Santa María del Lago	4			
	Control y seguimiento fitosanitario a la cobertura vegetal terrestre del humedal Santa María del Lago.	7			
	Adecuación de sitios de anidamiento en el humedal Santa María del Lago.		7		
	Monitoreo a las actividades de recuperación ecológica y social del humedal Santa María del Lago.		3		
Manejo y uso sostenible	Administración sostenible y responsabilidad social de la comunidad del humedal Santa María del Lago	4			
	Control y manejo de especies consideradas plaga por el efecto negativo sobre poblaciones silvestres del humedal Santa María del Lago.	5			

Tabla 67. Evaluación de los avances en la implementación del plan de acción vigente en el humedal de Santa María del lago.

ESTRATEGIAS	PROYECTOS TOTAL = 24	AVANCE EN LAS ACTIVIDADES DE CADA PROYECTO			
		Implementadas o en ejecución	Implementadas parcialmente	Sin implementar	Avance combinado
	Evaluación del manejo y seguimiento de la producción de materia orgánica partir de la cobertura vegetal removida en el humedal	7			
	Diseño y construcción de infraestructura para educación ambiental, recreación pasiva e investigación científica.	3			
Investigación participativa y aplicada	Investigación diagnóstica y monitoreo Limnológico periódico en el humedal Santa María del Lago	7			
	Inventario y caracterización de la artropofauna presente en el humedal Santa María del Lago	5	1		X
	Inventario y caracterización de la ictiofauna presente en el humedal Santa María del Lago		6	1	X
	Inventario y caracterización de la herpetofauna presente en el humedal Santa María del Lago.		7		
	Inventario y caracterización de la	1	5		X

Tabla 67. Evaluación de los avances en la implementación del plan de acción vigente en el humedal de Santa María del lago.

ESTRATEGIAS	PROYECTOS TOTAL = 24	AVANCE EN LAS ACTIVIDADES DE CADA PROYECTO			
		Implementadas o en ejecución	Implementadas parcialmente	Sin implementar	Avance combinado
	mastofauna presente en el humedal Santa María del Lago				
	Análisis e investigación del comportamiento del caudal de entrada al humedal Santa María del Lago, por aportes de agua subsuperficial	3	2	3	X
	Evaluación del impacto ecológico de la especie <i>Molothrus bonariensis</i> del humedal Santa María del Lago.		9		
	Anillamiento de aves del humedal Santa María del Lago		9		
	Desarrollo de SIG para el seguimiento a las áreas de espejo de agua en el humedal Santa María del lago		3		
	Estudios sobre ecología y comportamiento de dos especies de aves (<i>Fulica americana</i> y <i>Agelaius icterocephalus</i>) en el humedal Santa María del Lago		4		
	Estudios sobre la especie <i>Typha latifolia</i> en el			6	

Tabla 67. Evaluación de los avances en la implementación del plan de acción vigente en el humedal de Santa María del lago.

ESTRATEGIAS	PROYECTOS TOTAL = 24	AVANCE EN LAS ACTIVIDADES DE CADA PROYECTO			
		Implementadas o en ejecución	Implementadas parcialmente	Sin implementar	Avance combinado
	humedal Santa María del Lago				
Educación, comunicación y participación	Fortalecimiento de las redes sociales alrededor del humedal Santa María del Lago.	4			
	Construcción de la memoria histórica del humedal Santa María del Lago	4			
	Generación de una propuesta comunicativa para la divulgación de las actividades que se desarrollan en el humedal Santa María del Lago	4			
	Fortalecimiento del aula ambiental del humedal Santa María del Lago como escenario pedagógico	4			
TOTAL, ACTIVIDADES =		134	68	56	10
PORCENTAJE DE AVANCE ACTIVIDADES		51%	42%	7%	

Fuente: Elaboración propia.

De un total de 24 proyectos, el 50% % (12 proyectos) se encuentran en estado de implementación o ejecución total; el 29 % (7 proyectos) se encuentra en implementación; sólo un 4 % (1 proyecto) no se ha implementado y un 17 % (4 proyectos) tienen actividades en

diferentes grados de implementación, es decir, son proyectos que presentan un avance combinado (Figura 31).

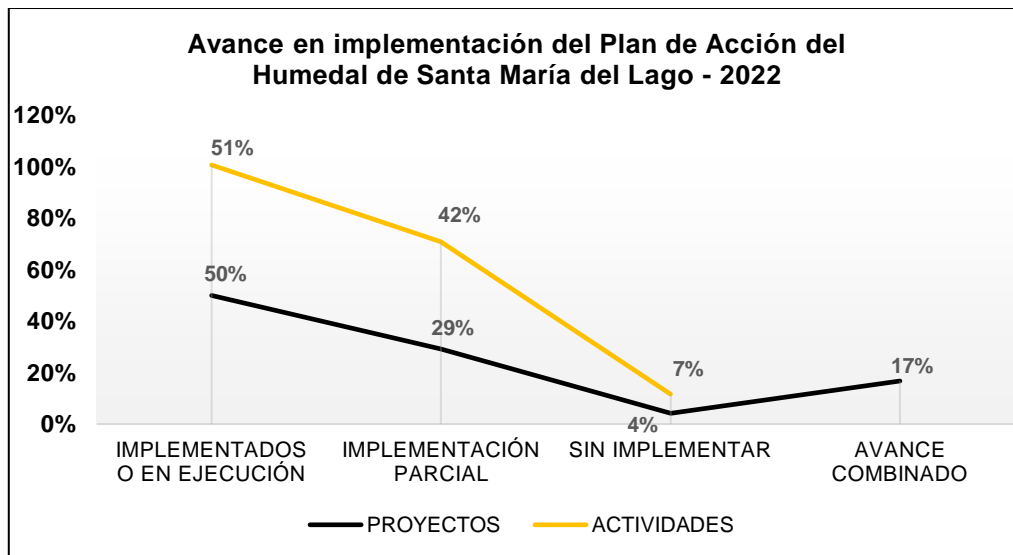


Figura 31. Avance en implementación plan de acción del humedal año 2022.

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar el avance del plan de acción, en términos de resultados obtenidos en las estrategias de la Política Pública de Humedales del Distrito Capital (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2006), se observa que las actividades previstas para las estrategias de “Manejo y uso sostenible” y “Recuperación, protección y compensación” se encuentran ejecutadas en su totalidad (100%), y que la estrategia de “Educación, comunicación y participación para la construcción social del territorio” presenta una ejecución del 94 %.

Es en la estrategia de “Investigación participativa y aplicada sobre los humedales del distrito capital y sus componentes socioculturales” que se reporta el mayor retraso en ejecución de las actividades, con un 68 % aún en implementación, 12 % de actividades sin implementar y sólo un 20% de actividades finalizadas Figura 32.

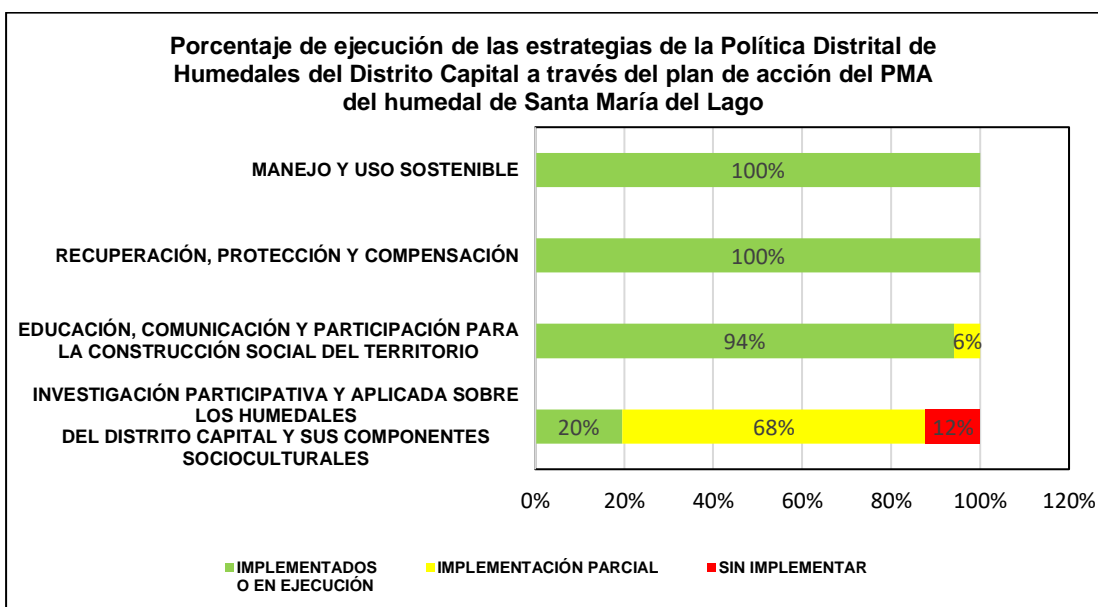


Figura 32. Porcentaje de ejecución de las estrategias de la Política Distrital de Humedales del Distrito Capital a través del plan de acción del PMA del humedal Santa María del Lago. Fuente: Elaboración propia.

2.5.4 Problemática ambiental

El parámetro de “factores de perturbación en el humedal”, entendido también como los tensionantes de origen antrópico que inciden de forma negativa y directa sobre el ecosistema, se evaluó en la matriz a partir de dos indicadores: a) # de tensionantes reportados, calificado con relación al total de tensionantes reportados para el Sitio Ramsar Complejo de Humedales del Distrito Capital y b) % de tensionantes sin afectación, correspondientes a los tensionantes calificados como “1” según su impacto y ocurrencia. Para el humedal de Santa María del Lago el indicador “# de tensionantes” obtiene una calificación baja (aceptable), pero el indicador de “% de tensionantes sin afectación” es favorable, ya que el 100% de los tensionantes reportados se consideran de baja afectación (Tabla 68).

Tabla 68. Parámetro para evaluar los tensionantes.

Parámetros	Ítem	Indicador	Cálculo del indicador	Resultado	Calificación
Factores de perturbación en el humedal	63	Cantidad de tensionantes reportados en el humedal	\sum tensionantes reportados	6 tensionantes	4
	64	Porcentaje de tensionantes sin reporte de afectación en el humedal	\sum tensionantes sin reporte de afectación en el humedal / total de tensionantes reportados * 100	100%	4

Fuente: Elaboración propia.

Para la evaluación de tensionantes, se revisó el seguimiento realizado por parte del equipo de administración del humedal, a los tensionantes reportados durante el último año, es decir, el periodo comprendido entre octubre de 2021 y octubre de 2022.

Este seguimiento se realiza mensualmente utilizando la herramienta conocida como 'matriz de tensionantes', que combina los criterios de impacto (inferior, moderado, extremo) y ocurrencia (inferior, media, muy alta) de cada tensionante, para asignar posteriormente una calificación.

Se tomó como escala de valoración la empleada en el PMA del Sitio Ramsar SDA y CAR (2023), la cual contempla cinco (5) niveles de calificación, en términos de los parámetros evaluados (impacto y ocurrencia) para cada tensionante (Tabla 69).

Tabla 69. Escala de valoración de tensionantes.

Valoración de tensionantes		
Categoría	Descripción	Puntuación
Persistente generalizado	El tensionante es frecuente y afecta gran parte del humedal	4

Tabla 69. Escala de valoración de tensionantes.

Valoración de tensionantes		
Categoría	Descripción	Puntuación
Persistente localizado	El tensionante es frecuente pero afecta puntos específicos del humedal	3
Ocasional	El tensionante se reporta de forma ocasional o es de bajo impacto	2
Sin afectación	El tensionante se reporta, pero se encuentra controlado y no tiene una afectación importante sobre el ecosistema	1
Sin reporte	No se cuenta con información o no existe el tensionante	0

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente gráfica se pueden observar los tensionantes reportados para el humedal durante el periodo evaluado y su nivel de afectación sobre el ecosistema, resaltando que para el humedal de Santa María del Lago todos los tensionantes evaluados se consideran como de baja afectación (Figura 33):

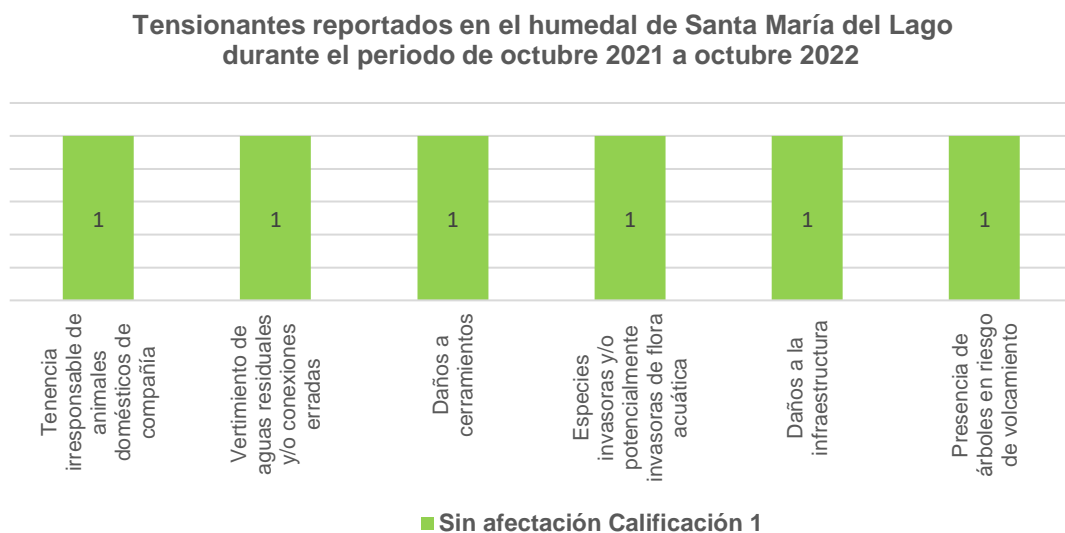


Figura 33. Tensionantes reportados en el humedal de Santa María del Lago durante el periodo de octubre 2021 a octubre 2022. Fuente: Elaboración propia.

2.5.4.1 Vertimientos de aguas residuales y/o conexiones erradas

En el mes de julio de 2022 se reportó el ingreso de material residual proveniente de una obra externa al humedal sobre la carrera 76 entre las calles 80 y 74. Por efecto de la temporada

de lluvias y falta de medidas de manejo ambiental de obra, se generó un arrastre de materiales (recebo y lodos) hacia el colector de agua pluvial que alimenta el humedal, ocasionando un represamiento que obstruyó el ingreso de caudal, con posibles impactos por desecación del cuerpo de agua y posterior contaminación por el tipo de vertimiento. La emergencia fue controlada por parte de la administración del humedal y el profesional ambiental de la obra, haciendo el retiro del material e instalando una malla de protección en los sumideros externos y en la estructura que desemboca en el cuerpo de agua del humedal.

2.5.4.2 Especies invasoras y/o potencialmente invasoras de flora acuática

El cuerpo de agua del humedal a pesar de presentar para el año 2021 un resultado muy favorable en el indicador de calidad de agua “ICA-HUM” (calificación “excelente” entre 80,65 y 100) requiere de un mantenimiento permanente para controlar el avance de las coberturas de macrófitas sobre los espejos de agua como *Typha latifolia* (enea), *Bidens laevis* (botoncillo) y *Azolla filiculoides* (helecho de agua). Esta actividad se realiza con el fin de generar hábitat para las especies de aves más acuáticas, que prefieren aguas abiertas con vegetación flotante y emergente hacia los bordes, tales como *Spatula discors* (pato canadiense), *Oxyura jamaicensis* (pato turrio) y *Podilymbus podiceps* (zambullidor común) especies reportadas en el humedal.

El retiro controlado de macrófitas emergentes enraizadas como enea y botoncillo que crecen desde las orillas de las islas aportando a los procesos de colmatación, terrificación y unificación de islas; y de macrófitas flotantes como el helecho de agua; permite diferenciar los hábitats y posibilita los procesos de oxigenación del agua y entrada de la luz solar, lo que favorece una adecuada producción de microorganismos descomponedores de materia orgánica y la reducción en la sedimentación en el lecho del humedal.

Este tensionante, considerado de bajo impacto y ocurrencia para el ecosistema, es atendido actualmente, en el marco de las labores de mantenimiento en franja acuática que realiza la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá a través del contrato interadministrativo No 9-99-24300-1252-2022 suscrito con Aguas de Bogotá SA ESP.

2.5.4.3 Tenencia irresponsable de animales domésticos de compañía

Se reporta en el humedal el ingreso de animales domésticos (gatos) provenientes de los conjuntos residenciales Sago y San Francisco. Estos felinos de hábitos crepusculares, que

ingresan de forma esporádica al humedal en horario nocturno, podrían estar generando un fuerte impacto sobre la fauna nativa que se desplaza en las zonas litorales o en la franja terrestre del humedal, sin embargo, no se cuenta con datos o estudios que permitan corroborarlo. La tenencia irresponsable de mascotas por parte de vecinos que permiten la salida de sus animales en inmediaciones al humedal, y el mal estado del cerramiento perimetral en algunos sectores, son factores que posibilitan la permanencia del tensionante.

Por parte de la administración del humedal se ha gestionado con el Instituto de Protección y Bienestar Animal (IDPYBA) de Bogotá la realización de jornadas educativas y la aplicación de procedimientos CES (capturar – esterilizar – soltar), pero hasta la fecha no ha habido una respuesta efectiva.

Durante el periodo evaluado, se registró un caso especial de ingreso de un canino por la portería oriental, posiblemente atropellado y buscando refugio de la lluvia. Al igual que con los casos de felinos, tampoco se obtuvo una respuesta por parte del IDPYBA, por lo cual la situación fue atendida por el equipo de administración que brindó refugio, cuidados y alimento al animal; y posteriormente con ayuda de personas de la comunidad, fue trasladado a centro veterinario dado en adopción a una familia del sector.

Este tensionante se reporta hasta el momento como de bajo impacto, pero se hace necesario adelantar estudios de los efectos reales de la presencia de fauna foránea (gatos) sobre las poblaciones de especies nativas. Adicionalmente se considera oportuno considerar una modificación al diseño del cerramiento perimetral en el humedal, con el fin de controlar el acceso de felinos (gatos).

2.5.4.4 Daños a cerramientos

Durante el periodo evaluado, el cerramiento perimetral con malla eslabonada de 4 metros de altura y base de adoquín de 50 cm presentó daños puntuales tanto en la zona de conservación del humedal (sector sur, colindando con carrera 76) por efectos de la humedad y la oxidación de la malla; como en el costado nororiental donde se identificó un rompimiento de aproximadamente un metro de largo. Estas situaciones podrían incidir de forma directa en la ocurrencia de otros tensionantes, como el ingreso de fauna foránea invasora o de situaciones de inseguridad para los visitantes del área protegida.

La atención de este tensionante se encuentra a cargo de la EAAB. Se han realizar reparaciones puntuales en los módulos afectados, por medio de soldadura, empezando por

la zona de conservación; sin embargo, aún no se ha iniciado la reparación total del cerramiento perimetral, que según lo manifestado por la EAAB en el contexto de mesas territoriales (noviembre 2021) ya cuenta con presupuesto autorizado.

2.5.4.5 Daños a la infraestructura

Durante el año 2022 se reportaron daños permanentes en el sendero adoquinado del costado occidental del humedal, por hundimiento del terreno, encharcamientos y levantamiento de adoquines, lo que representa un riesgo de caída a los visitantes del área protegida. Desde el mes de septiembre de 2022 una empresa contratista inició el mantenimiento de 70 metros lineales de senderos, haciendo el retiro y reinstalación de adoquines, luego de adicionar arena y compactar el suelo base.

Además de daños puntuales en las luminarias ubicadas en las dos porterías del humedal reportados y solucionados en julio de 2022; la afectación permanente de tramos del sendero adoquinado es el principal tensionante relacionado con la infraestructura instalada en el humedal. Se considera oportuno revisar el tipo de materiales empleados en los senderos de la zona de uso público del humedal para considerar un cambio en el diseño e instalación de estos, haciendo uso de materiales más permeables, ecológicos y seguros para los visitantes; que no requieran de un mantenimiento constante.

Aunque se encuentra controlado, la afectación por daños en las luminarias de las porterías de acceso al humedal podría favorecer situaciones inseguridad, por la presencia de población recicladora (carreteros) sobre la carrera 76 entre las calles 74 y 80, que disminuye la percepción de seguridad en la zona.

2.5.4.6 Presencia de árboles en riesgo de volcamiento

Aunque durante el periodo evaluado no se tienen muchos reportes de este tensionante en la matriz de seguimiento, salvo la realización de podas de altura y retiro de ramas secas en enero de 2022, del arbolado del humedal que pudiera estar afectando los conjuntos residenciales Sago y San Francisco; durante las sesiones de diagnóstico participativo realizadas con integrantes de la comunidad que hacen uso del humedal, se manifestó inconformidad por la falta de mantenimiento de árboles caídos sobre los senderos, que pueden permanecer en el lugar hasta una semana obstaculizando el paso de los visitantes durante los fines de semana especialmente.

Considerando que una situación similar no fue reportada en las matrices de 2021 y 2022, es probable que haya obedecido a la contingencia de una suspensión del convenio de mantenimiento suscrito entre la SDA y Aguas de Bogotá durante algunos meses de 2022, en cumplimiento de la ley de garantías por las jornadas electorales de presidencia.

El retiro de árboles en riesgo de volcamiento o árboles caídos sobres las franjas acuática y terrestre del humedal se realiza de forma permanente en el marco de los convenios de mantenimiento suscritos por la EAAB y la SDA con Aguas de Bogotá, razón por la cual este tensionante se considera de bajo impacto.

2.5.4.7 Otros tensionantes

En el marco del contrato de obra SDA-LP-2018-SECOPII-E-0087 del 27-12-2018 se realizaron adecuaciones locativas de infraestructura preexistente en el humedal, específicamente, la instalación de material sintético (grano de caucho reciclado) en las plazoletas de las zonas de uso público. En visitas de diagnóstico para la elaboración del presente documento, se constató el desprendimiento de este material en varios puntos de las plazoletas donde fue instalado (Figura 34 – Figura 35), por lo que se prevé un posible arrastre hacia los cuerpos de agua por efectos de la lluvia, desconociendo el impacto que dicho material pudiera tener sobre la fauna acuática y semiacuática del humedal.



Desprendimiento del material sintético instalado en las plazoletas. Visita de campo realizada al humedal de Santa María del Lago el día 18/04/2022



Desprendimiento del material sintético instalado en las plazoletas. Visita de campo realizada al humedal de Santa María del Lago el día 26/04/2022.

Figura 34. Desprendimiento del material sintético instalado en las plazoletas. Fuente: Elaboración propia.



Desprendimiento del material sintético instalado en las plazoletas. Visita de campo realizada al humedal de Santa María del Lago el día 30/06/2022.



Dispersión del material sintético desprendido en zonas adyacentes a las plazoletas. Visita de campo realizada al humedal de Santa María del Lago el día 30/06/2022.

Figura 35. Desprendimiento del material sintético instalado en las plazoletas. Fuente: Elaboración propia.

Ante la inquietud de si dicho contrato de obra, surtió una evaluación de posibles impactos ambientales negativos relacionados con el uso de este tipo de material al interior de un área protegida, o si previo a su instalación se surtió algún proceso de autorización por parte de la SDA; la Subdirección de Control Ambiental al Sector Público (SCAPS), emitió respuesta con radicado interno 2022IE258956 SCAPS del 7 octubre de 2022; aclarando que el mencionado contrato no requirió del trámite permisivo de Permiso de Ocupación de Cauce, Playas y/o Lechos (POC).

Por otra parte, la Subdirección de Ecosistemas y Ruralidad (SER) a través de radicado interno 2022IE288018 SER del 4 noviembre de 2022, indicó que para el mencionado contrato se incluyeron en los pliegos definitivos de la licitación (Licitación Pública No. SDA-LP053-2018, Capítulo V, numeral 5.5.3 objeto, Cláusulas Ambientales), la previsión de posibles impactos ambientales relacionados con: el manejo de residuos durante las obras (almacenamiento, aprovechamiento, recuperación y/o disposición final); el no uso de sustancias o materiales nocivos para la fauna, la flora o la salud humana; la no contaminación de los ambientes de trabajo, el suelo o los cuerpos de agua; el manejo adecuado de escombros, entre otros. Adicionalmente, que, por tratarse de una adecuación en infraestructura ya existentes, no se debió surtir ningún requerimiento adicional objeto de autorización por parte de la SDA.

Se considera oportuno ahondar en los posibles riesgos ambientales del arrastre de este material hacia los cuerpos de agua del humedal, para poder sustentar o no la necesidad de plantear un cambio en el tipo de material empleado.

2.5.4.8 Relación con los tensionantes identificados en el Sitio Ramsar complejo de Humedales Urbanos del Distrito Capital

Del total de 28 tensionantes reportados para el Sitio Ramsar, en el humedal de Santa María del Lago sólo se reportan 6 a noviembre de 2022 (Tabla 70). Otros 15 tensionantes podrían tener un potencial de ocurrencia y 7 tensionantes se podrían considerar controlados en un 100% para el contexto del humedal. Por su parte, el tensionante “proceso de remoción en masa” no se considera una amenaza real para el área protegida.

Tabla 70. Tensionantes reportados en el humedal de Santa María del Lago con relación al total de tensionantes reportados para el Sitio Ramsar Complejo de Humedales del Distrito Capital.

TENSIONANTES		CALIFICACIÓN				
		Persistente generalizado Calificación 4	Persistente localizado Calificación 3	Ocasional Calificación 2	Sin afectación Calificación 1	Sin reporte Calificación 0
MEDIO ACUÁTICO	Vertimiento de aguas residuales y/o conexiones erradas					
	Residuos sólidos en franja acuática					
	Especies invasoras y/o potencialmente invasoras de flora acuática					
	Extracción o manipulación ilegal de flora y fauna acuática					
	Procesos de sedimentación en las zonas de					

Tabla 70. Tensionantes reportados en el humedal de Santa María del Lago con relación al total de tensionantes reportados para el Sitio Ramsar Complejo de Humedales del Distrito Capital.

TENSIONANTES		CALIFICACIÓN				
		Persistente generalizado Calificación 4	Persistente localizado Calificación 3	Ocasional Calificación 2	Sin afectación Calificación 1	Sin reporte Calificación 0
	acumulación de agua					
	Dsecación o ausencia de la lámina de agua en zonas destinadas para la recolección de esta					
AIRE	Emisión de ruido					
	Emisión de malos olores					
FRANJA TERRESTRE	Residuos sólidos en franja terrestre					
	Presencia de RCD					
	Especies invasoras y/o potencialmente invasoras de flora terrestre					
	Huertas comunitarias					
	Tenencia irresponsable de animales					

Tabla 70. Tensionantes reportados en el humedal de Santa María del Lago con relación al total de tensionantes reportados para el Sitio Ramsar Complejo de Humedales del Distrito Capital.

TENSIONANTES		CALIFICACIÓN				
		Persistente generalizado Calificación 4	Persistente localizado Calificación 3	Ocasional Calificación 2	Sin afectación Calificación 1	Sin reporte Calificación 0
	domésticos de compañía					
	Semovientes					
	Extracción o manipulación ilegal de flora y fauna terrestre					
	Quemas, conatos e incendios					
	Rellenos					
	Proceso de remoción en masa					
	Presencia de árboles en riesgo de volcamiento					
	Presencia de vectores - plagas (roedores, moscos, mosquitos)					
INFRAESTRUCTURA	Daños a cerramientos					
	Daños a la infraestructura					

Tabla 70. Tensionantes reportados en el humedal de Santa María del Lago con relación al total de tensionantes reportados para el Sitio Ramsar Complejo de Humedales del Distrito Capital.

TENSIONANTES		CALIFICACIÓN				
		Persistente generalizado Calificación 4	Persistente localizado Calificación 3	Ocasional Calificación 2	Sin afectación Calificación 1	Sin reporte Calificación 0
	Fragmentación por vías u otras construcciones					
	Ocupación ilegal					
SEGURIDAD	Acciones delictivas					
	Consumo de bebidas alcohólicas y sustancias psicoactivas					
	Habitantes de calle					
	Actos indecentes					
		Total tensionantes reportados en el humedal en 2022				6
		Total tensionantes controlados y de baja afectación en 2022				6
		Total tensionantes con potencial de ocurrencia				15
		Total tensionantes controlados en un 100%				7
		Total tensionantes que no representan una amenaza real				1

Fuente: Elaboración propia.

2.5.4.9 Avance en el control de tensionantes desde 2009

Finalmente, la trazabilidad de los tensionantes reportados en el PMA del humedal del año 2009, permite apreciar que de un total de quince (15) tensionantes registrados, cinco (5) continúan reportándose en la actualidad. De estos cuatro, sólo el tensionante relacionado con “tenencia irresponsable de mascotas” se reporta actualmente en la matriz de seguimiento. No obstante, esta revisión permite concluir que cuatro (4) tensionantes reportados en el diagnóstico realizado en 2009, siguen ocurriendo hoy día, por lo cual debería considerarse su inclusión en la matriz de seguimiento. Se resalta también, que diez (10) tensionantes, correspondientes a un 66% del total de situaciones reportadas en 2009, no presentan nuevos reportes para 2022 (Tabla 71).

Tabla 71. Trazabilidad de tensionantes reportados en el año 2009 con relación al año 2022.

Tensionantes reportados en 2009	Reportados en 2022	Sin nuevos reportes de afectación en 2022	Sin reporte en matriz de tensionantes de 2022 pero con presencia o posible ocurrencia en el humedal
Ingreso de gatos domésticos que depredan huevos y polluelos	Corresponde a tensionante: Tenencia irresponsable de animales domésticos de compañía		
Ingreso de ratas que depredan huevos y polluelos		Corresponde a tensionante: Presencia de vectores - plagas (roedores, moscos, mosquitos)	
Contaminación auditiva		Corresponde a tensionante: Emisión de ruido	
Contaminación atmosférica		Corresponde a tensionante: Emisión de malos olores	

Tabla 71. Trazabilidad de tensionantes reportados en el año 2009 con relación al año 2022.

Tensionantes reportados en 2009	Reportados en 2022	Sin nuevos reportes de afectación en 2022	Sin reporte en matriz de tensionantes de 2022 pero con presencia o posible ocurrencia en el humedal
Problemas de inseguridad al interior del humedal		Corresponde a tensionante: <i>Acciones delictivas</i>	
Arrojo de basuras por parte de visitantes		Corresponde a tensionante: Residuos sólidos en franja terrestre	
Acumulación de escombros en los suelos del humedal lo que afecta el desarrollo de la vegetación		Corresponde a tensionante: <i>Presencia de RCD</i>	
Contaminación visual			
Desarticulación entre proyectos de educación ambiental y actividades de las Juntas de Acción Comunal			
Percepción de impacto negativo en el humedal por las obras de recuperación realizadas			
Desconocimiento de los impactos generados por las obras de recuperación adelantadas en el humedal			
Aislamiento del humedal			Agrupados en tensionante: Fragmentación por vías u otras construcciones
Fragmentación de la EEP y falta de conectividad			
Introducción de especies de fauna foránea por parte de la comunidad			

Tabla 71. Trazabilidad de tensionantes reportados en el año 2009 con relación al año 2022.

Tensionantes reportados en 2009	Reportados en 2022	Sin nuevos reportes de afectación en 2022	Sin reporte en matriz de tensionantes de 2022 pero con presencia o posible ocurrencia en el humedal
Desequilibrio de la fauna propia del humedal por competencia con especies nativas o exóticas adaptadas a contextos urbanos			
Alteración de ciclos hidrogeológicos y biogeoquímicos por desequilibrio en régimen climático			
	Total, tensionantes reportados en el humedal en 2009		15
	Total, tensionantes aún persistentes en 2022		5
	Total, tensionantes considerados sin afectación en 2022		10

Fuente: Elaboración propia.

2.5.5 Resultados

La calificación final para el humedal se realizó sumando los valores obtenidos por los indicadores, calculando el resultado final de cada criterio del manejo, en términos de porcentaje, considerando que el 100% sería la suma total de los indicadores de dicho criterio si todos hubieran sacado la máxima calificación de 4:

$$\text{CALIFICACIÓN TOTAL} = \sum \% \text{ criterios} / \text{N}^{\circ} \text{ criterios}$$

Según la calificación total obtenida para el AP (Tabla 72), se podría afirmar como ha sido el manejo.

Tabla 72. Escala de calificación cualitativa para el resultado general obtenido para el humedal de Santa María del Lago.

Deficiente	0 – 50 %
Aceptable	> 50 % - 75 %
Bueno	> 75 % - 90 %
Muy bueno	> 90 %

Fuente: Elaboración propia, adaptado de SINAC 2016.

El resultado final para la evaluación del humedal de Santa María del Lago, se indica a continuación (Tabla 73):

Tabla 73. Resultados final evaluación efectividad del manejo en el humedal de Santa María del Lago.

CRITERIOS	Total, indicadores	Calificación ideal	Calificación real	% CRITERIO
EVALUACIÓN ECOLÓGICA	18	72	53	74%
EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL	21	84	64	76%
PROBLEMÁTICA AMBIENTAL	2	8	8	100%
PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN	23	92	77	84%
CALIFICACIÓN TOTAL Σ % criterios / N° criterios	64	256	202	83,4
RESULTADO EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DEL MANEJO				Bueno

Fuente: Elaboración propia.

2.6 REFERENCIAS

Actualización del Plan de Manejo Ambiental Humedal Santa María del Lago. Contrato 047-03.

Alarcón Jiménez, L. (2017). Análisis de fragmentación y conectividad ecológica entre relictos de cobertura vegetal asociada al área de influencia del río Cravo sur en el municipio de Yopal - Casanare- Colombia. Bogotá D.C.: UNAD.

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2015). Plan de Acción. Política Pública de Humedales del Distrito Capital. Bogotá D.C.
[https://www.ambientebogota.gov.co/documents/10184/2190638/Plan+de++Accio%C2%B4n+POL.+HUMEDALES++15.12.2015-1.pdf/42926754-9fbb-4700-afc6-aa43a416b4fa#:~:text=El%20Plan%20de%20Acci%C3%B3n%20busca,Distrito%20y%20su%20aprovechamiento%20sostenible.&text=puede%20ser%20de%20corto%20\(4,largo%20plazo%20\(12%20a%C3%B1os\).](https://www.ambientebogota.gov.co/documents/10184/2190638/Plan+de++Accio%C2%B4n+POL.+HUMEDALES++15.12.2015-1.pdf/42926754-9fbb-4700-afc6-aa43a416b4fa#:~:text=El%20Plan%20de%20Acci%C3%B3n%20busca,Distrito%20y%20su%20aprovechamiento%20sostenible.&text=puede%20ser%20de%20corto%20(4,largo%20plazo%20(12%20a%C3%B1os).)

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2021). Por el cual se adopta la revisión general del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C. [Decreto 555 de 2021]. Recuperado de <https://sisjur.bogotajuridica.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=119582>.

Andrade-Pérez, G.I.; Corzo-Mora, G.A. (2011) ¿Qué y dónde conservar? Parques Nacionales Naturales de Colombia. 190 p.

Arteaga-Chávez, W. (2020). Primeros registros de Oxyura jamaicensis andina en Ecuador. Revista Ecuatoriana de Ornitología. 10.18272/reo.vi6.1354.

Arroyo-Molt, Jacinta. (2017). Planificación del sistema de humedales urbanos y periurbanos de la ciudad de Valdivia como elemento configurador del paisaje urbano. Universidad Central de Chile. 139 p.

Cárdenas L., D. N. R. Salinas (Eds) 2007. Libro Rojo de Plantas de Colombia Volumen 4. Especies Maderables Amenazadas Bogotá Colombia. Instituto Amazónico de investigación Científica SINCHI – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 232pp.

- Castro-Roa, D & Pinilla, G. (2015). Periphytic diatom index for assessing the ecological quality of the Colombian Andean urban wetlands of Bogotá. *Limnetica*. 33. 297-312. 10.23818/limn.33.23.
- Cogollo, A., C. Velásquez-Rúa, J. L. Toro & N. García. 2007. Las podocarpáceas. Pp. 193-224. En: García, N. (ed.). Libro Rojo de Plantas de Colombia. Volumen 5: Las magnoliáceas, las miristicáceas y las podocarpáceas. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto Alexander von Humboldt - CORANTIOQUIA - Jardín Botánico Joaquín Antonio Uribe de Medellín - Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 236 p.
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres [CITES]. s.f. Apéndices I, II y III de la CITES. Disponible en: <https://cites.org/esp/app/index.php>.
- Convenio sobre la Diversidad Biológica [CDB]. (1992). Texto del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Disponible en: <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR]. (2020). Informe técnico No. 538 del 2020-11-05. Caracterización de comunidades hidrobiológicas. Bogotá: CAR, 2020., 45 p.
- Decreto 3930 DE 2010 octubre 25 (2010). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 050 de 2018 el caudal ambiental es el “Volumen de agua por unidad de tiempo, en términos de régimen y calidad, requerido para mantener el funcionamiento y resiliencia de los ecosistemas acuáticos y su provisión de servicios ecosistémicos”.
- De Groot RS, Wilson MA, Boumans RMJ. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*. 41: 393–408.

Díaz-Espinosa A.M., Díaz-Triana J.E., & O. Vargas. (eds). (2012). Catálogo de plantas invasoras de los humedales de Bogotá. Grupo de Restauración Ecológica de la Universidad Nacional de Colombia y Secretaría Distrital de Ambiente. Bogotá, D.C., Colombia. 248 p.

EBird Colombia es un proyecto colaborativo de información sobre aves que se lleva a cabo gracias a la participación de varias organizaciones Consultado 2021
<https://ebird.org/colombia/home>

Espejo, N. R., Zuluaga-Bonilla, J. E. & Amaya-Villarreal, A. A. (2016). *Icterus icterus*. En Renjifo, L., Amaya-Villarreal, A., Burbano-Girón, J. & Velásquez-Tibatá, J. (Eds). Libro rojo de aves de Colombia, Volumen II: Ecosistemas abiertos, secos, insulares, acuáticos continentales, marinos, tierras altas del Darién y Sierra Nevada de Santa Marta y bosques húmedos del centro, norte y oriente del país. Pp 401-404. Bogotá D.C.: Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto Alexander von Humboldt.

Etter, A. (1991). Introducción a la ecología del paisaje. Un marco para los levantamientos ecológicos. Bogotá.: CIAF - IGAC.

Fandiño-Lozano, M. & Van Wyngaarden. (2005). Prioridades de conservación biológica para Colombia. Grupo Arco. Bogotá. 188 pp.

Figueroa F., Víctor Sánchez-Cordero, Patricia Illoldi-Rangel y Miguel Linaje. (2011). Evaluación de la efectividad de las áreas protegidas para contener procesos de cambio en el uso del suelo y la vegetación. ¿Un índice es suficiente? Revista Mexicana de Biodiversidad 82: 951-963.

FULECOL. (2016). Identificar e inventariar las áreas de humedales urbanos y zonas de amortiguación de crecientes en el perímetro urbano del Distrito Capital y en la ruralidad de la localidad de Suba. Secretaría Distrital de Ambiente. Bogotá D.C.

Fundación Omacha e Instituto Humboldt. (2015). Identificación y caracterización de grupos biológicos (comunidades hidrobiológicas, macroinvertebrados, plantas acuáticas, peces, anfibios, plantas terrestres, reptiles, aves y mamíferos), en el complejo ventana piloto de humedales de Paz de Ariporo-Hato Corozal. Convenio interadministrativo 13-014 (FA 005 de 2013), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander

von Humboldt - Fondo Adaptación. Disponible en:
<http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/9541>. P. 41

Garzón, Y.; Hernández, F. (2018) Integridad ecológica de la laguna de páramo La Virginia (Colombia) basada en indicadores biológicos y del hábitat. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano – Maestría en Ciencias Ambientales.

GBIF.org. (08 de 07 de 2022). Página de Inicio de GBIF. Obtenido de Página de Inicio de GBIF: <https://www.gbif.org>

Hockings, M.; Leverington, F. y Cook, C. (2019). Efectividad del manejo de áreas protegidas. En: G.L. Worboys, M. Lockwood, A. Kothari, S. Feary e I. Pulsford (eds.). Gobernanza y gestión de áreas protegidas, pp. 949-990. Bogotá: Editorial Universidad El Bosque y ANU Press.

IDEAM. (2010). Leyenda nacional de coberturas de la tierra. metodología corine lad cover adaptada para Colombia escala 1:100000. Bogotá D.C.: IDEAM.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], Departamento Nacional de Planeación [DNP] y Cancillería. (2015). Escenarios de Cambio Climático para Precipitación y Temperatura en Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Estudio Técnico Completo. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM-, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD-, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS-, Departamento Nacional de Planeación -DNP- & Cancillería de Colombia. Bogotá D.C. Recuperado de: http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022963/escenarios_cambioclimaticodepartamental/Estudio_tecnico_completo.pdf.

Hidrología y Geotecnia Ltda. (1999). Estudio del estado actual y situación jurídica de cinco humedales del Distrito Capital y la proyección de escenarios a mediano plazo de los humedales contenidos dentro del Acuerdo 19 de 1994. Volúmen 3. Documento Legal. SDA. Bogotá D.C.

IUCN 2021. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-1.

IUCN. (2022). The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2022-1. Disponible en: <https://www.iucnredlist.org>.

Jardín Botánico de Bogotá “José Celestino Mutis”. (21 de 10 de 2022). SIGAU. Obtenido de SIGAU: <https://sigau.jbb.gov.co/SigauJBB/VisorPublico/VisorPublico>

Kattan, G.H. (1992). Rarity and Vulnerability: The Birds of the Cordillera Central of Colombia. Conservation Biology, 6: 64-70. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1992.610064.x>

Keller, L. y Waller, D. (2002). Inbreeding effects in wild populations. Trends Ecol. Evol. 17. 19-23.

Lamotte Company (1992) The monitor's Handbook, Chestertown.

Lozano-Jaramillo, M., McCracken, K. G., & Cadena, C. D. (2018). Neutral and functionally important genes shed light on phylogeography and the history of high-altitude colonization in a widespread New World duck. Ecology and Evolution, 8(13), 6515–6528. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.4108>

Machado, A., Redondo Carmen & Carralero Inocente (2004). Ensayando un índice de naturalidad en Canarias. Ecología Insular/Island Ecology. Asociación española de ecología terrestre (AEET) – Cabildo Insular de la Palma. PP. 413 – 438.

Madrid Soto, A. G., Ortiz López, L. M. (2005). Las redes: Graficación, estructura y funcionalidad. En Análisis y síntesis en cartografía: algunos procedimientos. (pp. 51 – 88). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Humanas.

Millennium Ecosystem Assessment [MEA]. (2005). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT] hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. (1° de febrero de 2006). Resolución 196 de 2006. Por la cual se adopta la guía técnica para la formulación de planes de manejo para

humedales

en

Colombia.

<https://sisjur.bogotajuridica.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18928>.

Margalef, R. (1972). Homage to E. Hutchinson, or why is there an upper limit to diversity. Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences 44: 21-235.

Morales-Betancourt, M. A., Lasso, C. A., Páez, V. P. y Bock, B. C. (2015). Libro rojo de reptiles de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Universidad de Antioquia. Bogotá, D. C., Colombia. 258 pp.

Moreno, M. & Guillot, G. (2012). Distribución Espacial y Temporal de Náyades de Odonatos en los Humedales La Vaca y Santa María del Lago, Bogotá, Colombia. Acta biol. Colomb., Vol. 17 n.º 2, 2012.

Neri Suárez, M., Bustamante González, A., Vargas López, S., Guerrero Rodríguez, J.D. (2015). Representatividad ecológica de las áreas naturales protegidas del estado de puebla, México. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. Ecología Aplicada, 14(2), 2015. 7 p.

Ospina Moreno, M., Chamorro Ruiz, S., Anaya García, C., Echeverri Ramírez, P., Atuesta, C., Zambrano, H., Abud, M., Herrera, C., Ciontescu, N., Guevara, O., Zarrate, D. y Barrero, A. (2020). Guía para la planificación del manejo en las áreas protegidas del Sinap Colombia. 159 pp. Cali - Colombia.

Parris, T.; Kates, R. (2003). Characterizing and measuring sustainable development. Annu. Review of Environment and Resources, 28, 559-586.

Patton, D. (1975). A diversity index for quantifying habitat edge. Wildlife Society Bulletin.

Pinilla, G.A. (2010). An index of limnological conditions for urban wetlands of Bogotá city, Colombia. Ecological Indicators. 10. 848–856. 10.1016/j.ecolind.2010.01.006.

Pinilla, G.; Rodríguez, E.; Camacho, L. (2014) Propuesta metodológica preliminar para la estimación del caudal ambiental en proyectos licenciados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), Colombia. Acta biol. Colomb. 19 (1): 43 – 60.

- Pinilla, G. A. (2000). Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Compilación bibliográfica. Centro de Investigaciones Científicas, Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 67 pp. Santafé de Bogotá, Colombia.
- Pliscoff, Patricio & Fuente, Taryn. (2008). Análisis de Representatividad Ecosistémica de las Áreas Protegidas Públicas y Privadas en Chile. Creación de un Sistema Nacional Integral de Áreas Protegidas para Chile. 103 p.
- Poveda, G. (2004) La Hidroclimatología de Colombia: Una síntesis desde la escala inter – decadal hasta la escala diurna. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 28 (107): 201 – 222.
- Remolina Angarita, F. (2006). Análisis de conectividad para la estructura ecológica principal de Bogotá en el contexto urbano y periurbano. Pérez Arbelaeza, 11-28.
- Renjifo, L. M., Gómez, M. A., Velásquez-Tibatá, J., Amaya-Villarreal, A. M., Kattan, G. H., Amaya-Espinel, J. D. Burbano-Girón, J. (2014). Libro Rojo de Aves de Colombia. Vol. I Bosques húmedos de los Andes y la costa pacífica. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 466 p.
- Renjifo, L. M., Amaya-Villarreal, A. M., Burbano-Girón, J. y Velásquez-Tibatá, J. (2016). Libro Rojo de Aves de Colombia. Vol. II Ecosistemas abiertos, secos, insulares, acuáticos continentales, marinos, tierras altas del Darién y sierra nevada de Santa Marta y bosques húmedos del centro, norte y oriente del país. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 564 p.
- Rodríguez, J. V., Alberico, M., Trujillo, F. y Jorgenson, J. (Eds.). (2005). Libro rojo de los mamíferos de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia, Instituto de Ciencias Naturales – Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 384 pp.
- Rosselli, L., & Benítez-Castañeda, D. (2016). Oxyura jamaicensis - Pato Andino. En Renjifo, L., Amaya-Villarreal, A., Burbano-Girón, J. & Velásquez-Tibatá, J. (Eds). Libro rojo de aves de Colombia, Volumen II: Ecosistemas abiertos, secos, insulares, acuáticos continentales, marinos, tierras altas del Darién y Sierra Nevada de Santa Marta y bosques húmedos del centro, norte y oriente del país. Pp 401-404. Bogotá D.C.: Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto Alexander von Humboldt.

Rueda-Almonacid, J. V., J. D. Lynch & A. Amézquita (Eds.). (2004). Libro rojo de anfibios de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia, Instituto de Ciencias Naturales – Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 384 pp.

Resolución 0316 de 1974 delINDERENA estableció una veda nacional para algunas especies forestales maderables entre las que se incluía el roble (*Quercus humboldtii*).

Ruiz, J.; Escobar, O. (2012) Alteraciones de la precipitación y la temperatura ante variabilidad y cambio climático para la ciudad de Bogotá. Subdirección de Meteorología – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Escenarios+Bogota+%28Ruiz+y+Escobar%29.pdf/13e1c051-d085-45b6-8bb0-d1c86df1beb1>

Ruiz-Guerra, C. (2012). Lista de Aves Acuáticas de Colombia. Asociación Calidris. DOI: 10.13140/RG.2.1.2511.8244.

Schmidt Mumm, U. (1998). Vegetación Acuática y Palustre de La Sabana de Bogotá y Plano del Río Ubaté: Ecología y Taxonomía de la Flora Acuática y semiacuática. Bogotá: Facultad De Ciencias Universidad Nacional De Colombia.

Secretaría Distrital de Ambiente [SDA] (2008). Protocolo de Recuperación y Rehabilitación Ecológica de Humedales en Centros Urbanos. Primera edición, octubre de 2008. Bogotá D.C, Colombia. 279 pp.

Secretaría Distrital de Ambiente [SDA]. (2019). Informe técnico: Metodología para el cálculo del índice de calidad del agua (ICA) para los parques ecológicos distritales de humedal (PEDH). Subdirección de Ecosistemas y Ruralidad, 42 p. Bogotá.

Secretaría Distrital de Ambiente [SDA]. (2020). Plan de acción climática Bogotá 2020 – 2050. Recuperado de: <https://ambientebogota.gov.co/plan-de-accion-climatica-pac#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20Plan%20de%20Acci%C3%B3n%20Clim%C3%A1tica%20de%20Bogotá%202020,los%20efectos%20del%20cambio%20clim%C3%A1tico>.

Secretaría Distrital de Ambiente [SDA]. (2021a) Informe de calidad del agua superficial y comunidades hidrobiológicas en los parques ecológicos distritales de Humedal (PEDH) 2019 - 2020. Subdirección de Ecosistemas y Ruralidad, 220 p. Bogotá.

Secretaría Distrital de Ambiente [SDA]. (2021b). Informe análisis de Resultados de los Monitoreos de la Biodiversidad Año 2021 del Parque Ecológico Distrital de Humedal Santa María del Lago. Subdirección de Ecosistemas y Ruralidad, Grupo de Monitoreo de la Biodiversidad. 98 p.

Secretaría Distrital de Ambiente [SDA] (2022a) Resultados de monitoreo de calidad de agua superficial enero 2022 - Programa de Monitoreo de Afluentes y Efluentes - PMAE. Subdirección de Ecosistemas y Ruralidad. Bogotá.

Secretaría Distrital de Ambiente (SDA). (2022b). Base de datos investigaciones grupo humedales. Subdirección de Ecosistemas y Ruralidad (SER).

Secretaría Distrital de Ambiente (SDA). (2022c). Base de datos significativos. Oficina de Participación, Educación y Localidades, (OPEL) y Subdirección de Ecosistemas y Ruralidad (SER).

Secretaría Distrital de Ambiente [SDA] (2022d). Informe Anual de Biodiversidad de La Reserva Distrital de Humedal (RDH) Santa María del Lago. Subdirección de Ecosistemas y Ruralidad. Bogotá D.C.

Secretaría Distrital de Ambiente y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2023). Plan de Manejo Ambiental del Sitio Ramsar Complejo de Humedales Urbanos del Distrito Capital de Bogotá. <https://www.ambientebogota.gov.co/plan-de-manejo-ambiental-pma-sitio-ramsar-complejo-de-humedales-urbanos-del-distrito-capital-de-bogota>. Resolución Conjunta 37 de 2023 [Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – Secretaría Distrital de Ambiente]. Por lo cual se adopta el Plan de Manejo Ambiental del Sitio Ramsar Complejo de Humedales Urbanos del Distrito Capital de Bogotá y se toman otras disposiciones. 16 de febrero de 2023. <https://www.ambientebogota.gov.co/plan-de-manejo-ambiental-pma-sitio-ramsar-complejo-de-humedales-urbanos-del-distrito-capital-de-bogota>

- Sedano-Cruz, R. E. 2022. Estimated number of birds killed by domestic cats in Colombia. *Avian Conservation and Ecology* 17(2):16. <https://doi.org/10.5751/ACE-02200-170216>.
- SIGAU 2021. El Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano de Bogotá D.C., consultado en marzo del 2021. <https://jbb.gov.co/sigau/>
- Schmitter-Soto, Juan Jacobo. Los índices bióticos de integridad en el monitoreo ambiental (2014). *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*. César Alberto González Zuarth, Adriana Vallarino, Juan Carlos Pérez Jiménez, Antonio M. Low Pfeng (editores). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) & El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur). México, D.F. PP 65 – 82.
- SINAC. (2016). *Herramienta para la Evaluación de la Efectividad de Manejo de las Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica*. (2da ed.). San José, Costa Rica. 47 p.
- Sua-Becerra, A. y Chaparro-Herrera, S. (2015). Aves endémicas, amenazadas, extintas y escapadas. En: Chaparro-Herrera, S. y Ochoa D. (eds). (2015). *Aves de los humedales de Bogotá: Aportes para su conservación*. Asociación Bogotana de Ornitología –ABO. Bogotá D.C. Colombia. 92 pp.
- Trenberth, K. (1997) The definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society* 78: 2771-2777.
- Umbarila, G y Veloza, C. 2001. Formulación del Plan de Manejo Administrativo y Operativo del Parque Ecológico Humedal Santa Maria del Lago. En: Ardila, 2003. Actualización del Plan de Manejo Ambiental Humedal Santa Maria del Lago. Contrato 047-03.
- Universidad EIA. (2014). Catálogo virtual de flora del Valle de Aburrá. Obtenido de Catálogo virtual de flora del Valle de Aburrá:
<https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/254>