

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS



**“CONSERVACIÓN DEL HUMEDAL RAMSAR PANTANOS
DE VILLA: MONITOREOS AMBIENTALES”**

Trabajo de Suficiencia Profesional para Optar el Título de:

INGENIERA AMBIENTAL

DANIELA CHANGANAQUI ALFARO

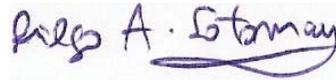
Lima – Perú

2023

La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)

Document Information

Analyzed document	Daniela Changanahui TSP Final.docx (D172645614)
Submitted	2023-08-07 23:27:00
Submitted by	Diego Sotomayor
Submitter email	dsotomayor@lamolina.edu.pe
Similarity	17%
Analysis address	dsotomayor.unalm@analysis.arkund.com



Sources included in the report

SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / MMA2022-ILUG1.TAREA 2.docx Document MMA2022-ILUG1.TAREA 2.docx (D135385286) Submitted by: jcpalma@lamolina.edu.pe Receiver: jcpalma.unalm@analysis.arkund.com		29
SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / MMA2022-ILUG1.T2.docx Document MMA2022-ILUG1.T2.docx (D135969721) Submitted by: jcpalma@lamolina.edu.pe Receiver: jcpalma.unalm@analysis.arkund.com		29
SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / MMA2022-IMIG1.T2.docx Document MMA2022-IMIG1.T2.docx (D135400313) Submitted by: jcpalma@lamolina.edu.pe Receiver: jcpalma.unalm@analysis.arkund.com		10
W	URL: https://www.gob.pe/institucion/sernanp/campa%C3%B1as/4340-sistema-nacional-de-areas-naturales-... Fetched: 2023-08-08 05:36:00		12
SA	Ojeda_Salcedo_Raul_Tesis_Titulo_Profesional_2016.pdf Document Ojeda_Salcedo_Raul_Tesis_Titulo_Profesional_2016.pdf (D27115869)		17
SA	1A-TELLES VALENCIA JESSICA - TITULO PROFESIONAL - 2019.docx Document 1A-TELLES VALENCIA JESSICA - TITULO PROFESIONAL - 2019.docx (D164673192)		9
W	URL: https://www.gob.pe/institucion/sernanp/informes-publicaciones/1833908-refugio-de-vida-silvestr... Fetched: 2023-08-08 05:36:00		3
SA	Sotaya_Huaman_Betty_María_Titulo_Profesional_2015.pdf Document Sotaya_Huaman_Betty_María_Titulo_Profesional_2015.pdf (D27262099)		122
W	URL: http://pantanosdevilla.pe/admin/archivospdf/InformesOICDP-2019-2022/Informe-N322-Plan-de-Recup... Fetched: 2023-08-08 05:35:00		7
W	URL: http://pantanosdevilla.pe/admin/archivospdf/FichasRECURSOHIDRICO/COMPONENTE-AGUA-InformacionGe... Fetched: 2023-08-08 05:34:00		3
SA	1A-QUISPE RAMOS, FREDY EDGAR-INGENIERO AMBIENTAL-2022.docx Document 1A-QUISPE RAMOS, FREDY EDGAR-INGENIERO AMBIENTAL-2022.docx (D152923884)		5

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“CONSERVACIÓN DEL HUMEDAL RAMSAR PANTANOS
DE VILLA: MONITOREOS AMBIENTALES”**

Trabajo de Suficiencia Profesional para Optar el Título Profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Presentada por:

DANIELA CHANGANAQUI ALFARO

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

Mg. Sc. Armando Javier Aramayo Bazzetti
PRESIDENTE

Mg. Sc. Lucio Villa Ramos
MIEMBRO

Mg. Sc. Victor Raúl Miyashiro Kiyari
MIEMBRO

Ph. D. Diego Alejandro Sotomayor Melo
ASESOR

DEDICATORIA

A mi madre, por estar siempre presente en cada etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis compañeros de trabajo, con los que trabajamos arduamente por la conservación del humedal Pantanos de Villa; a mi familia, por apoyarme siempre en cada uno de los pasos de mi vida y en especial a mi esposo por su paciencia y acompañamiento en todo este proceso.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVO GENERAL	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. HUMEDALES.....	3
2.1.1. Clasificación	3
2.1.2. La Convención de Ramsar	5
2.2. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS	7
2.2.1. Clasificación	7
2.3. HUMEDAL PANTANOS DE VILLA	10
2.3.1. Biodiversidad.....	10
2.3.2. Propietarios del humedal Pantanos de Villa-PROHVILLA.....	11
2.3.3. Historia.....	14
2.4. MONITOREOS AMBIENTALES	15
2.4.1. Tipos.....	15
2.4.2. Normativas Nacionales e Internacionales aplicables al presente trabajo.....	16
III. DESARROLLO DEL TRABAJO.....	18
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA Y LOS APORTES PROFESIONALES DEL TRABAJO	19
3.1.1. Contexto Laboral	19
3.1.2. Determinación de la Problemática y su Manejo	20
3.1.3. Problemática identificada.....	22
3.1.4. Planteamiento del manejo de la problemática	22

3.1.5. Contribución Personal.....	23
3.1.6. Relación con la Carrera.....	23
3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MONITOREOS AMBIENTALES REALIZADOS POR PROHVILLA.....	24
3.3. EVALUACIÓN DEL MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA REALIZADO EN EL HUMEDAL PANTANOS DE VILLA Y PARTE DE SU ZONA DE REGLAMENTACIÓN ESPECIAL.....	24
3.4. EVALUACIÓN DEL MONITOREO DE CALIDAD DE RUIDO AMBIENTAL REALIZADO EN EL HUMEDAL PANTANOS DE VILLA.....	24
3.5. EVALUACIÓN DEL MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE REALIZADO EN EL HUMEDAL PANTANOS DE VILLA	25
3.6. IDENTIFICACIÓN DE LAS ACCIONES TOMADAS A PARTIR DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS MONITOREOS DE CALIDAD DE AGUA, RUIDO AMBIENTAL Y AIRE DEL HUMEDAL PANTANOS DE VILLA Y PARTE DE SU ZONA DE REGLAMENTACIÓN ESPECIAL.....	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MONITOREOS AMBIENTALES REALIZADOS POR PROHVILLA.....	26
4.1.1. Monitoreo de calidad de agua.....	26
4.1.2. Monitoreo de la calidad de ruido ambiental.....	31
4.1.3. Monitoreo de la calidad del aire en el humedal Pantanos de Villa.....	34
4.2. EVALUACIÓN DEL MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA REALIZADO EN EL HUMEDAL PANTANOS DE VILLA Y PARTE DE SU ZONA DE REGLAMENTACIÓN ESPECIAL.....	35
4.2.1. Zona Villa Baja.....	35
4.2.2. Zona Génesis y Marvilla	47
4.2.3. Zona Las Delicias y Mayor	59

4.2.4. Discusión	71
4.3. EVALUACIÓN DEL MONITOREO DE CALIDAD DE RUIDO AMBIENTAL REALIZADO EN EL HUMEDAL PANTANOS DE VILLA	74
4.3.1. Puntos de Monitoreo	74
4.3.2. Puntos de Control.....	77
4.3.3. Número de vehículos	79
4.3.4. Mapas de Ruido	82
4.3.5. Discusión	90
4.4. EVALUACIÓN DEL MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE REALIZADO EN EL HUMEDAL PANTANOS DE VILLA	92
4.4.1. Junio 2021	92
4.4.2. Julio 2021	99
4.4.3. Noviembre 2021	105
4.4.4. Diciembre 2021	112
4.4.5. Comparativo entre meses	118
4.4.6. Discusión	123
4.5. IDENTIFICACIÓN DE LAS ACCIONES TOMADAS A PARTIR DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS MONITOREOS DE CALIDAD DE AGUA, RUIDO AMBIENTAL Y AIRE DEL HUMEDAL PANTANOS DE VILLA Y PARTE DE SU ZONA DE REGLAMENTACIÓN ESPECIAL	59
4.5.1. Monitoreo de Calidad de Agua.....	59
4.5.2. Monitoreo de la Calidad de Aire y Ruido Ambiental	61
V. CONCLUSIONES	126
VI. RECOMENDACIONES.....	128
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130
VIII. ANEXOS	137
IX. ASEGURAMIENTO.....	158

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de Humedales de Importancia Internacional en Perú	6
Tabla 2. Clasificación de Áreas Naturales Protegidas de Administración Nacional por Tipo	9
Tabla 3. Ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de agua en la ZRE PV	29
Tabla 4. Especificaciones generales del equipo multiparámetro HI 9813-6.....	31
Tabla 5. Ubicación de los puntos de monitoreo de ruido ambiental en la ZRE PV	33
Tabla 6. Ubicación de los puntos de control de ruido ambiental en la ZRE PV	33
Tabla 7. Coordenadas UTM del módulo de monitoreo de calidad de aire	34
Tabla 8. Características generales del módulo de monitoreo.....	35
Tabla 9. Valores de pH en la Zona de Villa Baja	39
Tabla 10. Valores de CE en la Zona de Villa Baja	40
Tabla 11. Valores de SDT en la Zona de Villa Baja.....	42
Tabla 12. Valores de T en la Zona de Villa Baja	43
Tabla 13. Valores de OD en la Zona de Villa Baja	44
Tabla 14. Valores de nitratos en la Zona de Villa Baja	45
Tabla 15. Valores de fósforo total en la Zona de Villa Baja	46
Tabla 16. Valores de parámetros promedio en la Zona de Villa Baja	47
Tabla 17. Valores de pH en la Zona Génesis y Marvilla	48
Tabla 18. Valores de CE en la Zona Génesis y Marvilla	50
Tabla 19. Valores de SDT en la Zona Génesis y Marvilla.....	52
Tabla 20. Valores de T en la Zona Génesis y Marvilla	54
Tabla 21. Valores de OD en la Zona Génesis y Marvilla	56
Tabla 22. Valores de Nitratos en la Zona Génesis y Marvilla	57
Tabla 23. Valores de Fósforo Total en la Zona Génesis y Marvilla.....	58
Tabla 24. Valores de parámetros promedio en la Zona Génesis y Marvilla	59

Tabla 25. Valores de pH en la Zona Las Delicias y Mayor	63
Tabla 26. Valores de CE en la Zona Las Delicias y Mayor	64
Tabla 27. Valores de SDT en la Zona Las Delicias y Mayor.....	65
Tabla 28. Valores de T en la Zona Las Delicias y Mayor.....	66
Tabla 29. Valores de OD en la Zona Las Delicias y Mayor	68
Tabla 30. Valores de Nitratos en la Zona Las Delicias y Mayor	69
Tabla 31. Valores de Fósforo total en la Zona Las Delicias y Mayor	69
Tabla 32. Valores de parámetros promedio en la Zona Las Delicias y Mayor	70
Tabla 33. Valores de parámetros promedio por cuerpo de agua en el humedal Pantanos de Villa	70
Tabla 34. Resultados del monitoreo de ruido ambiental en los puntos de monitoreo en el humedal Pantanos de Villa	76
Tabla 35. Resultados de monitoreo de ruido ambiental en los puntos de control en el humedal Pantanos de Villa.....	78
Tabla 36. Resultados de número de vehículos por minuto en los puntos de monitoreo en el humedal Pantanos de Villa	79
Tabla 37. Resultados de número de vehículos por minuto en los puntos de monitoreo en el humedal Pantanos de Villa	80
Tabla 38. Resultados de niveles de presión sonora equivalente promedio por avenida	90
Tabla 39. Índice de Calidad de Aire del PM ₁₀ durante el mes de junio.....	93
Tabla 40. Índice de Calidad de Aire del PM _{2,5} durante el mes de junio	94
Tabla 41. Índice de Calidad del Aire del NO ₂ durante el mes de junio	95
Tabla 42. Índice de Calidad del Aire del SO ₂ durante el mes de junio	96
Tabla 43. Índice de Calidad de Aire del H ₂ S durante el mes de junio.....	97
Tabla 44. Índice de Calidad de Aire del O ₃ durante el mes de junio	98
Tabla 45. Variables Meteorológicas durante el mes de junio	98
Tabla 46. Índice de Calidad de Aire del PM ₁₀ durante el mes de julio	100
Tabla 47. Índice de Calidad de Aire del PM _{2,5} durante el mes de julio	101

Tabla 48. Índice de Calidad de Aire del NO ₂ durante el mes de julio	102
Tabla 49. Índice de Calidad de Aire del SO ₂ durante el mes de julio	103
Tabla 50. Índice de Calidad de Aire del H ₂ S durante el mes de julio	104
Tabla 51. Índice de Calidad del Aire del O ₃ durante el mes de julio	105
Tabla 52. Variables meteorológicas durante el mes de julio.....	105
Tabla 53. Índice de Calidad de Aire del PM ₁₀ durante el mes de noviembre	106
Tabla 54. Índice de Calidad de Aire del PM _{2,5} durante el mes de noviembre	107
Tabla 55. Índice de Calidad de Aire del NO ₂ durante el mes de noviembre	108
Tabla 56. Índice de Calidad de Aire del SO ₂ durante el mes de noviembre	109
Tabla 57. Índice de Calidad de Aire del H ₂ S durante el mes de noviembre	110
Tabla 58. Índice de Calidad de Aire del O ₃ durante el mes de noviembre	111
Tabla 59. Variables meteorológicas durante el mes de noviembre	111
Tabla 60. Índice de Calidad de Aire del PM ₁₀ durante el mes de diciembre	113
Tabla 61. Índice de Calidad del Aire del PM _{2,5} durante el mes de diciembre	114
Tabla 62. Índice de Calidad del Aire del NO ₂ durante el mes de diciembre	115
Tabla 63. Índice de Calidad del Aire del SO ₂ durante el mes de diciembre	116
Tabla 64. Índice de Calidad del Aire del H ₂ S durante el mes de diciembre	117
Tabla 65. Índice de Calidad del Aire del O ₃ durante el mes de diciembre	118
Tabla 66. Variables meteorológicas durante el mes de diciembre	118
Tabla 67. Cuadro comparativo de valores de PM ₁₀ y PM _{2,5} en distintos meses en el humedal Pantanos de Villa.....	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Humedales del Perú	4
Figura 2. Ubicación del Humedal Pantanos de Villa	10
Figura 3. Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa-PROHVILLA.....	12
Figura 4. Miembros del Consejo Directivo de PROHVILLA.....	12
Figura 5. Historia del humedal Pantanos de Villa/PROHVILLA	14
Figura 6. Mapa de recursos hídricos de la ZRE PV	18
Figura 7. Estaciones y zonas de monitoreo en la ZRE PV	27
Figura 8. Estaciones de monitoreo ubicadas en la Zona Villa Baja	27
Figura 9. Estaciones de monitoreo ubicadas en la Zona Génesis y Marvilla	28
Figura 10. Estaciones de monitoreo ubicadas en la Zona Las Delicias y Mayor	28
Figura 11. Puntos de monitoreo y puntos de control en la ZRE PV	32
Figura 12. Ubicación del módulo de monitoreo de calidad de aire.....	34
Figura 13. Recorrido del agua hacia la laguna Mayor	36
Figura 14. Recorrido del agua hacia la laguna Génesis	37
Figura 15. Recorrido del agua hacia la laguna Marvilla	38
Figura 16. Valores de pH en la zona Villa Baja	39
Figura 17. Valores de CE en la zona Villa Baja.....	41
Figura 18. Valores de SDT en la zona Villa Baja	42
Figura 19. Valores de T en la zona Villa Baja.....	43
Figura 20. Valores de OD en la zona Villa Baja	45
Figura 21. Valores de pH en la zona Génesis y Marvilla	49
Figura 22. Valores de CE en la zona Génesis y Marvilla	51
Figura 23. Valores de SDT en la zona Génesis y Marvilla.....	53
Figura 24. Valores de T en la zona Génesis y Marvilla.....	55
Figura 25. Valores de OD en la zona Génesis y Marvilla	56

Figura 26. Valores de nitratos en la zona Génesis y Marvilla	57
Figura 27. Valores de fósforo total en la zona Génesis y Marvilla	58
Figura 28. Valores de pH en la zona Las Delicias y Mayor	64
Figura 29. Valores de CE en la zona Las Delicias y Mayor	65
Figura 30. Valores de SDT en la zona Las Delicia y Mayor	66
Figura 31. Valores de T en la zona Las Delicias y Mayor.....	67
Figura 32. Valores de OD en la zona Las Delicias y Mayor	68
Figura 33. Valores de LAeqt en los puntos de monitoreo de ruido ambiental en el humedal Pantanos de Villa.....	77
Figura 34. Valores de LAeqt en los puntos de control de ruido ambiental en el humedal Pantanos de Villa.....	79
Figura 35. Número de vehículos por minuto en los puntos de monitoreo del humedal Pantanos de Villa.....	81
Figura 36. Mapa de ruido del humedal Pantanos de Villa octubre 2019	82
Figura 37. Mapa de ruido del humedal Pantanos de Villa noviembre 2019.....	83
Figura 38. Mapa de ruido del humedal Pantanos de Villa enero 2020	84
Figura 39. Mapa de ruido del humedal Pantanos de Villa febrero 2020	85
Figura 40. Mapa de ruido del humedal Pantanos de Villa mayo 2021	86
Figura 41. Mapa de ruido del humedal Pantanos de Villa julio 2021	87
Figura 42. Mapa de ruido del humedal Pantanos de Villa setiembre 2021	88
Figura 43. Niveles de presión sonora equivalente promedio en los puntos de monitoreo del humedal Pantanos de Villa vs número de vehículos por minuto.	89
Figura 44. Nivel de presión sonora equivalente promedio en los puntos de control del humedal Pantanos de Villa.....	90
Figura 45. Comportamiento diario del material particulado grueso (PM ₁₀) durante el mes de junio 2021 en el humedal Pantanos de Villa	93
Figura 46. Comportamiento diario del material particulado fino (PM _{2.5}) durante el mes de junio 2021 en el humedal Pantanos de Villa.....	94

Figura 47. Comportamiento horario del dióxido de nitrógeno (NO ₂) durante el mes de junio 2021 en el humedal Pantanos de Villa.....	95
Figura 48. Comportamiento diario del dióxido de azufre (SO ₂) durante el mes de junio 2021 en el humedal Pantanos de Villa.....	96
Figura 49. Comportamiento diario del sulfuro de hidrógeno (H ₂ S) durante el mes de junio 2021 en el humedal Pantanos de Villa.....	97
Figura 50. Comportamiento del ozono (O ₃) durante el mes de junio 2021 en el humedal Pantanos de Villa.....	98
Figura 51. Comportamiento del material particulado grueso (PM ₁₀) durante el mes de julio 2021 en el humedal Pantanos de Villa.....	99
Figura 52. Comportamiento del material particulado grueso (PM ₁₀) durante el mes de julio 2021 en el humedal Pantanos de Villa.....	100
Figura 53. Comportamiento horario del dióxido de nitrógeno (NO ₂) durante el mes de julio 2021 en el humedal Pantanos de Villa.....	101
Figura 54. Comportamiento diario del dióxido de azufre (SO ₂) durante el mes de julio 2021 en el humedal Pantanos de Villa.....	102
Figura 55. Comportamiento diario del sulfuro de hidrógeno (H ₂ S) durante el mes de julio 2021 en el humedal Pantanos de Villa.....	103
Figura 56. Comportamiento del ozono (O ₃) durante el mes de julio 2021 en el humedal Pantanos de Villa.....	104
Figura 57. Comportamiento del material particulado grueso (PM ₁₀) durante el mes de noviembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa.....	106
Figura 58. Comportamiento del material particulado fino (PM _{2.5}) durante el mes de noviembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa.....	107
Figura 59. Comportamiento horario del dióxido de nitrógeno (NO ₂) durante el mes de noviembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa.....	108
Figura 60. Comportamiento diario del dióxido de azufre (SO ₂) durante el mes de noviembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa.....	109

Figura 61. Comportamiento diario del sulfuro de hidrógeno (H ₂ S) durante el mes de noviembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa.....	110
Figura 62. Comportamiento del ozono (O ₃) durante el mes de noviembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa.....	111
Figura 63. Comportamiento diario del material particulado grueso (PM ₁₀) durante el mes de diciembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa	112
Figura 64. Comportamiento diario del material particulado fino (PM _{2.5}) durante el mes de diciembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa	113
Figura 65. Comportamiento horario del dióxido de nitrógeno (NO ₂) durante el mes de diciembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa	114
Figura 66. Comportamiento diario del dióxido de azufre (SO ₂) durante el mes de diciembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa.....	115
Figura 67. Comportamiento diario del sulfuro de hidrógeno (H ₂ S) durante el mes de diciembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa.....	116
Figura 68. Comportamiento del ozono (O ₃) durante el mes de diciembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa.....	117
Figura 69. Comparativo del material particulado grueso (PM ₁₀) en los meses de evaluación del 2021 en el humedal Pantanos de Villa	119
Figura 70. Comparativo del material particulado fino (PM _{2.5}) en los meses de evaluación del 2021 en el humedal Pantanos de Villa	119
Figura 71. Comparativo del dióxido de nitrógeno (NO ₂) en los meses de evaluación del 2021 en el humedal Pantanos de Villa	120
Figura 72. Comparativo del dióxido de azufre (SO ₂) en los meses de evaluación del 2021 en el humedal Pantanos de Villa	121
Figura 73. Comparativo del sulfuro de hidrógeno (H ₂ S) en los meses de evaluación del 2021 en el humedal Pantanos de Villa	121

Figura 74. Comparativo del ozono (O ₃) en los meses de evaluación del 2021 en el humedal Pantanos de Villa.....	122
Figura 75. Comparativo de la temperatura en los meses de evaluación del 2021 en el humedal Pantanos de Villa.....	122
Figura 76. Comparativo de humedad relativa en los meses de evaluación del 2021 en el humedal Pantanos de Villa	123
Figura 77. Uso recreativo del agua en la intersección del canal Ganaderos 1 y Vista Alegre 2	61
Figura 78. Ejecución de trabajos para no permitir el uso recreativo del agua.....	61
Figura 79. Labores de sensibilización por parte del Consejo de Niñas y Niños Guardianes de los Pantanos de Villa	62

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Certificado de Calibración del Medidor de Oxígeno Disuelto.....	138
Anexo 2: Certificado de Calibración de los Sonómetros	140
Anexo 3: Artículo científico Evaluación de la calidad del agua de la laguna Marvilla en los Pantanos de Villa (Lima, Perú).....	142
Anexo 4: Artículo científico Evaluación de la calidad del agua en los canales de la Zona de Reglamentación Especial de Los Pantanos de Villa (Lima, Perú).....	150

ABREVIATURAS

AEM	Área Ecológica Metropolitana
ANA	Autoridad Nacional del Agua
ANP	Área Natural Protegida
CE	Conductividad Eléctrica
CR	Peligro Crítico
dB	Decibeles
ECA	Estándar de Calidad Ambiental
EN	En Peligro
IUCN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
Leq	Nivel de Presión Sonora Equivalente
L _{máx}	Nivel de Presión Sonora Máxima
L _{min}	Nivel de Presión Sonora Mínima
MDCH	Municipalidad Distrital de Chorrillos
MDSJM	Municipalidad Distrital de San Juan de Miraflores
MDSS	Municipalidad Distrital de Santiago de Surco
MDVES	Municipalidad Distrital de Villa el Salvador
MINAGRI	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
MINAM	Ministerio del Ambiente
MML	Municipalidad Metropolitana de Lima
NT	Casi Amenazada
OD	Oxígeno Disuelto
OICDP	Oficina de Investigación Científica y Desarrollo de Proyectos
PC	Punto de Control
pH	Potencial de Hidrógeno
PM	Punto de Monitoreo
PROHVILLA	Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa
SDT	Sólidos Disueltos Total
SERNANP	Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado
SERPAR	Servicio de Parques de Lima
SINANPE	Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado
T	Temperatura
VU	Vulnerable
ZRE PV	Zona de Reglamentación Especial de los Pantanos de Villa

RESUMEN

El humedal Pantanos de Villa, Área Natural Protegida y sitio Ramsar, debido a los impactos causados por las actividades antropogénicas, se encuentra en constante amenaza. La Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa (PROHVILLA) administra el Área Ecológica Metropolitana (AEM), que representa el 80% de la extensión del humedal, realiza diversas actividades en pro de la conservación de este importante ecosistema. Dentro de estas, el presente trabajo detalla los monitoreos ambientales (calidad de agua, aire y ruido) realizados en la Zona de Reglamentación Especial de los Pantanos de Villa (ZRE PV). Se presentan los resultados obtenidos de los monitoreos en el período 2019-2022, su análisis basándonos en la normativa ambiental vigente y las acciones implementadas por PROHVILLA en base a dichos monitoreos. Se registraron las siguientes acciones: generación de dos artículos científicos “Evaluación de la Calidad de Agua de la Laguna Marvilla en Los Pantanos de Villa”, “Evaluación de la calidad del agua en los canales de la ZRE PV” y elaboración del “Plan de Recuperación de la Infraestructura Hídrica de la ZRE PV 2020-2024” para calidad de agua. En base a los resultados de ruido ambiental se elaboró el “Plan de Manejo Silvicultural de las especies usadas como cerco vivo para la Protección del entorno del AEM”. Se enviaron informes de la incidencia de la contaminación acústica sobre la fauna del humedal a la Municipalidad de Lima que permitió establecer los límites máximos de velocidad en las principales avenidas. En base a los datos de aire se trabajaron en campañas de sensibilización con el Consejo de Niñas y Niños Guardianes de los Pantanos de Villa. Estas acciones contribuyen en la protección de los canales que alimentan las lagunas del humedal; así como, en la protección de especies de fauna y con ello en la conservación de la ZRE PV.

Palabras clave: humedal, AEM, ZRE PV, PROHVILLA, monitoreo, importancia.

ABSTRACT

The Pantanos de Villa wetland, a Protected Natural Area and Ramsar site, is under constant threat due to the impacts caused by anthropogenic activities. The Municipal Authority of the Pantanos de Villa (PROHVILLA) administers the Metropolitan Ecological Area (AEM), which represents 80% of the extension of the wetland, carries out various activities in favor of the conservation of this important ecosystem. Within these, the present work details the environmental monitoring (water, air and noise quality) carried out in the Special Regulation Zone of the Pantanos de Villa (ZRE PV). The results obtained from the monitoring in the 2019-2022 period are presented, their analysis based on current environmental regulations and the actions implemented by PROHVILLA based on said monitoring. The following actions were recorded: generation of two scientific articles "Evaluation of the Water Quality of the Marvilla Lagoon in Los Pantanos de Villa", "Evaluation of the water quality in the channels of the ZRE PV" and preparation of the "Plan of Recovery of the Water Infrastructure of the ZRE PV 2020-2024" for water quality. Based on the results of environmental noise, the "Silvicultural Management Plan for the species used as live fences for the Protection of the AEM environment" was prepared. Reports on the incidence of noise pollution on the fauna of the wetland were sent to the Municipality of Lima, which allowed the establishment of maximum speed limits on the main avenues. Based on the air data, awareness campaigns were carried out with the Council of Girls and Boys Guardians of the Pantanos de Villa. These actions contribute to the protection of the channels that feed the lagoons of the wetland; as well as, in the protection of fauna species and with it in the conservation of the ZRE PV.

Keywords: wetland, AEM, ZRE PV, PROHVILLA, monitoring, importance.

I. INTRODUCCIÓN

Los humedales son espacios donde el agua es el principal factor que controla el ambiente y a la flora y fauna asociada. Estos se dan en lugares donde la napa freática está cerca de la superficie, o donde el suelo está cubierto por agua (Ramsar, 2016).

Los humedales son primordiales ya que brindan diversos beneficios o servicios ecosistémicos que proporcionan a la humanidad tales como: suministro de biodiversidad, agua dulce, alimentos, materiales de construcción, recarga de aguas subterráneas, control de crecidas y mitigación del cambio climático (Ramsar, s.f.)

A pesar de su importancia, los humedales están disminuyendo en superficie y en calidad. Se ha determinado que la extensión de los humedales a nivel mundial ha disminuido entre un 64 y un 71% en el siglo XX y que este proceso continúa en todo el mundo (Ramsar, 2015).

Una de las formas de buscar proteger estos ecosistemas es mediante la Convención Ramsar. La Convención Ramsar hace alusión a la Convención de los Humedales de Importancia Internacional, acuerdo internacional que busca el uso racional y la conservación de humedales (Ramsar, 2015). En Perú, la Convención entró en vigencia el 30 de marzo de 1992. Actualmente se cuenta con 14 sitios Ramsar o Humedales de importancia internacional con una superficie total de 6,789,685 hectáreas (Ramsar, s.f)

Dentro de los 14 sitios Ramsar se encuentra el humedal Pantanos de Villa, reconocido como tal el 20 de enero de 1997, teniendo como criterio que es un humedal representativo o único y que es hábitat de aves acuáticas y es un lugar de paso de aves migratorias de la Costa del Pacífico (UNALM, 1996). Además, en 1989 se declaró a Pantanos de Villa como Zona Reservada y el 31 de agosto del 2006 (Decreto Supremo N° 055-2006) se le designó como Refugio de Vida Silvestre y de esta manera se incorporó al Sistema Nacional de Áreas Protegidas por el Estado peruano (SERNANP, 2016).

A pesar de ser un Área Natural Protegida y un humedal de importancia internacional, Pantanos de Villa no ha estado exento de la problemática mundial de disminución de superficie. El estudio realizado por la Oficina Nacional de Recursos Naturales (ONERN) en

1991 conjuntamente con el Instituto Metropolitano de Planificación, determinó que los Pantanos de Villa abarcaron una superficie de 1 530 ha en 1943, actualmente solo 263,27 ha se encuentran bajo la condición de área natural protegida. Es decir, se ha perdido más del 80% del territorio de importancia potencial para las aves, lo que significa que la tasa anual de destrucción del humedal ha sido de 16,8 ha/año (Pulido y Bermúdez, 2018).

Por otro lado, la calidad de los humedales también ha disminuido. Las principales amenazas son: las aguas residuales no tratadas, la escorrentía agrícola, los residuos industriales, la erosión, los cambios en los sedimentos (Ramsar, 2018). Adicional a su reducción en superficie, el humedal Pantanos de Villa presenta muchas amenazas dentro de las cuales es importante destacar: la contaminación acústica proveniente del tránsito vehicular que afecta a las aves (Camargo, 2018), la contaminación del recurso hídrico debido a las urbanizaciones, fábricas y camales que rodean el humedal, además de la falta de conciencia y conocimiento en relación con la conservación del humedal (Ingemmet, 2019), entre otros.

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Analizar los monitoreos ambientales realizados por PROHVILLA en el humedal Pantanos de Villa, durante el periodo comprendido entre noviembre del 2019 a diciembre 2021, e identificar las acciones que se han tomado a partir de los resultados obtenidos de los monitoreos.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir los principales fundamentos teóricos y características de los monitoreos ambientales realizados por PROHVILLA.
- Evaluar el monitoreo de calidad de agua realizado en el humedal Pantanos de Villa y parte de su Zona de Reglamentación Especial.
- Evaluar el monitoreo de ruido ambiental realizado en el humedal Pantanos de Villa.
- Evaluar el monitoreo de calidad de aire realizado en el humedal Pantanos de Villa.
- Identificar las acciones tomadas a partir de los resultados obtenidos en los monitoreos de calidad de agua, ruido ambiental y aire en el humedal Pantanos de Villa y parte de su Zona de Reglamentación Especial.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

En este capítulo se define a los humedales y a las áreas naturales protegidas. Así mismo, se presenta a PROHVILLA como la institución encargada de la administración de cerca del 80% del humedal Pantanos de Villa, se detalla sus funciones generales y se especifica las labores de monitoreo ambiental realizadas enmarcadas a la normativa nacional ambiental y a normativas internacionales.

2.1. HUMEDALES

Los humedales son extensiones o superficies cubiertas o saturadas de agua, con un régimen hídrico natural o artificial, permanente o temporal, dulce, salobre o salado, que presentan comunidades biológicas características y que brindan servicios ecosistémicos (*D.S. N° 004-2015-MINAM*, 2015). La anterior definición ha sido adaptada de la definición de humedal de la Convención de Ramsar.

2.1.1. Clasificación

Los tipos de humedales acorde a la convención Ramsar (*Ramsar*, 2006) son 6:

- Lacustres (humedales asociados con lagos)
- Marinos (humedales costeros, inclusive lagunas costeras, costas rocosas y arrecifes de coral)
- Estuarinos (incluidos deltas, marismas de marea y manglares)
- Ribereños (humedales adyacentes a ríos y arroyos)
- Palustres (pantanosos-marismas, pantanos y ciénagas)
- Artificiales (incluye las tierras agrícolas de regadío, depresiones inundadas salinas, cría de peces y camarones, estanques de granjas, embalses, piletas de aguas residuales, canales y embalses).

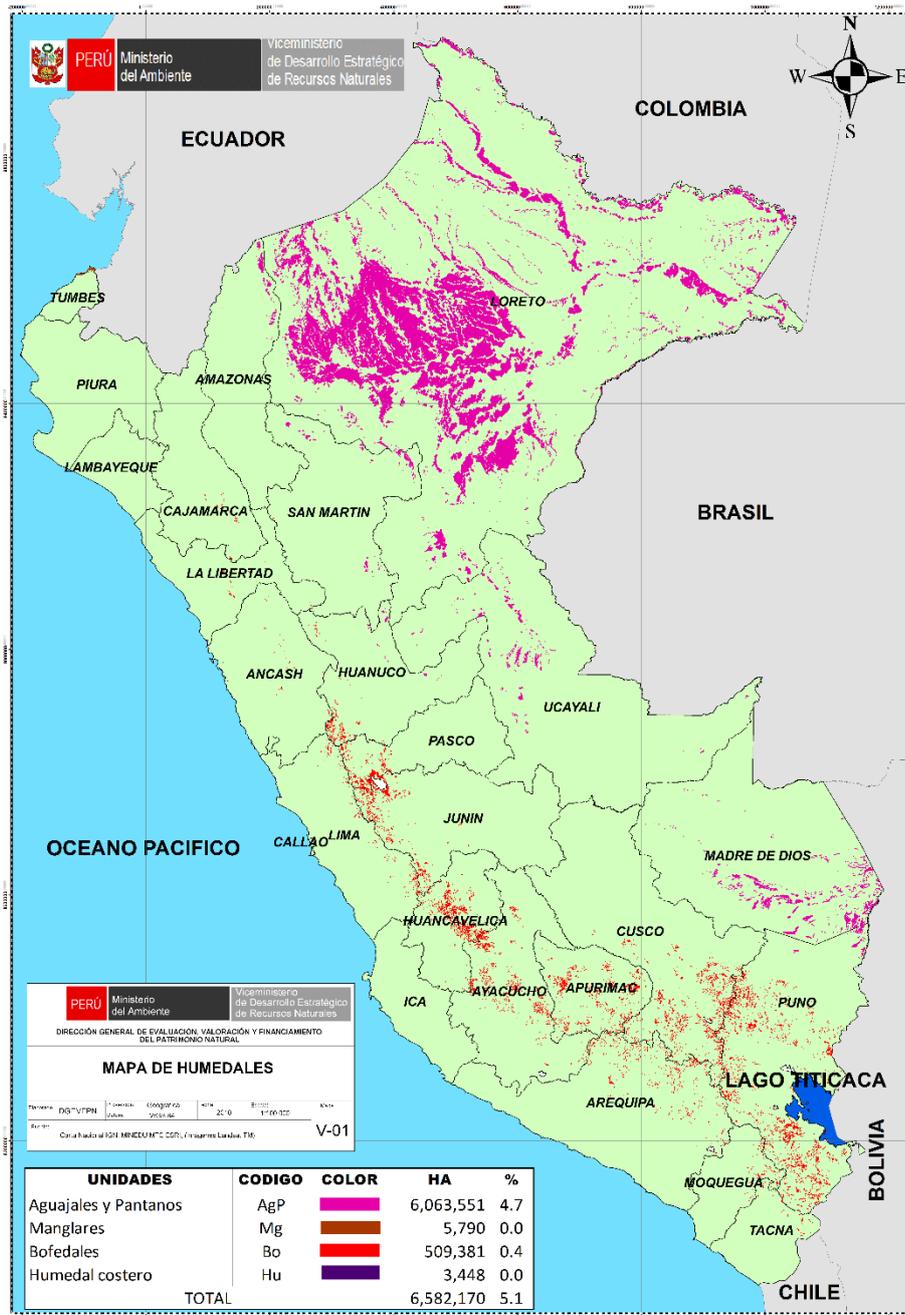


Figura 1. Mapa de Humedales del Perú

FUENTE: Imagen extraída del Sistema Nacional de Información Ambiental (MINAM, 2010)

Por otro lado, a nivel Perú contamos con la Estrategia Nacional de Humedales (D.S. N° 004-2015-MINAM, 2015) la que clasifica a los humedales de la siguiente manera:

- Humedales costeros: manglares, lagunas, estuarios, albuferas, deltas, oasis, pantanos.
- Humedales andinos: lagos, lagunas, bofedales, manantiales, puquios, turberas, humedales de páramos, kársticos andinos.

- Humedales amazónicos: lagos y lagunas, complejos de orillales, kársticos amazónicos, pantanos amazónicos (aguajales, renacales, pungales, pantanos mixtos de palmeras, pantanos herbáceos, pantanos arbustivos), bosques de tahuampa, sabanas inundables de palmeras, varillales húmedos.

También se cuenta con un Mapa Nacional de Humedales (*MINAM*, 2010), en el que se considera la siguiente clasificación:

- Aguajales y Pantanos, con una extensión de 6 063 551 hectáreas.
- Manglares, con una extensión de 5 790 hectáreas.
- Bofedales, con una extensión de 509 381 hectáreas.
- Humedal costero, con una extensión de 3 448 hectáreas.

Acorde a la Figura 1, en el Perú se cuenta con un total de 7 953 191 hectáreas de humedales.

2.1.2. La Convención de Ramsar

También conocido como La Convención sobre Los Humedales, aprobado en Ramsar, Irán el 2 de febrero de 1971. Tratado intergubernamental que tiene como misión la búsqueda de la conservación y el uso racional de los humedales a partir de acciones tanto locales como nacionales y mediante la cooperación internacional, para contribuir al desarrollo sostenible a nivel mundial (*Ramsar*, 2016). Hasta noviembre del 2022, 172 naciones se unieron a la Convención como Partes Contratantes, y 2471 humedales alrededor del mundo abarcando una extensión de 256 192 356 hectáreas han sido designados como Humedales de Importancia Internacional de Ramsar (*Ramsar*, 2022)

En Perú entró en vigencia el 30 de marzo de 1992. Actualmente se cuenta con 14 sitios Ramsar o humedales de importancia internacional, con una superficie total de 6 789 685 hectáreas (*Ramsar*, 2023) , tal como se puede evidenciar en la Tabla 1.

Tabla 1. Lista de Humedales de Importancia Internacional en Perú

Nombre	Fecha de Designación	Ciudad	Extensión	Coordenadas
1.Bofedales y Laguna de Salinas	28/10/2003	Arequipa, Moquegua	17 657 ha	16°22'S 071°07'W
2.Complejo de humedales del Abanico del río Pastaza	05/06/2002	Loreto	3 827 329 ha	04°00'S 075°25'W
3.Estuario de Virrilá	21/06/2021	Piura	5 644 ha	05°50'S 080°49'W
4.Humedal Lucre-Huacarpay	23/09/2006	Cusco	1 979 ha	13°37'S 071°43'W
5.Lago Titicaca	20/01/1997	Puno	460 000 ha	15°49'S 069°30'W
6.Laguna del Indio - Dique de los Españoles	28/10/2003	Arequipa	502 ha	15°46'S 071°03'W
7.Lagunas Las Arreviatadas	15/05/2007	Cajamarca	1 250 ha	05°13'S 079°16'W
8.Manglares de San Pedro de Vice	12/06/2008	Piura	3 399 ha	05°30'S 080°52'W
9.Reserva Nacional de Junín	20/01/1997	Junín, Pasco	53 000 ha	11°00'S 076°07'W
10.Reserva Nacional de Paracas	30/03/1992	Ica	335 000 ha	14°09'S 076°16'W
11.Reserva Nacional Pacaya-Samiria	30/03/1992	Loreto	2 080 000 ha	05°15'S 074°40'W
12.Santuario Nacional Lagunas de Mejía	30/03/1992	Arequipa	691 ha	17°07'S 071°51'W
13.Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes	20/01/1997	Tumbes	2 972 ha	03°25'S 080°16'W
14.Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa	20/01/1997	Lima	263 ha	12°12'S 076°58'W

FUENTE: Tabla extraída de La Lista de Humedales de Importancia Internacional de Ramsar al 7 de noviembre del 2022, la cual está disponible en la siguiente página web <https://www.ramsar.org/es/documento/la-lista-de-humedales-de-importancia-internacional>

2.2. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

El Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado-SERNANP (2023) define a la Áreas Naturales Protegidas como espacios ya sean marinos o terrestres que presentan un reconocimiento, han sido establecidos y se encuentran protegidos legalmente por el estado peruano debido a su gran importancia para la contribución al desarrollo sostenible del Perú, así como la conservación de su biodiversidad.

El SERNANP, organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio del Ambiente y ente rector del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE), fue creado el 13 de mayo del 2008 (MINAM, 2016).

2.2.1. Clasificación

El SINANPE lo conforman las áreas naturales protegidas (ANP) de administración nacional que son gestionadas y administradas por el SERNANP. Dentro de las ANP se cuenta con dos estatus: las Zonas Reservadas o de estatus transitorio y las ANP con estatus definitivo (Castillo et. al, 2021).

Acorde a lo señalado por el SERNANP (2023) existen 9 categorías con estatus definitivo, las mismas que se señalan a continuación:

i. Parques Nacionales

Áreas que presentan muestras típicas de la diversidad natural del Perú. Se protege de manera intangible uno o más ecosistemas, las características paisajísticas, culturales y las asociaciones de flora y fauna silvestre. Son ANP de uso indirecto en donde se encuentra permitido la investigación científica y el turismo en zonas previamente designadas.

ii. Reservas Nacionales

Áreas enfocadas al uso sostenible de los recursos de flora y fauna silvestre, así como a la conservación de la biodiversidad. Son ANP de uso directo, está permitido el uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales por parte de las poblaciones locales, las mismas que se enmarcan en planes de manejo determinados.

iii. Santuarios Nacionales

Áreas que se protegen de manera intangible el hábitat de una especie o comunidad de flora y fauna además de las formaciones naturales de interés científico y paisajístico. Son ANP de

uso indirecto, está permitido la investigación científica y el turismo en zonas previamente designadas.

iv. Santuarios Históricos

Áreas que conservan espacios con valores naturales importantes y que constituyen el entorno de muestras del patrimonio monumental y arqueológico del país, o lugares donde se llevaron a cabo hechos relevantes para la historia nacional. Son ANP de uso indirecto, está permitido la investigación científica y el turismo en zonas previamente designadas.

v. Reservas Paisajísticas

Áreas que conservan ambientes en donde se evidencia una relación armoniosa entre el hombre y la naturaleza debido a su integridad geográfica, además albergan relevantes valores naturales y culturales. Son ANP de uso directo, las poblaciones locales pueden hacer uso y aprovechar de manera sostenible los recursos naturales por medio de planes de manejo determinados.

vi. Refugios de Vida Silvestre

Áreas que conservan características naturales específicas por su rareza o localidades representativas, y protegen especies de flora y fauna silvestre, con énfasis en los sitios de reproducción con la finalidad de recuperar o mantener las poblaciones de especies. Son ANP de uso directo, las poblaciones locales pueden hacer uso y aprovechar de manera sostenible los recursos naturales por medio de planes de manejo determinados.

vii. Reservas Comunes

Áreas que conservan flora y fauna silvestre para provecho de las poblaciones rurales vecinas, las mismas que dan uso de los recursos naturales del área mediante un uso tradicional y enmarcados a planes de manejo. Las comunidades conforman Ejecutores de Contrato de Administración, en donde se gestionan de manera integral y articulada las Reservas Comunes en alianza con el SERNANP. Son ANP de uso directo, las poblaciones locales pueden hacer uso y aprovechar de manera sostenible los recursos naturales por medio de planes de manejo determinados.

viii. Bosques de Protección

Áreas que conservan las riberas de los ríos, las cuencas altas y otros cursos de agua, y protegen las tierras frágiles contra la erosión. Son ANP de uso directo, las poblaciones locales pueden hacer uso y aprovechar de manera sostenible los recursos naturales por medio de planes de manejo determinados.

ix. Cotos de Caza

Son zonas asignadas en donde se practica de manera regulada la caza deportiva, como forma de aprovechamiento de la fauna silvestre. Son ANP de uso directo, las poblaciones locales pueden hacer uso y aprovechar de manera sostenible los recursos naturales por medio de planes de manejo determinados.

Además, 1 categoría con status transitorio:

x. Zona Reservada

Áreas que cuentan con los requisitos para ser consideradas como Áreas Naturales Protegidas, pero que se necesitan estudios complementarios que permitan determinar la extensión, categoría respectiva y viabilidad de su gestión.

En la Tabla 2 se puede evidenciar la cantidad de áreas naturales protegidas por categoría y tipo existentes, además de la extensión en hectáreas de cada uno.

Tabla 2. Clasificación de Áreas Naturales Protegidas de Administración Nacional por Tipo

Tipo	Categoría	Número de ANP	Extensión (hectáreas)
Áreas de Uso Indirecto	Parque Nacional	15	10 394 366.70
	Santuario Nacional	9	317 366.47
	Santuario Histórico	4	41 279.38
Subtotal de Áreas de Uso Indirecto		28	10 753 012.55
Áreas de Uso Directo	Reserva Nacional	17	10 928 608.08
	Refugio de Vida Silvestre	3	20 775.11
	Reservas Paisajísticas	2	711 818.48
	Reservas Comunales	10	2 166 588.44
	Bosques de Protección	6	389 986.99
	Cotos de Caza	2	124 735.00
Subtotal de Áreas de Uso Directo		40	14 342 512.1
Áreas en estudio	Zonas Reservadas	8	588 302.67
Total SINANPE		76	25 683 827.32

FUENTE: Tabla adaptada del documento “Las Áreas Naturales Protegidas en el Perú: Fortalecimiento de la gobernanza, en el marco de la agenda 2030 y los ODS” (Castillo et al., 2021) a partir del Listado de Áreas Naturales Protegidas 22.02.2023.

2.3. HUMEDAL PANTANOS DE VILLA

Ubicado en la costa peruana, en el distrito de Chorrillos, ciudad de Lima, tal como se observa en la Figura 2; catalogado como Área Natural Protegida en la categoría de Refugio de Vida Silvestre y es un sitio Ramsar o humedal de importancia internacional. Presenta una extensión de 263.27 hectáreas (Pulido y Bermúdez, 2018). Tiene como objetivo principal mantener una muestra representativa de los Pantanos del Desierto Pacífico Subtropical, que incluye comunidades vegetales importantes y representativas de los humedales costeros, además de la avifauna residente y migratoria (SERNANP, 2019)

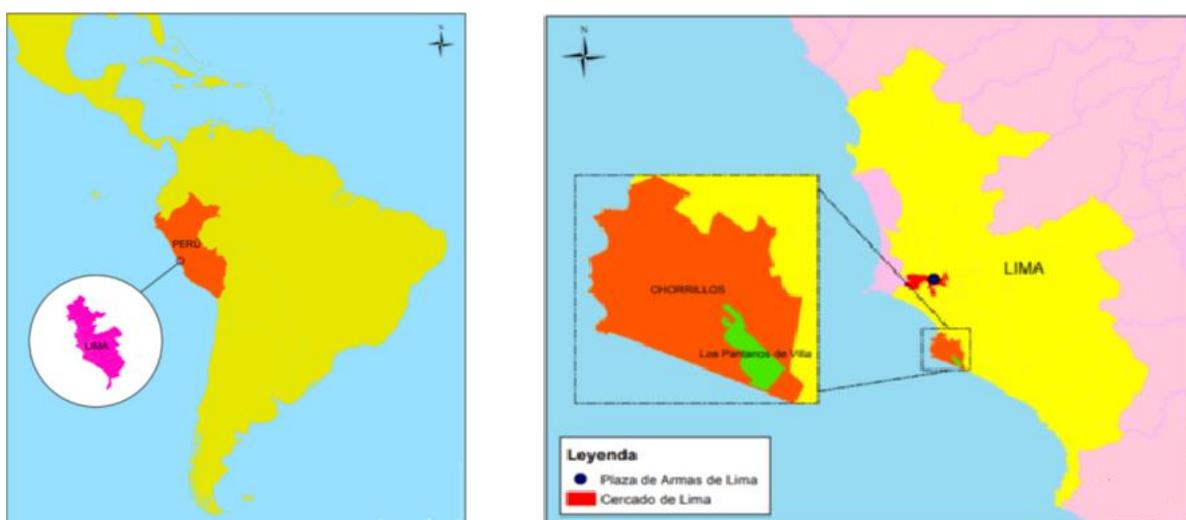


Figura 2. Ubicación del Humedal Pantanos de Villa

2.3.1. Biodiversidad

Tal como lo señala la Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa-PROHVILLA (2021), Pantanos de Villa cuenta con un registro histórico de 98 especies de flora, de las cuales 24 especies no son nativas del humedal (no se encuentran categorizadas). Además, 31 especies de flora están categorizadas como Preocupación menor (LC) (IUCN, 2021), una especie es endémica (*Nolana humifusa*) para Ancash, La Libertad y Lima y *Prosopis pallida* “Huarango” es categorizada como Vulnerable (VU) para la normativa peruana (D.S. N° 043-2006-AG, 2006).

La diversidad de fauna está representada por: 211 especies de aves (Pulido, 2018); 13 especies de peces (SERNANP, 2016); 55 arácnidos (Paredes, 2010), 08 mamíferos (Pacheco et al, 2015), 1161 artrópodos distribuidos en 16 órdenes y 56 familias (Alarcón y Iannacone, 2014), 5 moluscos de agua dulce (Vivar et al., 1996), 29 taxa de fitoplancton, las que se distribuyeron en 20 familias, 7 órdenes (Cepeda et al., 1992); 43 taxa de zooplancton

(Iannacone y Alvarino, 2007), 128 protozoarios distribuidos en 101 géneros, 69 familias y 28 órdenes (Guillén et al., 2003).

La categorización de la fauna del humedal Pantanos de Villa, en base a los registros se tiene para la avifauna: 9 especies de aves en categoría de Casi amenazada (NT), 5 especies en Vulnerable (VU), 5 especies En peligro (EN) y 3 especies en Peligro crítico (CR) para la categoría nacional (D.S. N° 004-2014-MINAGRI, 2014). Según la Lista Roja de IUCN (2022): se tiene 12 especies como Casi) tenemos 26 especies; mientras que, para el caso de endemismos solo se ha registrado a *Geositta peruviana*.

Para el caso de la herpetofauna se tiene, una especie a *Stenocercus modestus* “Lagartija de cola modesta” como En peligro (EN) tanto para la categoría nacional (D.S. N° 004-2014-MINAGRI, 2014) como la lista roja IUCN (2022). Para el caso de endemismos, se tiene 3 especies: *Stenocercus modestus* “Lagartija de cola modesta”, *Microlophus thoracicus* “Lagartija de los gramadales” y *Phyllodactylus microphyllus* “Salamanqueja”.

2.3.2. Propietarios del humedal Pantanos de Villa-PROHVILLA

En el humedal Pantanos de Villa existen distintos propietarios, dentro de ellos resalta la importancia del principal propietario que es el Servicio de Parques de Lima (SERPAR). SERPAR es un organismo público descentralizado de la Municipalidad Metropolitana de Lima, que gestiona el Sistema de Parques y Áreas Verdes, ofreciendo espacios públicos de esparcimiento, cultura y deporte para contribuir a la convivencia y bienestar de la ciudadanía (Ordenanza N° 1784-MML, 2014). Administra aproximadamente el 80% del área total del humedal Pantanos de Villa, conforme a la delimitación aprobada mediante ordenanza N° 184-1998-MML. Además, es importante precisar que la propiedad de SERPAR dentro del humedal Pantanos de Villa es administrada a su vez por la Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa-PROHVILLA por medio de un convenio de administración, llamándose a esta zona Área Ecológica Metropolitana.

La Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa-PROHVILLA se crea mediante Ordenanza N° 184-1998-MML con el fin de velar por la conservación y desarrollo sostenible del humedal Pantanos de Villa. Es un Organismo Público Descentralizado de la Municipalidad Metropolitana de Lima, con personería jurídica de Derecho Público y autonomía administrativa, económica y técnica, que se encarga de la gestión y administración de la Zona de Reglamentación Especial de los Pantanos de Villa (ZRE PV), de acuerdo a la

Ordenanza N° 2264-2020-MML. En la Figura 3 se muestra el organigrama de PROHVILLA integrada por una alta dirección y 8 oficinas.

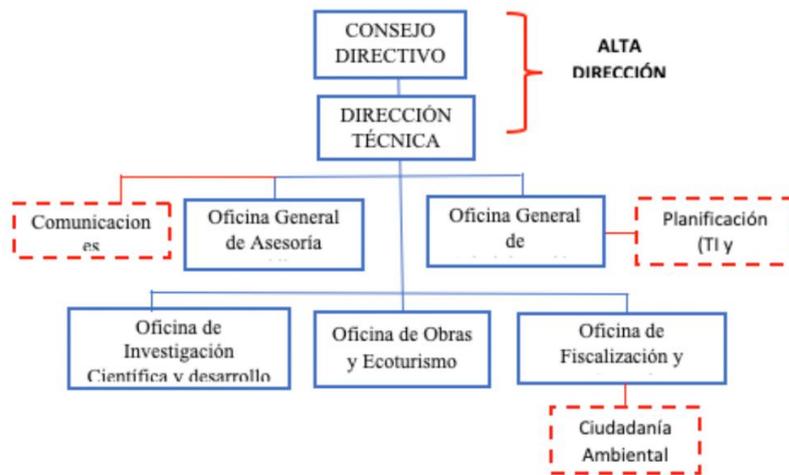


Figura 3. Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa-PROHVILLA
FUENTE: Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa-PROHVILLA



Figura 4. Miembros del Consejo Directivo de PROHVILLA

En la figura 4 se pueden observar los miembros del Consejo Directivo de PROHVILLA, que lo conforman las 4 municipalidades que forman parte de la Zona de Reglamentación Especial

de los Pantanos de Villa (ZRE PV), es decir la Municipalidad Distrital de Chorrillos, Municipalidad Distrital de Villa El Salvador, Municipalidad Distrital de Santiago de Surco y la Municipalidad Distrital de San Juan de Miraflores. Así mismo, forman parte del mismo el Servicio de Parques de Lima, el Instituto Metropolitano de Planificación y se cuenta con un órgano consultor que son nuestras niñas y niños guardianes de los Pantanos de Villa. Entiéndase por Zona de Reglamentación Especial de los Pantanos de Villa al humedal Pantanos de Villa y el entorno territorial que ejerce influencia sobre sus procesos ecológicos inherentes (Ordenanza 2264-2020-MML,2020).

Además, dentro de la Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa-PROHVILLA se tiene a la Oficina de Investigación Científica y Desarrollo de Proyectos (OICDP), órgano encargado de la planificación y evaluación del humedal Pantanos de Villa, a partir de labores de campo y gabinete con la finalidad de establecer los impactos ambientales que puedan afectar el ecosistema; así como la realización de proyectos para impulsar al Área Natural (ROF-PROHVILLA). La OICDP tiene las siguientes funciones:

- Elaborar e implementar el Plan Anual de Evaluación del Estado Ambiental del Área Natural.
- Ejecutar evaluaciones para establecer la calidad del recurso hídrico en los distintos cuerpos de agua que integran el Área Natural.
- Ejecutar censos periódicos de especies de flora y fauna propias del Área Natural.
- Monitorear el ruido ambiental en la ZRE PV.
- Planificar y ejecutar proyectos de desarrollo que PROHVILLA presentará ante entidades públicas o privadas para la obtención de financiamiento por cooperación técnica.
- Las demás que le sean asignadas por el Consejo Directivo o la Dirección Técnica, o le corresponda de acuerdo a ley.

Tal como se señala, dentro de las funciones de la OICDP se mencionan la ejecución de monitoreos ambientales: ruido y agua; indispensables para el control ambiental del humedal Pantanos de Villa. Así mismo, es importante mencionar que el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP) es el ente rector del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado y junto con PROHVILLA realizan un trabajo articulado en pro de la conservación del humedal Pantanos de Villa.

2.3.3. Historia

En el año 1977, mediante Decreto Supremo N° 099-77-VC se crea el Parque Zonal Metropolitano N° 25 Pantanos de Villa para fines culturales y de recreación. Posteriormente, el 7 de junio del año 1989 Pantanos de Villa es incorporado oficialmente al Sistema de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE) mediante Resolución Ministerial N° 14-89-AG/DGFF, bajo la categoría temporal de Zona Reservada. El 31 de enero de 1991 mediante acuerdo del concejo provincial de Lima N° 26-91, se declara al mencionado Parque Zonal Metropolitano N° 25 como Área Ecológica Metropolitana. El 20 de enero de 1997 el humedal Pantanos de Villa fue reconocido como un humedal de Importancia Internacional o sitio Ramsar. Además, mediante Ordenanza N° 184-1998-MML de fecha 11 de noviembre de 1998 se creó la Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa-PROHVILLA y la Zona de Reglamentación Especial de los Pantanos de Villa-ZRE PV. Finalmente, el 31 de agosto del 2006 mediante Decreto Supremo N° 055-2006-AG al humedal Pantanos de Villa se le da la categoría de Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa. La línea de tiempo mencionada se puede observar en la figura 5.

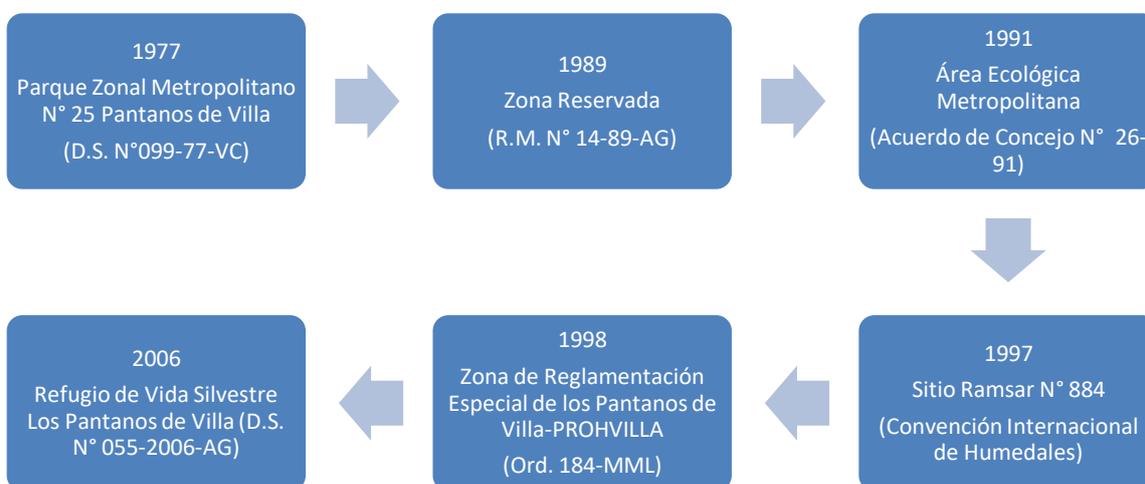


Figura 5. Historia del humedal Pantanos de Villa/PROHVILLA
FUENTE: Ficha Técnica Zona Reservada Los Pantanos de Villa.

2.4. MONITOREOS AMBIENTALES

Tal como lo menciona Marín (2006), el monitoreo hace referencia a un seguimiento sistémico y periódico de una determinada actividad, que tiene como fin determinar el grado en el que el resultado coincide con lo esperado, para de esta manera detectar de manera adecuada deficiencias, obstáculos y/o necesidades de ajuste a la ejecución. Así mismo, el monitoreo ambiental es un proceso de observación repetitiva, con objetivos claros relacionados a los elementos del ambiente, acorde a un plan temporal.

Ramsar (2010) señala que uno de los principales objetivos del monitoreo y la evaluación es permitir la detección de los cambios o probables cambios en las características ecológicas de los humedales y ofrecer respuestas a estos. Para detectar cambios actuales o potenciales en las características ecológicas de un humedal, se necesita una labor periódica de monitoreo. El monitoreo se define en el Marco de Ramsar para el Inventario de Humedales (Anexo a la Resolución VIII.6) como una agrupación de información determinada con fines de monitoreo a partir de una hipótesis derivada de actividades de evaluación, cuyos resultados de monitoreo serán aplicados en las actividades de gestión.

2.4.1. Tipos

- Monitoreo de calidad de agua: El término calidad de agua hace referencia a la condición que posee un cuerpo de agua disponible para un propósito (uso) en específico. Los parámetros físicos, químicos y biológicos que describen el sistema son los que determinan la condición del cuerpo de agua. Los cambios de estos parámetros pueden alterar la idoneidad del agua requerida para los sistemas ecológicos naturales y los usos posibles del ser humano (Boyd, 2015).
- Monitoreo de calidad del aire: El término calidad de aire hace referencia al nivel de inmisión de cuán contaminado o limpio se encuentra el aire, a partir de la evaluación de las concentraciones de contaminantes que se encuentran en el ambiente, condicionando la buena o mala calidad de la misma (Guevara, 2017)
- Monitoreo de ruido ambiental: Hace referencia a la medición del nivel de presión sonora generada por diversas fuentes de acuerdo al lapso de tiempo en que se producen, éstos pueden ser estables, fluctuantes, intermitentes e impulsivos en un área determinada. Existen tres tipos de ponderación de frecuencia correspondientes a niveles de alrededor de 40 dB, 70 dB y 100 dB, llamadas A, B y C respectivamente. De los resultados

obtenidos, la ponderación A se aplicaría a los sonidos de bajo nivel, la B a los de nivel medio y la C a los de nivel elevado (MINAM, 2013)

2.4.2. Normativas Nacionales e Internacionales aplicables al presente trabajo

A continuación, se mencionarán las normativas nacionales e internacionales que fueron aplicadas en el presente trabajo:

a. Normativas Generales

- Ley N° 28611- Ley General del Ambiente
- Ordenanza N° 2264-Ordenaza sobre la Zona de Reglamentación Especial de los Pantanos de Villa
- Acuerdo de Consejo N° 107-2006-MML/PROHVILLA-CD-Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa-PROHVILLA
- Decreto Supremo N° 004-2015-MINAM- Estrategia Nacional de Humedales
- Ordenanza N° 838-Estatuto de la Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa-PROHVILLA

b. Normativas Específicas

i. Monitoreo de Calidad de Agua

- Ley N° 29338-Ley de Recursos Hídricos
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM-Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y disposiciones complementarias
- Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA-Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales
- Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA-Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales
- Directiva N° 001-2020-MML/PROHVILLA/OICDP: Directiva para monitorear la calidad del agua en la Zona de Reglamentación Especial de los Pantanos de Villa-ZRE PV

ii. Monitoreo de Calidad de Aire

- Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM- Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire y disposiciones complementarias
- Resolución Ministerial N° 181-2016-MINAM-Índice de Calidad de Aire (INCA)
- Decreto Supremo N° 010-2019-MINM-Protocolo Nacional de Monitoreo de Calidad Ambiental de Aire
- Guías de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud relativas al material particulado, el ozono, dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre

iii. Monitoreo de Ruido Ambiental

- Ordenanza N° 1965-MML-Ordenanza Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Sonora
- Decreto Supremo N° 085-2003-PCM-Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido
- Norma Técnica Peruana NTP ISO 1996-2007-Acústica, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Índices básicos y procedimiento de evaluación
- Norma Técnica Peruana NTP ISO 1996-2008- Acústica, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental
- Norma Técnica Peruana NTP ISO 854.001 2012 (revisada el 2017). Acústica, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1, 2 y 3.

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

El presente trabajo es una monografía, es decir un texto académico que resulta de una investigación documental que busca explicar el estado de conocimiento de un tema en específico. Permite el manejo de métodos generales de la ciencia (análisis y síntesis) enfocado hacia un problema de investigación identificado por el investigador (Corona, 2015)

El sitio de estudio es parte de la Zona de Reglamentación Especial de los Pantanos de Villa (ZRE PV), la cual incluye al humedal Pantanos de Villa y a su zona de influencia directa. Es importante indicar que para los monitoreos de ruido ambiental y aire solo se considerará el humedal Pantanos de Villa, mientras que para el monitoreo de calidad de agua se considerará parte de la ZRE PV, especialmente los canales y manantiales que alimentan al humedal tal como se observa en la figura 6.

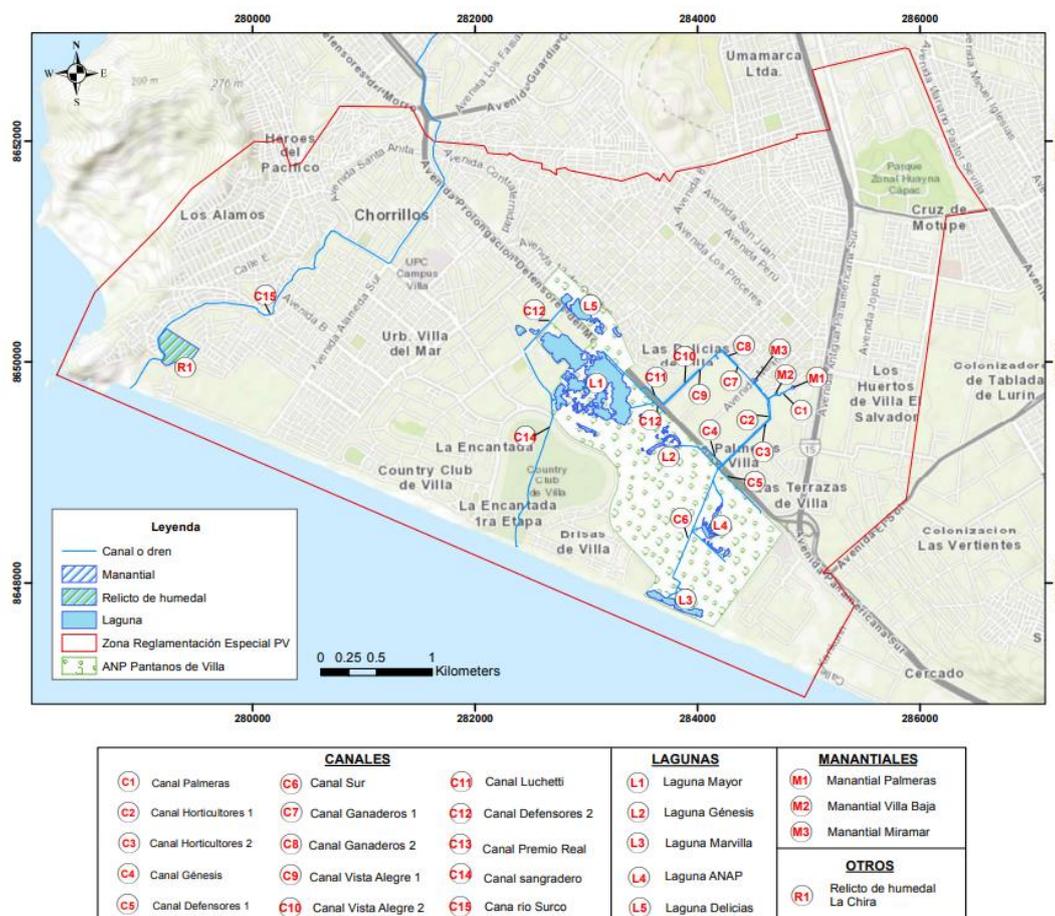


Figura 6. Mapa de recursos hídricos de la ZRE PV
FUENTE: Ordenanza 2264-2020-MML

La investigación es de tipo no experimental longitudinal o evolutiva, la cual tiene como propósito analizar cambios a través del tiempo. El presente trabajo se compone de cinco etapas. La metodología para el análisis e interpretación de estas etapas es multivariable cuantitativa y cualitativa complementada con la elaboración de mapas temáticos mediante el uso de sistemas de información geográfica (GIS, por sus siglas en inglés).

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA Y LOS APORTES PROFESIONALES DEL TRABAJO

3.1.1. Contexto Laboral

La Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa-PROHVILLA se crea mediante Ordenanza N° 184-1998-MML con el fin de velar por la conservación y desarrollo sostenible del humedal Pantanos de Villa. Es un Organismo Público Descentralizado de la Municipalidad Metropolitana de Lima, con personería jurídica de Derecho Público y autonomía administrativa, económica y técnica, encargada de la gestión y administración de la Zona de Reglamentación Especial de los Pantanos de Villa (ZRE PV), de acuerdo a la Ordenanza N° 2264-2020-MML.

PROHVILLA, con oficina administrativa ubicada en el distrito de Chorrillos, tiene más de 25 años de experiencia en la conservación de humedales, específicamente en la administración del humedal Pantanos de Villa (administra cerca al 80% de este espacio por convenio con SERPAR). Dentro de sus objetivos se tiene:

- Determinar el marco legal que permita reglamentar los diversos usos de suelo que se vienen desarrollando o se van a desarrollar en la ZRE PV.
- Instaurar medidas de protección ambiental y prevención de riesgos en la ZRE PV, por medio del trabajo articulado de PROHVILLA con la MML, municipalidades distritales y entidades competentes.
- Fomentar la participación vecinal para la conservación del humedal.

Dichos objetivos los trabaja de la mano de 4 grandes pilares: investigación científica, ecoturismo, educación ambiental y vigilancia ambiental. Cuenta con la Oficina de Investigación Científica y Desarrollo de Proyectos que se encarga de la ejecución de los diversos monitoreos biológicos, hidrogeológicos y ambientales que se realizan en la ZRE PV y de la promoción de la investigación científica.

Las labores como parte del equipo de PROHVILLA iniciaron el año 2019 y finalizaron en 2023, los cargos desempeñados en la Oficina de Investigación Científica y Desarrollo de Proyectos fueron:

a) Especialista Ambiental

- Elaboración de informes técnicos ambientales (agua, aire, suelo, ruido y residuos sólidos).
- Monitoreo de la calidad de agua, aire, suelo, ruido y residuos sólidos en la Zona de Reglamentación Especial de los Pantanos de Villa.
- Responsable del seguimiento de las investigaciones y/o tesis en el humedal.
- Seguimiento a las medidas de ecoeficiencia en PROHVILLA.
- Responsable del seguimiento de Datos Abiertos de la Oficina de Investigación Científica y Desarrollo de Proyectos

b) Jefa de la Oficina de Investigación Científica y Desarrollo de Proyectos

- Articulación con distintas instituciones para el establecimiento de convenios: ANA, SENAMHI, Ecología Molinera, CORBIDI, UTEC, URP, entre otras.
- Cumplimiento de objetivos acorde al Plan Operativo Institucional de Prohvilla 2021-2022-2023 (biológico, ambiental e hidrogeológico)
- Elaboración de opiniones e informes técnicos ambientales dirigidos a instituciones como: MML, IMP, Municipalidad Distrital de Chorrillos, ANA, entre otros.
- Integrante de los Grupos Técnicos Metropolitanos: Gestión y Conservación de Ecosistemas e Implementación y Seguimiento del Plan Local de Cambio Climático-Lima.
- Responsable del seguimiento de Datos Abiertos de la Oficina de Investigación Científica y Desarrollo de Proyectos
- Responsable del seguimiento de las investigaciones y/o tesis en el humedal.

3.1.2. Determinación de la Problemática y su Manejo

Los humedales son ecosistemas muy importantes ya que brindan múltiples beneficios o servicios ecosistémicos que proporcionan a la humanidad tales como: suministro de

biodiversidad, agua dulce, alimentos, materiales de construcción, recarga de aguas subterráneas, control de crecidas y mitigación del cambio climático (Ramsar, s.f.)

Dentro de los 14 sitios Ramsar o humedales de importancia internacional en el Perú se encuentra el humedal Pantanos de Villa, reconocido como tal el 20 de enero de 1997, teniendo como criterio que es un humedal representativo o único y que es hábitat de aves acuáticas y es un lugar de paso de aves migratorias de la Costa del Pacífico (UNALM, 1996). Además, en 1989 se declaró a Pantanos de Villa como Zona Reservada y el 31 de agosto del 2006 (Decreto Supremo N° 055-2006) se le designó como Refugio de Vida Silvestre y de esta manera se incorporó al Sistema Nacional de Áreas Protegidas por el Estado peruano (SERNANP, 2016).

A pesar de ser un Área Natural Protegida y un humedal de importancia internacional, Pantanos de Villa no ha estado exento de la problemática mundial de disminución de superficie. El estudio realizado por la Oficina Nacional de Recursos Naturales (ONERN) en 1991 conjuntamente con el Instituto Metropolitano de Planificación, determinó que los Pantanos de Villa abarcaron una superficie de 1 530 ha en 1943, actualmente solo 263,27 ha se encuentran bajo la condición de área natural protegida. Es decir, se ha perdido más del 80% del territorio de importancia potencial para las aves, lo que significa que la tasa anual de destrucción del humedal ha sido de 16,8 ha/año (Pulido y Bermúdez, 2018).

Por otro lado, la calidad de los humedales también ha disminuido. Las principales amenazas son: las aguas residuales no tratadas, la escorrentía agrícola, los residuos industriales, la erosión, los cambios en los sedimentos (Ramsar, 2018). Adicional a su reducción en superficie, el humedal Pantanos de Villa presenta muchas amenazas dentro de las cuales es importante destacar: la contaminación acústica proveniente del tránsito vehicular que afecta a las aves (Camargo, 2018), la contaminación del recurso hídrico debido a las urbanizaciones, fábricas y camales que rodean el humedal, además de la falta de conciencia y conocimiento en relación con la conservación del humedal (Ingemmet, 2019), entre otros. En tal sentido, para poder conocer en qué medida se ha visto afectado el humedal Pantanos de Villa debido a las actividades antropogénicas y que decisiones o acciones de gestión tomar es que se han desarrollado diversos monitoreos ambientales, dichos monitoreos han sido ejecutados por mi persona mientras me desempeñaba como especialista ambiental y también por el equipo de PROHVILLA con el apoyo de la Municipalidad de Lima, además los diversos documentos de gestión que se desarrollaron recibieron opinión de diversas

instituciones como el MINAM, ANA, MML, entre otras. Dichos datos de monitoreos son de acceso libre y se encuentran en el portal de datos abiertos de la Municipalidad Metropolitana de Lima. Cabe precisar que debido a la importancia de este ecosistema existe información suficiente para sustentar el desarrollo del presente estudio.

Tomando en cuenta ello, el trabajo monográfico ha analizado los datos generados por los monitoreos ambientales y los ha comparado en una escala de tiempo haciendo énfasis en cómo estos resultados han permitido una adecuada gestión del humedal, para una toma de decisiones correcta y vinculada al conocimiento científico.

3.1.3. Problemática identificada

La problemática general identificada fue:

Las actividades antropogénicas que se realizan en el entorno del humedal Pantanos de Villa afectan a la calidad de los componentes ambientales agua y aire.

De esta problemática se generan dos ejes importantes:

- ¿Es posible conocer la calidad ambiental de los componentes agua y aire en la ZRE PV?
- ¿A partir de los datos obtenidos de los monitoreos ambientales, es posible tomar decisiones de gestión?

3.1.4. Planteamiento del manejo de la problemática

Considerando que los monitoreos ambientales ya se habían ejecutado y se contaba con los datos disponibles, la problemática fue abordada de la siguiente manera:

- Primero: Se hizo un tratamiento a los datos de los monitoreos ambientales a partir de la generación de tablas, gráficos y mapas.
- Segundo: Se realizó un análisis comparativo de dichos datos, tomando en cuenta el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.
- Tercero: Se indicó como los datos generados en dichos monitoreos contribuyeron en la toma de decisiones de gestión.

La revisión de la información fue importante porque nos permitiría:

- Conocer el comportamiento y como varió en el tiempo cada uno de los componentes ambientales estudiados (agua y aire) a partir de los parámetros ambientales evaluados.

- Conocer las decisiones de gestión que se tomaron a partir de dichos datos y la importancia de continuar con dichos monitoreos.

3.1.5. Contribución Personal

La participación de la autora de esta monografía fue importante ya que participó directamente de la toma de datos, generación de documentos de gestión ambiental, análisis de información y toma de decisiones de gestión. El presente TSP aborda como tema principal:

Conservación del humedal Ramsar Pantanos de Villa: Monitoreos Ambientales

Es importante señalar que el presente trabajo tiene como valor agregado que marca una inherente pero no tan conocida relación entre lo científico y la gestión municipal. Es decir, se podrá notar que, a partir de los datos generados en los monitoreos ambientales, que son datos técnicos se ha logrado tomar decisiones de gestión que han generado un beneficio no solo para el ecosistema sino también para la población adyacente. Logrando que dichos datos nutran otros estudios y se generen más documentos de gestión, artículos científicos, entre otros.

Además, los monitoreos ambientales que se señalan en el presente estudio se siguen ejecutando por PROHVILLA debido a la relevancia que estos tienen y que nos han permitido realizar evaluaciones de impactos ambientales generados por actividades específicas.

3.1.6. Relación con la Carrera

El presente TSP ha permitido adquirir conocimientos ambientales y normativos fundamentales, además ha permitido conocer la relación entre lo científico y la gestión municipal. Es decir, nos permite vislumbrar como un adecuado manejo de los datos de los monitoreos ambientales nos permite tomar decisiones relevantes en pro de la conservación del humedal Pantanos de Villa. Muchos de los aspectos que se han desarrollado durante la monografía, han sido temas que están directamente relacionados con la ingeniería ambiental.

Los cursos que están directamente relacionados con la ejecución de la presente monografía son: Introducción a la Ingeniería Ambiental, Derecho y Legislación Ambiental, Hidrología e Hidrogeología Ambiental, Contaminación de Aguas, Contaminación Atmosférica, Evaluación y Monitoreo Ambiental en Proyectos de Ingeniería.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MONITOREOS AMBIENTALES REALIZADOS POR PROHVILLA

Este punto presenta una naturaleza descriptiva, por lo que se consideraron fuentes bibliográficas, documentos de gestión, protocolos nacionales y/o internacionales con respecto a los fundamentos teóricos y prácticos de los monitoreos ambientales realizados por PROHVILLA. Además, se consideraron mapas temáticos en marco a las estaciones de monitoreo establecidas para los monitoreos de calidad de agua, aire y ruido ambiental.

3.3. EVALUACIÓN DEL MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA REALIZADO EN EL HUMEDAL PANTANOS DE VILLA Y PARTE DE SU ZONA DE REGLAMENTACIÓN ESPECIAL

Se empleó un análisis cuantitativo y cualitativo de la información del monitoreo de calidad de agua realizado desde noviembre del 2019 a diciembre del 2021 considerándose un análisis específico por parámetro evaluado: pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, temperatura, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos y amoníaco. Los resultados se compararon con el Estándar de Calidad Ambiental-ECA de agua (D.S. N°004-2017-MINAM) en la categoría 4, conservación del ambiente acuático, subcategoría E1, lagunas y lagos, la cual incluye humedales. Así mismo, se mencionaron artículos científicos realizados en marco a esta evaluación y que contemplan otros parámetros de evaluación.

3.4. EVALUACIÓN DEL MONITOREO DE CALIDAD DE RUIDO AMBIENTAL REALIZADO EN EL HUMEDAL PANTANOS DE VILLA

Se empleó un análisis cuantitativo y cualitativo de la información del monitoreo de ruido ambiental realizado desde octubre del 2019 a abril del 2022. En la evaluación se consideraron variables como Leq (nivel de presión sonora equivalente), L_{máx} (nivel de presión sonora máxima), L_{min} (nivel de presión sonora mínima), número de vehículos por minuto, así mismo estos valores fueron comparados con lo que estipula la Ordenanza Municipal N° 2264 sobre la Zona de Reglamentación Especial de los Pantanos de Villa.

3.5. EVALUACIÓN DEL MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE REALIZADO EN EL HUMEDAL PANTANOS DE VILLA

Se empleó un análisis cuantitativo y cualitativo de la información del monitoreo de calidad de aire durante el año 2021. El procesamiento de los datos se realizó acorde a lo establecido en el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental de Aire (Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM), el cual señala que, para la validación de los datos en un monitoreo continuo, su disponibilidad mínima debe ser del 75 %. Los datos de las concentraciones registradas de los contaminantes atmosféricos, se compararon con los valores establecidos en los ECA aire aprobados mediante Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM y los valores límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Asimismo, se calculó el Índice de Calidad de Aire (INCA) para todos los parámetros medidos durante agosto 2020 a abril 2022.

3.6. IDENTIFICACIÓN DE LAS ACCIONES TOMADAS A PARTIR DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS MONITOREOS DE CALIDAD DE AGUA, RUIDO AMBIENTAL Y AIRE DEL HUMEDAL PANTANOS DE VILLA Y PARTE DE SU ZONA DE REGLAMENTACIÓN ESPECIAL

Este punto presenta una naturaleza descriptiva, para lo cual se mencionaron las acciones o decisiones de gestión que se tomaron en marco a los resultados que se obtuvieron de los monitoreos ambientales de PROHVILLA realizados en el humedal Pantanos de Villa y parte de su Zona de Reglamentación Especial.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MONITOREOS AMBIENTALES REALIZADOS POR PROHVILLA

La Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa-PROHVILLA realiza diversos monitoreos ambientales: Monitoreo de calidad de agua, ruido ambiental, aire, residuos sólidos y suelo. En el presente trabajo se mencionarán a los tres primeros.

4.1.1. Monitoreo de calidad de agua

En el año 2020 se aprobó por Consejo Directivo la Directiva N° 001-2020-MML/PROHVILLA/OICDP: Directiva para monitorear la calidad del agua en la Zona de Reglamentación Especial de los Pantanos de Villa-ZRE PV, la cual tuvo como documentos normativos bases a la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, que aprueba el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales; en el que se señala el procedimiento correcto para el monitoreo de la calidad del agua.

El monitoreo de la calidad de las aguas se realizó en las lagunas del Humedal Pantanos de Villa y en los canales que las alimentan, ubicados en la ZRE PV; lugares en los que están ubicadas 41 estaciones de monitoreo agrupadas en 3 zonas, tal como se puede observar en la figura 7: 14 en la Zona Villa Baja (figura 8), 10 en la Zona Las Delicias y Mayor (figura 9); y 17 en la Zona Génesis y Marvilla (figura 10).

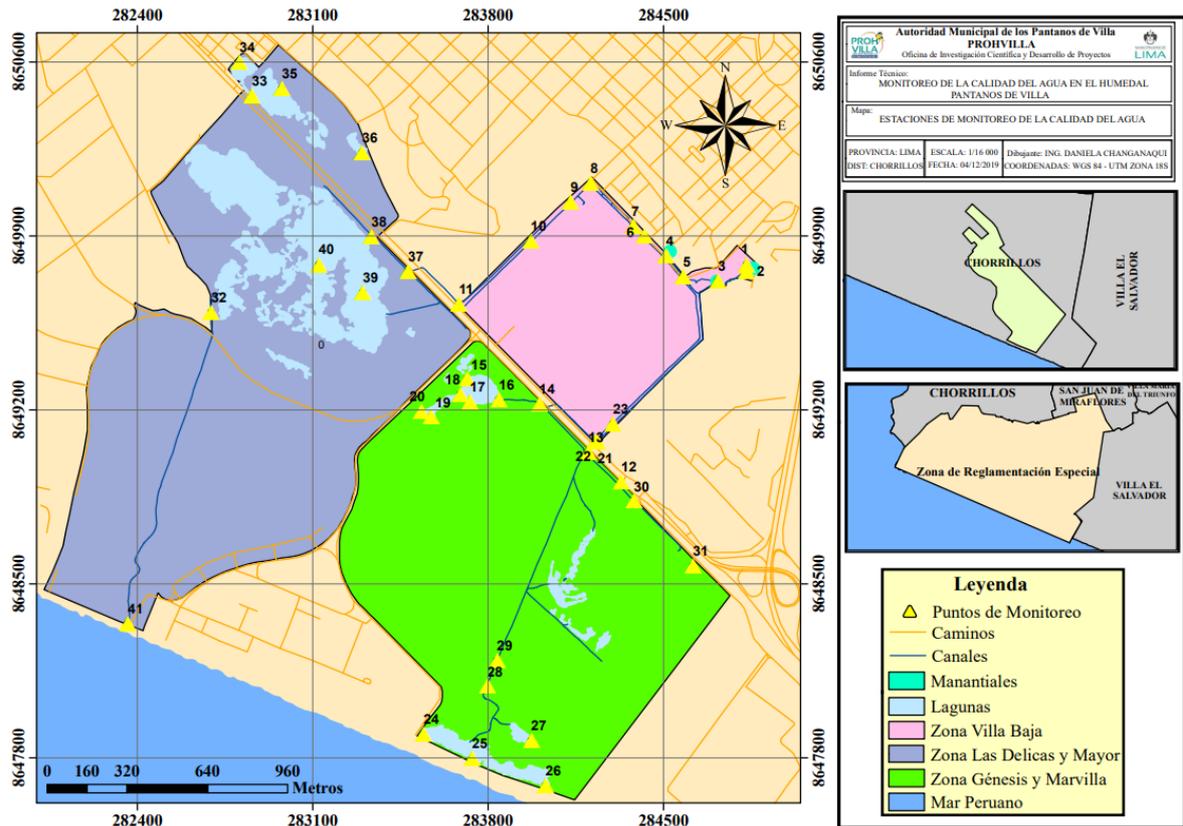


Figura 7. Estaciones y zonas de monitoreo en la ZRE PV

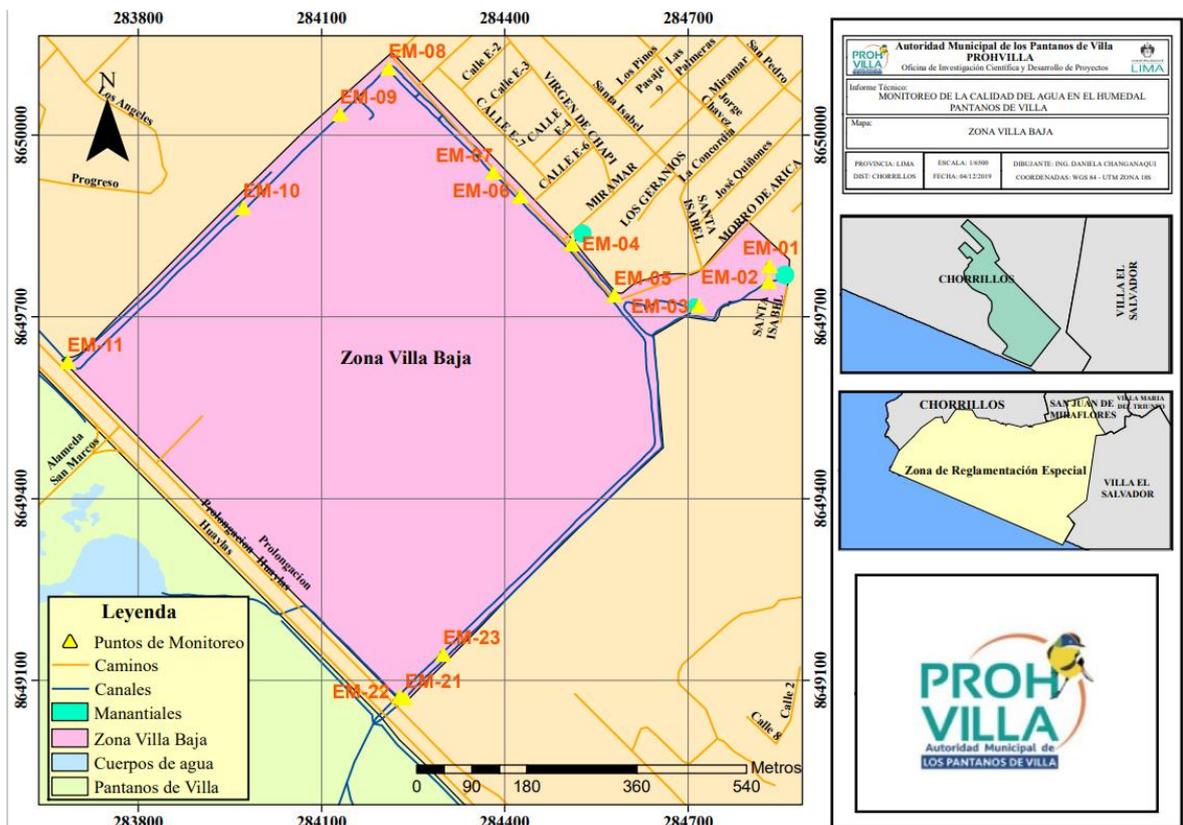


Figura 8. Estaciones de monitoreo ubicadas en la Zona Villa Baja

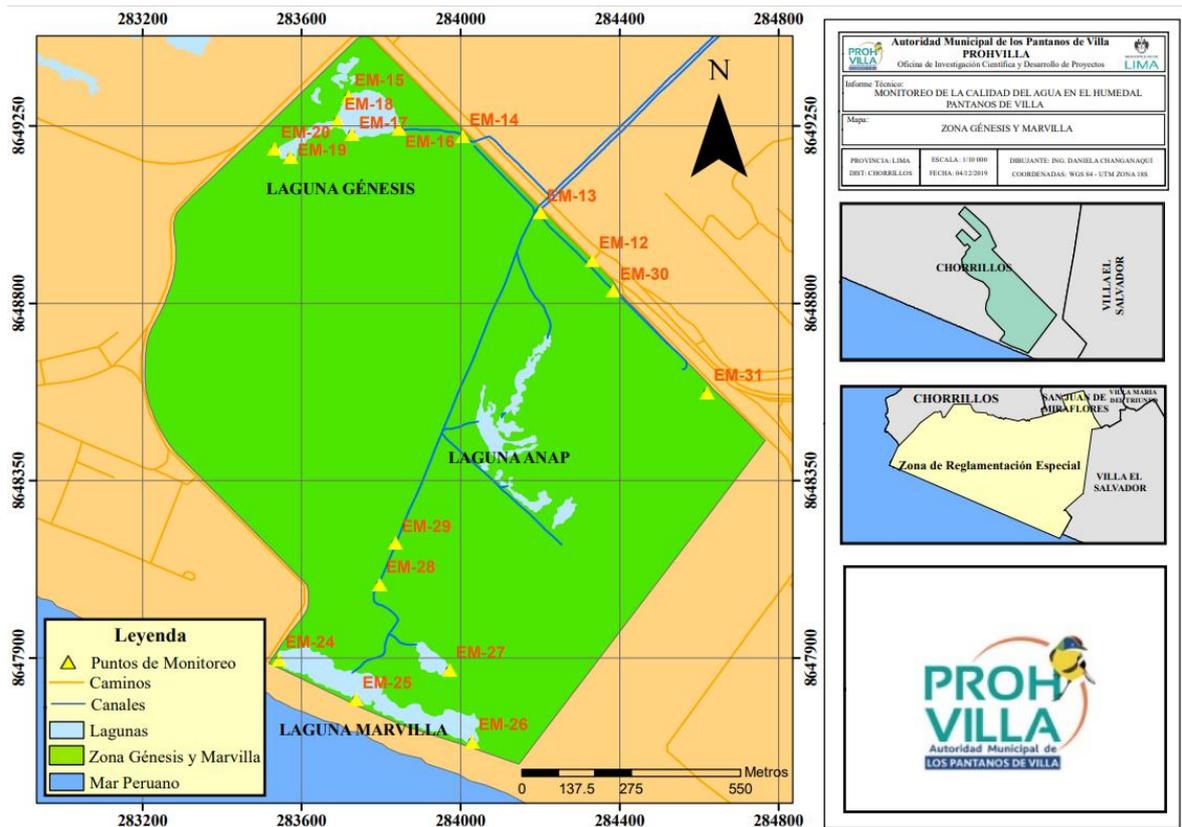


Figura 9. Estaciones de monitoreo ubicadas en la Zona Génesis y Marvilla

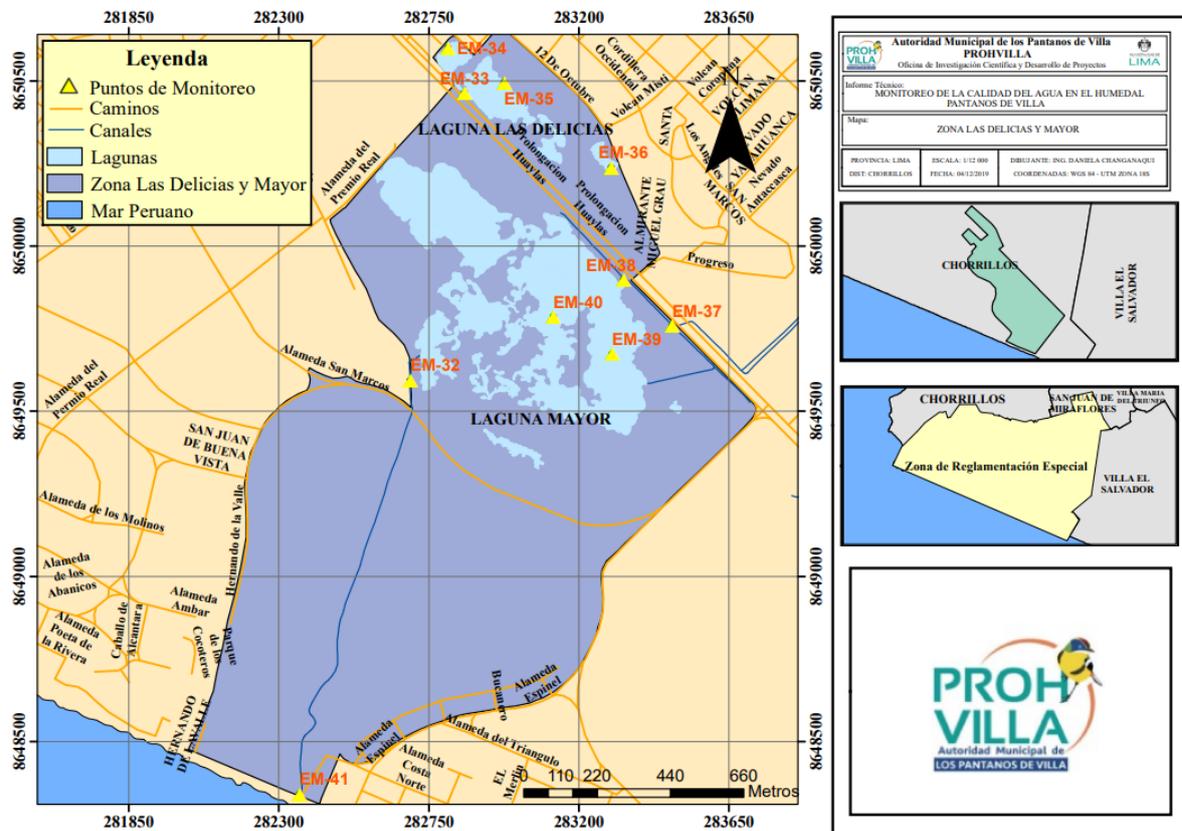


Figura 10. Estaciones de monitoreo ubicadas en la Zona Las Delicias y Mayor

Además, se tiene georeferenciadas cada una de las estaciones de monitoreo y su respectiva referencia de ubicación, tal como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de agua en la ZRE PV

Estación	Coordenadas Este	Coordenadas Norte	Altitud	Referencia de Ubicación
EM-01	284833	8649785	57	Manantial Palmeras, Villa Baja parte alta.
EM-02	284832	8649758	22	A 25 metros del EM-01, pasando un puente pequeño.
EM-03	284718	8649719	25	Manantial Villa Baja.
EM-04	284510	8649821	17	Manantial Miramar, se encuentra dentro de una propiedad privada.
EM-05	284579	8649737	18	Cerca al Manantial Miramar, cerca a un vertimiento de aguas residuales domésticas.
EM-06	284425	8649900	17	Adyacente al centro de engorde de ganado.
EM-07	284381	8649939	19	A 70 metros de la estación EM-06.
EM-08	284210	8650111	13	Intersección entre Av. Vista Alegre y calle Ganaderos.
EM-09	284130	8650036	13	Canal Vista Alegre 1, a 110 metros de la EM-08.
EM-10	283971	8649881	14	Canal Vista Alegre 1, a 230 metros de la EM-09.
EM-11	283684	8649626	14	Canal Vista Alegre 1, adyacente al almacén de Inkafarma (ex Lucchetti).
EM-12	284331	8648909	39	Canal Defensores 1.
EM-13	284200	8649030	14	Inicio del Canal Sur, a 180 metros de la EM-12.
EM-14	284005	8649223	15	A 270 metros del EM-13. Zona donde se evidencia regularmente efluente de camal.
EM-15	283717	8649324	12	Al borde de la laguna Génesis.
EM-16	283844	8649242	11	Punto de unión del canal que alimenta a la laguna Génesis.
EM-17	283727	8649230	11	Interior de la laguna Génesis.
EM-18	283690	8649263	11	Interior de la laguna Génesis.
EM-19	283573	8649172	13	Interior de la laguna Génesis. Parte más alejada.
EM-20	283532	8649192	7	Desfogue principal de la laguna Génesis
EM-21	284237	8649070	15	Canal Horticultores 2, adyacente a terreno vacío.
EM-22	284228	8649074	19	Canal Horticultores 1, adyacente a camal.
EM-23	284299	8649144	18	A 100 metros de la EM-22.
EM-24	283543	8647896	9	Borde de la laguna Marvilla cercano a la puerta.
EM-25	283737	8647796	10	Borde de la laguna Marvilla, aproximadamente al centro.
EM-26	284029	8647688	12	Borde de la laguna Marvilla, más al sur.
EM-27	283972	8647870	10	En el cuerpo de agua que se encuentra a la espalda de la laguna Marvilla.
EM-28	283796	8648087	12	Puente ubicado en el canal Sur.

Continuación ...

Estación	Coordenadas Este	Coordenadas Norte	Altitud	Referencia de Ubicación
EM-29	283836	8648192	10	A 115 metros de la estación EM-28. Zona donde hay caballos.
EM-30	284383	8648832	16	Canal Defensores 1, donde solían depositar con frecuencia desmonte (paradero Santa Rosa).
EM-31	284619	8648574	13	Canal Defensores 1, punto final adyacente a un Rancho.
EM-32	282695	8649593	7	Canal Sangradero, adyacente a la Av. Hernando Lavalle.
EM-33	282858	8650463	10	Laguna Las Delicias, borde adyacente a la Av. Defensores del Morro.
EM-34	282808	8650600	11	Laguna Las Delicias, borde adyacente a viviendas.
EM-35	282977	8650495	11	Laguna Las Delicias, borde adyacente a zona de abundante vegetación tipo totora y junco.
EM-36	283298	8650237	10	Laguna Las Delicias, borde cercano a la Av. 12 de octubre.
EM-37	283481	8649759	11	Canal Defensores 2.
EM-38	283334	8649897	12	Ingreso del agua a la laguna Mayor, cerca al mirador n° 3.
EM-39	283301	8649673	12	Interior de la laguna Mayor.
EM-40	283124	8649785	12	Interior de la laguna Mayor.
EM-41	282362	8648340	12	Punto de desfogue del agua del humedal hacia el mar.

El monitoreo de la calidad de las aguas en las lagunas del Humedal Pantanos de Villa y en los canales que las alimentan, ubicados en la ZRE PV se realizaron durante 3 días en la última semana de cada mes desde noviembre del 2019 a abril del 2022. Los horarios utilizados fueron en las mañanas de 9 y 30 am a 12:30 pm y en las tardes de 1:30 pm a 3:00 pm.

Para la evaluación de la calidad de agua se siguió el procedimiento estipulado en la Resolución Jefatural N°010-2016-ANA: Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Se empleó un medidor portátil multiparámetro HI 9813-6 de la marca Hanna Instruments (ver Tabla 4), el cual registró valores de: (1) concentraciones de iones de hidrógeno (pH), (2) conductividad eléctrica (EC), (3) sólidos totales disueltos (TDS) y (4) temperatura del agua. Además, se utilizaron kits de monitoreo de calidad de agua marca Hach para nitrato, fosfato y amoníaco y un medidor de oxígeno disuelto marca Hach.

Tabla 4. Especificaciones generales del equipo multiparámetro HI 9813-6

Especificación del Medidor	Detalles	
Rango de medición	pH	0.0 a 14.0 pH
	EC	0.0 a 4.0 mS/cm
	TDS	0.0 a 1999 ppm
	T	0.0 a 60.0 °C
Resolución	pH	0.1 pH
	EC	0.01 mS/cm
	TDS	1 ppm
	T	0.1 °C
Precisión	pH	±0.1 pH
	EC	±2%
	TDS	±2%
	T	±0.5
Batería/vida útil	1 x 9V alcalina/150 horas de uso continuo.	
Condiciones Ambientales	0 a 50°C; Humedad relativa 95%	
Dimensiones	16.5*7.5*4.5 cm	
Peso	250	

4.1.2. Monitoreo de la calidad de ruido ambiental

En el año 2020 se aprobó por Consejo Directivo la Directiva N° 002-2020-MML/PROHVILLA/OICDP: Directiva para el monitoreo del ruido ambiental en la ZRE PV, la cual consideró las opiniones del Ministerio del Ambiente y de la Municipalidad Metropolitana de Lima. Además, se consideraron las normas técnicas peruanas sobre ruido: Norma Técnica Peruana NTP ISO 1996-2007 Acústica, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Índices básicos y procedimiento de evaluación, Norma Técnica Peruana NTP ISO 1996-2008 Acústica, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental y Norma Técnica Peruana NTP ISO 854.001 2012 (revisada el 2017). Acústica, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1, 2 y 3. Así como, el Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido y la Ordenanza N° 1965-MML, Ordenanza Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Sonora.

El monitoreo de ruido ambiental se realizó durante tres días los últimos martes y jueves del mes en el horario de 9 am a 3 pm en los meses de octubre 2019, diciembre 2019, enero 2020 y febrero 2020.

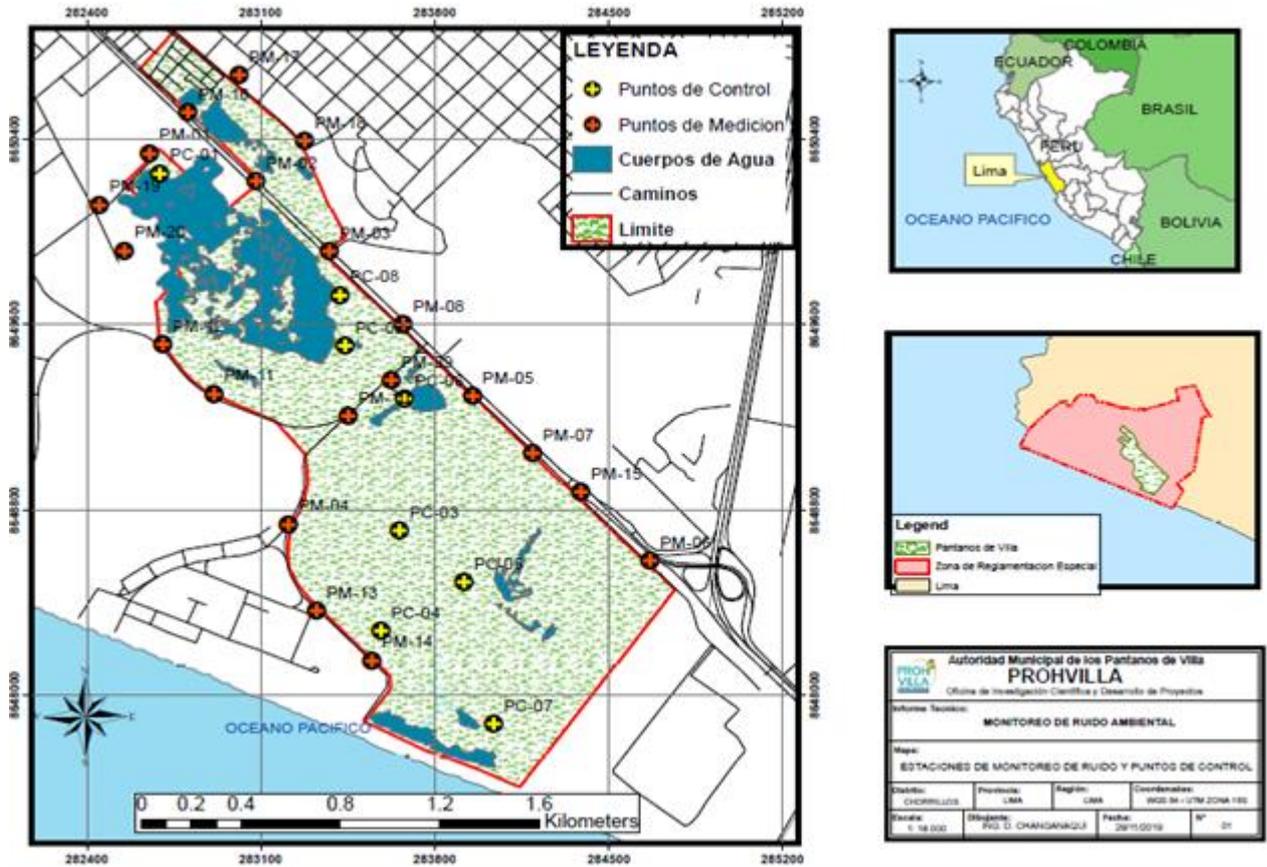


Figura 11. Puntos de monitoreo y puntos de control en la ZRE PV

Se consideraron 28 puntos: 2 puntos de monitoreo (Figura N° 11 y Tabla N° 5) y 8 puntos de control (Figura N° 11 y Tabla N° 6). Se midieron los niveles de ruido en los puntos de monitoreo durante 15 minutos y durante 10 minutos en los puntos de control. Antes y después de cada medición se calibró el equipo. Además, se realizaron las correcciones pertinentes debido al ruido de fondo tanto en los puntos de monitoreo como en los puntos de control.

Tabla 5. Ubicación de los puntos de monitoreo de ruido ambiental en la ZRE PV

Punto	x	y	Ubicación (descripción)
PM-01	282657	8650300	Cruce de Av. Los Canelos y Jr. Alameda del Remero
PM-02	283081	8650218	Av. Defensores del Morro a unos metros del restaurant La Moya
PM-03	283371	8649881	Inicio de Av. 12 de octubre
PM-04	283207	8648737	Cruce de Alameda Las Garzas Reales con Jr. hacia Country Club Villa
PM-05	283971	8649307	Cruce de Av. Defensores del Morro con Jr. Los Agricultores
PM-06	284681	8648631	Cruce de Av. Defensores del Morro con Panamericana Sur
PM-07	284216	8649063	Cruce de Av. Defensores del Morro con Jr. Los Horticultores
PM-08	283674	8649602	Cruce de Av. Defensores del Morro con Jr. Los Granjeros
PM-09	283626	8649358	Inicio del circuito tradicional
PM-10	283453	8649203	Cruce de Av. Hernando Lavalle con Alameda Las Garzas Reales
PM-11	282913	8649300	En Av. Hernando Lavalle al oeste de Antena Radio Omega
PM-12	282532	8649864	En Av. Hernando Lavalle al sur de Antena Radio Callao
PM-13	283325	8648364	Cruce Alameda Las Garzas Reales con Alameda Agua Marina
PM-14	283547	8648149	En Alameda Las Garzas Reales al norte del Club Garzas Reales
PM-15	284412	8648875	Cruce Av. Defensores del Morro con Calle 1
PM-16	282807	8650514	Cruce de Av. Defensores del Morro con Av. Canelos
PM-17	283012	8650676	Cruce Av. 12 de Octubre con Jr. Carhuarzo
PM-18	283278	8650392	Cruce Av. 12 de Octubre con Jr. Volcán Misti
PM-19	282430	8650065	Cruce de Av. Los Canelos con Alameda Don Emilio
PM-20	282528	8649867	Cruce Av. Hernando Lavalle con Alameda del Premio Real

Tabla 6. Ubicación de los puntos de control de ruido ambiental en la ZRE PV

Punto	x	y	Referencia
PC-01	287276	8650243	Norte de la Laguna Mayor
PC-02	283400	8649512	Embarcadero
PC-03	283659	8648711	Al interior del humedal Pantanos de Villa
PC-04	283584	8648276	Norte del circuito Marvilla
PC-05	283918	8648486	Acceso paralelo a la Alameda Las Garzas Reales
PC-06	284412	8648606	Al borde de la laguna Génesis
PC-07	284038	8647877	Oeste del circuito Marvilla
PC-08	283418	8649728	Frente a la banca

4.1.3. Monitoreo de la calidad del aire en el humedal Pantanos de Villa

El monitoreo de calidad de aire se realizó a través de los datos obtenidos del módulo que se encuentra ubicado sobre la Oficina de Obras y Ecoturismo de PROHVILLA, a unos 50 metros aproximadamente de la avenida Hernando Lavalle, la Figura 12 muestra la imagen satelital de la estación y la Tabla 7 una breve descripción de la misma.



Figura 12. Ubicación del módulo de monitoreo de calidad de aire

Tabla 7. Coordenadas UTM del módulo de monitoreo de calidad de aire

Nombre del Módulo	ESTE	NORTE
Humedal Pantanos de Villa	283 477	8 649 207

Los meses considerados para el presente trabajo son setiembre y octubre 2020, junio, julio, noviembre y diciembre 2021, enero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto y setiembre 2022.

El módulo de monitoreo utiliza el método alternativo de medición mediante sensores de bajo costo. Este reporta datos en tiempo real de las concentraciones de los contaminantes PM₁₀, PM_{2.5}, CO), H₂S, NO₂, O₃ y SO₂, variables meteorológicas como la temperatura ambiental,

radiación UV, presión atmosférica y humedad relativa, además de reportar niveles de ruido (qaira, 2020)

La Tabla 8 presenta las principales características del módulo de monitoreo, la precisión y el rango de medición de cada parámetro medido.

Tabla 8. Características generales del módulo de monitoreo

Parámetros de medición del módulo	Precisión	Rango	Metodología de Análisis
Material Particulado			Contador de partículas óptico (Low cost sensor)
Material particulado grueso (PM ₁₀)	0.01 µg/m ³	0 – 300 µg/m ³	
Material particulado (PM _{2.5})	0.01 µg/m ³	0 – 300 µg/m ³	
Gases			Sensores electroquímicos (Low cost sensor)
Monóxido de carbono (CO)	1 – 15 ppb	0 – 13 ppm	
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	1 – 15 ppb	0 – 0.2 ppm	
Dióxido de azufre (SO ₂)	1 – 10 ppb	0 – 0.5 ppm	
Ozono (O ₃)	1 – 15 ppb	0 – 0.5 ppm	
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)	1 – 15 ppb	0 – 3 ppm	
Variables meteorológicas			
Presión atmosférica	1 kPa	50 – 110 kPa	
Temperatura ambiental	0.1 °C	0 - 50° °C	
Humedad relativa	0.1 %	0 – 100%	
Radiación UV	1 índice	0 – 15 índice	
Ruido	5 dB	30 – 120 dB	

FUENTE: Vigilancia de la calidad del aire en Lima Metropolitana (Municipalidad de Lima), 2020.

4.2. EVALUACIÓN DEL MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA REALIZADO EN EL HUMEDAL PANTANOS DE VILLA Y PARTE DE SU ZONA DE REGLAMENTACIÓN ESPECIAL

Tal como se mencionó anteriormente la Zona de Reglamentación Especial de los Pantanos de Villa-ZRE PV se dividió en 3 zonas: Zona Villa Baja, Zona Génesis y Marvilla y Zona Delicias y Mayor, a continuación, se describirá por zona los resultados obtenidos de los monitoreos de calidad de agua.

4.2.1. Zona Villa Baja

En la Zona Villa Baja se cuenta con 14 estaciones de monitoreo, dentro de las cuáles se tiene 3 manantiales: manantial Palmeras, manantial Villa Baja y manantial Miramar, además de los canales Ganaderos, Vista Alegre y Horticultores. También es importante señalar que los canales y manantiales alimentan a las lagunas que se encuentran al interior del humedal

Pantanos de Villa. A continuación, se procede a señalar el recorrido que siguen los canales y manantiales antes mencionados.

Tal como se puede observar en la Figura 13, el agua subterránea aflora de manera natural por el canal Ganaderos, sigue su recorrido por los canales Vista Alegre 1 y 2, continúa por el canal Luchetti para finalmente desviarse una parte del agua por el canal Principal y la otra continúa por el canal Luchetti, ambos alimentan mediante este recorrido a la laguna Mayor.

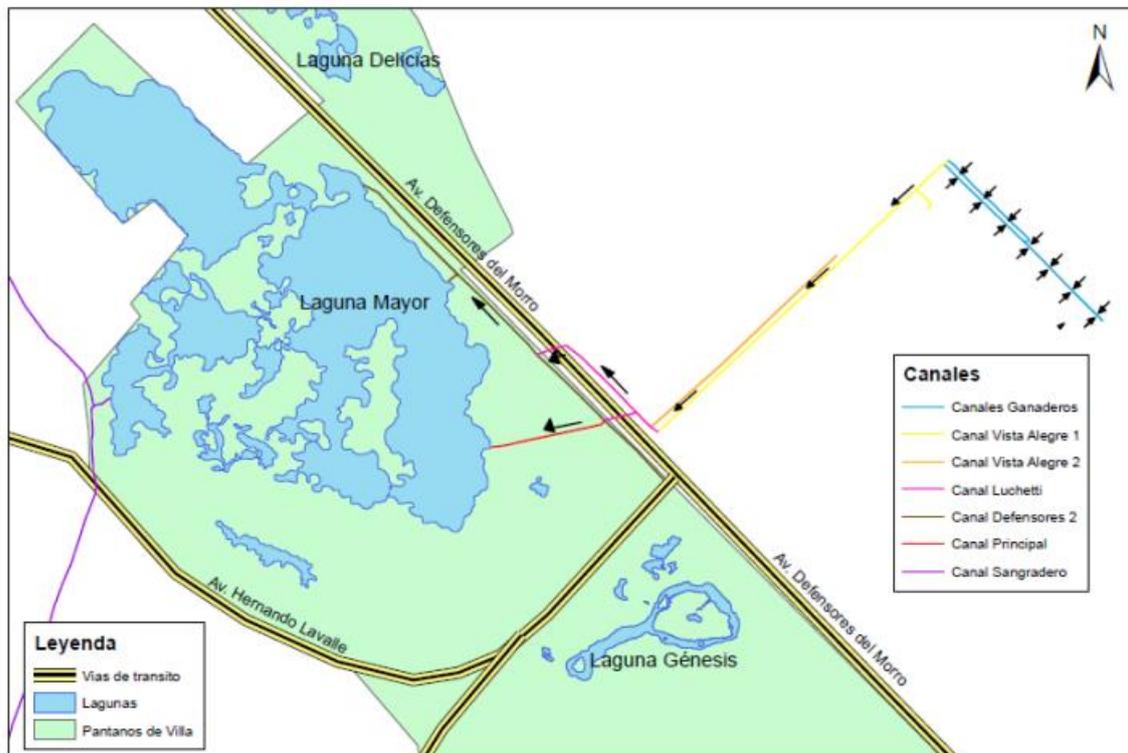


Figura 13. Recorrido del agua hacia la laguna Mayor

FUENTE: Extraído de Ficha Técnica Recursos Hídricos 01: Información General del Componente Agua. Disponible en: <http://pantanosdevilla.pe/admin/archivospdf/FichasRECURSOHIDRICO/COMPONENTE-AGUA-InformacionGeneral.pdf>

Así mismo, en la Figura 14 se observa que el agua aflora naturalmente en el manantial Miramar, continua su recorrido por el canal Horticultores 1, luego por el canal Génesis hasta llegar a la laguna Génesis.

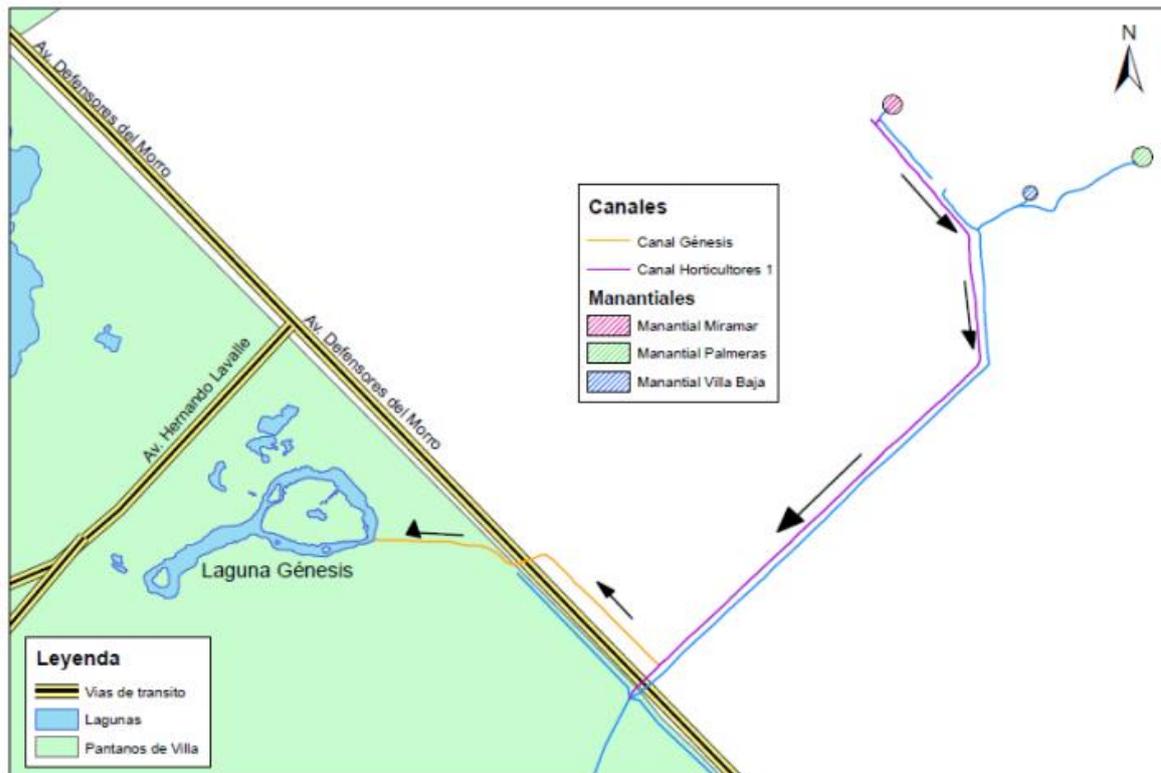


Figura 14. Recorrido del agua hacia la laguna Génesis

FUENTE: Extraído de Ficha Técnica Recursos Hídricos 01: Información General del Componente Agua. Disponible en: <http://pantanosdevilla.pe/admin/archivospdf/FichasRECURSOHIDRICO/COMPONENTE-AGUA-InformacionGeneral.pdf>

Además, en la Figura 15 se observa que el agua aflora naturalmente del manantial Miramar, Palmeras y Villa Baja. En el caso del manantial Miramar, el agua continúa su recorrido por el canal Horticultores 2, canal Defensores, continúa por el canal Sur, canal Marvilla y llega a la laguna Marvilla. Por otro lado, el agua de los manantiales Palmeras y Villa Baja continúa su recorrido por el canal Horticultores 2, canal Defensores 2, canal Sur, canal Marvilla y llega a la laguna Marvilla.

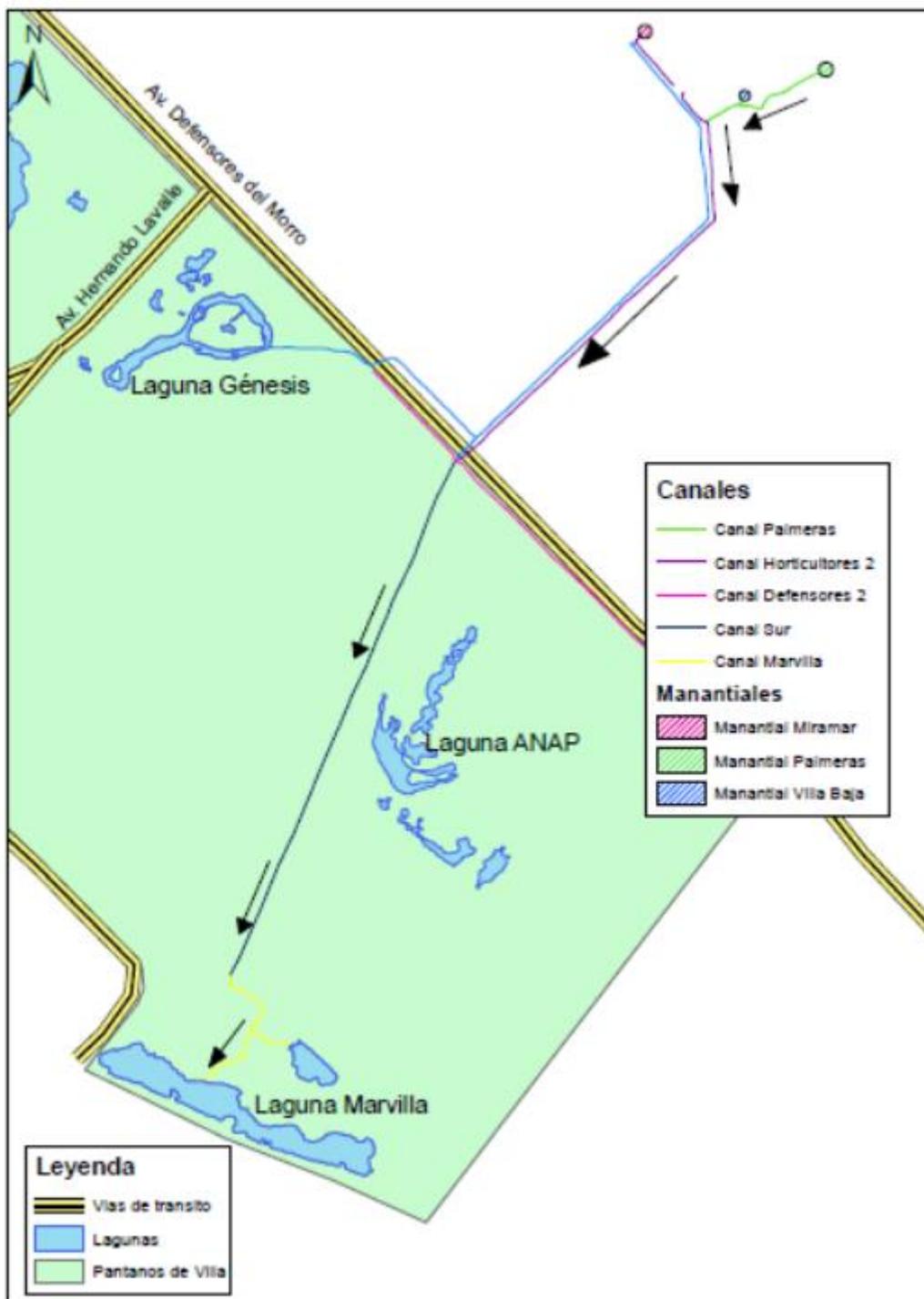


Figura 15. Recorrido del agua hacia la laguna Marvilla

FUENTE: Extraído de Ficha Técnica Recursos Hídricos

01: Información General del Componente Agua. Disponible en:

<http://pantanosdevilla.pe/admin/archivospdf/FichasRECURSOHIDRICO/COMPONENTE-AGUA-InfoacionGeneral.pdf>

Seguidamente, se detalla los resultados obtenidos en los monitoreos de calidad de agua realizados en la zona Villa Baja de noviembre 2019 a diciembre 2021.

a) pH

La Tabla 9 presenta los resultados de pH del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona de Villa Baja de noviembre 2019 a diciembre 2021, en esta se puede observar que los valores de pH variaron de 6.6 a 9, donde el valor máximo se registró en las estaciones EM-03 en mayo del 2021, y el mínimo en la estación EM-05 en noviembre del 2019 y EM-08 en julio 2021.

Tabla 9. Valores de pH en la Zona de Villa Baja

Estación	Nov 2019	Dic 2019	Ene 2020	Feb 2020	Set 2020	Oct 2020	Nov 2020	Dic 2020	Ene 2021	Feb 2021	Mar 2021	Abr 2021	May 2021	Jun 2021	Jul 2021	Ago 2021	Set 2021	Oct 2021	Nov 2021	Dic 2021
EM-01	7.2	7.1	7.4	7.5	7.5	7.2	7.3	7.2	7.2	7	7.3	7.1	7.1	7	7.4	7.2	7.2	7.4	7.1	6.8
EM-02	7.2	7.6	7.4	7.5	7.6	7.5	7.5	7.5	7.5	7.3	7.4	7.4	7.5	7.3	7.2	7.2	7.4	7.7	7.4	7.1
EM-03	6.9	7.3	7.5	7.1	-	7.4	7.4	7.2	7.2	7.8	7.2	-	9	7	7.3	-	-	-	-	-
EM-04	7.3	7.3	7.2	7.4	9	7.7	7.9	7.6	7.3	7.4	7.6	7.5	7.3	7.5	-	7.5	7.8	7.4	7.2	7.2
EM-05	6.6	7.5	7.2	6.9	8.8	7.7	7.8	7.3	7.3	7.5	7.7	7	7.4	7.2	7.9	7.1	7.5	7.6	7.7	7.1
EM-06	7.3	7.4	7.3	7.5	7.6	7.5	7.5	-	-	7.5	7.5	7.4	7.3	7.6	7.3	7.2	7.5	7.6	7.6	7.3
EM-07	7.5	7.5	7.4	7.7	7.6	7.5	7.8	7.5	7.3	7.1	7.5	7.5	7.3	7.1	7.5	7.4	7.8	7.7	7.6	7.4
EM-08	7.3	7.2	7.2	6.9	7.2	7.4	7.4	7.2	6.9	6.9	7.4	7	7	7.5	6.6	6.9	7.2	7.5	7.4	7
EM-09	7.3	7.3	7.2	7.1	7	7.3	7.1	-	7	-	7.4	7.3	6.9	7	7	7.1	7.4	7.6	7.1	6.8
EM-10	7.1	7.4	7.2	7.4	7.1	7	7.4	-	7.3	6.7	7.3	7.4	7.3	7.2	7.1	7	7.5	7.6	7.2	7.1
EM-11	7.4	7.5	7.4	7.6	7.6	7.5	7.7	7.4	7.5	7.1	7.4	7.5	7.5	7.3	6.9	7.5	-	7.9	7.5	7.6
EM-21	7.2	7.5	7.5	7.5	7.9	7.8	7.8	7.7	7.4	7.7	7.9	7.8	7.6	7.5	7.4	7.1	7.6	7.9	7.5	7.3
EM-22	7.3	7.4	7.4	7.5	7.9	7.7	7.7	7.7	7.4	-	7.6	7.7	7.6	7.4	7.5	7.5	7.5	7.8	7.5	7.4
EM-23	7.5	7.3	7.5	7.5	8.8	7.5	7.5	-	-	7.2	7.4	-	-	-	-	-	7.5	-	-	-

Valores que no cumplen con el ECA Agua

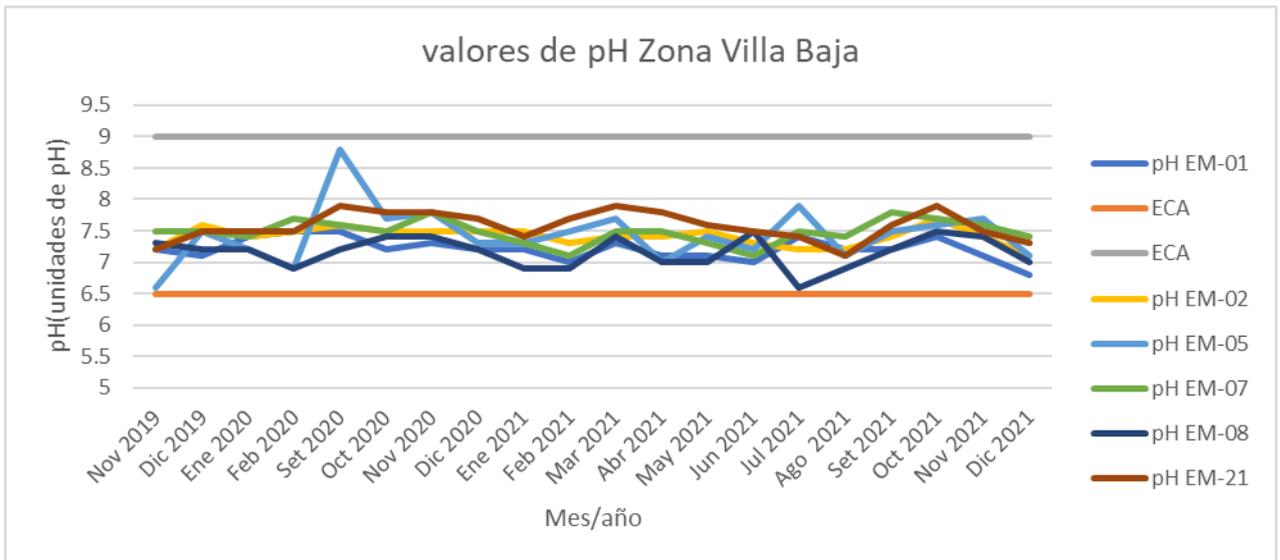


Figura 16. Valores de pH en la zona Villa Baja

Así mismo es importante señalar que tal como se puede observar en la Tabla 9 y Figura 16, todos los valores de pH en esta zona cumplieron con el Estándar de Calidad Ambiental para

Agua (ECA-Agua) D.S. N°004-2017-MINAM en la categoría 4, conservación del ambiente acuático, subcategoría E1, lagunas y lagos, la cual incluye humedales, que señala que los valores de pH deben estar en el rango de 6.5-9.0. Así mismo, se tiene un valor de pH promedio para esta zona de 7.4, por lo que se tienen valores de pH muy cercanos a la neutralidad.

b) Conductividad Eléctrica (CE)

La Tabla 10 presenta los resultados de CE del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona de Villa Baja de noviembre 2019 a diciembre 2021. La CE reportó valores entre 10 y 7190 $\mu\text{S}/\text{cm}$, presentando su valor máximo en la estación EM-04 en noviembre 2021 y su mínimo en la estación EM-05 en setiembre 2021.

Tabla 10. Valores de CE en la Zona de Villa Baja

	Nov 2019	Dic 2019	Ene 2020	Feb 2020	Set 2020	Oct 2020	Nov 2020	Dic 2020	Ene 2021	Feb 2021	Mar 2021	Abr 2021	May 2021	Jun 2021	Jul 2021	Ago 2021	Set 2021	Oct 2021	Nov 2021	Dic 2021
EM-01	2490	2360	2500	2400	2690	2660	2470	2540	2600	2630	2630	2530	2700	2740	2550	2640	2540	2640	2680	2390
EM-02	2560	2590	2570	2720	2340	2700	2550	2540	2810	3210	2670	2540	3100	2860	2830	2630	2710	2660	2660	3000
EM-03	2420	2480	2510	2540	-	2820	2620	2730	6630	2720	2790	-	2820	3860	2810	-	-	-	-	-
EM-04	6960	6820	6880	6680	6690	6640	6660	6680	6700	6740	6700	6520	6620	6660	-	6600	7030	7170	7190	6950
EM-05	1810	1550	1750	1640	1920	2380	1670	1510	1750	2000	1690	1470	1900	1750	1810	2260	10	1320	2480	2220
EM-06	6350	6230	6310	6270	6310	6160	6340	-	-	6280	6400	6360	6320	6510	6440	6500	6500	6560	6520	6510
EM-07	6350	6350	6320	6290	6380	6310	6290	6360	6240	6420	6410	6470	6420	6350	6450	6500	6350	6500	6500	6480
EM-08	6720	6840	6710	6740	6800	6820	6630	6770	6750	6690	6760	6760	6720	5300	6900	6820	6840	6830	6750	6870
EM-09	6880	6860	6800	6770	6880	6790	6740	-	6860	-	6780	6830	6850	6840	6700	6680	6760	6890	6890	6500
EM-10	6860	6880	6840	6890	6890	6880	6880	-	6850	6760	6850	6810	6870	6900	6930	6870	6900	6900	6820	6750
EM-11	6830	6790	6820	6760	6900	6930	6930	6870	6850	6690	6910	6730	6840	6380	6480	6790	-	6950	6830	6500
EM-21	3750	3660	3730	4180	4640	4090	5320	4370	4650	5100	5090	5240	4620	4570	5100	4300	20	4620	4650	4100
EM-22	4980	4930	4800	4930	4630	4670	4130	4680	4790	-	4600	4470	4290	4390	4480	4390	4310	4390	4220	3860
EM-23	5120	4990	4920	4740	4630	4610	5290	-	-	5070	4400	-	-	-	-	-	4290	-	-	-

Valores que no cumplen con el ECA Agua

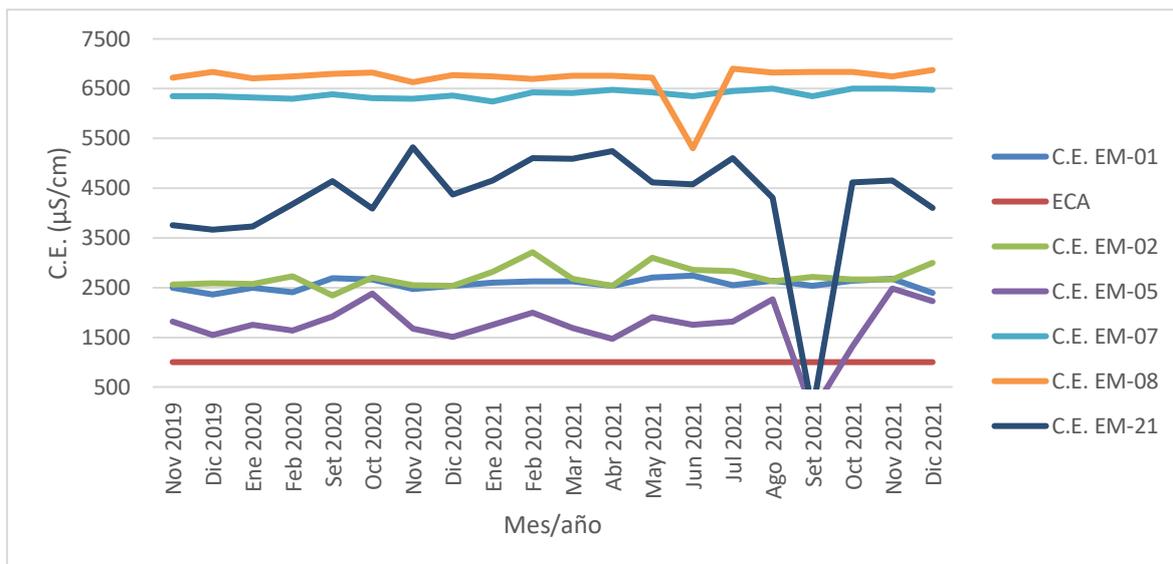


Figura 17. Valores de CE en la zona Villa Baja

Además, como se puede observar en la Tabla 10 y Figura 17, casi todos los valores de CE en esta zona exceden el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) D.S. N°004-2017-MINAM en la categoría 4, conservación del ambiente acuático, subcategoría E1, lagunas y lagos, la cual incluye humedales, que señala que los valores de CE no deben superar los 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Así mismo, se tiene un valor de CE promedio para esta zona de 5028 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

c) Sólidos Disueltos Totales (SDT)

La Tabla 11 presenta los resultados de SDT del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona de Villa Baja de noviembre 2019 a diciembre 2021, obtenidos a partir de los valores de CE. Los STD reportaron valores entre 7.35 y 5284.7 mg/L presentando su valor máximo en la estación EM-04 en noviembre del 2021 y su valor mínimo en la estación EM-05 en setiembre 2021.

En el caso de los SDT, como se puede observar en la Tabla 11 y Figura 18, los valores no se han comparado por lo estipulado en el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) D.S. N°004-2017-MINAM en la categoría 4, conservación del ambiente acuático, subcategoría E1, lagunas y lagos, la cual incluye humedales, ya que en dicha norma no se contempla a los SDT. Así mismo, se tiene un valor de SDT promedio para esta zona de 3693 mg/L.

Tabla 11. Valores de SDT en la Zona de Villa Baja

	Nov 2019	Dic 2019	Ene 2020	Feb 2020	Set 2020	Oct 2020	Nov 2020	Dic 2020	Ene 2021	Feb 2021	Mar 2021	Abr 2021	May 2021	Jun 2021	Jul 2021	Ago 2021	Set 2021	Oct 2021	Nov 2021	Dic 2021
EM-01	1930	1898	1901	1800	1977	1993	1896	1915	1979	1987	1933	1928	1985	1928	1914	1957	1898	1971	1898	1828
EM-02	1930	1948	1930	1974	1998	1985	1927	1917	2065	2359	1962	1906	2279	1906	2080	1934	1992	1989	1955	1900
EM-03	1893	1876	1917	1958	-	2073	1964	2007	4873	1999	2051	-	2073	1906	2065	-	-	-	-	-
EM-04	5116	5013	5057	4910	4917	4880	4895	4910	4925	4954	4925	4792	4866	4895	-	4851	5167	5270	5285	5108
EM-05	1317	1092	1289	1152	1408	1766	1223	1095	1286	1476	1242	1066	1397	1066	1332	1675	7.35	940	1675	1537
EM-06	4667	4579	4638	4608	4638	4528	4660	-	-	4616	4704	4675	4645	4785	4733	4778	4778	4822	4792	4785
EM-07	4667	4667	4645	4623	4689	4638	4623	4675	4586	4719	4711	4755	4719	4667	4741	4778	4667	4778	4778	4763
EM-08	4939	5027	4932	4954	4998	5013	4873	4976	4961	4917	4969	4969	4939	3896	5072	5013	5027	5020	4961	5049
EM-09	5057	5042	4998	4976	5057	4991	4954	-	5042	-	4983	5020	5035	5027	4925	4910	4969	5064	5064	4778
EM-10	5042	5057	5027	5064	5064	5057	5057	-	5035	4969	5035	5005	5049	5072	5094	5049	5072	5072	5013	4961
EM-11	5020	4991	5013	4969	5072	5094	5094	5049	5035	4917	5079	4947	5027	4689	4763	4991	-	5108	5020	4778
EM-21	2756	2690	2742	3072	3410	3006	3910	3212	3418	3749	3741	3851	3396	3359	3749	3161	14.7	3396	3418	3014
EM-22	3660	3624	3528	3624	3403	3432	3036	3440	3521	-	3381	3285	3153	3227	3293	3227	3168	3227	3102	2837
EM-23	3763	3668	3616	3484	3403	3388	3888	-	-	3726	3234	-	-	-	-	-	3153	-	-	-

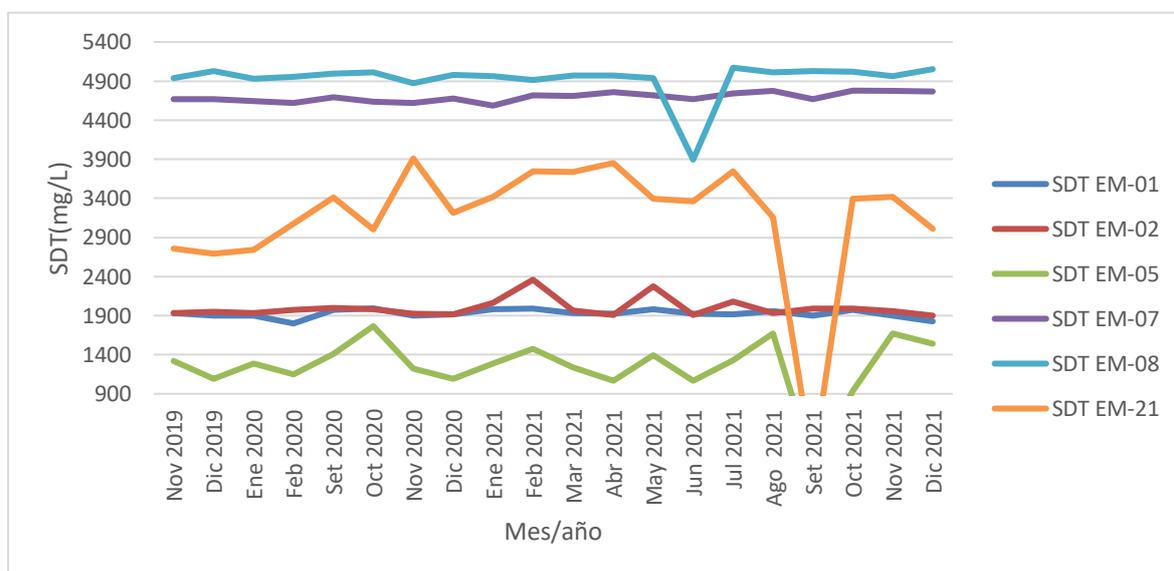


Figura 18. Valores de SDT en la zona Villa Baja

d) Temperatura (T)

La Tabla 12 presenta los resultados de T del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona de Villa Baja de noviembre 2019 a diciembre 2021, en esta se puede observar que los valores de T variaron de 19.4 a 33.3°C, donde el valor máximo se registró

en la estación EM-05 en diciembre del 2019 (verano), y el mínimo en la estación EM-22 en junio del 2021 (invierno).

Tabla 12. Valores de T en la Zona de Villa Baja

	Nov 2019	Dic 2019	Ene 2020	Feb 2020	Set 2020	Oct 2020	Nov 2020	Dic 2020	Ene 2021	Feb 2021	Mar 2021	Abr 2021	May 2021	Jun 2021	Jul 2021	Ago 2021	Set 2021	Oct 2021	Nov 2021	Dic 2021
EM-01	24.4	24.8	25.1	25.2	23.9	23.7	24.8	24.2	24.9	25.7	24.5	24.6	23.6	22.4	23.6	23.3	22.3	22.3	24	27.7
EM-02	24.7	27	25.6	26.9	23.3	23.7	26.2	24.3	24.7	26.1	24.8	25.5	22.8	22.5	23.7	22.8	23.3	24	23.3	26.8
EM-03	24.9	26.1	25.8	25.6	-	23.4	24.9	24.2	25.8	28.1	25.3	-	23.5	22.3	23.6	-	-	-	-	-
EM-04	24.2	27.5	26	28.4	22.6	23.1	25	23.8	25.6	26.6	27.2	25.5	21.7	22.3	-	21.3	21	21.5	22.1	25.8
EM-05	25.1	33.3	28.2	31.4	20.9	22.3	27.2	23.5	27.1	27.4	26.5	26	20.1	20.4	21.3	19.4	20.8	24.4	23.2	32.2
EM-06	24.9	28.2	26.2	28.6	22.6	23.3	25.4	-	-	27.6	29.3	26.1	22.6	23.1	21.5	21.9	23	23.7	23.7	28.2
EM-07	25.3	28.4	26.5	28.7	22.6	23.1	25.3	24	26.3	27.7	28.9	26.3	22.6	23.1	21.8	21.7	23.1	23.4	23.4	28.5
EM-08	25.4	29.6	26.7	28.7	23.2	22.9	25	24	25.6	27.8	30.4	22.9	22.7	22.7	22.2	22.4	24.2	22.3	24.1	28.7
EM-09	25.2	28.6	26.7	29.1	22.8	22.9	25.3	-	24.9	-	30	28.3	22.4	23	22.3	22.6	24.5	23.2	24.5	29.6
EM-10	25.7	28.6	26.8	29	22.6	22.8	23.9	-	24.9	28.1	28.7	27.7	23.1	22.3	21.7	22.6	24.9	22.4	24.5	28.8
EM-11	26	30	26.8	30.2	21.3	21.7	22.2	23.2	24.3	28.6	24.6	27	22.5	23.6	22.7	21.4	-	22	23.8	28.4
EM-21	23.8	26.3	25.2	28.4	23	24.1	30.2	24.5	28	29.1	28.1	25.7	22.6	21.5	22.2	20.3	22.4	23	22.5	27
EM-22	23.5	26.6	25.4	28	22.1	23.4	28.7	24.3	26	-	27.1	24.9	21.5	19.4	20.6	19.7	21.5	23.8	21.5	25.2
EM-23	24.4	27.6	26.1	26.7	22.5	22.6	29.3	-	-	28	26.8	-	-	-	-	-	19.7	-	-	-

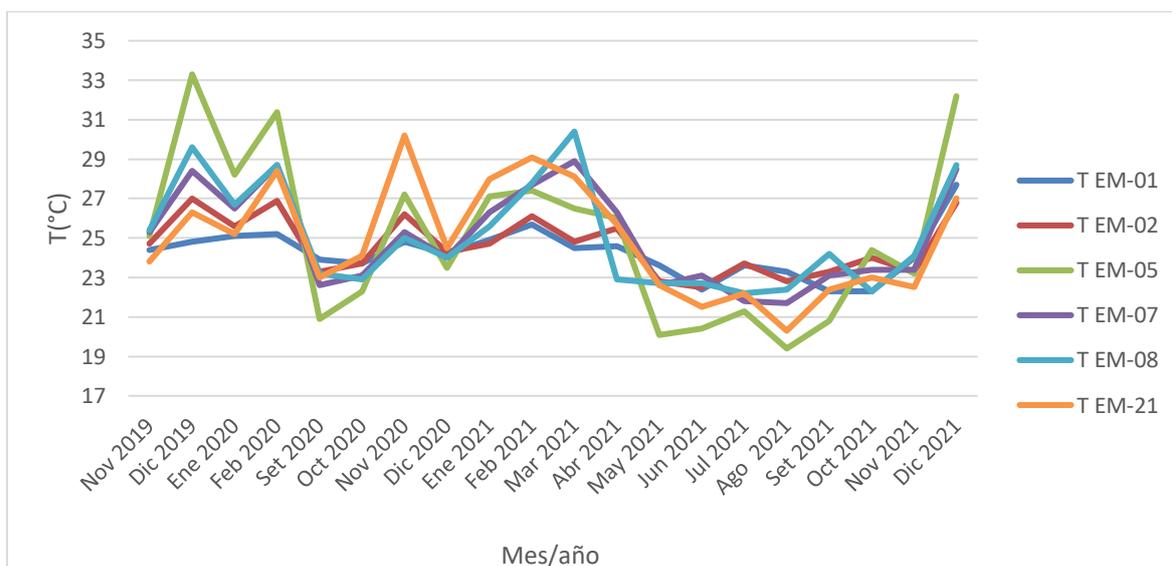


Figura 19. Valores de T en la zona Villa Baja

En el caso de la T, como se puede observar en la Tabla 12 y Figura 19, los valores no se han comparado por lo estipulado en el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) D.S. N°004-2017-MINAM en la categoría 4, conservación del ambiente acuático, subcategoría E1, lagunas y lagos, la cual incluye humedales, ya que en dicha norma se menciona variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada, además se señala lo siguiente: Para el parámetro de temperatura la variación se

determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad; por lo que el presente estudio nos ayudará a determinar dicha media histórica. Así mismo, se tiene un valor promedio de temperatura anual para esta zona de 24.4 °C. Además, tal como se puede observar en la Figura 19, las más altas temperaturas han sido registradas en la temporada de verano y las más bajas temperaturas han sido registradas en la temporada de invierno.

e) Oxígeno Disuelto (OD)

La Tabla 13 presenta los resultados de OD del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona de Villa Baja de setiembre 2020 a diciembre 2021. El OD reportó valores entre 0.6 y 12.8 mg/L presentando su valor máximo en la estación EM-01 en julio del 2021 y su valor mínimo en la estación EM-05 en noviembre 2020.

Tabla 13. Valores de OD en la Zona de Villa Baja

	Set 2020	Oct 2020	Nov 2020	Dic 2020	Ene 2021	Feb 2021	Mar 2021	Abr 2021	May 2021	Jun 2021	Jul 2021	Ago 2021	Set 2021	Nov 2021	Dic 2021
EM-01	1.7	0.8	1.1	1.3	1.8	1.3	1.6	1.7	3.5	6.4	12.8	8.5	3.2	5	3.8
EM-02	4.4	2.7	4.8	4.5	2.9	2.9	5	2.5	4.6	5.1	10.7	3.8	3.5	5.2	5.5
EM-03	-	2.3	2.8	2.6	3.8	3.9	2.9		4.2	5	3.2	-	-	-	-
EM-04	6.8	5.8	5.8	5.3	4	3.6	2.7	4.4	6.2	7.5	-	8.6	8.3	7.5	7.5
EM-05	1.3	0.8	0.6	1.3	1.1	0.8	1	1.8	2.8	3.8	2.3	4.7	1	1	3.6
EM-06	3.8	3	4.4	-	-	2.2	2.1	2.9	7.5	4.2	7.3	4.5	3.8	6.6	5.3
EM-07	3.8	5.8	5.8	4.4	5.5	3.4	3.1	3.5	7.1	6	8.5	2.5	7.5	6.4	8.5
EM-08	3.6	3.3	5.6	2.9	2.3	2.1	3	4	7.5	5.3	9.9	4.7	4.1	4.7	4.7
EM-09	3.9	3.9	5.6	-	2.7	-	2.8	5.9	7	6.6	12.5	9.3	5.1	5.1	4.7
EM-10	3.7	4.1	3.8	-	3.9	2.4	2.7	4.3	8.9	7.9	4.5	7.9	7.4	4.6	3.8
EM-11	5.9	6.4	6	5.3	5.2	4.7	5.6	4.2	6	12	6.1	6.9	-	6.3	5.1
EM-21	4.2	5.3	4.4	6	4.6	-	4.2	4.4	5.4	6.2	2.8	5.3	6.7	5.4	6.4
EM-22	6.6	5.1	5.8	5.3	3.2	-	3	3.2	5.1	6	2.8	7.7	7.8	5.6	5.4
EM-23	5.2	5.2	2	-	-	3.5	4	-	-	-	-	-	6.4	-	-

Valores que no cumplen con el ECA Agua

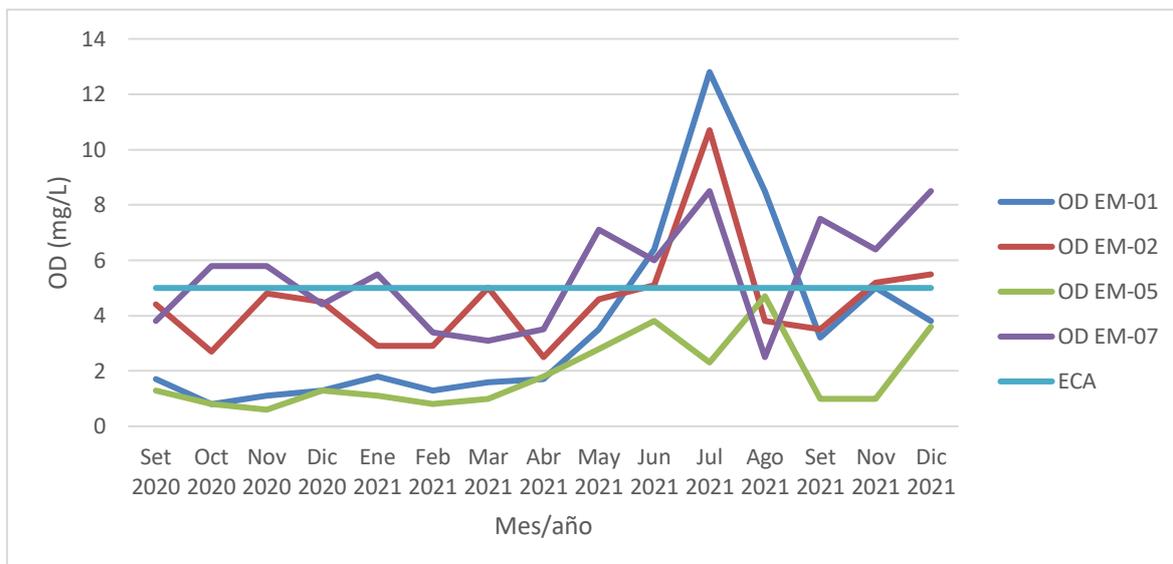


Figura 20. Valores de OD en la zona Villa Baja

Además, como se puede observar en la Tabla 13 y Figura 20, muchos valores de OD en esta zona no cumplen con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) D.S. N°004-2017-MINAM en la categoría 4, conservación del ambiente acuático, subcategoría E1, lagunas y lagos, la cual incluye humedales, que señala que los valores de OD deben ser mayores o iguales a 5 mg/L. Así mismo, se tiene un valor de OD promedio para esta zona de 4.7 mg/L.

f) Nitratos

La Tabla 14 presenta los resultados de nitratos del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona de Villa Baja de octubre 2020 a diciembre 2021, en esta se puede observar que los valores de nitratos variaron de 0 a 177.2 mg/L, donde el valor máximo se registró en las estaciones EM-01 en noviembre 2020 y marzo 2021 y EM-04 en febrero 2021, y el mínimo en las estaciones EM-05 en mayo 2021 y setiembre 2021 y en EM-21 en setiembre 2021.

Tabla 14. Valores de nitratos en la Zona de Villa Baja

	Oct 2020	Nov 2020	Dic 2020	Ene 2021	Feb 2021	Mar 2021	Abr 2021	May 2021	Jun 2021	Jul 2021	Ago 2021	Set 2021	Oct 2021	Nov 2021	Dic 2021
EM-01	128.47	177.2	115.18	124.04	44.3	177.2	44.3	53.2	88.6	39.9	163.9	79.7	70.9	70.9	119.6
EM-03	163.91	60	53.16	88.6	-	142	-	62.0	44.3	39.9	-	-	-	-	-
EM-04	141.76	106.32	132.9	149.6	177.2	159	79.7	79.7	44.3	-	115.2	79.7	62.0	79.7	79.7
EM-05	-	-	-	8.8	17.72	151	-	0.0	8.9	17.7	22.2	0.0	26.6	26.6	27.5
EM-08	79.74	97.46	-	158.4	44.3	115	44.3	39.9	39.9	79.7	75.3	115.2	53.2	39.9	75.3
EM-21	-	-	-	-	44.3	44	44.3	39.9	39.9	39.9	35.4	0.0	44.3	75.3	79.7
EM-22	70.88	-	-	149.6	-	75	44.3	44.3	44.3	39.9	48.7	57.6	70.9	53.2	48.7
Valores que no cumplen con el ECA Agua															

Así mismo es importante señalar que tal como se puede observar en la Tabla 14, casi todos los valores de nitratos en esta zona excedieron el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) D.S. N°004-2017-MINAM en la categoría 4, conservación del ambiente acuático, subcategoría E1, lagunas y lagos, la cual incluye humedales, que señala que los valores de nitratos no deben superar los 13 mg/L. Así mismo, se tiene un valor de nitrato promedio para esta zona de 71.1 mg/L, por lo que se tienen valores altos de nitratos.

g) Fósforo Total

La Tabla 15 presenta los resultados de fósforo total del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona de Villa Baja de octubre 2020 a diciembre 2021, en esta se puede observar que los valores de fósforo total variaron de 0 a 22 mg/L, donde el valor máximo se registró en la estación EM-05 en mayo 2021, y el mínimo en las estaciones EM-01 (abril, setiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2021), EM-03 (octubre del 2020), EM-04 (setiembre y octubre del 2021) y EM-05 (julio y agosto del 2021).

Tabla 15. Valores de fósforo total en la Zona de Villa Baja

	Oct 2020	Nov 2020	Dic 2020	Ene 2021	Feb 2021	Mar 2021	Abr 2021	May 2021	Jun 2021	Jul 2021	Ago 2021	Set 2021	Oct 21	Nov 2021	Dic 2021
EM-01	0.01	0.03	0.03	0.01	2.00	0.03	0.00	0.28	0.02	0.01	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
EM-03	0.00	0.16	0.02	0.01	-	0.03	-	0.12	0.06	0.03	-	-	-	-	-
EM-04	0.01	0.07	0.03	0.04	4.00	0.01	0.03	0.08	0.06	-	0.01	0.00	0.00	0.01	0.07
EM-05	-	13.07	-	0.24	3.33	1.33	-	22.00	0.22	0.00	0.00	0.02	0.13	0.13	0.09
EM-08	0.04	0.04	-	0.04	1.33	0.02	0.07	0.22	9.00	0.01	1.33	-	0.05	0.05	0.05
EM-21	-	-	-	-	4.67	0.09	0.04	3.00	0.28	0.17	0.08	0.20	0.12	0.20	0.25
EM-22	0.10	-	-	0.2	-	0.03	0.14	0.90	0.14	0.05	0.07	0.07	0.07	0.10	0.03
Valores que no cumplen con el ECA Agua															

Además, como se puede observar en la Tabla 15, muchos valores de fósforo total en esta zona no cumplen con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) D.S. N°004-2017-MINAM en la categoría 4, conservación del ambiente acuático, subcategoría E1, lagunas y lagos, la cual incluye humedales, que señala que los valores de fósforo total no deben superar los 0.035 mg/L. Así mismo, se tiene un valor de fósforo total promedio para esta zona de 0.83 mg/L.

Cuadro Resumen de la Zona Villa Baja

La Tabla 16 presenta los resultados de los parámetros promedio del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona de Villa Baja, a partir de este cuadro resumen se puede caracterizar de manera general a cada una de las estaciones ubicadas en este sector y de esta manera conocer las características fisicoquímicas del agua que ingresa al humedal Pantanos de Villa.

Tabla 16. Valores de parámetros promedio en la Zona de Villa Baja

Estación	pH	CE	SDT	T	OD	Nitratos	Fósforo Total	Ubicación
EM-01	7.2	2569	1926	24.1	3.6	99.8	0.17	Manantial Palmeras
EM-02	7.4	2713	1997	24.2	4.5	-	-	A 25 m de EM-01
EM-03	7.4	3058	2204	24.8	3.4	81.7	0.05	Manantial Villa Baja
EM-04	7.5	6784	4986	23.7	6.0	106.2	0.32	Manantial Miramar
EM-05	7.4	1745	1335	24.1	1.9	27.9	3.38	Canal Horticultores 2
EM-06	7.4	6382	4691	24.6	4.4	-	-	Canal Ganaderos 1
EM-07	7.5	6387	4694	24.7	5.5	-	-	Canal Ganaderos 1
EM-08	7.2	6701	4925	24.7	4.5	75.5	0.9	Canal Ganaderos 1
EM-09	7.2	6794	4994	25.0	5.8	-	-	Canal Vista Alegre 1
EM-10	7.2	6859	5042	25.0	5.0	-	-	Canal Vista Alegre 1
EM-11	7.5	6778	4982	24.4	6.1	-	-	Canal Vista Alegre 2
EM-21	7.6	4290	3153	24.4	5.1	44.3	0.83	Canal Horticultores 2
EM-22	7.6	4523	3325	22.8	5.2	62.3	0.16	Canal Horticultores 1
EM-23	7.6	4806	3532	24.8	4.4	-	-	Canal Horticultores 1

4.2.2. Zona Génesis y Marvilla

En la Zona Génesis y Marvilla se cuenta con 17 estaciones de monitoreo, dentro de las cuáles se tiene a la laguna Génesis y la laguna Marvilla, así como canales como el canal Sur.

Seguidamente, se detallará los resultados obtenidos en los monitoreos de calidad de agua realizados en la zona Génesis y Marvilla de noviembre 2019 a diciembre 2021.

a) pH

La Tabla 17 presenta los resultados de pH del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona Génesis y Marvilla de noviembre 2019 a diciembre 2021, en esta se puede observar que los valores de pH variaron de 6.2 a 10.1, donde el valor máximo se registró en la estación EM-24 en febrero del 2021, y el mínimo en las estaciones EM-13 en diciembre del 2021 y EM-14 en diciembre del 202

Tabla 17. Valores de pH en la Zona Génesis y Marvilla

	Nov 2019	Dic 2019	Ene 2020	Feb 2020	May 2020	Jun 2020	Jul 2020	Ago 2020	Set 2020	Oct 2020	Nov 2020	Dic 2020	Ene 2021	Feb 2021	Mar 2021	Abr 2021	May 2021	Jun 2021	Jul 2021	Ago 2021	Set 2021	Oct 2021	Nov 2021	Dic 2021
EM-12	7.5	7.7	7.8	7.6	7.6	6.5	-	7.6	7.8	7.8	7.8	7.4	-	-	-	7.3	-	-	-	-	7.3	7.7	7.6	7.3
EM-13	7.1	7.6	7.7	7.2	-	-	-	7.5	7.9	7.7	7.8	7.7	7.4	7.7	7.2	7.4	-	-	-	-	7.3	-	7	6.2
EM-14	6.7	7.2	7.2	7	7.1	6.5	-	7.3	7.5	7.2	7.4	7.1	7	7	7.3	-	-	-	-	-	6.9	-	6.8	6.2
EM-15	8.2	8.2	8.3	7.8	7.9	8	8	8.4	8	8.4	8.3	8.1	8	8.1	8.1	7.9	8	7.2	7.3	8.2	7	8.7	8.7	7.8
EM-16	8.1	7.9	7.8	7.8	7.9	7.9	7.8	7.9	8	7.8	8	8.1	7.9	7.9	8.1	7.6	7.4	7.5	6.9	6.4	8	8.3	7.8	7.8
EM-17	8.1	8	7.8	7.9	7.9	8.2	8.1	8.2	8.1	8.5	8.2	8.2	8.2	8.1	8.1	7.8	8	7.6	7.5	8.1	6.8	8.7	7.8	7.8
EM-18	8	8.2	8.3	8.2	8.2	8.1	8.1	8.3	8	8.4	8.4	8.3	8.2	8.1	7.9	7.8	8.2	7.2	7.2	7.7	7	8.4	7.8	7.8
EM-19	8.1	7.9	7.9	8.4	7.9	8.1	8.1	8.2	8	8.4	8.1	8.1	8.3	8.1	8	8	8.1	8	7.6	7.1	6.8	8.4	8	7.8
EM-20	7.2	7.3	7.4	7.3	7.8	7.5	7.5	7.5	7	7.5	7.2	7.5	7.5	7.6	7.4	7.7	8	6.6	6.9	6.7	6.8	8.2	8	7.1
EM-24	9.2	9.9	9.6	8.9	8.8	8.4	8.1	8.1	9	9.3	8.3	10	9.3	10.1	9.7	9.7	9.1	7.6	8.2	8.7	8.9	9	9.7	9.9
EM-25	8.8	9.3	9.1	8.4	9.1	8.5	8.1	8.1	8.8	8.8	8.6	9.3	9	9.7	9.3	9.2	8.8	7.8	8.3	8.6	8.6	8.5	8.8	9.2
EM-26	9.7	8.5	9.5	9.1	9.4	8.9	8.8	8.3	9.6	9.4	8.8	10	9.1	10	9.7	9.6	8.8	7.6	8.3	9.4	9.2	9.6	9.5	9.5
EM-27	9.3	9.2	8.7	9	8.8	8.4	9	9	9.2	8.8	9.4	-	-	-	-	8	8.7	7.7	7.4	7.9	-	8.5	-	-
EM-28	7.5	7.8	7.9	7.9	8	7.5	7.5	7.9	7.9	8	8.1	8.4	7.6	7.8	8.4	7.8	7.9	7.5	7.3	7.7	8.2	8	7.7	7.6
EM-29	7.4	7.8	7.9	7.6	7.8	7.8	7.6	7.8	7.9	7.9	7.9	7.9	7.7	7.7	8.2	7.8	7.8	7.4	6.3	7.7	7.9	7.8	7.5	7.3
EM-30	7.8	7.5	7.7	7.7	7.6	7.5	-	7.5	7.6	7.8	7.7	7.6	7.6	7.2	7.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EM-31	8	7.8	7.8	7.8	7.6	7.6	-	7.7	8	7.7	6.4	7.6	7.8	7.5	7.6	7.1	-	-	-	-	7.5	8.1	7.8	6.8

Valores que no cumplen con el ECA Agua

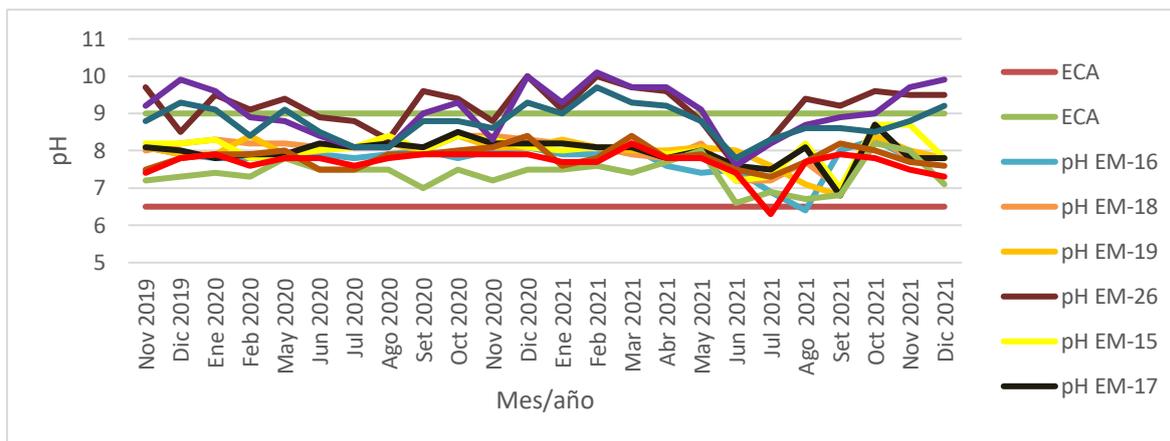


Figura 21. Valores de pH en la zona Génesis y Marvilla

Así mismo es importante señalar que tal como se puede observar en la Tabla 17 y Figura 21, la mayoría de los valores de pH en esta zona cumplieron con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) D.S. N°004-2017-MINAM en la categoría 4, conservación del ambiente acuático, subcategoría E1, lagunas y lagos, la cual incluye humedales, que señala que los valores de pH deben estar en el rango de 6.5-9.0, con excepción de la mayoría de valores reportados en las estaciones EM-24 y EM-26, ambas ubicadas en la laguna Marvilla, y en varios valores de las estaciones EM-25 (laguna Marvilla) y EM-27 (espalda de la laguna Marvilla). En el caso particular de las estaciones EM-12 y EM-13 solo registran un valor por fuera del rango ambas en diciembre del 2021. Así mismo, se tiene un valor de pH promedio para esta zona de 8, por lo que se tiene un valor de pH promedio ligeramente alcalino.

b) Conductividad Eléctrica (CE)

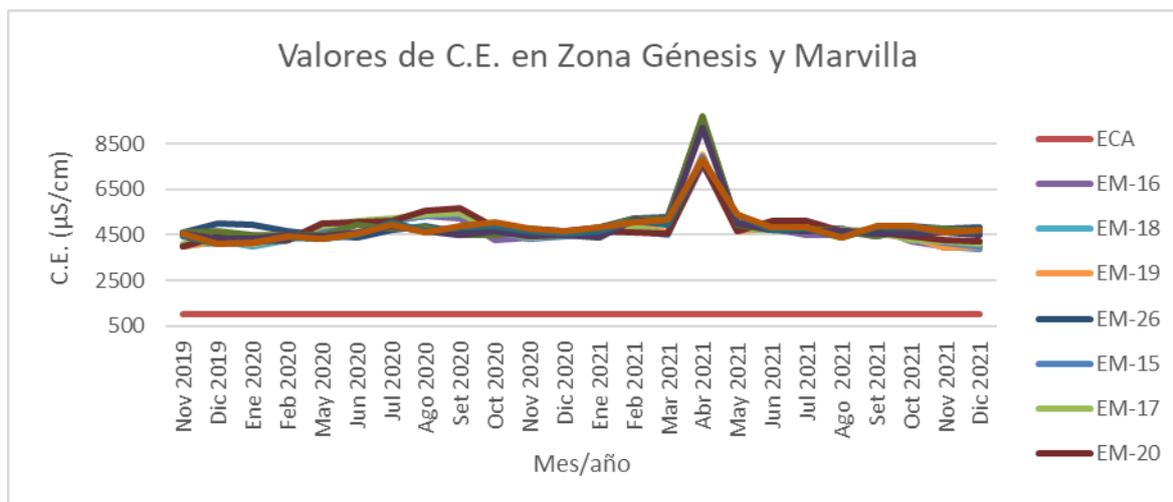
La Tabla 18 presenta los resultados de CE del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona Génesis y Marvilla de noviembre 2019 a diciembre 2021. La CE reportó valores entre 10 y 9700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, presentando su valor máximo en la estación EM-24 en abril 2021 y su mínimo en la estación EM-31 en setiembre 2021.

Tabla 18. Valores de CE en la Zona Génesis y Marvilla

	Nov 2019	Dic 2019	Ene 2020	Feb 2020	May 2020	Jun 2020	Jul 2020	Ago 2020	Set 2020	Oct 2020	Nov 2020	Dic 2020	Ene 2021	Feb 2021	Mar 2021	Abr 2021	May 2021	Jun 2021	Jul 2021	Ago 2021	Set 2021	Oct 2021	Nov 2021	Dic 2021
EM-12	5300	5290	5290	5320	5190	5190	-	5210	5180	5120	5490	5180	-	-	-	7300	-	-	-	-	4830	4960	4900	5270
EM-13	3090	3650	3560	4560	-	-	-	4620	5030	4240	4520	4370	5080	5200	5020	7400	-	-	-	-	4140	-	4580	4530
EM-14	4000	3930	3870	3730	4160	4550	-	5390	3910	3970	4070	4030	4400	4080	3870	-	-	-	-	-	4500	-	4030	4090
EM-15	4050	4330	4180	4250	4760	5050	5110	5350	5380	4660	4330	4460	4580	4770	4530	7900	4850	4700	4680	4670	4680	4390	4170	4010
EM-16	4050	4160	4160	4280	4800	5060	5190	5350	5220	4300	4400	4480	4720	4720	4540	7600	5060	4790	4510	4520	4820	4200	4010	3910
EM-17	4100	4230	4190	4330	4880	5140	5250	5380	5430	4660	4400	4510	4740	4840	4560	7800	4800	4740	4730	4700	4640	4270	4230	4110
EM-18	3970	4300	3980	4280	4990	5030	5090	5350	5500	4640	4480	4460	4710	4700	4500	7800	4740	4860	4710	4690	4610	4460	3920	3950
EM-19	4010	4200	4090	4310	4860	5070	5090	5480	5490	4830	4500	4580	4820	4990	4600	8000	4660	4780	4690	4680	4570	4390	3920	4020
EM-20	4000	4430	4210	4260	5030	5060	5100	5580	5650	4830	4630	4520	4680	4610	4570	7700	4660	5090	5120	4660	4590	4460	4290	4230
EM-24	4610	4650	4500	4500	4490	4960	4760	4810	4520	4520	4750	4500	4780	5200	5160	9700	4950	4750	4770	4650	4420	4770	4770	4660
EM-25	4530	4350	4330	4480	4470	4590	4870	4670	4480	4680	4460	4510	4390	5180	4990	9200	5010	4720	4640	4640	4530	4530	4630	4490
EM-26	4590	5000	4940	4660	4520	4400	4700	4900	4630	4680	4770	4690	4840	5230	5300	9600	5030	4890	4800	4780	4470	4870	4800	4860
EM-27	5800	6910	6390	7870	5330	4770	4860	6290	6860	7320	8060	-	-	-	-	8000	7610	6590	6470	6180	-	5320	-	-
EM-28	4450	4100	4170	4370	4350	4500	5040	4640	4830	4900	4690	4530	4690	5090	4930	7800	5370	4700	4790	4390	4810	4810	4620	4680
EM-29	4570	4100	4150	4430	4330	4530	4960	4600	4880	5060	4770	4640	4840	5070	5170	7800	5420	4820	4830	4380	4880	4880	4630	4740
EM-30	5090	5210	5080	5250	5110	5120	-	5050	5000	5000	5380	5100	5400	5220	5050	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EM-31	5060	5140	5000	5140	5060	5150	-	5140	5100	5080	5630	5500	5560	5250	5440	7100	-	-	-	-	10	5180	5280	5340

Valores que no cumplen con el ECA Agua

Figura 22. Valores de CE en la zona Génesis y Marvilla



Además, como se puede observar en la Tabla 18 y Figura 22, casi todos los valores de CE en esta zona exceden el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) D.S. N°004-2017-MINAM en la categoría 4, conservación del ambiente acuático, subcategoría E1, lagunas y lagos, la cual incluye humedales, que señala que los valores de CE no deben superar los 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Se evidencia una concentración con una línea de tendencia bastante similar, además se evidencia un incremento considerable en la conductividad en el mes de abril 2021 en todas las estaciones. Así mismo, se tiene un valor de CE promedio para esta zona de 4925 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

c) Sólidos Disueltos Totales (SDT)

La Tabla 19 presenta los resultados de SDT del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona de Villa Baja de noviembre 2019 a diciembre 2021, obtenidos a partir de los valores de CE. Los STD reportaron valores entre 7 y 7218 mg/L presentando su valor máximo en la estación EM-27 en abril del 2021 y su valor mínimo en la estación EM-31 en setiembre 2021.

Tabla 19. Valores de SDT en la Zona Génesis y Marvilla

	Nov 2019	Dic 2019	Ene 2020	Feb 2020	May 2020	Jun 2020	Jul 2020	Ago 2020	Set 2020	Oct 2020	Nov 2020	Dic 2020	Ene 2021	Feb 2021	Mar 2021	Abr 2021	May 2021	Jun 2021	Jul 2021	Ago 2021	Set 2021	Oct 2021	Nov 2021	Dic 2021
EM-12	3896	3888	3888	3910	3815	3815	-	3829	3807	3763	4035	3807	-	-	-	3778	-	-	-	-	3550	3646	3602	3873
EM-13	2271	2683	2617	3352	-	-	-	3396	3697	3116	3322	3212	3734	3822	3690	3881	-	-	-	-	3043	-	3366	3330
EM-14	2940	2889	2844	2742	3058	3344	-	3962	2874	2918	2991	2962	3234	2999	2844	-	-	-	-	-	3308	-	2962	3006
EM-15	2977	3183	3072	3124	3499	3712	3756	3932	3954	3425	3183	3278	3366	3506	3330	3388	3565	3455	3440	3432	3440	3227	3065	2947
EM-16	2977	3058	3058	3146	3528	3719	3815	3932	3837	3161	3234	3293	3469	3469	3337	3293	3719	3521	3315	3322	3543	3087	2947	2874
EM-17	3014	3109	3080	3183	3587	3778	3859	3954	3991	3425	3234	3315	3484	3557	3352	3366	3528	3484	3477	3455	3410	3138	3109	3021
EM-18	2918	3161	2925	3146	3668	3697	3741	3932	4043	3410	3293	3278	3462	3455	3308	3425	3484	3572	3462	3447	3388	3278	2881	2903
EM-19	2947	3087	3006	3168	3572	3726	3741	4028	4035	3550	3308	3366	3543	3668	3381	3506	3425	3513	3447	3440	3359	3227	2881	2955
EM-20	2940	3256	3094	3131	3697	3719	3749	4101	4153	3550	3403	3322	3440	3388	3359	3432	3425	3741	3763	3425	3374	3278	3153	3109
EM-24	3388	3418	3308	3308	3300	3646	3499	3535	3322	3322	3491	3308	3513	3822	3793	3749	3638	3491	3506	3418	3249	3506	3506	3425
EM-25	3330	3197	3183	3293	3285	3374	3579	3432	3293	3440	3278	3315	3227	3807	3668	3543	3682	3469	3410	3410	3330	3330	3403	3300
EM-26	3374	3675	3631	3425	3322	3234	3455	3602	3403	3440	3506	3447	3557	3844	3896	3822	3697	3594	3528	3513	3285	3579	3528	3572
EM-27	4263	5079	4697	5784	3918	3506	3572	4623	5042	5380	5924	-	-	-	-	7218	5593	4844	4755	4542	-	-	-	-
EM-28	3271	3014	3065	3212	3197	3308	3704	3410	3550	3602	3447	3330	3447	3741	3624	3815	3947	3455	3521	3227	3535	3535	3396	3440
EM-29	3359	3014	3050	3256	3183	3330	3646	3381	3587	3719	3506	3410	3557	3726	3800	3719	3984	3543	3550	3219	3587	3587	3403	3484
EM-30	3741	3829	3734	3859	3756	3763	-	3712	3675	3675	3954	3749	3969	3837	3712	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EM-31	3719	3778	3675	3778	3719	3785	-	3778	3749	3734	4138	4043	4087	3859	3998	3829	-	-	-	-	7	3807	3881	3925

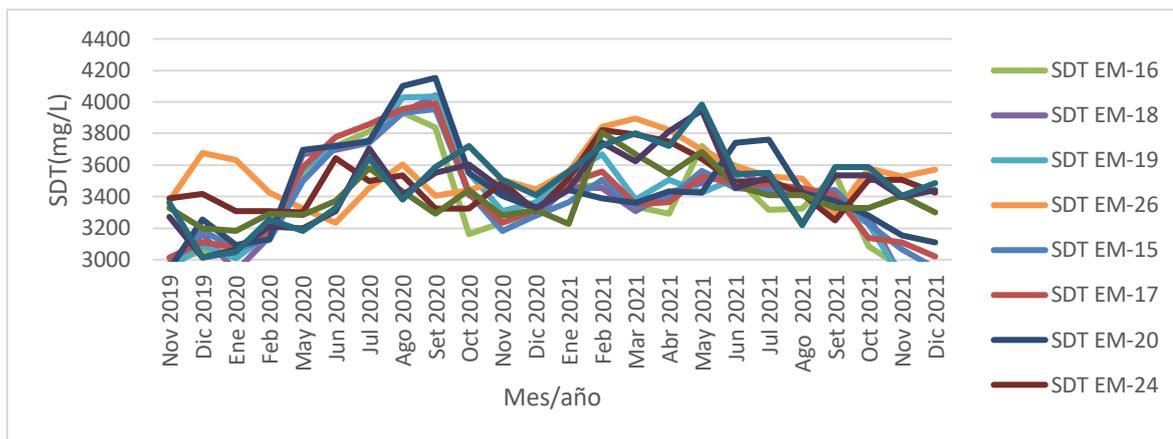


Figura 23. Valores de SDT en la zona Génesis y Marvilla

En el caso de los SDT, como se puede observar en la Tabla 19 y Figura 23, los valores no se han comparado por lo estipulado en el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) D.S. N°004-2017-MINAM en la categoría 4, conservación del ambiente acuático, subcategoría E1, lagunas y lagos, la cual incluye humedales, ya que en dicha norma no se contempla a los SDT. Así mismo, se tiene un valor de SDT promedio para esta zona de 3544 mg/L.

d) Temperatura

La Tabla 20 presenta los resultados de T del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona Génesis y Marvilla de noviembre 2019 a diciembre 2021, en esta se puede observar que los valores de T variaron de 17.2 a 32.7°C, donde el valor máximo se registró en la estación EM-15 en febrero del 2020 (verano), y el mínimo en la estación EM-24 en julio del 2020 (invierno).

Tabla 20. Valores de T en la Zona Génesis y Marvilla

	Nov 2019	Dic 2019	Ene 2020	Feb 2020	May 2020	Jun 2020	Jul 2020	Ago 2020	Set 2020	Oct 2020	Nov 2020	Dic 2020	Ene 2021	Feb 2021	Mar 2021	Abr 2021	May 2021	Jun 2021	Jul 2021	Ago 2021	Set 2021	Oct 2021	Nov 2021	Dic 2021
EM-12	26.2	26.9	28.1	30.9	24.9	21.1	-	21.5	21.8	24.4	25.9	24.2	-	-	-	22.4	-	-	-	-	20.5	22.7	22.9	25.4
EM-13	24.3	26.2	28.4	29	-	-	-	22.8	21.9	25.1	27.3	24.3	29	31.5	28.8	21.7	-	-	-	-	21.2	-	23.5	25.2
EM-14	24.8	27.7	26.8	27.8	24.3	21.5	-	22.4	24.5	24.8	25.3	24	29.3	29.5	28.7	-	-	-	-	-	22.6	-	22.9	23.1
EM-15	27.5	30.4	28.4	32.7	26.1	20	22.5	21.1	24.8	27.2	25.8	26.7	28.2	28	29	23.9	22	20.3	20.3	19.5	20	24.8	26.1	27.5
EM-16	28.4	30.6	27	31.9	26.6	20	22	20.7	24.8	27.7	24.5	26.7	28.3	28.3	29.8	24	23	20.1	21.2	20.2	20.7	25	26.4	28.1
EM-17	27.1	30.9	27.4	31.7	26.5	19.6	21.1	20.6	25.7	28.2	26.1	26.3	27.8	28.9	29.8	23.9	22.3	20.1	20.5	19.6	20.3	25.8	25.8	27
EM-18	27.4	30.7	28.5	31.6	25.8	20.3	22.9	20.9	23.8	27.2	25.2	26.3	27	28.1	29.2	23.1	21.9	20	20.8	19.8	20.2	24	26.1	27.9
EM-19	27.3	29.4	29.8	32.1	25.8	19.9	22.7	19.8	23.3	26.3	24.8	25.8	26.7	28.8	28.5	24.5	21.7	20.4	20.4	19.8	19.7	24	26.3	27.4
EM-20	26.1	26.7	26.9	31	25.3	19.8	22.2	19.4	21	25.2	23.7	26.2	26.6	27.3	28.8	24.4	21.2	20.7	20.7	20.2	19.8	25	24.5	28.2
EM-24	25.7	28.8	24.9	27.7	22.3	20.1	17.2	19.9	24.4	21.8	27.9	26.9	27.5	31.4	28.1	25.3	20.6	19.7	19	20.6	22.9	26.2	24.5	24.3
EM-25	25.6	27.4	24.9	28.5	22.7	20	17.4	20	24.1	20.8	27.2	25.9	26.5	31.3	26.7	26	20.2	19.4	19.2	20.7	22.3	24.9	24	23.4
EM-26	25.9	28	25.5	28.9	23.3	20.3	17.3	19.2	22.3	21.2	27.2	25.8	26.2	30.5	27.9	24.5	20.8	19.2	19	20.7	22.4	23.7	24.6	23.9
EM-27	27.5	32	26.4	32.3	23.1	20.3	17.9	21.9	25.4	21.2	29.2	-	-	-	-	28.5	20.4	19.8	19.9	21.4	-	22.3	-	-
EM-28	26	30.5	26.3	30	23.5	20.6	19.4	22.1	23	21.2	28.5	25.8	26.3	29.6	27.2	28.3	21.3	20.7	21	22.4	23.9	22.8	24.1	22.7
EM-29	25.5	29.8	26.5	29.7	23.8	20.7	19.6	22.6	22.9	20.6	28.2	25.3	26	29.2	25.7	28.4	20.7	20.8	21.6	22.5	24.2	22.2	24.1	21.9
EM-30	25.9	27	28.6	30.7	24.5	21.3	-	21.6	23.2	24.7	25.1	24.7	27.6	29.5	28.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EM-31	25.5	26.8	29	30	24.5	21.5	-	21.1	23.8	24.5	24.2	23.6	27.4	30.2	27.1	22.5	-	-	-	-	29.9	23	23.8	25.1

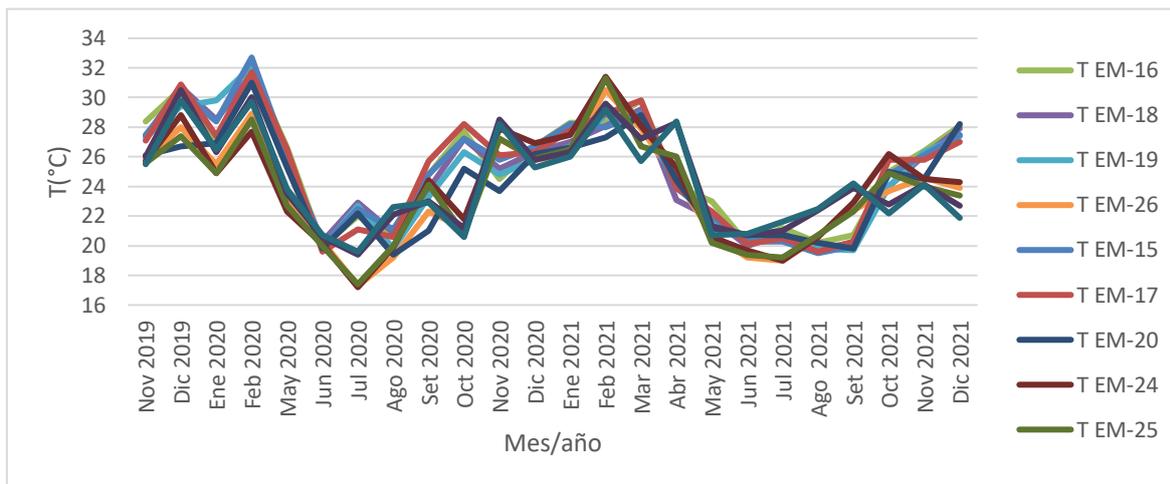


Figura 24. Valores de T en la zona Génesis y Marvilla

En el caso de la T, como se puede observar en la Tabla 20 y Figura 24, los valores no se han comparado por lo estipulado en el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) D.S. N°004-2017-MINAM en la categoría 4, conservación del ambiente acuático, subcategoría E1, lagunas y lagos, la cual incluye humedales, ya que en dicha norma se menciona variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada, además se señala lo siguiente: Para el parámetro de temperatura la variación se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad; por lo que el presente estudio nos ayudará a determinar dicha media histórica. Así mismo, se tiene un valor promedio de temperatura anual para esta zona de 24.5 °C. Además, tal como se puede observar en la Figura 24, las más altas temperaturas han sido registradas en la temporada de verano y las más bajas temperaturas han sido registradas en la temporada de invierno.

e) Oxígeno Disuelto (OD)

La Tabla 21 presenta los resultados de OD del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona Génesis y Marvilla de setiembre 2020 a diciembre 2021. El OD reportó valores entre 1.3 y 18.5 mg/L presentando su valor máximo en la estación EM-24 en diciembre del 2020 y su valor mínimo en la estación EM-20 en setiembre del 2020.

Tabla 21. Valores de OD en la Zona Génesis y Marvilla

	Set 2020	Oct 2020	Nov 2020	Dic 2020	Ene 2021	Feb 2021	Mar 2021	Abr 2021	May 2021	Jun 2021	Jul 2021	Ago 2021	Set 2021	Nov 2021	Dic 2021
EM-12	3.3	5.6	5.3	3.7	-	-	-	2.7	-	-	-	-	4.3	8.5	10.3
EM-13	4.9	5.4	5.3	6.2	4	6.3	6.3	2.2	-	-	-	-	6.2	6.4	5.6
EM-14	1.8	2	5.7	5.4	3.7	2.8	3.2	-	-	-	-	-	3.5	5.1	3.4
EM-15	5.5	12.7	11.1	6	8.8	7.7	5.1	6.2	6.5	7.2	6.5	14.7	6.8	11.4	9.4
EM-16	7.1	10.2	8.9	7.8	8.4	8.4	5.5	5	3.2	6.3	6.4	15.1	8.3	8.2	8.2
EM-17	6.1	13	10.2	7.4	9.7	7.6	6.3	6.1	3.9	7.4	6	11.4	9.7	7.7	9.9
EM-18	5.2	13.9	10.4	7	8.8	8.3	6.2	5.6	5.6	6.6	5.5	11.5	8.8	8	9.4
EM-19	4.2	12.1	11.2	6.5	9	7.4	7	4.8	6.5	6.4	5.3	8.1	8	8	8.9
EM-20	1.3	4.2	1.7	1.6	4.4	4	3.8	4.5	4.8	6.7	3.2	9.1	5.4	5.5	8.3
EM-24	14.4	9.1	6.5	18.5	14.5	8.4	11.8	13	5.6	10.2	7.3	11.3	13.5	17	17.2
EM-25	9.4	10.2	6.5	18.1	12.2	9.3	14.4	9	6.9	12.5	8.1	10.8	11.7	12	14.1
EM-26	11.5	9.9	7	14.8	10.6	8.5	6	10	5.8	8.6	7.4	11.2	15.4	13.2	9.5
EM-27	-	9.3	13	-	-	-	-	11.4	5.9	7.4	4	8.3	-	-	-
EM-28	5.3	6	8.3	7.8	5.2	3.3	4	5.4	4.2	7.6	4.5	6.4	8.1	7.7	6.5
EM-29	5	6	7.3	7.3	5	5.3	5.3	5.1	4.9	6.9	10.4	9.6	3.7	8.2	6
EM-30	3.2	4.2	4.7	5.3	5.1	4.1	10	-	-	-	-	-	-	-	-
EM-31	4.5	6.2	6.4	3.7	5.4	5.8	3.9	3.8	-	-	-	-	6	7.3	6.7

Valores que no cumplen con el ECA Agua

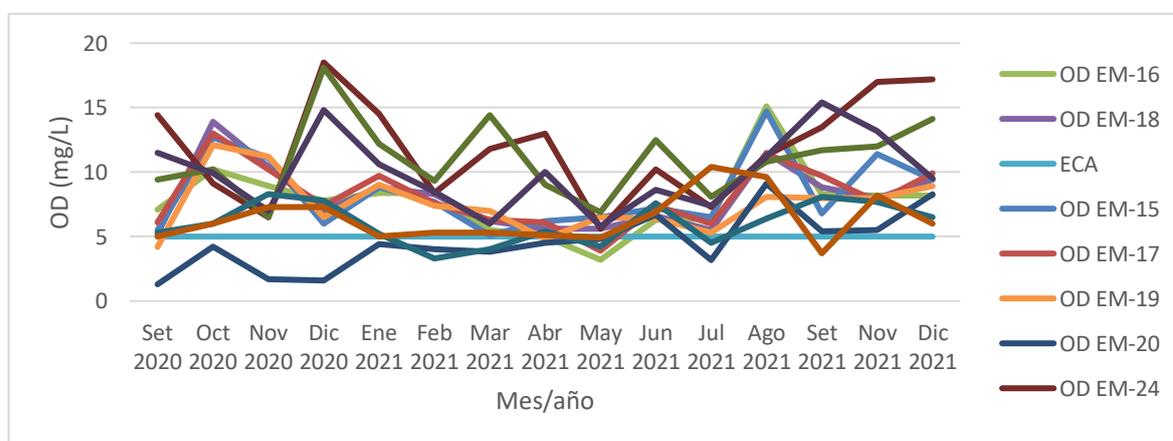


Figura 25. Valores de OD en la zona Génesis y Marvilla

Además, como se puede observar en la Tabla 21 y Figura 25, la mayoría de los valores de OD en esta zona cumplen con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) D.S. N°004-2017-MINAM en la categoría 4, conservación del ambiente acuático, subcategoría E1, lagunas y lagos, la cual incluye humedales, que señala que los valores de OD deben ser mayores o iguales a 5 mg/L. Así mismo, se tiene un valor de OD promedio para esta zona de 7.3 mg/L.

f) Nitratos

La Tabla 22 presenta los resultados de nitratos del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona Génesis y Marvilla de setiembre 2020 a diciembre 2021, específicamente de dos estaciones: EM-18 (ubicada en la laguna Génesis) y EM-25 (ubicada en la laguna Marvilla), en esta se puede observar que los valores de nitratos variaron de 4.43 a 159.5 mg/L, donde el valor máximo se registró en la estación EM-25 en setiembre 2020, y el mínimo en la estación EM-18 en noviembre 2020.

Tabla 22. Valores de Nitratos en la Zona Génesis y Marvilla

	Set 2020	Oct 2020	Nov 2020	Dic 2020	Ene 2021	Feb 2021	Mar 2021	Abr 2021	May 2021	Jun 2021	Jul 2021	Ago 2021	Set 2021	Oct 2021	Nov 2021	Dic 2021
EM-18	17.72	26.58	4.43	8.86	8.86	26.4	4.43	24.808	22.2	17.7	35.44	26.58	34.55	44.3	62.0	39.9
EM-25	159.48	75.31	93.03	44.3	70.4	44	39.87	39.87	44.3	39.9	44.3	39.9	43.4	79.7	58.5	44.3

Valores que no cumplen con el ECA Agua.

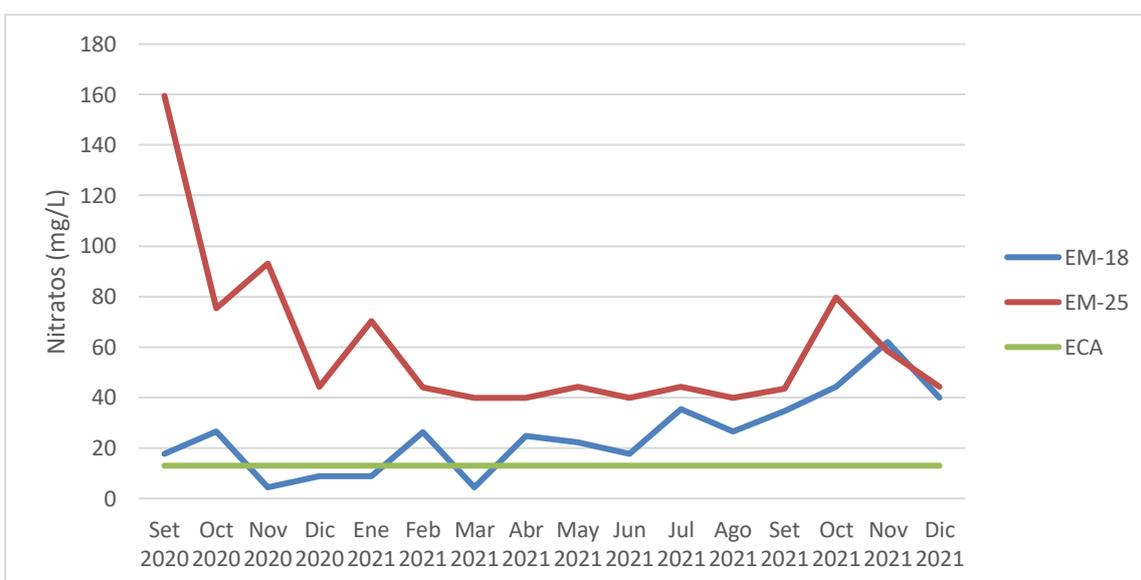


Figura 26. Valores de nitratos en la zona Génesis y Marvilla

Así mismo es importante señalar que tal como se puede observar en la Tabla 22 y Figura 26, casi todos los valores de nitratos en esta zona (laguna Génesis y Marvilla) excedieron el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) D.S. N°004-2017-MINAM en la categoría 4, conservación del ambiente acuático, subcategoría E1, lagunas y lagos, la cual incluye humedales, que señala que los valores de nitratos no deben superar los 13 mg/L. Así mismo, se tiene un valor de nitrato promedio para esta zona de 42.7 mg/L, por lo que se tienen valores altos de nitratos.

g) Fósforo Total

La Tabla 23 presenta los resultados de fósforo total del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona Génesis y Marvilla de octubre 2020 a diciembre 2021, en esta se puede observar que los valores de fósforo total variaron de 0 a 22 mg/L, donde el valor máximo se registró en la estación EM-05 en mayo 2021, y el mínimo en las estaciones EM-01 (abril, setiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2021), EM-03 (octubre del 2020), EM-04 (setiembre y octubre del 2021) y EM-05 (julio y agosto del 2021).

Tabla 23. Valores de Fósforo Total en la Zona Génesis y Marvilla

	Set 2020	Oct 2020	Nov 2020	Dic 2020	Ene 2021	Feb 2021	Abr 2021	May 2021	Jun 2021	Jul 2021	Ago 2021	Set 2021	Oct 2021	Nov 2021	Dic 2021
EM-18	0.013	0.000	0.007	0.026	0.013	6.700	0.067	0.760	0.040	0.020	0.013	0.010	0.000	0.040	0.010
EM-25	0.261	0.980	0.915	0.157	0.42	3.33	0.720	0.900	0.280	0.080	0.080	0.170	0.100	0.090	0.200

Valores que no cumplen con el ECA Agua

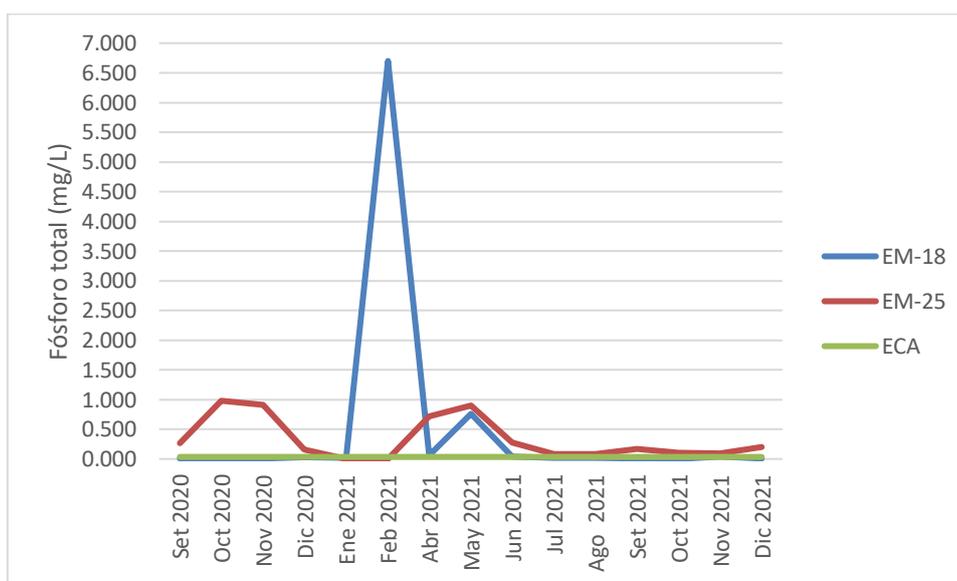


Figura 27. Valores de fósforo total en la zona Génesis y Marvilla

Además, como se puede observar en la Tabla 23 y Figura 27, muchos valores de fósforo total en esta zona no cumplen con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) D.S. N°004-2017-MINAM en la categoría 4, conservación del ambiente acuático, subcategoría E1, lagunas y lagos, la cual incluye humedales, que señala que los valores de fósforo total no deben superar los 0.035 mg/L. Así mismo, se tiene un valor de fósforo total promedio para esta zona de 0.4 mg/L.

Cuadro Resumen de la Zona Génesis y Marvilla

La Tabla 24 presenta los resultados de los parámetros promedio del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona Génesis y Marvilla, a partir de este cuadro resumen se puede caracterizar de manera general a cada una de las estaciones ubicadas en este sector y de esta manera conocer las características fisicoquímicas del agua de las lagunas Génesis y Marvilla y de diversos canales.

Tabla 24. Valores de parámetros promedio en la Zona Génesis y Marvilla

Estación	pH	CE	SDT	T	OD	Nitratos	Fósforo Total	Ubicación
EM-12	7.5	5313.8	3806.4	22.8	5.5	-	-	Canal Defensores 1
EM-13	7.4	4599.4	3283.1	25.8	5.3	-	-	Canal Defensores 1
EM-14	7.0	4151.8	3051.5	26.0	3.7	-	-	Canal Génesis
EM-15	8.0	4743.3	3385.6	24.1	8.4	-	-	Laguna Génesis
EM-16	7.8	4702.1	3360.5	24.6	7.8	-	-	Laguna Génesis
EM-17	8.0	4777.5	3412.8	24.3	8.2	-	-	Laguna Génesis
EM-18	8.0	4738.3	3386.5	24.0	8.1	25.3	0.51	Laguna Génesis
EM-19	8.0	4776.3	3411.6	24.0	7.6	-	-	Laguna Génesis
EM-20	7.4	4831.7	3458.5	24.0	4.6	-	-	Desfogue de la laguna Génesis
EM-24	9.1	4922.9	3477.5	24.2	11.9	-	-	Laguna Marvilla
EM-25	8.8	4807.1	3399.1	23.7	11.0	60	0.38	Laguna Marvilla
EM-26	9.2	4997.9	3538.7	23.6	10.0	-	-	Laguna Marvilla
EM-27	8.6	6507.6	4921.3	22.1	8.5	-	-	A la espalda de la laguna Marvilla
EM-28	7.8	4802.1	3449.6	24.2	6.0	-	-	Canal Sur
EM-29	7.7	4853.3	3483.3	23.9	6.4	-	-	Canal Sur
EM-30	7.6	5147.1	3783.2	28.6	5.2	-	-	Canal Defensores 1
EM-31	7.6	5061.1	3646.8	26.1	5.4	-	-	Canal Defensores 1

4.3. IDENTIFICACIÓN DE LAS ACCIONES TOMADAS A PARTIR DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS MONITOREOS DE CALIDAD DE AGUA, RUIDO AMBIENTAL Y AIRE DEL HUMEDAL PANTANOS DE VILLA Y PARTE DE SU ZONA DE REGLAMENTACIÓN ESPECIAL

4.3.1. Monitoreo de Calidad de Agua

A partir de los resultados obtenidos en el monitoreo de calidad de agua y por la necesidad de obtener datos microbiológicos se elaboró como parte del “Programa de Pasantía en Gestión Pública y Conservación de Humedales” el artículo científico titulado “Evaluación de la calidad del agua de la laguna Marvilla en los Pantanos de Villa (Lima, Perú)”, por medio del cual se logró analizar la calidad de agua de la laguna Marvilla, siendo esta laguna

de gran importancia debido a la gran diversidad de aves que presenta. Mediante este estudio se concluye que la calidad de agua de la laguna Marvilla es regular, es decir, se encuentra ocasionalmente amenazada o dañada. Es importante señalar que la laguna Marvilla se alimenta de los canales que se encuentran fuera del humedal Pantanos de Villa, tal como se evidencia en la Figura 14, por lo que para asegurar una buena calidad de agua al interior se debe asegurar un adecuado cuidado de los canales que se encuentran en el exterior del humedal. Es así que se trabajó en la recuperación de la infraestructura hídrica a través de la elaboración del “Plan de Recuperación de la Infraestructura Hídrica de la ZRE PV 2020-2024” (PROHVILLA, 2022), dentro de los principales resultados se obtuvieron: Inventario de Infraestructura Hídrica de la ZRE PV (Resolución administrativa N° 0093-2021-ANA-AAA.CF-ALA.CHRL), recojo de 49 toneladas de residuos sólidos y 2928 m³ de material de desmonte (en su mayoría restos de construcción de obra menor que obstaculizaban el flujo del agua en los canales de la ZRE PV) a través de jornadas de limpieza, propias del trabajo realizado por el personal de limpieza de PROHVILLA, así como de las jornadas de limpieza participativa que se dieron durante el periodo 2020-2022, entre otros.

Así mismo, se elaboró el artículo científico titulado “Evaluación de la calidad del agua en los canales de la Zona de Reglamentación Especial de Los Pantanos de Villa (Lima, Perú)”, en el que se concluye que la calidad del agua de los canales Ganaderos 1 y Vista Alegre 2 no presentan óptimas condiciones para el uso recreativo que se les da, ya que podría ocasionar problemas a la salud y la conservación del medio. Es importante señalar que la evaluación de la calidad de agua de esta zona en particular se realizó debido a que este sector era usado como piscina por la población aledaña (Figura 77). A partir del trabajo articulado con la Municipalidad de Chorrillos (muro pircado y barandas) y con la Municipalidad Metropolitana de Lima, los cuales elaboraron el “Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres de la Zona de Reglamentación Especial de los Pantanos de Villa período 2022-2024” (MML, 2022), en marco a dicho documento se ejecutó el enrocado con técnica de pircado (dicha técnica esta estipulada en el documento antes mencionado para todos los canales de la ZRE PV), se le dio prioridad a esta zona debido al uso recreativo que se le estaba dando al agua que no poseía una adecuada calidad, así como también por la alta presencia vecinal de la zona (Figura 78)



Figura 28. Uso recreativo del agua en la intersección del canal Ganaderos 1 y Vista Alegre 2



Figura 29. Ejecución de trabajos para no permitir el uso recreativo del agua

4.3.2. Monitoreo de la Calidad de Aire y Ruido Ambiental

En marco a los datos obtenidos del monitoreo de calidad de aire y a la protección de las aves que se promueve en la única área natural protegida de Lima Metropolitana desde el año 2019 se han hecho campañas contra el uso de la pirotecnia en el mes de diciembre con el apoyo del Consejo de Niñas y Niños Guardianes de los Pantanos de Villa (Figura 79)



2019: Marcha de sensibilización



2020: Dramatizaciones sobre los efectos en las aves (vía redes sociales)



2021: Sensibilización directa a los vecinos de la ZRE



2022: Videos de sensibilización

Figura 30. Labores de sensibilización por parte del Consejo de Niñas y Niños Guardianes de los Pantanos de Villa

Por otro lado, los datos obtenidos del monitoreo de ruido ambiental que demuestran que los valores de decibeles al interior del humedal Pantanos de Villa cumplen con el ECA ruido en casi todos los puntos de control, señalando el papel fundamental de la flora como amortiguador, mientras que los valores de decibeles en los bordes del humedal Pantanos de Villa son elevados y no cumplen con el ECA ruido; en tal sentido se elaboró el “Plan de Manejo Silvicultural de las especies usadas como cerco vivo para la Protección del entorno del Área Ecológica Metropolitana” (PROHVILLA, 2022), con la finalidad de seguir trabajando en la plantación de especies en el cerco vivo del humedal y asegurar el mantenimiento de las existentes.

Además, se generó el INFORME N° 047-2020-MML-PROHVILLA-OICDP sobre la Incidencia de la Contaminación Acústica sobre la fauna del humedal Pantanos de Villa que junto con el informe legal INFORME N° 025-2021-MML-PROHVILLA-OGAJ, Importancia nacional e internacional del humedal Pantanos de Villa y el MEMORANDUM N° 036-2020-MML-PROHVILLA-OICDP, Informe sobre los efectos del elevado flujo

vehicular en el humedal Pantanos de Villa mediante Oficio N° 160-2021-MML-PROHVILLA-DT fue enviado a la Gerencia de Movilidad Urbana (GMU) de la MML, obteniéndose como resultado la Resolución de Subgerencia N° D004942-2022-MML-GMU-SIT de la GMU que establece límites máximos de velocidad en Av. Hernando Lavalle, Av. Las Garzas Reales y Av. Defensores del Morro en el Distrito de Chorrillos.

4.3.3. Zona Las Delicias y Mayor

En la Zona Las Delicias y Mayor se cuenta con 10 estaciones de monitoreo, dentro de las cuáles se tiene a la laguna Las Delicias y la laguna Mayor, así como canales como el canal Sangradero.

Seguidamente, se detallará los resultados obtenidos en los monitoreos de calidad de agua realizados en la zona Las Delicias y Mayor de noviembre 2019 a diciembre 2021.

a) pH

La Tabla 25 presenta los resultados de pH del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona Las Delicias y Mayor de noviembre 2019 a octubre 2021, en esta se puede observar que los valores de pH variaron de 6 a 8.8, donde el valor máximo se registró en la estación EM-40 en febrero 2020 y febrero 2021, y el mínimo en la estación EM-35 en junio del 2020.

Tabla 25. Valores de pH en la Zona Las Delicias y Mayor

	Nov 2019	Dic 2019	Ene 2020	Feb 2020	May 2020	Jun 2020	Ago 2020	Set 2020	Oct 2020	Nov 2020	Dic 2020	Feb 2021	Mar 2021	Abr 2021	May 2021	Jul 2021	Ago 2021	Set 2021	Oct 2021
EM-32	7.1	7.4	7.1	7	6.8	7	-	7.5	7.2	7.5	-	7.5	-	-	-	-	-	-	-
EM-33	8.2	8.1	7.6	7.5	7.3	7.3	8	8	8.1	8	7.7	8	7	7.4	7.7	-	7.5	-	7.7
EM-34	8.5	7.9	7.9	7.7	6.8	7.7	7.8	8.1	8.3	7.5	-	7.2	7.2	7.7	7.7	7.5	8	8	8
EM-35	7.2	8.3	6.8	7.5	7.1	6	7.1	7.3	7.3	7.6	7.6	7.6	7.2	6.7	6.8	7.5	7.6	-	-
EM-36	7.4	7.3	7.4	7.4	7.5	7.1	7.6	7.5	-	7.7	7.6	7.6	7.6	7.6	7.5	7.6	7.4	7.7	7.6
EM-37	7.7	7.6	7.5	8.1	7.6	7.5	7.5	7.7	7.5	7.9	7.7	-	7.5	-	-	-	-	-	-
EM-38	7.8	7.6	7.6	7.6	7.7	7.6	7.4	7.6	7.5	7.8	-	7.1	7.1	7.3	7.5	8	7.4	7.6	8
EM-39	8	8.1	7.7	8.1	8	8	8	7.9	8.1	8.1	8	8.4	8.1	8.2	7.9	8.7	7.9	7.8	8.2
EM-40	8	8.4	8	8.8	8.1	8	8	7.8	8	8	8.1	8.8	6.9	8.3	8.1	8.3	7.9	7.8	8
EM-41	7.3	8.2	7.9	7.7	7.3	7.5	7.7	8.1	-	7.9	-	7.7	-	-	-	-	-	-	-

Valores que no cumplen con el ECA Agua

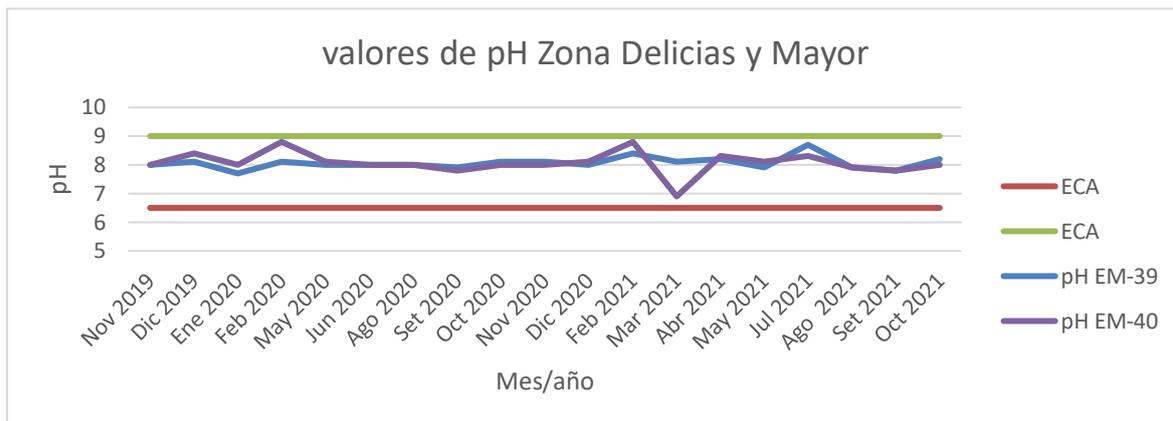


Figura 31. Valores de pH en la zona Las Delicias y Mayor

Así mismo, es importante señalar que tal como se puede observar en la Tabla 25 y Figura 28, la mayoría de los valores de pH en esta zona cumplieron con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) D.S. N°004-2017-MINAM en la categoría 4, conservación del ambiente acuático, subcategoría E1, lagunas y lagos, la cual incluye humedales, que señala que los valores de pH deben estar en el rango de 6.5-9.0, con excepción de un solo valor en la estación EM-35, ubicada en la laguna Las Delicias. Así mismo, se tiene un valor de pH promedio para esta zona de 7.7, por lo que se tiene un valor de pH promedio ligeramente alcalino.

b) Conductividad Eléctrica (CE)

La Tabla 26 presenta los resultados de CE del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona Las Delicias y Mayor de noviembre 2019 a octubre 2021. La CE reportó valores entre 1070 y 10540 $\mu\text{S}/\text{cm}$, presentando su valor máximo en la estación EM-34 en junio 2020 y su mínimo en la estación EM-34 en julio 2021.

Tabla 26. Valores de CE en la Zona Las Delicias y Mayor

	Nov 2019	Dic 2019	Ene 2020	Feb 2020	May 2020	Jun 2020	Ago 2020	Set 2020	Oct 2020	Nov 2020	Dic 2020	Feb 2021	Mar 2021	Abr 2021	May 2021	Jul 2021	Ago 2021	Set 2021	Oct 2021
EM-32	7510	7660	7700	7700	7670	7590	-	7640	7730	7750	-	7690	-	-	-	-	-	-	-
EM-33	9600	9680	9670	9680	10040	10090	9920	9940	10030	10170	10000	9730	9770	7400	10260	-	9710	-	9980
EM-34	9830	9920	9910	10000	10530	10540	9940	10050	10170	10340	-	10000	10300	7700	9640	1070	10210	10290	10050
EM-35	9520	9650	9350	9640	9910	9730	9670	9700	9710	10130	9860	9760	9900	6700	9980	9810	9780	-	-
EM-36	7850	7920	7830	7830	7870	7910	7780	7780	-	7670	7720	7780	7800	7600	7760	7520	7560	7540	7550
EM-37	6950	6810	6720	6590	6810	6930	7020	6670	6850	6780	6870	-	7040	-	-	-	-	-	-
EM-38	6710	6650	6710	6770	6750	6880	6860	6870	6800	6890	-	6970	6950	7300	6840	6520	6650	6840	6800
EM-39	7280	7340	7280	7160	7390	7360	7340	7370	7360	7440	7350	7660	7430	8200	7450	7030	7060	6990	7030
EM-40	7350	7400	7320	7420	7430	7390	7320	7490	7490	7490	7600	7680	7730	8300	7560	7170	7120	7080	7040
EM-41	3500	7350	2700	8650	7540	7650	7420	3090	-	7570	-	2800	-	-	-	-	-	-	-

Valores que no cumplen con el ECA Agua

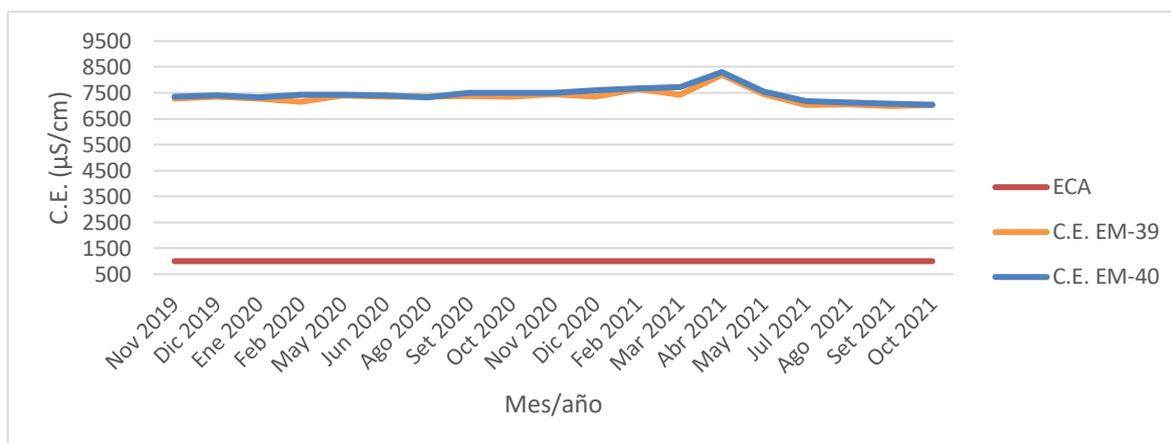


Figura 32. Valores de CE en la zona Las Delicias y Mayor

Además, como se puede observar en la Tabla 26 y Figura 29, todos los valores de CE en esta zona exceden el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) D.S. N°004-2017-MINAM en la categoría 4, conservación del ambiente acuático, subcategoría E1, lagunas y lagos, la cual incluye humedales, que señala que los valores de CE no deben superar los 1000 µS/cm. Se evidencia una concentración con una línea de tendencia bastante similar. Así mismo, se tiene un valor de CE promedio para esta zona de 7846 µS/cm.

c) Sólidos Disueltos Totales (SDT)

La Tabla 27 presenta los resultados de SDT del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona Las Delicias y Mayor de noviembre 2019 a octubre 2021, obtenidos a partir de los valores de CE. Los STD reportaron valores entre 1985 y 7879 mg/L presentando su valor máximo en la estación EM-34 en abril del 2021 y su valor mínimo en la estación EM-41 en enero 2020.

Tabla 27. Valores de SDT en la Zona Las Delicias y Mayor

	Nov 2019	Dic 2019	Ene 2020	Feb 2020	May 2020	Jun 2020	Ago 2020	Set 2020	Oct 2020	Nov 2020	Dic 2020	Feb 2021	Mar 2021	Abr 2021	May 2021	Jul 2021	Ago 2021	Set 2021	Oct 2021
EM-32	5519.9	5630	5660	5660	5637	5579	-	5615	5682	5696	-	5652	-	-	-	-	-	-	-
EM-33	7056	7115	7107	7115	7379	7416	7291	7306	7372	7475	7350	7152	7181	7512	7541	-	7137	-	7335
EM-34	7225	7291	7284	7350	7740	7747	7306	7387	7475	7600	-	4840	7571	7879	7085	7402	7504	7563.2	7387
EM-35	6997	7093	6872	7085	7284	7152	7107	7130	7137	7446	7247	7174	7277	7490	7335	7210	7188	-	-
EM-36	5770	5821	5755	5755	5784	5814	5718	5718	-	5637	5674	5718	5733	5645	5704	5527	5557	5541.9	5549
EM-37	5108	5005	4939	4844	5005	5094	5160	4902	5035	4983	5049	-	5174	-	-	-	-	-	-
EM-38	4932	4888	4932	4976	4961	5057	5042	5049	4998	5064	-	5123	5108	5108	5027	4792	4888	5027	4998
EM-39	5351	5395	5351	5263	5432	5410	5395	5417	5410	5468	5402	5630	5461	5513	5476	5167	5189	5138	5167
EM-40	5402	5439	5380	5454	5461	5432	5380	5505	5505	5505	5586	5645	5682	5623	5557	5270	5233	5204	5174
EM-41	2573	5402	1985	6358	5542	5623	5454	2271	-	5564	-	2058	-	-	-	-	-	-	-

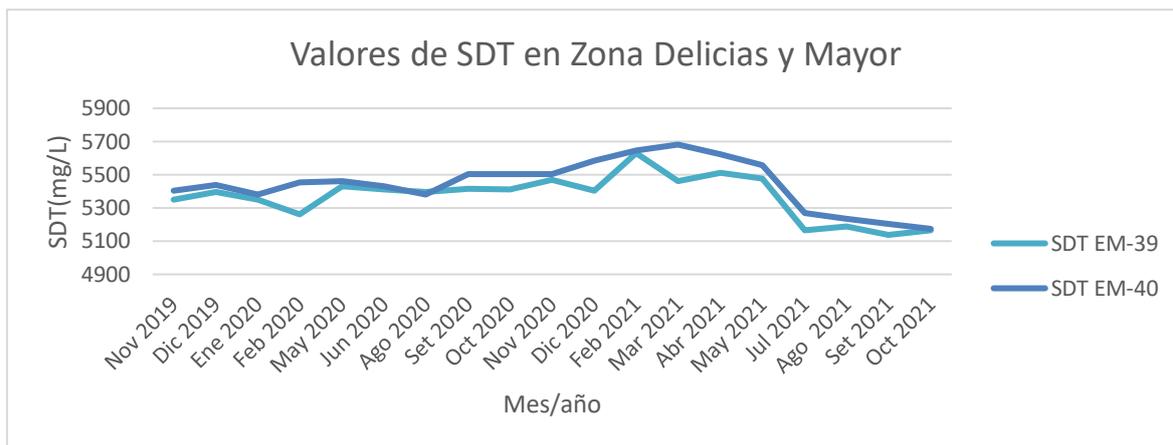


Figura 33. Valores de SDT en la zona Las Delicia y Mayor

En el caso de los SDT, como se puede observar en la Tabla 27 y Figura 30, los valores no se han comparado por lo estipulado en el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) D.S. N°004-2017-MINAM en la categoría 4, conservación del ambiente acuático, subcategoría E1, lagunas y lagos, la cual incluye humedales, ya que en dicha norma no se contempla a los SDT. Así mismo, se tiene un valor de SDT promedio para esta zona de 5823 mg/L.

d) Temperatura (T)

La Tabla 28 presenta los resultados de T del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona Las Delicias y Mayor de noviembre 2019 a octubre 2021, en esta se puede observar que los valores de T variaron de 19 a 35.1 °C, donde el valor máximo se registró en la estación EM-34 en febrero del 2021 (verano), y el mínimo en las estaciones EM-32 en junio 2020, EM-33 en junio 2020 y EM-41 en agosto 2020 (invierno).

Tabla 28. Valores de T en la Zona Las Delicias y Mayor

	Nov 2019	Dic 2019	Ene 2020	Feb 2020	May 2020	Jun 2020	Ago 2020	Set 2020	Oct 2020	Nov 2020	Dic 2020	Feb 2021	Mar 2021	Abr 2021	May 2021	Jul 2021	Ago 2021	Set 2021	Oct 2021
EM-32	5519.9	5630	5660	5660	5637	5579	-	5615	5682	5696	-	5652	-	-	-	-	-	-	-
EM-33	7056	7115	7107	7115	7379	7416	7291	7306	7372	7475	7350	7152	7181	7512	7541	-	7137	-	7335
EM-34	7225	7291	7284	7350	7740	7747	7306	7387	7475	7600	-	4840	7571	7879	7085	7402	7504	7563.2	7387
EM-35	6997	7093	6872	7085	7284	7152	7107	7130	7137	7446	7247	7174	7277	7490	7335	7210	7188	-	-
EM-36	5770	5821	5755	5755	5784	5814	5718	5718	-	5637	5674	5718	5733	5645	5704	5527	5557	5541.9	5549
EM-37	5108	5005	4939	4844	5005	5094	5160	4902	5035	4983	5049	-	5174	-	-	-	-	-	-
EM-38	4932	4888	4932	4976	4961	5057	5042	5049	4998	5064	-	5123	5108	5108	5027	4792	4888	5027	4998
EM-39	5351	5395	5351	5263	5432	5410	5395	5417	5410	5468	5402	5630	5461	5513	5476	5167	5189	5138	5167
EM-40	5402	5439	5380	5454	5461	5432	5380	5505	5505	5505	5586	5645	5682	5623	5557	5270	5233	5204	5174
EM-41	2573	5402	1985	6358	5542	5623	5454	2271	-	5564	-	2058	-	-	-	-	-	-	-

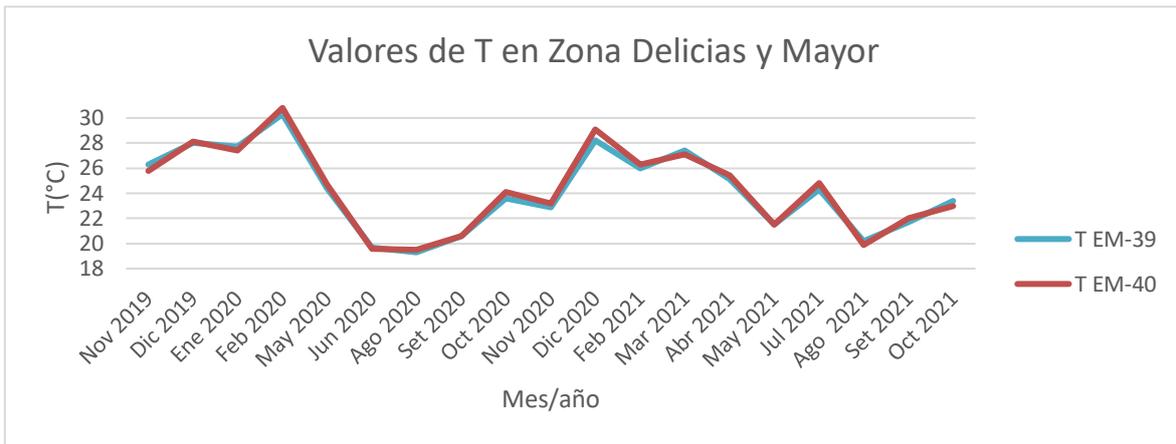


Figura 34. Valores de T en la zona Las Delicias y Mayor

En el caso de la T, como se puede observar en la Tabla 28 y Figura 31, los valores no se han comparado por lo estipulado en el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) D.S. N°004-2017-MINAM en la categoría 4, conservación del ambiente acuático, subcategoría E1, lagunas y lagos, la cual incluye humedales, ya que en dicha norma se menciona variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada, además se señala lo siguiente: Para el parámetro de temperatura la variación se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad; por lo que el presente estudio nos ayudará a determinar dicha media histórica. Así mismo, se tiene un valor promedio de temperatura anual para esta zona de 25.1 °C. Además, tal como se puede observar en la Figura 30, las más altas temperaturas han sido registradas en la temporada de verano y las más bajas temperaturas han sido registradas en la temporada de invierno.

e) Oxígeno Disuelto (OD)

La Tabla 29 presenta los resultados de OD del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona Génesis y Marvilla de setiembre 2020 a setiembre 2021. El OD reportó valores entre 1.4 y 16.2 mg/L presentando su valor máximo en la estación EM-34 en octubre del 2020 y su valor mínimo en la estación EM-35 en noviembre del 2020.

Tabla 29. Valores de OD en la Zona Las Delicias y Mayor

	Set 2020	Oct 2020	Nov 2020	Dic 2020	Feb 2021	Mar 2021	Abr 2021	May 2021	Jul 2021	Ago 2021	Set 2021
EM-32	5.9	3.6	6.4	-	5.9	-	-	-	-	-	-
EM-33	8	7.8	6.4	3.6	8.7	4	4.8	12.3	-	8.5	-
EM-34	10.5	16.2	7	-	4.4	3.5	8.2	7.6	4.6	6.6	12.5
EM-35	3.7	2.3	1.4	3.8	3.3	7	3.3	3.5	3.4	8.5	-
EM-36	8.1	-	6.1	7.5	5.1	4.6	7.6	7.3	5	7.7	8.5
EM-37	5.1	6.6	5.3	5.7	-	10.7	-	-	-	-	-
EM-38	5.6	7	7	-	5.8	4.6	2.1	6.2	3.6	9.3	6.7
EM-39	8.3	13	9.5	10.3	10.1	4	9.5	7.2	7.6	11.2	12.5
EM-40	9.4	12	8.7	9.5	8.1	2.5	9.1	5.37	6.6	11.5	9
EM-41	3.6	-	6.3	-	6.2	-	-	-	-	-	-

Valores que no cumplen con el ECA Agua

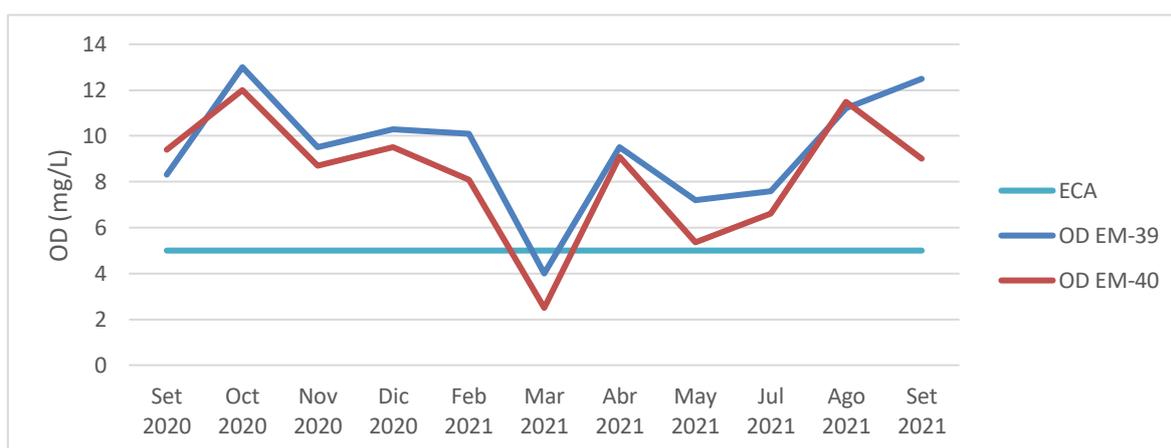


Figura 35. Valores de OD en la zona Las Delicias y Mayor

Además, como se puede observar en la Tabla 29 y Figura 32, la mayoría de los valores de OD en esta zona cumplen con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) D.S. N°004-2017-MINAM en la categoría 4, conservación del ambiente acuático, subcategoría E1, lagunas y lagos, la cual incluye humedales, que señala que los valores de OD deben ser mayores o iguales a 5 mg/L. Así mismo, se tiene un valor de OD promedio para esta zona de 6.7 mg/L.

f) Nitratos

La Tabla 30 presenta los resultados de nitratos del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona Las Delicias y Mayor de agosto 2020 a diciembre 2021, en esta se puede observar que los valores de nitratos variaron de 4.43 a 35.44 mg/L, donde el

valor máximo se registró en la estación EM-40 en agosto 2021, y el mínimo en la estación EM-35 en marzo 2021 y agosto 2021.

Tabla 30. Valores de Nitratos en la Zona Las Delicias y Mayor

	Ago 2020	Set 2020	Oct 2020	Nov 2020	Dic 2020	Ene 2021	Feb 2021	Mar 2021	Abr 2021	May 2021	Jun 2021	Jul 2021	Ago 2021	Set 2021	Oct 2021	Dic 2021	
EM-34	8.86	-	-	13.29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.72
EM-35	-	-	8.86	-	8.86	-	17.6	4.43	8.86	17.72	8.86	8.9	4.43	-	-	-	-
EM-39	22.15	-	-	-	-	12.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EM-40	-	22.15	8.86	17.72	22.15	10.5	17.6	26.58	17.72	17.72	-	17.7	35.44	26	27	-	-
Valores que no cumplen con el ECA Agua																	

Así mismo, es importante señalar que tal como se puede observar en la Tabla 30, la mayoría de los valores de nitratos en esta zona (laguna Génesis y Marvilla) excedieron el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) D.S. N°004-2017-MINAM en la categoría 4, conservación del ambiente acuático, subcategoría E1, lagunas y lagos, la cual incluye humedales, que señala que los valores de nitratos no deben superar los 13 mg/L. Así mismo, se tiene un valor de nitrato promedio para esta zona de 15.2 mg/L.

g) Fósforo Total

La Tabla 31 presenta los resultados de fósforo total del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona Génesis y Marvilla de agosto 2020 a diciembre 2021, en esta se puede observar que los valores de fósforo total variaron de 0 a 2.67 mg/L. Además, varios valores de fósforo total en esta zona no cumplen con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) D.S. N°004-2017-MINAM en la categoría 4, conservación del ambiente acuático, subcategoría E1, lagunas y lagos, la cual incluye humedales, que señala que los valores de fósforo total no deben superar los 0.035 mg/L. Así mismo, se tiene un valor de fósforo total promedio para esta zona de 0.15 mg/L.

Tabla 31. Valores de Fósforo total en la Zona Las Delicias y Mayor

	Ago 2020	Set 2020	Oct 2020	Nov 2020	Dic 2020	Ene 2021	Feb 2021	Mar 2021	Abr 2021	May 2021	Jun 2021	Jul 2021	Ago 2021	Set 2021	Oct 2021	Dic 2021	
EM-34	0.06	-	-	0.0523	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04
EM-35	-	-	0.026	-	0.039	-	2.667	0	0	0	0	0	0.013	-	-	-	-
EM-39	0.007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EM-40	-	0.026	0	0.013	0.0067	0.12	2.667	-	0.013	0	-	0	0.027	0	0	-	-
Valores que no cumplen con el ECA Agua																	

Cuadro Resumen de la Zona Las Delicias y Mayor

La Tabla 32 presenta los resultados de los parámetros promedio del monitoreo de calidad de agua de las estaciones ubicadas en la Zona Las Delicias y Mayor, a partir de este cuadro resumen se puede caracterizar de manera general a cada una de las estaciones ubicadas en este sector y de esta manera conocer las características fisicoquímicas del agua de las lagunas Las Delicias y Mayor y de diversos canales.

Tabla 32. Valores de parámetros promedio en la Zona Las Delicias y Mayor

Estación	pH	E.E.	CE	E.E.	SDT	E.E.	T	E.E.	OD	E.E.	Nitratos	E.E.	Fósforo Total	E.E.	Ubicación
EM-32	7.2	1.2	7664.0	1243.4	5633.0	913.9	25.1	4.2	5.5	1.4	-	-	-	-	Canal Sangradero
EM-33	7.7	0.6	9745.3	759.3	7284.7	558.2	25.7	2.3	7.1	1.3	-	-	-	-	Laguna Las Delicias
EM-34	7.8	0.4	9471.7	716.0	7313.1	422.5	26.3	1.9	8.1	1.4	13.3	3.2	0.05	0.01	Laguna Las Delicias
EM-35	7.2	0.6	9576.5	752.8	7189.6	550.9	25.5	2.2	4.0	0.7	9.8	2.0	0.31	0.22	Laguna Las Delicias
EM-36	7.5	0.4	7737.2	419.5	5690.1	308.4	25.5	1.6	6.8	0.8	-	-	-	-	Laguna Las Delicias
EM-37	7.7	1.1	6836.7	978.6	5025.0	719.3	25.3	3.7	6.7	1.7	-	-	-	-	Canal Defensores 2
EM-38	7.6	0.4	6820.0	370.7	4998.4	271.0	24.7	1.4	5.8	0.8	-	-	-	-	Canal Defensores 2
EM-39	8.1	0.1	7343.2	61.9	5370.1	30.1	24.2	0.7	9.4	0.8	17.3	4.4	0.01	0.00	Laguna Mayor
EM-40	8.1	0.1	7441.1	64.8	5444.0	33.7	24.4	0.8	8.3	0.8	20.55	2.9	0.24	0.19	Laguna Mayor
EM-41	7.7	1.3	5827.0	1092.4	4282.8	802.9	24.8	4.1	5.4	1.5	-	-	-	-	Desfogue al mar
Valores que no cumplen con el ECA Agua															

Finalmente, se puede observar en la Tabla 33 el resumen de los parámetros fisicoquímicos monitoreados en cada canal y laguna del humedal Pantanos de Villa. De esta manera se puede caracterizar a cada uno para un mejor control.

Tabla 33. Valores de parámetros promedio por cuerpo de agua en el humedal Pantanos de Villa

Nombre del cuerpo de agua	pH	CE	SDT	T	OD	Nitratos	Fósforo Total
Manantial Palmeras	7.3	2641	1961	24.1	4.1	99.8	0.17
Manantial Villa Baja	7.4	3058	2204	24.8	3.4	81.7	0.05
Manantial Miramar	7.5	6784	4986	23.7	6.0	106.2	0.32
Canal Horticultores 1	7.6	4665	3428	23.8	4.8	62.3	0.16
Canal Horticultores 2	7.5	3017	2244	24.2	3.5	36.1	2.10
Canal Ganaderos 1	7.4	6490	4770	24.7	4.8	75.5	0.9
Canal Vista Alegre 1	7.2	6827	5017.8	25	5.4	-	-
Canal Vista Alegre 2	7.5	6778	4982	24.4	6.1	-	-
Canal Defensores 1	7.5	5030.3	3629.9	25.8	5.4	-	-
Canal Sur	7.8	4827.7	3466.4	24.1	6.2	-	-
Canal Génesis	7.0	4151.8	3051.5	26.0	3.7	-	-
Laguna Génesis	8.0	4747.5	3391.4	24.2	8.0	25.3	0.51
Laguna Marvilla	9.0	4909.3	3471.8	23.8	11.0	60	0.38
Laguna Las Delicias	7.6	9132.7	6869.4	25.7	6.5	11.6	0.2
Laguna Mayor	8.1	7392.1	5407.1	24.3	8.9	18.9	0.1
Canal Sangradero	7.2	7664.0	5633.0	25.1	5.5	-	-
Canal Defensores 2	7.6	6828.3	5011.7	25.0	6.2	-	-
Pantanos de Villa-promedio total	7.6	5584.9	4089.7	24.6	5.9	57.7	0.5
que no cumplen con el ECA Agua							

4.3.4. Discusión

El análisis corresponde a los resultados presentados en la sección 4.5.2 Evaluación del monitoreo de calidad de agua realizado en el humedal Pantanos de Villa y parte de su Zona de Reglamentación Especial, el cual ha sido abordado a partir de los datos obtenidos en los monitoreos de calidad de agua realizados en el humedal Pantanos de Villa y la ZRE PV.

A pesar de los esfuerzos que ha realizado PROHVILLA para la implementación del monitoreo de calidad de agua en el humedal Pantanos de Villa y su ZRE PV, a la fecha se evalúan 7 parámetros fisicoquímicos de manera constante: pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, temperatura, oxígeno disuelto, nitratos y fósforo total; siendo estos parámetros insuficientes para conocer con claridad la calidad del agua que presenta este importante ecosistema y/o para poder calcular el índice de calidad de agua respectivo.

El Monitoreo de calidad de agua se realizó por zonas dividiéndose en 3: Zona Villa Baja (14 estaciones de monitoreo), Zona Génesis y Marvilla (17 estaciones) y Zona Delicias y Mayor (10 estaciones). Para el caso de la Zona Villa Baja, en donde se encuentran los canales y manantiales que alimentan al humedal Pantanos de Villa se tiene que todos los valores de pH de las estaciones monitoreadas cumplen con el ECA agua, presentando un valor de pH promedio de 7.4, es decir un pH ligeramente alcalino. La conductividad eléctrica es alta, superando en todas las estaciones monitoreadas el ECA agua, esto debido a la alta salinidad presente en el suelo y en el aire debido a la cercanía de la zona al mar, tal como lo señala INGEMMET (2019). Esta característica se repite en todos los humedales costeros, por lo que los valores considerados en el ECA agua para este parámetro deben ser distintos para este tipo de humedales, ya que los valores altos están relacionados a causas naturales. El valor promedio de la conductividad es de 5028 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

El valor promedio de los sólidos disueltos totales es de 3693 mg/L. El valor promedio de la temperatura en esta zona es de 24.4 ° C. Para el caso del Oxígeno Disuelto tenemos que el 56% de los datos no cumplen con el ECA Agua, presentando un valor promedio de oxígeno disuelto de 4.7 mg/L. El oxígeno disuelto es uno de los parámetros más importantes de la calidad del agua y la fotosíntesis, está relacionado con la temperatura, presión y concentración salina, los valores de oxígeno menores a 5 mg/L pueden indicar contaminación orgánica del agua, tal como lo señala Aguas Urbanas (2018). Las estaciones EM-01 y EM-02 se encuentran ubicadas en el manantial Palmeras y la estación EM-03 (manantial Villa Baja) zonas donde han sido utilizada durante años para el lavado de ropa

mediante el uso de detergentes. Muchos de éstos contienen fosfatos como uno de sus compuestos principales, cuya proporción puede llegar a ser tan alta como la del 40% en relación al peso (Pickup, 1990). Éstos causan una serie de problemas ambientales, como producción de espuma, alteración de la tensión superficial del agua y disminución del oxígeno disuelto (Orozco et al., 2003). Por otro lado, la estación EM-05 al encontrarse cercana a un vertimiento de aguas residuales domésticas posee valores de oxígeno disuelto bastante bajos. Además, en este sector se cuenta con urbanizaciones, fábricas y camales relacionadas al constante crecimiento urbano que trae como consecuencia la merma en las características del ecosistema, fundamentalmente la contaminación del recurso hídrico (INGEMMET, 2019)

Las estaciones monitoreadas en la zona de Villa Baja (el 94% de los datos) exceden el ECA agua para el parámetro de nitratos, teniendo un valor promedio de 71.1 mg/L. Las altas concentraciones de nitritos y nitratos resultan tóxicas para la biota presente, y el consumo desmedido de oxígeno en el agua es perjudicial para la supervivencia de las comunidades acuáticas, tal como lo señala Roldán (2008). Por otro lado, el 62% de los datos exceden el ECA agua para el parámetro fósforo total, teniendo un valor promedio de 0.83 mg/L. Una gran parte del fósforo presente en las aguas se debe al uso de abonos fosfatados, heces y detergentes, una alta concentración de fósforo total está influenciada con el vertimiento de aguas residuales cargadas de detergentes y jabones, así como también se ha evidenciado que la presencia de cantidades grandes de fosfatos está directamente relacionada con el proceso de eutrofización, mientras que una baja concentración de fosfatos está relacionada con un crecimiento moderado de algas, ya que sí este parámetro aumenta estas crecen de forma desmedida quitando oxígeno a la diversidad acuática que se encuentre a su alrededor (Jiménez, 2000). Para el caso particular de esta zona, se evidencian aguas residuales domésticas, ya que las viviendas de la zona no presentan la red de alcantarillado.

En la Zona Génesis y Marvilla se encuentran ubicadas las lagunas Génesis (única navegable en el humedal) y la laguna Marvilla. Con respecto al pH, la mayoría de los valores cumplieron con el ECA agua, con excepción de varios valores en las estaciones EM-24, EM-25 y EM-26 ubicadas en la laguna Marvilla. Además, se tiene un pH promedio de 8. En tal sentido, Huamán et al. (2020) realizaron un estudio en esta laguna en donde señala que los valores de pH disminuyeron en los meses donde el nivel de agua en la laguna es alto (junio-noviembre), mientras que en los meses donde el nivel de agua es bajo (diciembre-mayo) los valores incrementaron. Asimismo, indica que la laguna Marvilla presenta una condición

alcalina, debido a la cercanía del humedal con el mar. Con respecto a la conductividad, al igual que la Zona Villa Baja presenta valores altos, evidenciándose que todos los valores exceden el ECA agua. Se tiene una conductividad promedio de 4925 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Los sólidos disueltos totales presentan un valor promedio de 3544 mg/L. Con respecto a la temperatura, esta zona presenta un valor promedio de 24.5 °C. El 80% de los valores cumplen con el ECA agua para el parámetro de oxígeno disuelto, teniendo un valor promedio de 7.3 mg/L. Si lo comparamos con la Zona Villa Baja, esta zona presenta valores de oxígeno disuelto más altos, lo que resulta beneficioso para la vida acuática presente en las lagunas del humedal Pantanos de Villa.

El 87.5% de los valores exceden el ECA agua para el parámetro de nitratos, presentando un valor promedio de 42.7 mg/L. Por otro lado, el 67% de los valores exceden el ECA agua para el parámetro de fósforo total. Es importante señalar que los canales y manantiales que alimentan al humedal Pantanos de Villa (ubicados en la Zona Villa Baja) presentan altos valores de dichos parámetros y estos llegan al humedal Pantanos de Villa.

En la Zona Delicias y Mayor se encuentran 2 lagunas: Las Delicias y Mayor (recibe su nombre por ser la laguna más grande del humedal Pantanos de Villa). Casi todos los valores de pH en esta zona cumplen con el ECA agua, con excepción de un solo valor en la laguna Delicias, presenta un valor promedio de 7.7 siendo ligeramente alcalino. Con respecto a la conductividad, al igual que las otras dos zonas todos los valores exceden el ECA agua, presentando un valor promedio de 7846 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Además, el valor promedio de sólidos disueltos totales es de 5823 mg/L.

La temperatura en esta zona presenta un valor promedio de 25.1°C. El 74% de los valores cumple con el ECA agua, presentando un valor promedio de 6.7 mg/L, valor menor al registrado en la zona Génesis y Marvilla pero mayor al de la Zona Villa Baja (ligado al gran impacto antropogénico encontrado de las actividades de lavado de vehículos, lavado de ropa, presencia de aguas residuales domésticas, entre otros). El 63% de los valores excedieron el ECA agua para el parámetro de nitratos, presentando un valor promedio de 15.2 mg/L. El 28% de los valores excedieron el ECA agua para el parámetro de fósforo total, presentando un valor promedio de 0.15 mg/L. Comparando entre las 3 zonas evaluadas, los más altos valores de nitratos y fósforo total lo presenta la zona de Villa Baja, seguido por la zona Génesis y Marvilla y la Zona Delicias y Mayor. En tal sentido, es importante velar por el cuidado y protección de los canales y manantiales que se encuentran en la Zona de Villa

Baja, ya que son los que presentan mayor riesgo de desaparecer debido a las diversas actividades que se realizan en esta zona e impactan negativamente al recurso hídrico. Además, la calidad de agua que presenten los canales y manantiales influye directamente en la calidad del agua al interior del humedal Pantanos de Villa y por ende afecta a toda la biodiversidad que este importante ecosistema alberga.

Por otro lado, a partir de los resultados obtenidos en cada zona, se pudo caracterizar de manera general cada uno de los cuerpos de agua que se encuentran en las 3 zonas, dicha caracterización se puede observar en la Tabla 33. A partir de dicho cuadro se puede observar que en todos los cuerpos de agua se excede el ECA agua para el parámetro de conductividad eléctrica, para el caso del oxígeno disuelto 2 de los 3 manantiales que se encuentran en la Zona Villa Baja presentan valores de oxígeno bajos, también se presentan valores bajos en los canales Horticultores y Ganaderos y en el Canal Génesis. Por otro lado, en casi todos los cuerpos de agua se presentan altos valores de nitratos y fósforo total.

Además, si comparamos los parámetros fisicoquímicos del humedal Pantanos de Villa con los encontrados en otros humedales tenemos que el Área de Conservación Regional (Fajardo, 2018) presenta un pH de 8, ligeramente superior al encontrado en Pantanos de Villa y una conductividad de 22 045.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mucho más elevada a la encontrada en el presente estudio. Por otro lado, el humedal Santa Rosa (Castillo, 2020) presenta un pH de 8 y una conductividad de 4219.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ similar a la encontrada en este estudio.

4.4. EVALUACIÓN DEL MONITOREO DE CALIDAD DE RUIDO AMBIENTAL REALIZADO EN EL HUMEDAL PANTANOS DE VILLA.

Se describirá los resultados obtenidos del monitoreo de ruido ambiental realizado en el humedal Pantanos de Villa durante octubre y diciembre 2019, enero y febrero 2020, mayo, julio, setiembre y noviembre 2021.

4.4.1. Puntos de Monitoreo

La Tabla 34 presenta los resultados de nivel de presión sonora equivalente (LAeqt), nivel de presión sonora máxima (LAmáx) y nivel de presión sonora mínima (Lamin) de los 20 puntos de monitoreo ubicados en los alrededores del humedal Pantanos de Villa (adyacentes a las principales avenidas) del monitoreo de ruido ambiental realizados en los meses de octubre y diciembre 2019, enero y febrero 2020, mayo, julio, setiembre y noviembre 2021, en esta se puede observar que los valores de LAeqt variaron de 37.4 (punto de monitoreo PM-14 en

julio 2021) a 80.7 decibeles (punto de monitoreo PM-01 en febrero 2020). Además, se tiene como valor máximo de $L_{A\text{máx}}$ 118.2 decibeles y como valor mínimo de $L_{A\text{min}}$ 33.4 decibeles.

Así mismo, es importante señalar que tal como se puede observar en la Tabla 34, casi todos los valores de $L_{A\text{eqt}}$ excedieron el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Ruido (ECA-Ruido) D.S. N°085-2003-PCM para Zonas de Protección Especial, que señala que los valores en horario diurno no deben superar los 50 dB. Para el caso de los valores promedios de cada estación, todos los puntos de monitoreo superaron los 50 dB, con excepción del PM-14 ubicada en la Alameda Las Garzas Reales, una zona con poca afluencia de vehículos.

Tabla 34. Resultados del monitoreo de ruido ambiental en los puntos de monitoreo en el humedal Pantanos de Villa

	Octubre 2019			Diciembre 2019			Enero 2020			Febrero 2020			Mayo 2021			Julio 2021			Setiembre 2021			Noviembre 2021			Valores Promedio			
	LAeqt	LAmáx	LAmín	LAeqt	LAmáx	LAmín	LAeqt	LAmáx	LAmín	LAeqt	LAmáx	LAmín	LAeqt	LAmáx	LAmín	LAeqt	LAmáx	LAmín	LAeqt	LAmáx	LAmín	LAeqt	LAmáx	LAmín	LAeqt	LAmáx	LAmín	
PM-01	66.8	85.4	42	63.3	85.1	41.4	72.2	98.8	45.7	80.7	118.2	43.4	-	-	-	72.3	95.2	48.9	64.9	93.8	49	68.7	93.1	45	69.8	95.7	45.1	
PM-02	75.3	90.5	55.6	79.7	115.3	52.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61.1	77.4	45.6	65.6	85.1	47.2	75.3	93.1	50.8	71.4	92.3	50.4	
PM-03	77.6	91.5	55.7	66.8	84.3	60	77	102.3	53	77.6	97	57.4	73.8	95.1	54.8	74.8	95.3	54.3	76.1	96.8	65	74.8	92.8	42.8	74.8	94.4	55.4	
PM-04	63.1	82.8	39.7	63.9	83	36.2	-	-	-	60.0	79.4	55	62	83.1	33.3	63.1	85.6	36	62.2	81	35.5	60.2	77.7	36.7	62.1	81.8	38.9	
PM-05	78	101.3	58.5	75.8	94.5	51.8	-	-	-	75.7	100.4	55.6	-	-	-	75.3	99.5	52.5	77.2	93.8	58.4	75.3	99.5	52.5	76.2	98.2	54.9	
PM-06	65.5	82	51.8	64	78.7	52.5	61.4	75.3	48.3	67.3	81.5	52	66.4	82.6	47.7	65.6	86.3	51.6	67.2	86.5	51.5	-	-	-	65.3	81.8	50.8	
PM-07	75.9	90.3	56.9	74.1	88.3	48.2	74.3	97	51.6	75.2	92.7	55.8	75.2	90.5	61.4	71.7	96.2	49.7	75.4	98.8	43.7	71.7	96.2	49.7	74.2	93.8	52.1	
PM-08	75.2	92.9	49.8	71.7	89.9	53.4	-	-	-	70.5	89.7	51.3	75.9	97.5	64.9	72.8	92.1	57.5	75.8	95.9	50.1	75.9	98.5	51.7	74.0	93.8	54.1	
PM-09	66.6	84.7	43.3	64.3	83.1	42.7	-	-	-	68.5	92.1	43.5	-	-	-	65	87	43.2	68.4	90.4	53.3	62.5	81.9	40.4	65.9	86.5	44.4	
PM-10	64.8	82.3	42.1	68.3	92.8	40.2	63.4	81.6	38.7	63.8	83.4	40.5	67.7	85.7	49.4	63.1	89.1	46.1	66.1	84.2	45.1	66.1	87.6	42	65.4	85.8	43.0	
PM-11	68.1	86.1	36.4	66.2	84.8	38.2	-	-	-	63.7	85.2	39.1	70.5	90.6	37.9	70.3	89.3	36.2	72.3	95.3	41.5	68.9	87.3	41.2	68.6	88.4	38.6	
PM-12	67.8	89.5	39.8	67.9	88.4	38.5	73.8	102.3	37.5	64.2	71	63.4	71.5	95.8	40	71.4	95	40.7	73.4	93.5	44.6	65.5	83.3	40	69.4	89.9	43.1	
PM-13	60.9	86.7	39.4	57.1	83	36.8	60.6	86.5	37	55.8	81.4	40	-	-	-	52	74.7	40.4	52.6	78.2	36.9	48.9	67.1	38.7	55.4	79.7	38.5	
PM-14	55.7	80.5	38.9	60.9	75.8	39.1	-	-	-	51.1	68.6	46.5	46.1	66.8	37.5	37.4	69.5	33.4	42	61.6	36.1	48.6	72.5	41.4	48.8	70.8	39.0	
PM-15	69.6	85	58.9	74.5	94.4	55.4	-	-	-	70.9	93.5	59.5	-	-	-	69.8	94.7	58.6	73.3	99.8	55.9	69.8	94.7	58.6	71.3	93.7	57.8	
PM-16	74.1	99.8	58	73.4	94.6	54	76.1	92.9	62.9	76.2	100.9	59	72.1	97.3	57.9	72	91.1	56	74.9	105.2	57.6	73.6	88	51.3	74.1	96.2	57.1	
PM-17	68.9	89.5	47.1	72.2	88.4	54.9	75.9	100.7	58.7	70.7	88.9	54	72.7	92.4	54.9	71.6	90.2	56.4	72	96	56.2	71.6	91.5	54.4	71.9	92.2	54.6	
PM-18	70.4	85.3	50.6	69.8	88.6	51.1	75.4	100	55.7	73.8	99.7	47.4	71.3	95.3	48.7	77.7	106.7	50.7	70.8	94.9	48.9	72.1	92.8	50.4	72.7	95.4	50.4	
PM-19	65.4	86.8	43.8	66.1	86.1	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65.8	86.5	42.4
PM-20	51.9	70	43.7	57.4	83	39.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50.9	74	43.6	60	79.5	43.3	55.1	76.6	42.4	

Valores que no cumplen con el ECA Ruido

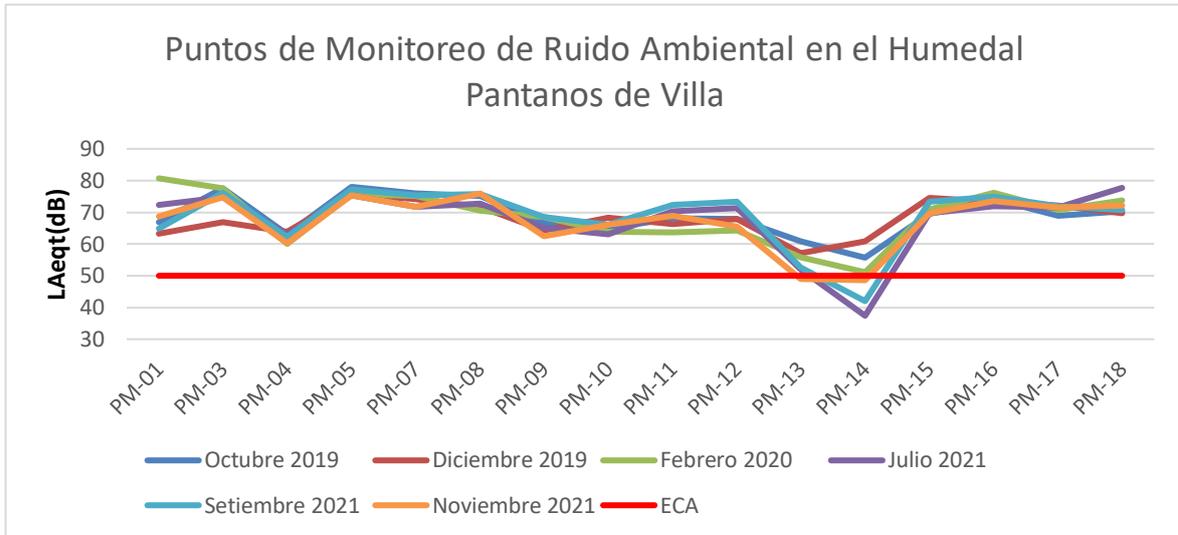


Figura 36. Valores de LAeqt en los puntos de monitoreo de ruido ambiental en el humedal Pantanos de Villa

Tal como se puede observar en la Figura 33, los valores de presión sonora equivalente en casi todos los puntos de monitoreo exceden el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Ruido (ECA-Ruido) D.S. N°085-2003-PCM para Zonas de Protección Especial, que señala que los valores en horario diurno no deben superar los 50 dB, con excepción de algunos valores del punto de monitoreo PM-14 y de algunos valores del punto de monitoreo PM-13.

4.4.2. Puntos de Control

La Tabla 35 presenta los resultados de nivel de presión sonora equivalente (LAeqt), nivel de presión sonora máxima (LAMax) y nivel de presión sonora mínima (Lamin) de los 8 puntos de control ubicados al interior del humedal Pantanos de Villa del monitoreo de ruido ambiental realizados en los meses de octubre y diciembre 2019, enero y febrero 2020, mayo, julio, setiembre y noviembre 2021, en esta se puede observar que los valores de LAeqt variaron de 37.3 (punto de control PC-03 en diciembre 2019) a 72.3 decibeles (punto de control PC-01 en julio 2021). Además, se tiene como valor máximo de LAMax 95.2 decibeles y como valor mínimo de Lamin 31.1 decibeles.

Tabla 35. Resultados de monitoreo de ruido ambiental en los puntos de control en el humedal Pantanos de Villa

		PC-01	PC-02	PC-03	PC-04	PC-05	PC-06	PC-07	PC-08
Octubre 2019	dB(LAeqt)	51.1	42.1	39.7	48.6	50.8	43.9	43.6	45.4
	LAmáx	66.8	58.1	55	64.8	70.4	66.9	53.7	57
	LAmin	42.1	36.5	33.2	34.5	35.7	39.5	37.6	39.4
Diciembre 2019	dB(LAeqt)	-	47.1	37.3	43.2	-	43	41.4	47
	LAmáx	-	67.4	53.3	53.7	-	69.1	65.3	72.7
	LAmin	-	37.8	31.1	35.6	-	38.2	34.2	38.4
Enero 2020	dB(LAeqt)	-	-	-	44.2	-	48.4	47.1	-
	LAmáx	-	-	-	65.4	-	69.9	71.8	-
	LAmin	-	-	-	37.9	-	41.6	36.5	-
Febrero 2020	dB(LAeqt)	-	46.2	44.4	43.6	-	-	41	50.9
	LAmáx	-	63.7	58.4	53.1	-	-	48.9	64.6
	LAmin	-	39.1	36.6	39.9	-	-	36.3	42.9
Mayo 2021	dB(LAeqt)	-	41.6	-	40.6	40.7	47.1	39	-
	LAmáx	-	61.4	-	71.7	64.3	72.1	54.8	-
	LAmin	-	34.9	-	32.8	33.7	38.2	34.3	-
Julio 2021	dB(LAeqt)	72.3	44.5	37.4	44.7	-	48	44.7	48.7
	LAmáx	95.2	72.3	51.7	60	-	82.1	55.6	76.4
	LAmin	48.9	35.9	33.2	40.8	-	36.3	40.6	37.3
Setiembre 2021	dB(LAeqt)	54.9	49.7	41.3	42.3	-	48.4	39	48.4
	LAmáx	73.2	71.8	56.8	57	-	64.5	59.2	73.5
	LAmin	43.8	42.7	35.6	33.7	-	42.1	31.9	41.3
Noviembre 2021	dB(LAeqt)	55.7	53.8	-	43.8	48.3	45.4	47.3	57.1
	LAmáx	78.8	84.2	-	53.4	66.3	67.2	68.1	86.2
	LAmin	45.2	36.8	-	38.4	42.3	37.9	40.3	39.4
Valores Promedio	dB(LAeqt)	58.5	46.4	40.0	43.9	46.6	46.3	42.9	49.6
	LAmáx	78.5	68.4	55.0	59.9	67.0	70.3	59.7	71.7
	LAmin	45.0	37.7	33.9	36.7	37.2	39.1	36.5	39.8
Valores que no cumplen con el ECA Ruido									

Así mismo, es importante señalar que tal como se puede observar en la Tabla 35, casi todos los valores de LAeqt en los puntos de control cumplen con el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Ruido (ECA-Ruido) D.S. N°085-2003-PCM para Zonas de Protección Especial, que señala que los valores en horario diurno no deben superar los 50 dB. Para el caso de los valores promedios de cada estación, casi todos los puntos de control no superaron los 50 dB, con excepción del PC-01.

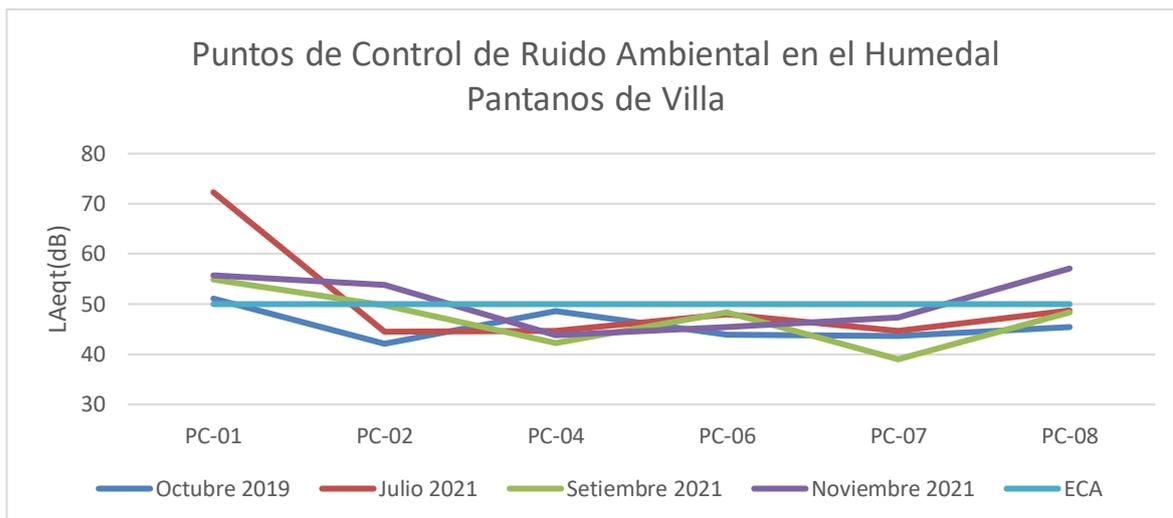


Figura 37. Valores de LAeqt en los puntos de control de ruido ambiental en el humedal Pantanos de Villa

Tal como se puede observar en la Figura 34, los valores de presión sonora equivalente en casi todos los puntos de control cumplen el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Ruido (ECA-Ruido) D.S. N°085-2003-PCM para Zonas de Protección Especial, que señala que los valores en horario diurno no deben superar los 50 dB, con excepción de algunos valores del punto de control PC-01, PC-02 y PC-08.

4.4.3. Número de vehículos

La Tabla 36 y Tabla 37 presenta los resultados de número de vehículos livianos, pesados y totales que han circulado en cada punto de monitoreo en el humedal Pantanos de Villa de diciembre 2019 a noviembre 2021, en esta se puede observar que los valores de total de vehículos variaron de 0 a 540 vehículos por minuto, donde el valor máximo se registró en el punto de monitoreo PM-06 (Av. Defensores del Morro) en mayo del 2021, y el mínimo en el punto de monitoreo PM-14 (Alameda Las Garzas Reales) en febrero del 2020 y PM-20 (Alameda Premio Real) en diciembre del 2019.

Tabla 36. Resultados de número de vehículos por minuto en los puntos de monitoreo en el humedal Pantanos de Villa

	Diciembre 2019			Enero 2020			Febrero 2020		
	Vehículos livianos/mi n	Vehículos pesados/min	Total vehículos/min	Vehículos livianos/mi n	Vehículos pesados/mi n	Total vehículos/mi n	Vehículos livianos/mi n	Vehículos pesados/mi n	Total vehículos/mi n
PM-01	7	1	8	6	1	7	6	1	7
PM-02	33	4	37	-	-	-	-	-	-
PM-03	32	7	39	33	5	38	85	7	92
PM-04	4	0	4	-	-	-	4	0	4
PM-05	35	7	42	-	-	-	34	6	40
PM-06	49	9	58	60	5	65	52	8	60

Continuación ...

PM-07	37	7	44	8	1	9	36	8	44
PM-08	39	6	45	-	-	-	27	5	32
PM-09	7	1	8	-	-	-	8	1	9
PM-10	8	0	8	7	1	8	8	1	9
PM-11	7	1	8	-	-	-	9	1	10
PM-12	6	1	7	6	1	7	8	1	9
PM-13	1	0	1	1	0	1	1	0	1
PM-14	1	0	1	-	-	-	0	0	0
PM-15	36	8	44	-	-	-	43	8	51
PM-16	36	7	43	33	5	38	33	7	40
PM-17	15	1	16	14	1	15	13	1	14
PM-18	10	1	11	11	1	12	16	1	17
PM-19	6	1	7	-	-	-	-	-	-
PM-20	0	0	0	-	-	-	-	-	-

Tabla 37. Resultados de número de vehículos por minuto en los puntos de monitoreo en el humedal Pantanos de Villa

	Mayo 2021			Julio 2021			Setiembre 2021			Noviembre 2021		
	Vehículos livianos	Vehículos pesados	Total vehículos	Vehículos livianos	Vehículos pesados	Total vehículos	Vehículos livianos	Vehículos pesados	Total vehículos	Vehículos livianos	Vehículos pesados	Total vehículos
PM-01	-	-	-	96	22	118	7	5	12	23	20	43
PM-02	-	-	-	188	23	211	103	58	161	444	46	490
PM-03	225	87	312	189	37	226	75	27	102	373	37	410
PM-04	45	2	47	34	10	44	65	8	73	41	0	41
PM-05	-	-	-	246	0	246	369	84	453	187	54	241
PM-06	376	164	540	205	165	370	63	15	78	-	-	-
PM-07	385	13	398	267	134	401	306	85	391	267	134	401
PM-08	269	98	367	186	36	222	129	60	189	479	41	520
PM-09	-	-	-	163	5	168	149	6	155	147	12	159
PM-10	157	17	174	116	43	159	229	28	257	92	8	100
PM-11	173	27	200	171	4	175	165	22	187	111	20	131
PM-12	151	17	168	169	2	171	189	21	210	150	36	186
PM-13	-	-	-	5	6	11	11	1	12	7	0	7
PM-14	4	0	4	1	0	1	0	0	0	1	0	1
PM-15	-	-	-	269	226	495	260	133	393	299	226	525
PM-16	245	79	324	135	21	156	235	50	285	490	44	534
PM-17	167	32	199	211	9	220	150	39	189	227	11	238
PM-18	104	38	142	151	7	158	110	28	138	143	5	148
PM-19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PM-20	-	-	-	-	-	-	1	0	1	27	0	27

Tal como se observa en la Figura 35, los puntos de monitoreo con mayor afluencia de vehículos por minuto son los puntos PM-15, PM-16, PM-08, PM-07 y PM-03 todos ubicados en la Avenida Defensores del Morro.

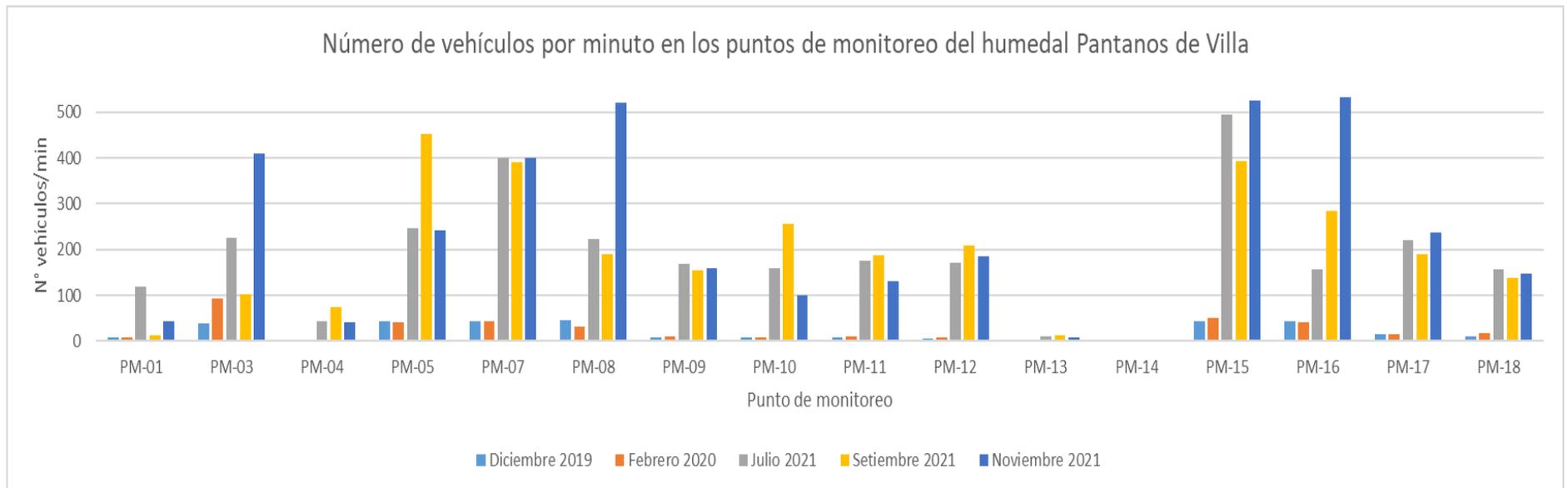


Figura 38. Número de vehículos por minuto en los puntos de monitoreo del humedal Pantanos de Villa

4.4.4. Mapas de Ruido

Los datos del monitoreo de ruido fueron previamente analizados y llevados a la aplicación ArcMap por medio del método de interpolación con lo que cuenta el ArcGIS, método que nos permite ponderar valores medidos para determinar una predicción de la ubicación de un valor sin mediciones: los IDW y a partir de ello se elaboraron los mapas que se mostrarán a continuación.

a. Octubre 2019

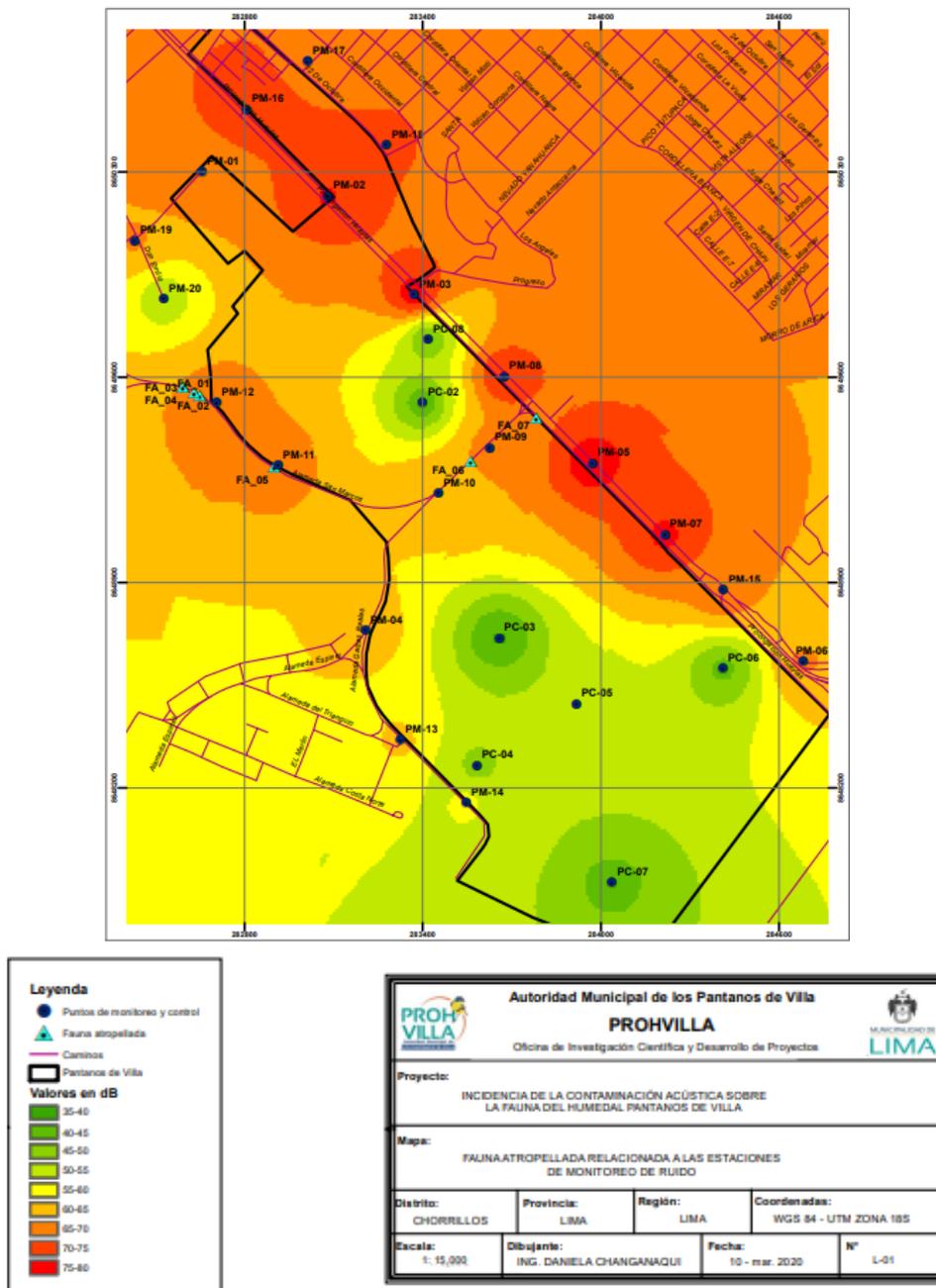


Figura 39. Mapa de ruido del humedal Pantanos de Villa octubre 2019

La Figura 36 presenta el mapa de ruido del humedal Pantanos de Villa del mes de octubre 2019, en esta se puede observar que los valores más altos de presión sonora equivalente se registraron en los puntos de monitoreo que se encuentran en la Av. Defensores del Morro (color rojo y naranja oscuro) que exceden los 70 dB y los valores mínimos en los puntos de control (color verde), que no superan los 50 dB.

b. Diciembre 2019

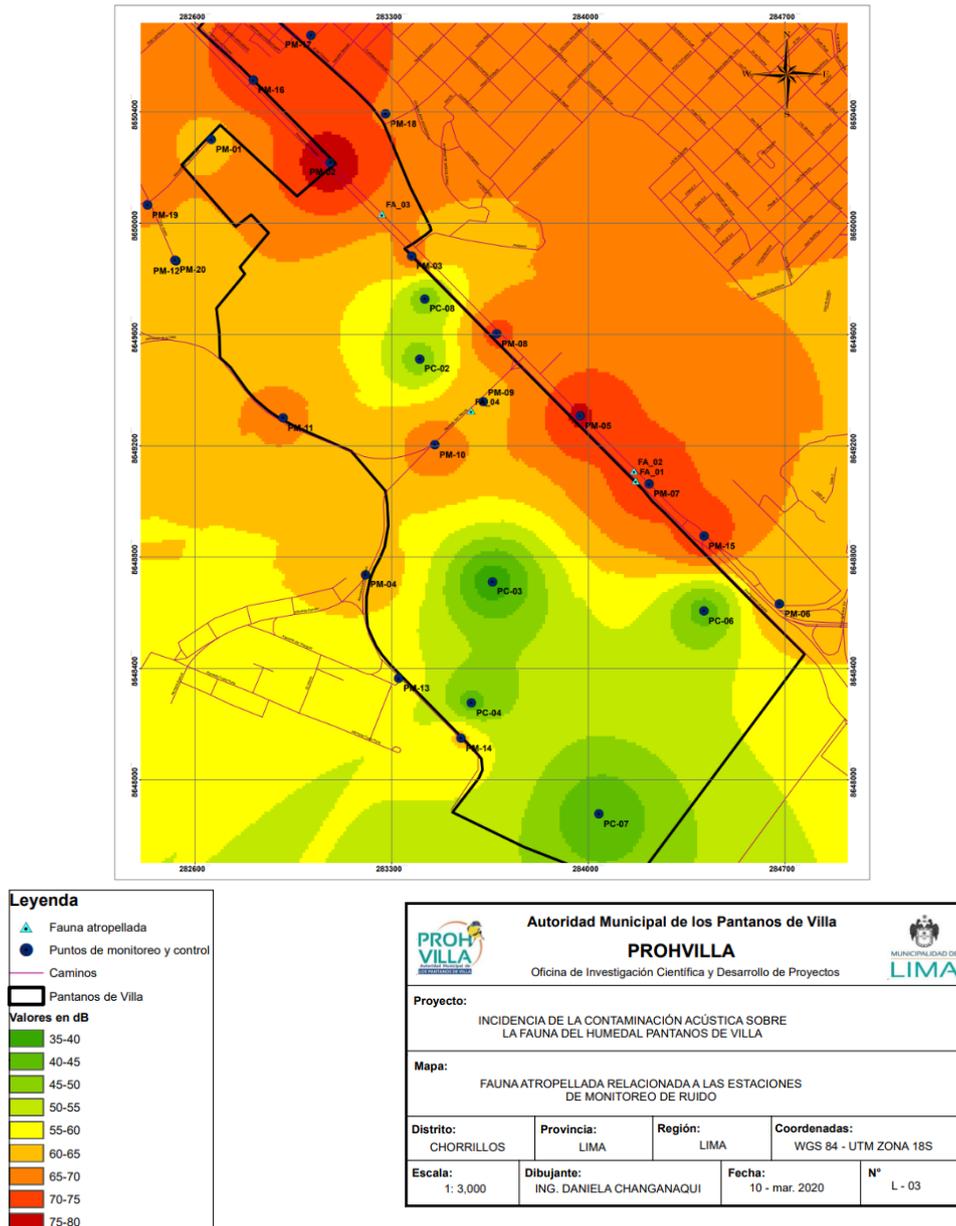


Figura 40. Mapa de ruido del humedal Pantanos de Villa noviembre 2019

La Figura 37 presenta el mapa de ruido del humedal Pantanos de Villa del mes de noviembre 2019, en esta se puede observar que los valores más altos de presión sonora equivalente se registraron en los puntos de monitoreo que se encuentran en la Av. Defensores del Morro

(color guinda, rojo y naranja oscuro) que exceden los 65 dB y los valores mínimos en los puntos de control (color verde), que no superan los 50 dB.

c. Enero 2020

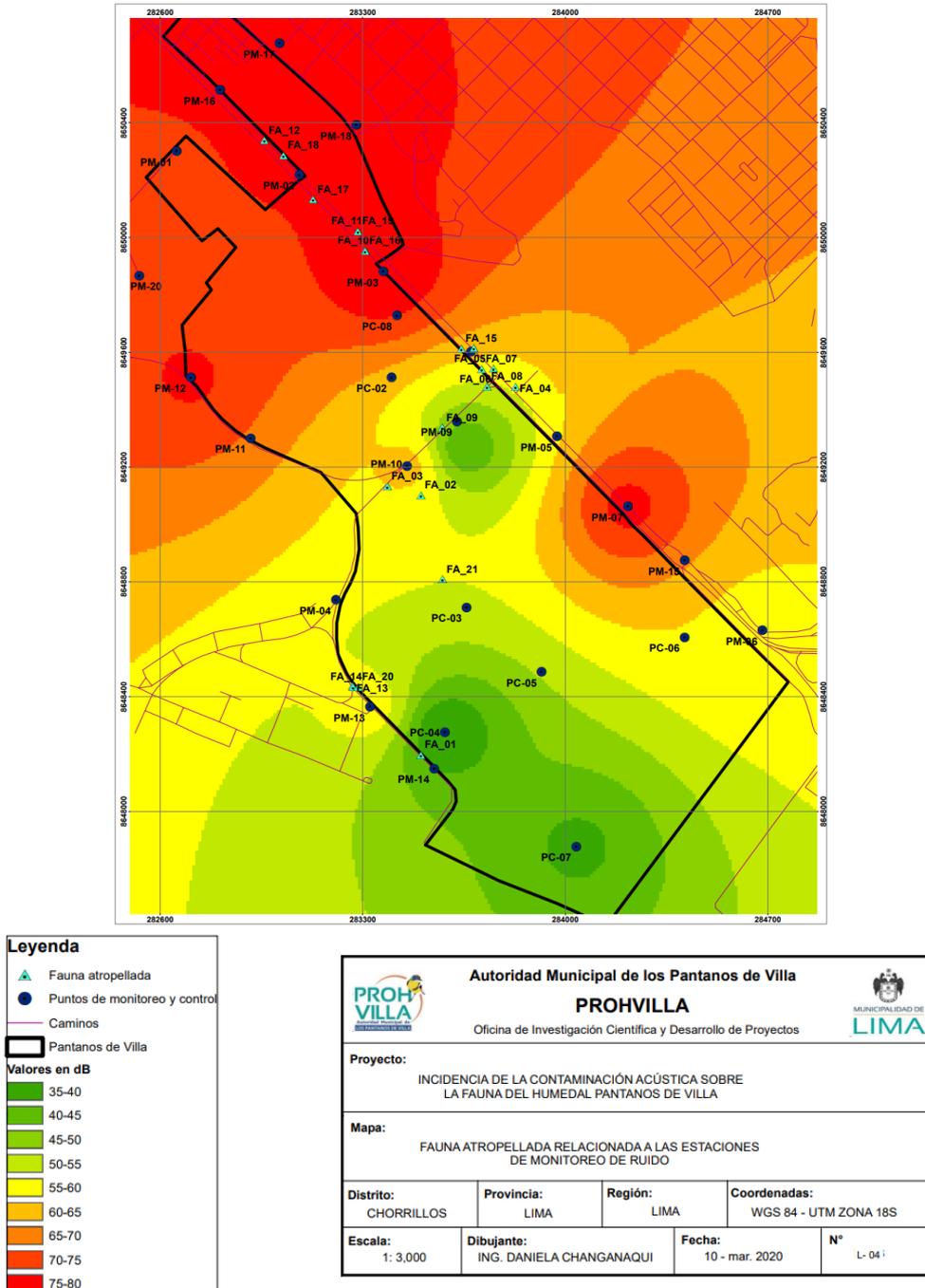


Figura 41. Mapa de ruido del humedal Pantanos de Villa enero 2020

La Figura 38 presenta el mapa de ruido del humedal Pantanos de Villa del mes de enero 2020, en esta se puede observar que los valores más altos de presión sonora equivalente se registraron en los puntos de monitoreo que se encuentran en la Av. Defensores del Morro

(color rojo y naranja) que exceden los 65 dB y los valores mínimos en los puntos de control (color verde), que no superan los 50 dB.

d. Febrero 2020

La Figura 39 presenta el mapa de ruido del humedal Pantanos de Villa del mes de febrero 2020, en esta se puede observar que los valores más altos de presión sonora equivalente se registraron en los puntos de monitoreo que se encuentran en la Av. Defensores del Morro (color guinda y naranja) que exceden los 65 dB y en la Alameda del Premio Real que excede los 75 dB (color guinda) y los valores mínimos en los puntos de control (color verde), que no superan los 50 dB.

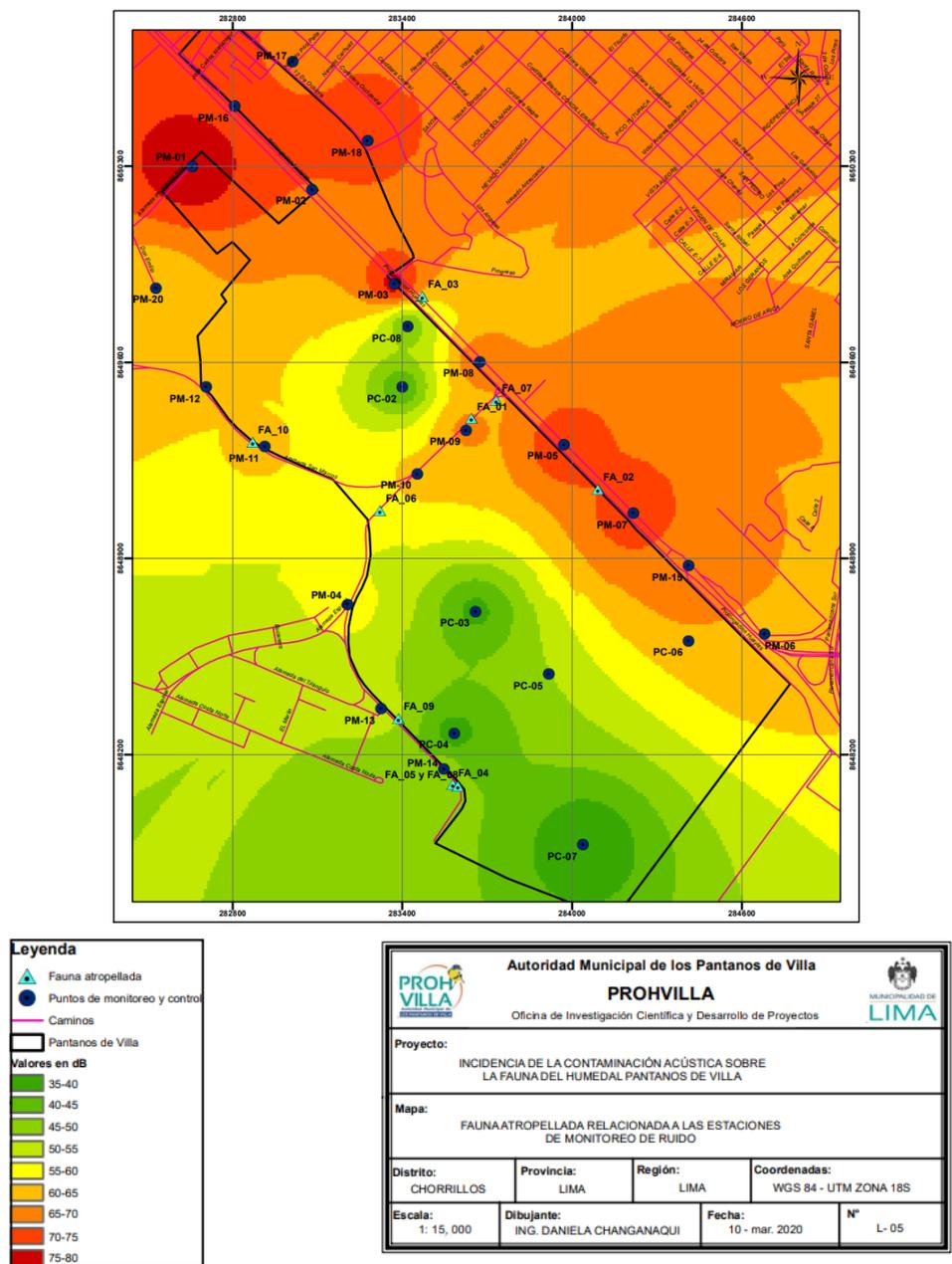


Figura 42. Mapa de ruido del humedal Pantanos de Villa febrero 2020

e. Mayo 2021

La Figura 40 presenta el mapa de ruido del humedal Pantanos de Villa del mes de mayo 2021, en esta se puede observar que los valores más altos de presión sonora equivalente se registraron en los puntos de monitoreo que se encuentran en la Av. Defensores del Morro (color rojo y naranja) que exceden los 65 dB y los valores mínimos en los puntos de control (color verde oscuro), que no superan los 50 dB.

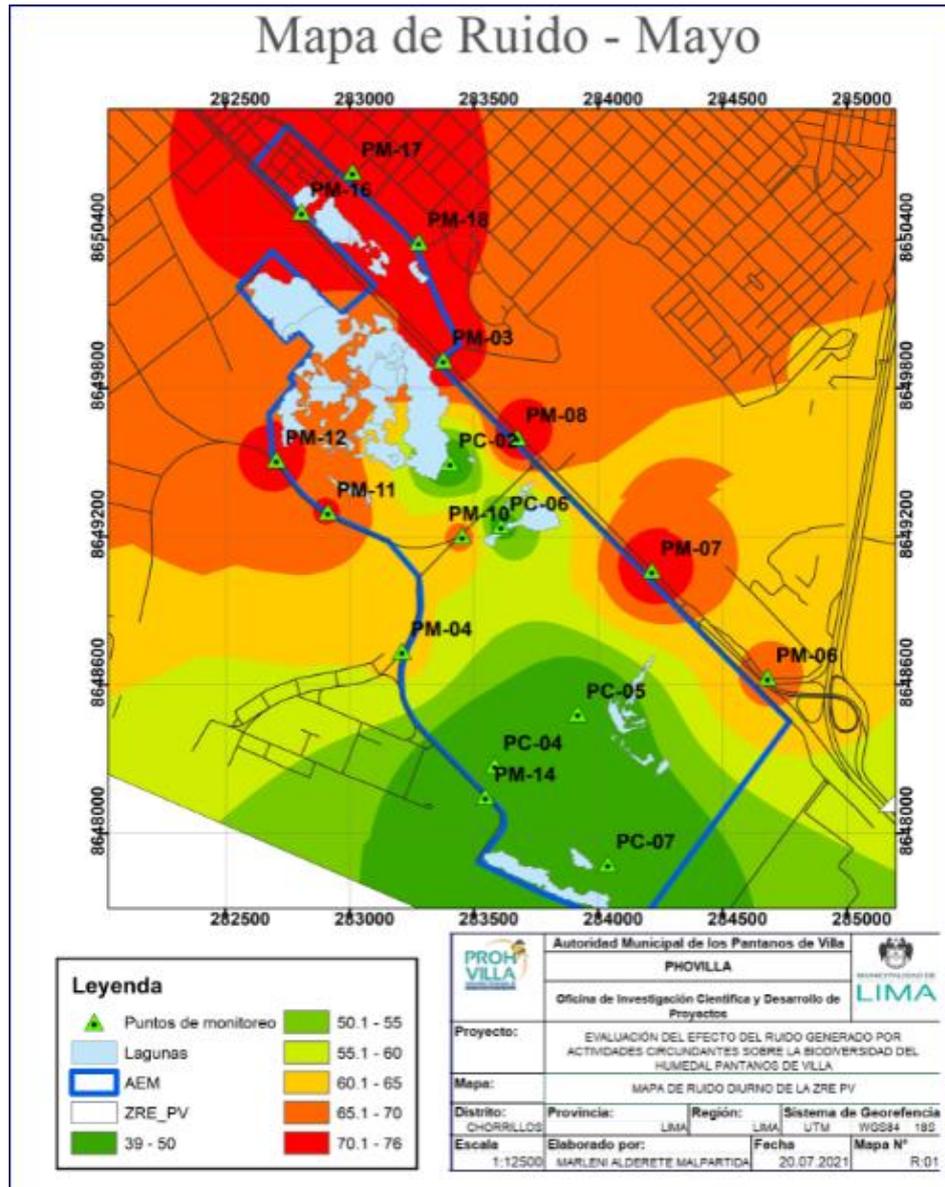


Figura 43. Mapa de ruido del humedal Pantanos de Villa mayo 2021

FUENTE: Extraído de Informe Técnico de Monitoreo de ruido en el humedal Pantanos de Villa durante el mes de mayo del 2021.

f. Julio 2021

La Figura 41 presenta el mapa de ruido del humedal Pantanos de Villa del mes de julio 2021, en esta se puede observar que los valores más altos de presión sonora equivalente se registraron en los puntos de monitoreo que se encuentran en la Av. Defensores del Morro y Alameda Premio Real (color rojo y mostaza) que exceden los 60 dB y los valores mínimos en los puntos de control (color verde oscuro y claro), que no superan los 60 dB.

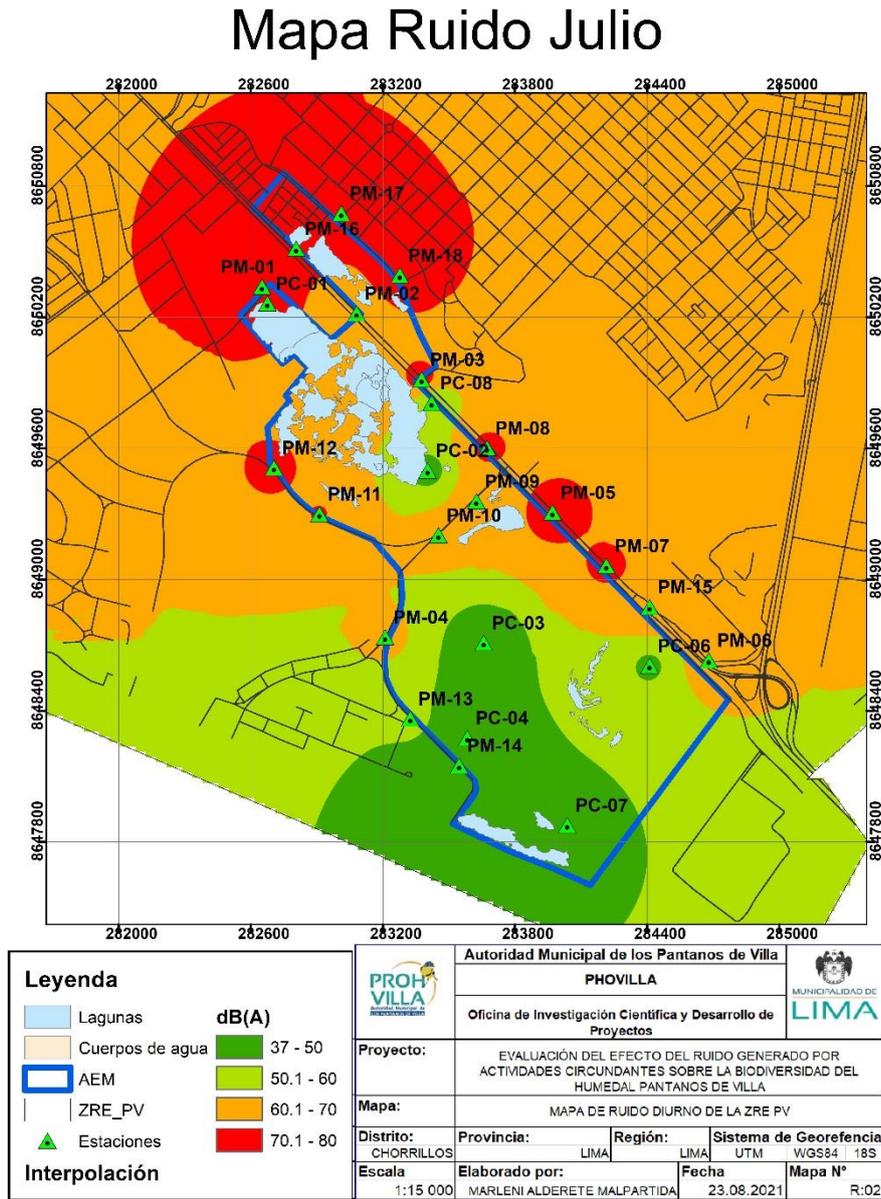


Figura 44. Mapa de ruido del humedal Pantanos de Villa julio 2021

FUENTE: Extraído de Informe Técnico de Monitoreo de ruido en el humedal Pantanos de Villa durante el mes de julio del 2021.

g. Setiembre 2021

La Figura 42 presenta el mapa de ruido del humedal Pantanos de Villa del mes de setiembre 2021, en esta se puede observar que los valores más altos de presión sonora equivalente se registraron en los puntos de monitoreo que se encuentran en la Av. Defensores del Morro y Avenida Hernando Lavalle (color rojo y mostaza) que exceden los 60 dB y los valores mínimos en los puntos de control (color verde oscuro y claro), que no superan los 60 dB.

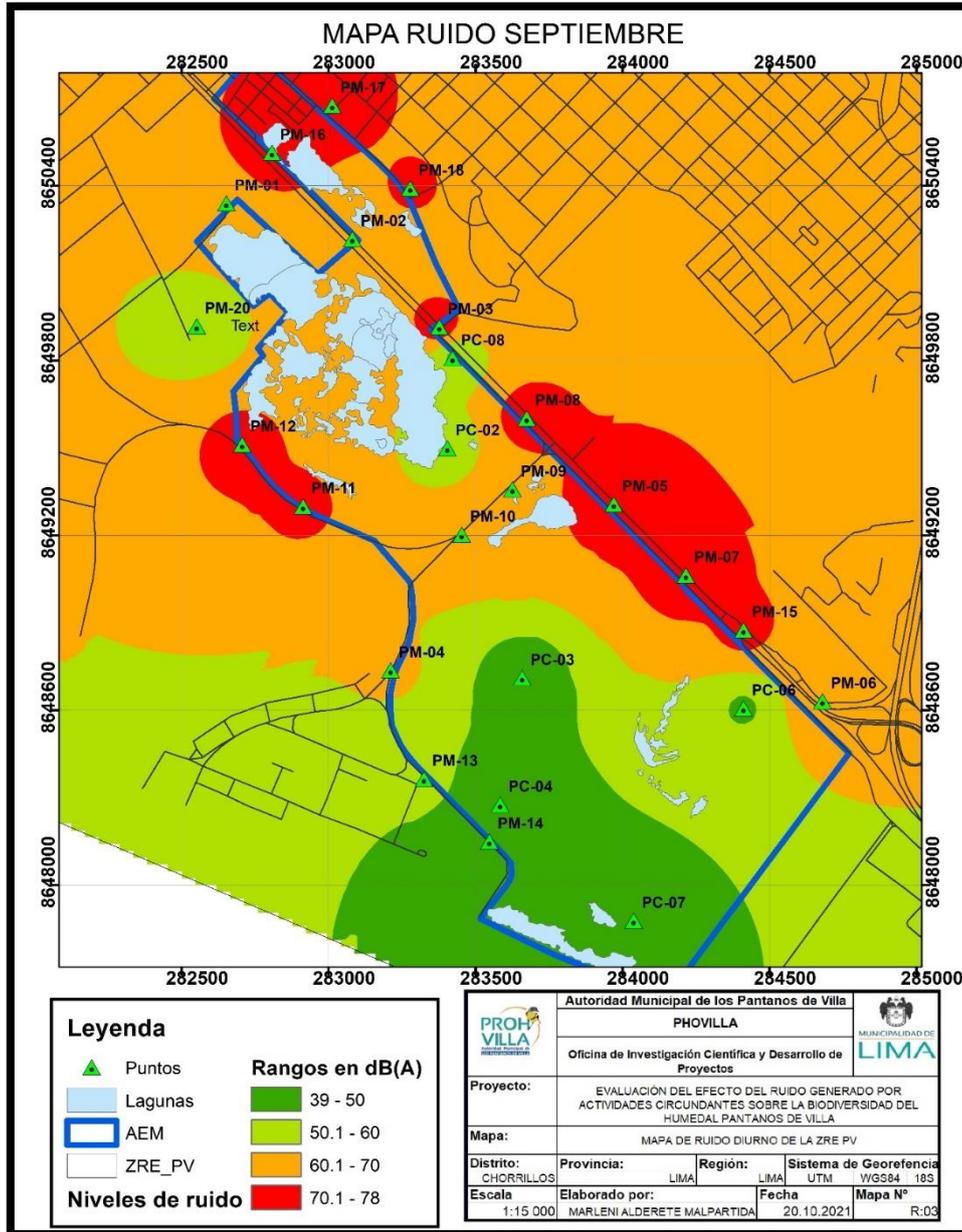


Figura 45. Mapa de ruido del humedal Pantanos de Villa setiembre 2021

FUENTE: Extraído de Informe Técnico de Monitoreo de ruido en el humedal Pantanos de Villa durante el mes de setiembre del 2021.

Resumen

Tal como se puede observar en la Figura 43 casi todos los valores promedio de presión sonora equivalente en los puntos de monitoreo en los meses evaluados exceden el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Ruido (ECA-Ruido) D.S. N°085-2003-PCM para Zonas de Protección Especial, que señala que los valores en horario diurno no deben superar los 50 dB, con excepción del PM-14 ubicado en la Alameda Las Garzas Reales. Además, el número de vehículos por minuto en los puntos de monitoreo varía de 1 (PM-14 en la Alameda Las Garzas Reales) a 302 (PM-15, ubicado en la Avenida Defensores del Morro).

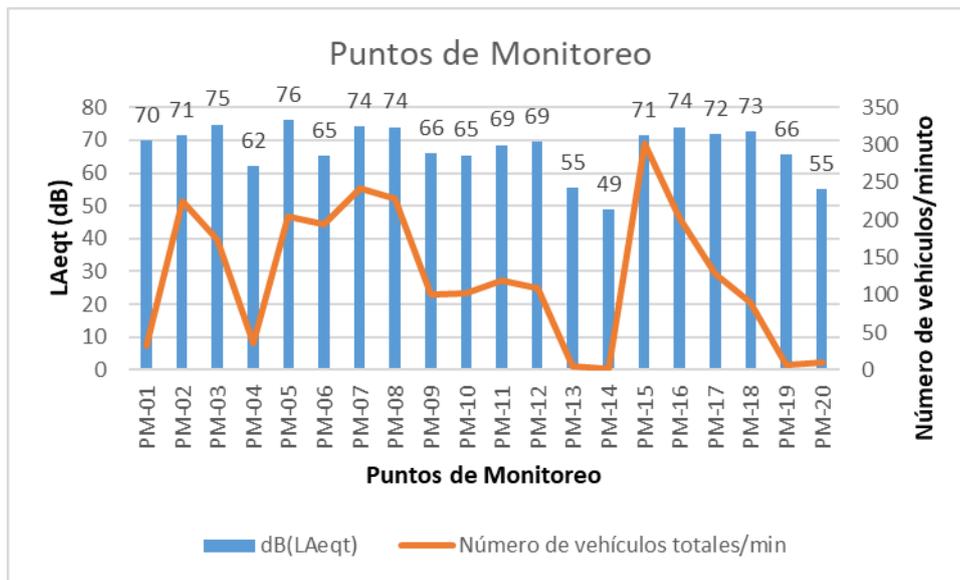


Figura 46. Niveles de presión sonora equivalente promedio en los puntos de monitoreo del humedal Pantanos de Villa vs número de vehículos por minuto.

Por otro lado, en la Figura 44 se observa que casi todos los valores de presión sonora equivalente promedio en los puntos de control en los meses evaluados cumplen con el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Ruido (ECA-Ruido) D.S. N°085-2003-PCM para Zonas de Protección Especial, que señala que los valores en horario diurno no deben superar los 50 dB, con excepción del PC-01 ubicado al interior (norte de la laguna Mayor) del humedal Pantanos de Villa, pero aproximadamente a 40 metros de la Alameda Premio Real.

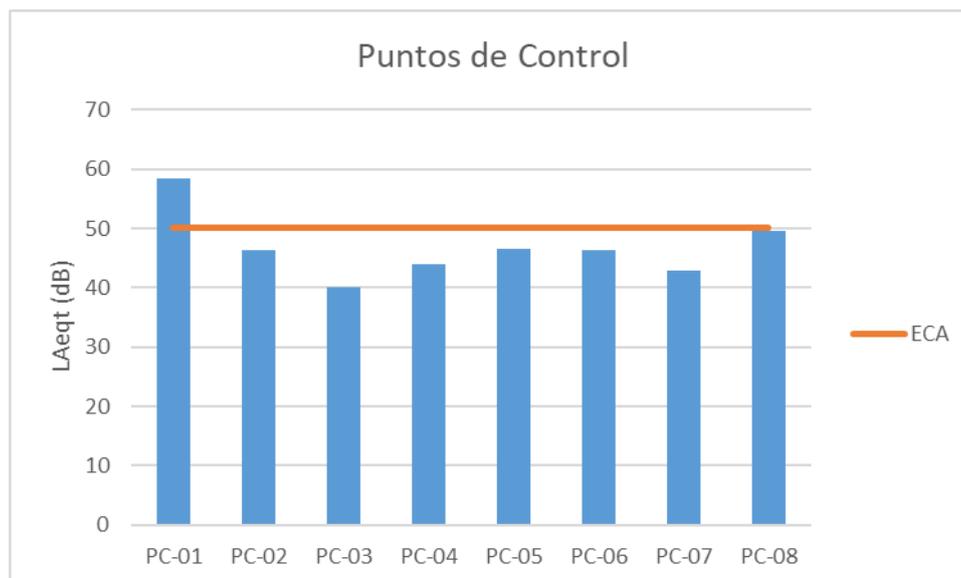


Figura 47. Nivel de presión sonora equivalente promedio en los puntos de control del humedal Pantanos de Villa

Adicional a ello, en la Tabla 38 se pueden observar los valores de niveles de presión sonora equivalente por avenida, los cuales no cumplen con el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Ruido (ECA-Ruido) D.S. N°085-2003-PCM para Zonas de Protección Especial, que señala que los valores en horario diurno no deben superar los 50 dB. Es importante precisar que las avenidas que tienen los valores más altos son la Avenida Defensores del Morro (73 dB) y la Avenida 12 de octubre (72 dB), ambas con una alta afluencia de vehículos. Seguido por Avenida Hernando Lavalle (67 dB) y Alameda del Premio Real (64 dB). Además, la Alameda Las Garzas Reales es la que presenta el menor valor de presión sonora equivalente con 55 dB.

Tabla 38. Resultados de niveles de presión sonora equivalente promedio por avenida

Nombre de la Avenida	dB (LAeqt)
Av. Defensores del Morro	73
Avenida 12 de octubre	72
Av. Hernando Lavalle	67
Alameda Premio Real	64
Alameda Las Garzas Reales	55

4.4.5. Discusión

Para el monitoreo de ruido ambiental se establecieron 20 puntos de monitoreo ubicados alrededor del humedal Pantanos de Villa, es decir ubicados de forma adyacente a las principales avenidas que rodean el humedal y 8 puntos de control ubicados al interior del humedal. En el caso de los puntos de monitoreo casi todos los valores promedio de LAeqt

excedieron el ECA ruido y la Ordenanza 2264 con excepción del PM-14 ubicado en la Alameda Las Garzas Reales, al ser una zona de poca afluencia de vehículos. Por el contrario, casi todos los valores promedio de LAeqt en los puntos de control cumplen con el ECA ruido y la Ordenanza 2264 con excepción del PC-01, por encontrarse más cerca de la Alameda Premio Real. Esta diferencia se debe al papel fundamental que cumple la vegetación como amortiguador natural del ruido. Tal como lo señala Ojeda (2016) que evidenció como la cobertura vegetal, en específico los totorales actuaban como una especie de barrera acústica (3 metros de alto) en cuanto a las afección del ruido por fuentes externas en la Laguna Génesis, por lo que recomienda plantar y/o dar un adecuado mantenimiento a los totorales en los bordes de las vías colindantes a los Pantanos de Villa en las zonas donde prepondera los suelos para el desarrollo de esta cobertura vegetal, para así aminorar la contaminación acústica.

Con respecto al número de vehículos por minuto que pasan por los puntos de monitoreo se tiene que los mayores valores se registraron en los puntos PM-15, PM-16, PM-08, PM-07 y PM-03 todos ubicados en la Avenida Defensores del Morro llegando hasta 302 vehículos por minuto en el PM-15, además se evidencia ello en los mapas de ruido elaborados. Las avenidas que tienen los valores de ruido más altos son: Avenida Defensores del Morro (73 dB) y la Avenida 12 de octubre (72 dB). Ello coincide con lo encontrado por Ojeda (2016) que indica que la mayor fuente de mayor influencia de contaminación acústica son las vías aledañas a los Pantanos de Villa, encontrándose como mayor fuente de afectación a la av. Defensores del Morro (Ex Huaylas) con niveles desde 53.2 dB a 75.6 dB y por Camargo (2018) que señala que el ruido generado en las zonas adyacentes a los Pantanos de Villa, específicamente en las vías por las que circulan los vehículos, supera los 50 dBA estipulados en la Ordenanza Municipal N° 1845 (ahora Ordenanza N° 2264) y que gran parte de la extensión de la avenida Defensores del Morro, presenta los ruidos ambientales más elevados en toda la zona de estudio.

Por otro lado, es importante señalar que el humedal Pantanos de Villa es conocido de manera nacional e internacional por presentar una gran diversidad de aves, de manera histórica 211 especies; por lo que dentro de sus principales objetivos está la conservación y protección de dichas especies. En tal sentido y tal como señala Camargo (2018), el nivel de ruido proveniente del tráfico vehicular afecta negativamente al índice de diversidad de las aves del humedal Pantanos de Villa. Además, el ruido proveniente del tránsito vehicular desfavorece el éxito reproductivo de algunas especies de aves, ya que se produce un efecto de

apantallamiento; debido a que algunas aves emplean la comunicación auditiva. Entiéndase como apantallamiento a la superposición del ruido del tránsito vehicular sobre los sonidos vocales que estas aves emplean para comunicarse. Este efecto afectaría de una manera u otra al tamaño de la población entre un mediano y largo plazo. Por lo antes mencionado, es primordial continuar con el monitoreo de ruido y establecer medidas que reduzcan el ruido generado por el parque automotor proveniente de las avenidas y/o calles adyacentes al humedal Pantanos de Villa.

4.5. EVALUACIÓN DEL MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE REALIZADO EN EL HUMEDAL PANTANOS DE VILLA

Se describirá los resultados obtenidos del monitoreo de calidad de aire realizado en el humedal Pantanos de Villa mediante un módulo qHAWAX durante el año 2021: junio, julio, noviembre y diciembre del 2021.

4.5.1. Junio 2021

a. Material Particulado Grueso (PM₁₀)

La Figura 45 muestra el comportamiento diario del PM₁₀. En esta se puede que todos los días monitoreados en el mes de junio del 2021 sobrepasan el valor límite para PM₁₀ estipulado por la OMS (50 µg/m³). Mientras que 11 de los 26 días monitoreados sobrepasan el ECA aire (100 µg/m³). Por otro lado, se evidencia que la concentración máxima de PM₁₀ es de 214.5 µg/m³ registrándose este el día 22 de junio. Además, se observa que, los picos más altos registrados de este contaminante se dan a mediados del mes, esto podría relacionarse con la ejecución de obras de construcción en las avenidas colindantes al humedal Pantanos de Villa durante este periodo.

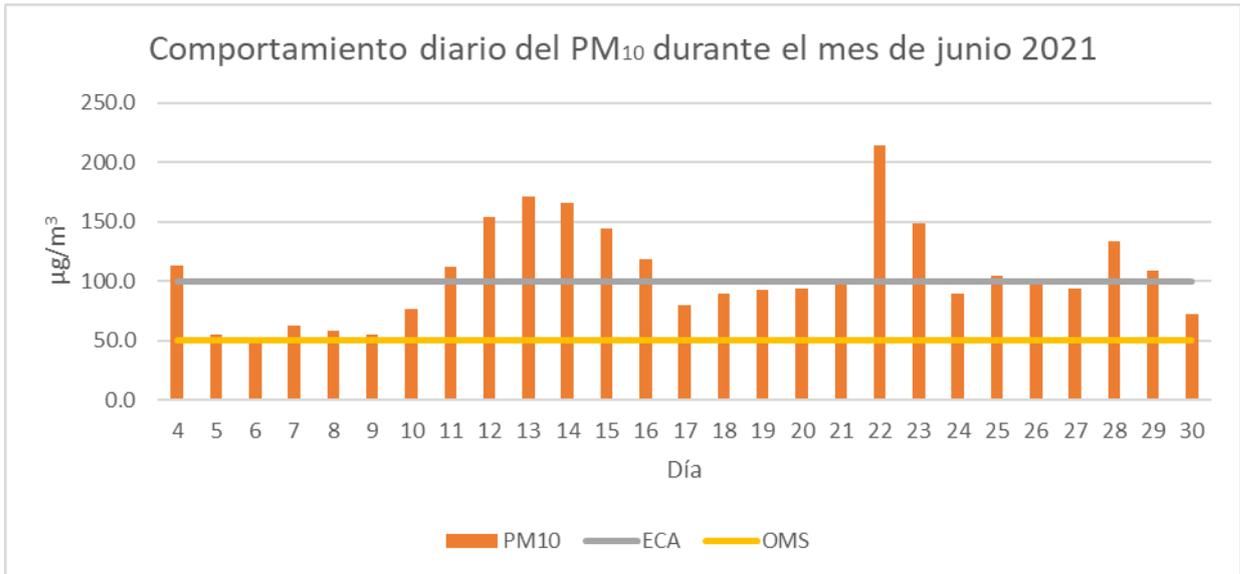


Figura 48. Comportamiento diario del material particulado grueso (PM₁₀) durante el mes de junio 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 39 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA PM₁₀ para cada día del mes de junio. En esta se puede observar que 15 días del mes de junio tuvieron una calidad del aire moderada (color amarillo), 11 días calidad mala (color naranja) y 1 día calidad buena (color verde). Lo que se interpreta como una calidad del aire aceptable y que cumple con el ECA de Aire en el mayor porcentaje de los días. Sin embargo, las actividades al aire libre tienen ciertas restricciones para la población sensible.

Tabla 39. Índice de Calidad de Aire del PM₁₀ durante el mes de junio

Junio 2021						
D	L	M	M	J	V	S
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

b. Material Particulado Fino (PM_{2.5})

La Figura 46 muestra el comportamiento diario del PM_{2.5}. En esta se puede que 9 de los 26 días monitoreados en el mes de junio sobrepasan el valor límite para PM_{2.5} estipulado por la OMS (25 µg/m³). Mientras que 4 de los 26 días monitoreados sobrepasan el ECA aire (50 µg/m³). Por otro lado, se evidencia que la concentración máxima de PM_{2.5} es de 62.9 µg/m³ registrándose este el día 22 de junio. Los picos más altos registrados de este contaminante se dan a mediados del mes, lo cual podría estar relacionado con la ejecución de obras de

construcción que ocasionan el mayor tráfico vehicular en las avenidas colindantes a Pantanos de Villa durante este periodo.

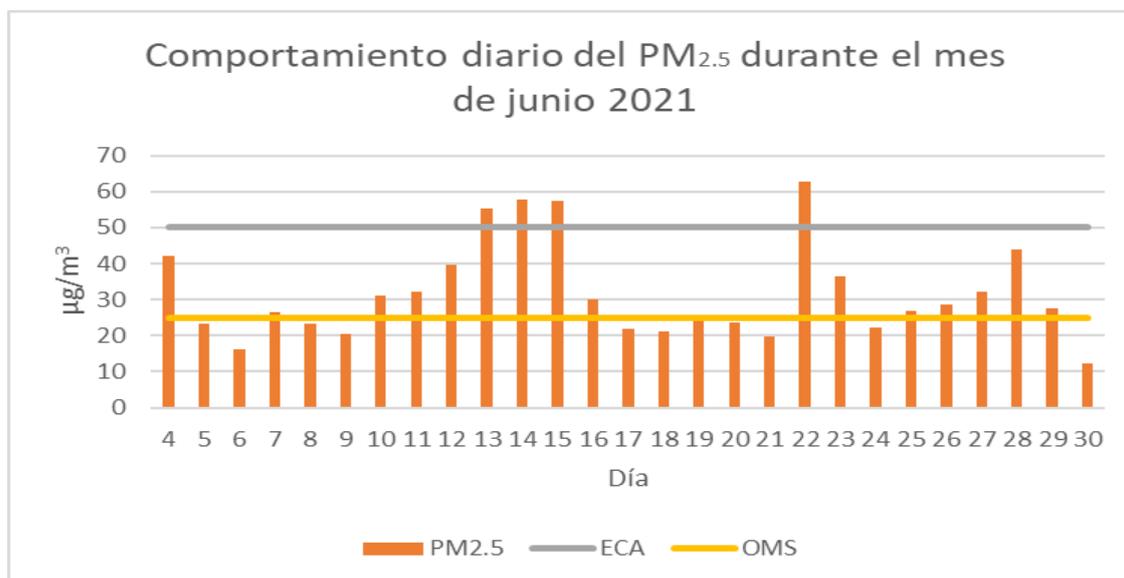


Figura 49. Comportamiento diario del material particulado fino (PM_{2.5}) durante el mes de junio 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 40 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA PM_{2.5} para cada día del mes de junio. En esta se puede observar que 4 días del mes de junio reportaron una calidad del aire mala (color naranja), 12 días calidad moderada (amarillo) y 11 días calidad buena (verde). Lo que indica que en el mayor número de días del mes de junio se debe hacer actividades al aire libre, pero estas tienen ciertas restricciones para la población sensible.

Tabla 40. Índice de Calidad de Aire del PM_{2.5} durante el mes de junio

Junio 2021						
D	L	M	M	J	V	S
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

c. Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

La Figura 47 muestra el comportamiento horario del NO₂, se puede observar que todos los valores registrados en el mes de junio cumplen con el valor estipulado por la OMS (200 µg/m³) y el ECA aire (200 µg/m³).

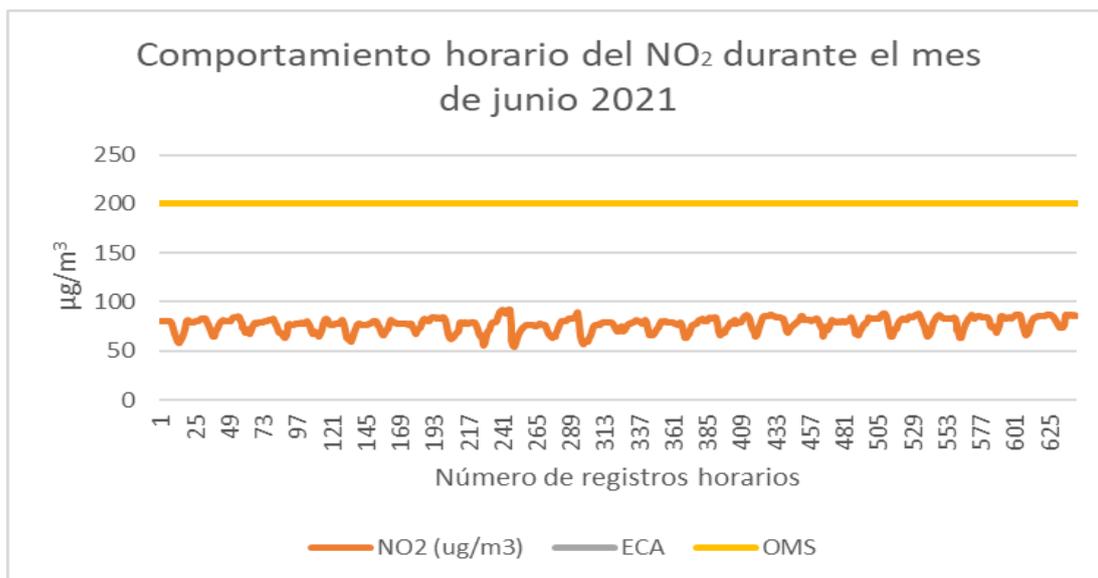


Figura 50. Comportamiento horario del dióxido de nitrógeno (NO₂) durante el mes de junio 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 41 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA NO₂ para cada día del mes de junio, se puede observar que todos los días del mes de junio reportaron una calidad buena del aire respecto a este parámetro. Lo cual indica que, la calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire y se puede realizar actividades al aire libre, sin restricción alguna.

Tabla 41. Índice de Calidad del Aire del NO₂ durante el mes de junio

Junio 2021						
D	L	M	M	J	V	S
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

d. Dióxido de Azufre (SO₂)

La Figura 48 muestra el comportamiento diario del SO₂, se puede que todos los días monitoreados en el mes de junio cumplieron el valor límite estipulado por la OMS (20 µg/m³) y ECA aire (250 µg/m³). Además, se evidencia concentraciones casi constantes durante todos los días del mes de junio.

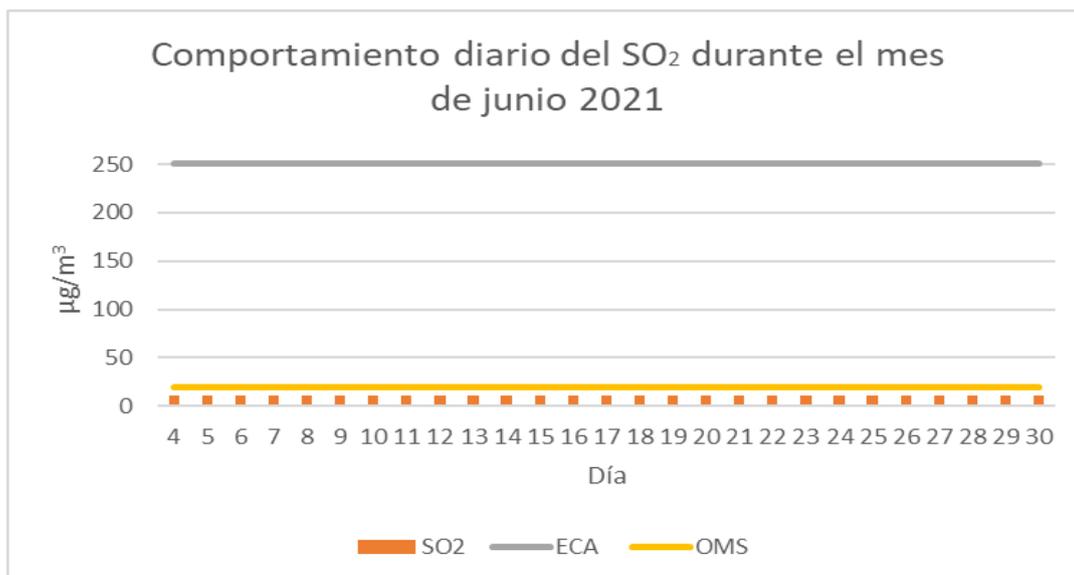


Figura 51. Comportamiento diario del dióxido de azufre (SO₂) durante el mes de junio 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 42 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA SO₂ para cada día del mes de junio. Se puede observar que todos los días del mes de junio reportaron una calidad buena del aire respecto a este parámetro. Lo cual indica que, la calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire y se puede realizar actividades al aire libre, sin restricción alguna.

Tabla 42. Índice de Calidad del Aire del SO₂ durante el mes de junio

Junio 2021						
D	L	M	M	J	V	S
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

e. Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)

La Figura 49 muestra el comportamiento diario del H₂S, se puede observar que todos los días monitoreados en el mes de junio cumplieron el valor límite estipulado por el ECA aire (150 µg/m³). Por otro lado, se evidencia concentraciones casi constantes durante todos los días del mes de junio.

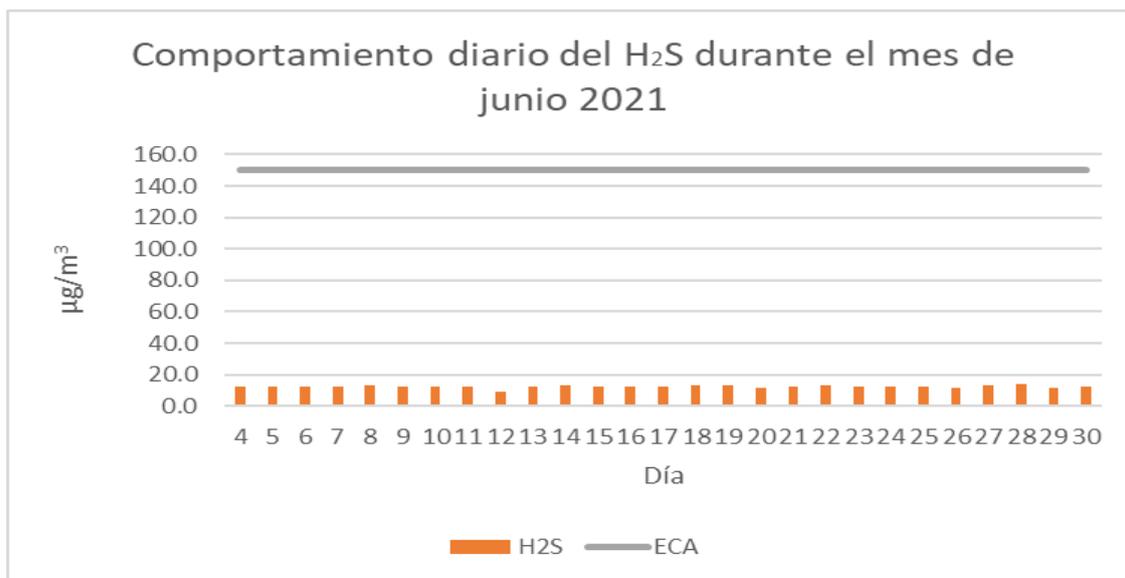


Figura 52. Comportamiento diario del sulfuro de hidrógeno (H₂S) durante el mes de junio 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 43 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA H₂S para cada día del mes de junio. Todos los días del mes de junio reportaron una calidad buena del aire respecto a este parámetro. Lo cual indica que, la calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire y se puede realizar actividades al aire libre, sin restricción alguna.

Tabla 43. Índice de Calidad de Aire del H₂S durante el mes de junio

Junio 2021						
D	L	M	M	J	V	S
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

f. Ozono (O₃)

La Figura 50 muestra el comportamiento cada ocho horas del O₃, se puede observar que todos los días monitoreados en el mes de junio cumplieron el valor límite estipulado por la OMS (100µg/m³) y el ECA aire (100 µg/m³). Además, se evidencia concentraciones casi constantes durante todos los días del mes de junio.

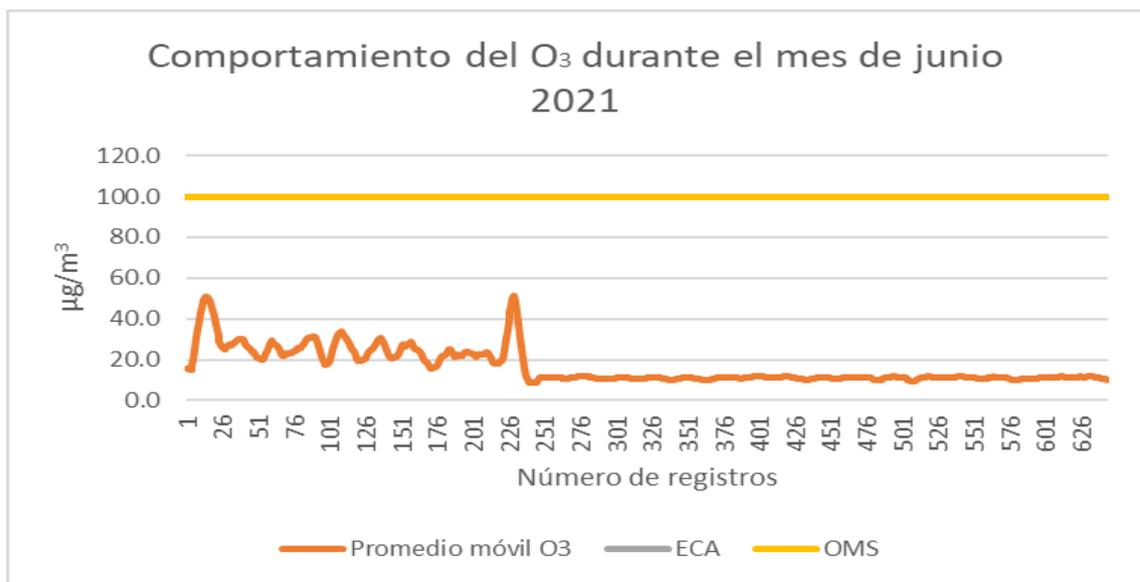


Figura 53. Comportamiento del ozono (O₃) durante el mes de junio 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 44 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA O₃ para cada día del mes de junio, se puede observar que todos los días del mes de junio reportaron una calidad buena del aire respecto a este parámetro. Lo cual significa que, la calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire, además se puede realizar actividades al aire libre, sin restricción alguna.

Tabla 44. Índice de Calidad de Aire del O₃ durante el mes de junio

Junio 2021						
D	L	M	M	J	V	S
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

g. Variables Meteorológicas

La Tabla 45 presenta los valores de la temperatura máxima, mínima y promedio, así como los valores de la humedad relativa máxima, mínima y promedio, registradas durante el mes de junio.

Tabla 45. Variables Meteorológicas durante el mes de junio

	Máxima	Mínima	Promedio
Temperatura (°C)	22.9	14.9	17.9
Humedad Relativa (%)	98.6	70.3	89.6

4.5.2. Julio 2021

a. Material Particulado Grueso (PM₁₀)

La Figura 51 muestra el comportamiento diario del PM₁₀, se puede que todos los días monitoreados en el mes de julio sobrepasan el valor límite para PM₁₀ estipulado por la OMS (45 µg/m³). Por otro lado, solo 10 de los 31 días monitoreados sobrepasan el ECA aire (100 µg/m³). Además, se puede observar que la concentración máxima de PM₁₀ es de 174.5 µg/m³ el día 30 de julio. Los picos más altos registrados de este contaminante se dan a mediados y fines de mes, esto podría relacionarse con la ejecución de obras de construcción en las avenidas colindantes a Pantanos de Villa durante este periodo.

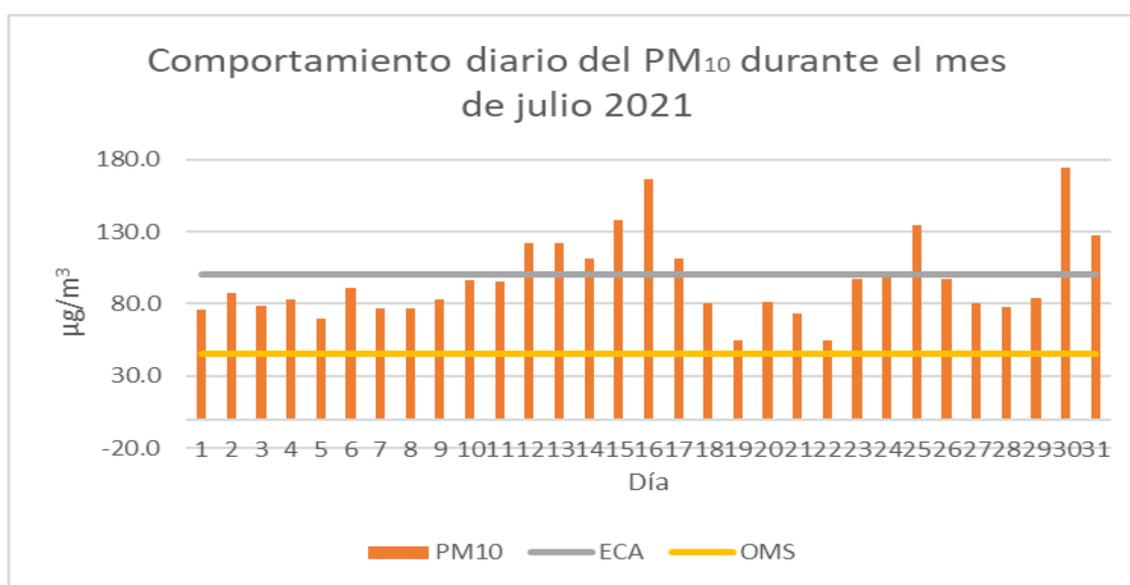


Figura 54. Comportamiento del material particulado grueso (PM₁₀) durante el mes de julio 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 46 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA PM₁₀ para cada día del mes de julio, se puede observar que 10 días del mes tuvieron una calidad mala del aire y 21 días una calidad moderada. Lo que se interpreta como una calidad del aire aceptable y que cumple con el ECA de aire en el mayor porcentaje de los días. Sin embargo, las actividades al aire libre tienen ciertas restricciones para la población sensible.

Tabla 46. Índice de Calidad de Aire del PM₁₀ durante el mes de julio

Julio 2021						
D	L	M	M	J	V	S
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

b. Material Particulado Fino (PM_{2.5})

La Figura 52 muestra el comportamiento diario del PM_{2.5}, se puede observar que 18 de los 31 días monitoreados en el mes de julio sobrepasan el valor límite para PM_{2.5} estipulado por la OMS (25 µg/m³). Por otro lado, todos los días monitoreados cumplen el ECA aire (50 µg/m³). Además, se evidencia que la concentración máxima de PM_{2.5} es de 45.2 µg/m³ el día 12 de julio. Los picos más altos registrados de este contaminante se dan a mediados del mes, lo cual podría deberse al tráfico vehicular generado por la ejecución de obras de construcción realizada en las avenidas colindantes a Pantanos de Villa durante este periodo.

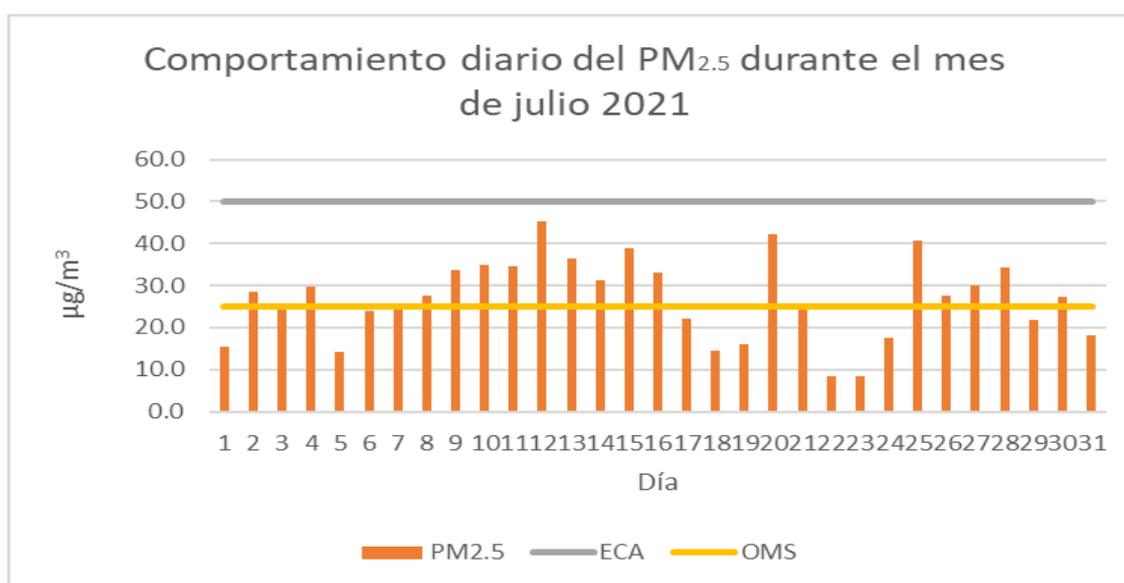


Figura 55. Comportamiento del material particulado grueso (PM₁₀) durante el mes de julio 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 47 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA PM_{2.5} para cada día del mes de julio, se puede observar que todos los días del mes reportaron una calidad del aire moderada. Lo que indica que en estos días se deben hacer actividades al aire libre, pero con ciertas restricciones para la población sensible.

Tabla 47. Índice de Calidad de Aire del PM_{2.5} durante el mes de julio

Julio 2021						
D	L	M	M	J	V	S
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

c. Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

La Figura 53 muestra el comportamiento horario del NO₂, se puede observar que todos los valores registrados en el mes de julio cumplen el valor guía estipulado por la OMS (200 µg/m³) y el ECA aire (200 µg/m³).

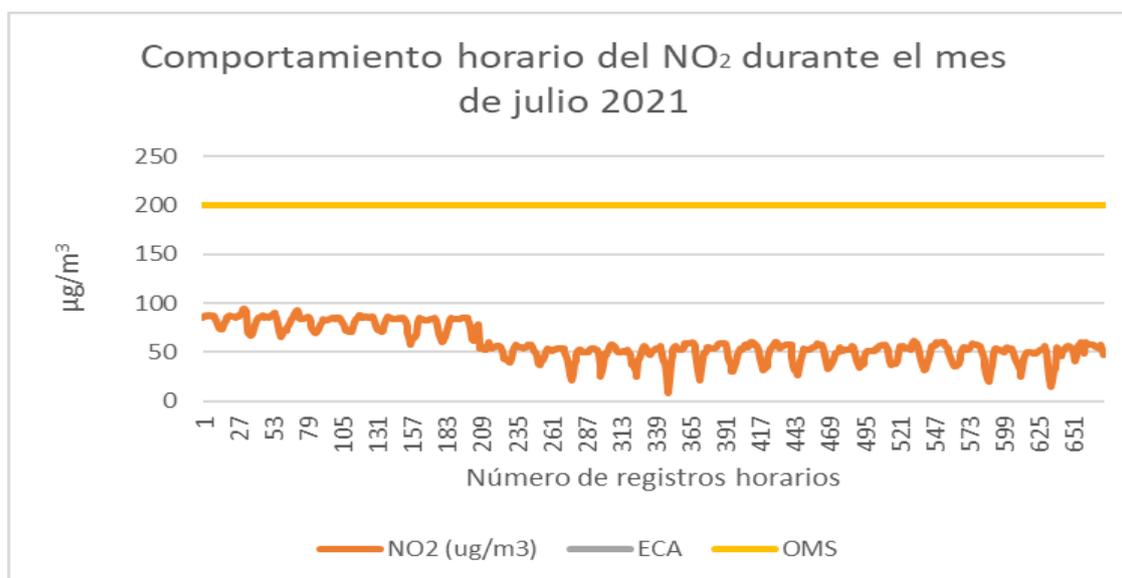


Figura 56. Comportamiento horario del dióxido de nitrógeno (NO₂) durante el mes de julio 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 48 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA NO₂ para cada día del mes de julio, se puede observar que todos los días del mes reportaron una calidad buena del aire respecto a este parámetro. Lo cual indica que, la calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire y se puede realizar actividades al aire libre, sin restricción alguna.

Tabla 48. Índice de Calidad de Aire del NO₂ durante el mes de julio

Julio 2021						
D	L	M	M	J	V	S
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

d. Dióxido de Azufre (SO₂)

La Figura 54 muestra el comportamiento diario del SO₂, se puede observar que todos los días monitoreados en el mes de julio cumplieron el valor guía estipulado por la OMS (20 µg/m³) y ECA aire (250 µg/m³). Además, se observa concentraciones casi constantes durante todos los días del mes de julio.

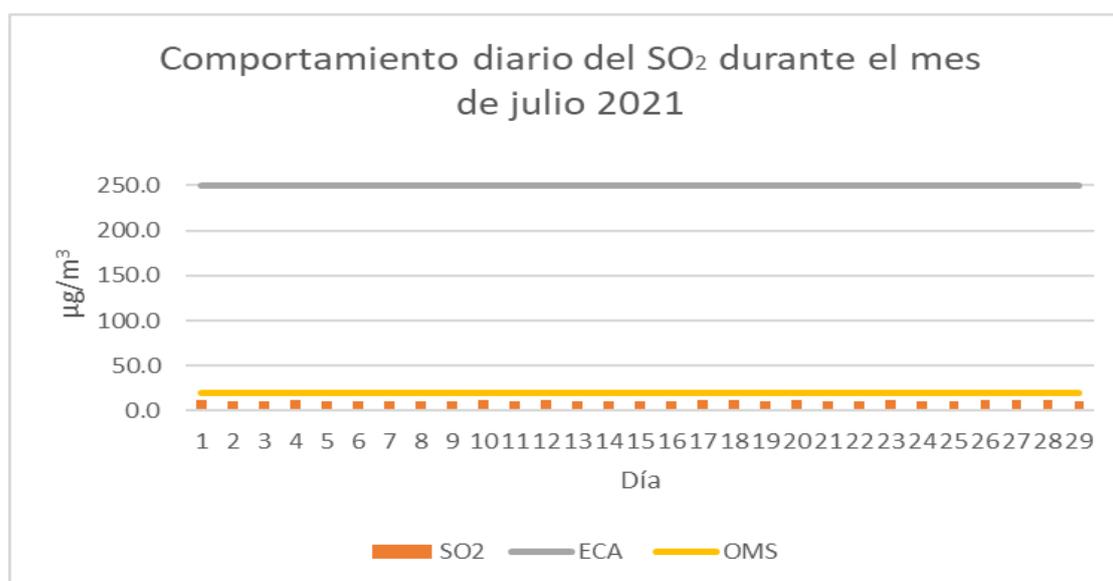


Figura 57. Comportamiento diario del dióxido de azufre (SO₂) durante el mes de julio 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 49 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA SO₂ para cada día del mes de julio, se puede observar que todos los días del mes reportaron una calidad buena del aire respecto a este parámetro. Lo cual indica que, la calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de aire y se puede realizar actividades al aire libre, sin restricción alguna.

Tabla 49. Índice de Calidad de Aire del SO₂ durante el mes de julio

Julio 2021						
D	L	M	M	J	V	S
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

e. Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)

La Figura 55 muestra el comportamiento diario del H₂S, se puede observar que todos los días monitoreados en el mes de julio cumplieron el valor límite estipulado por el ECA aire (150 µg/m³). Además, se evidencia concentraciones casi constantes durante todos los días del mes de julio.

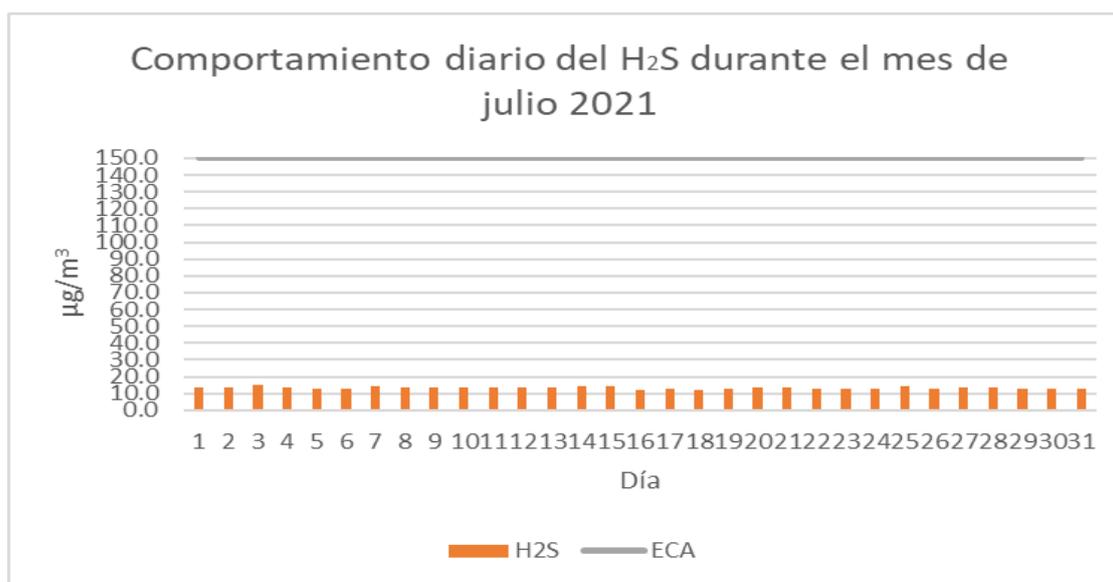


Figura 58. Comportamiento diario del sulfuro de hidrógeno (H₂S) durante el mes de julio 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 50 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA H₂S para cada día del mes de julio, se puede observar que todos los días del mes reportaron una calidad buena del aire respecto a este parámetro. Lo cual indica que, la calidad del aire es aceptable, siendo posible realizar actividades al aire libre, sin restricción alguna.

Tabla 50. Índice de Calidad de Aire del H₂S durante el mes de julio

Julio 2021						
D	L	M	M	J	V	S
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

f. Ozono (O₃)

La Figura 56 muestra el comportamiento cada ocho horas del O₃, se puede observar que todas las observaciones cumplieron el valor guía estipulado por la OMS (100µg/m³) y el ECA aire (100 µg/m³).

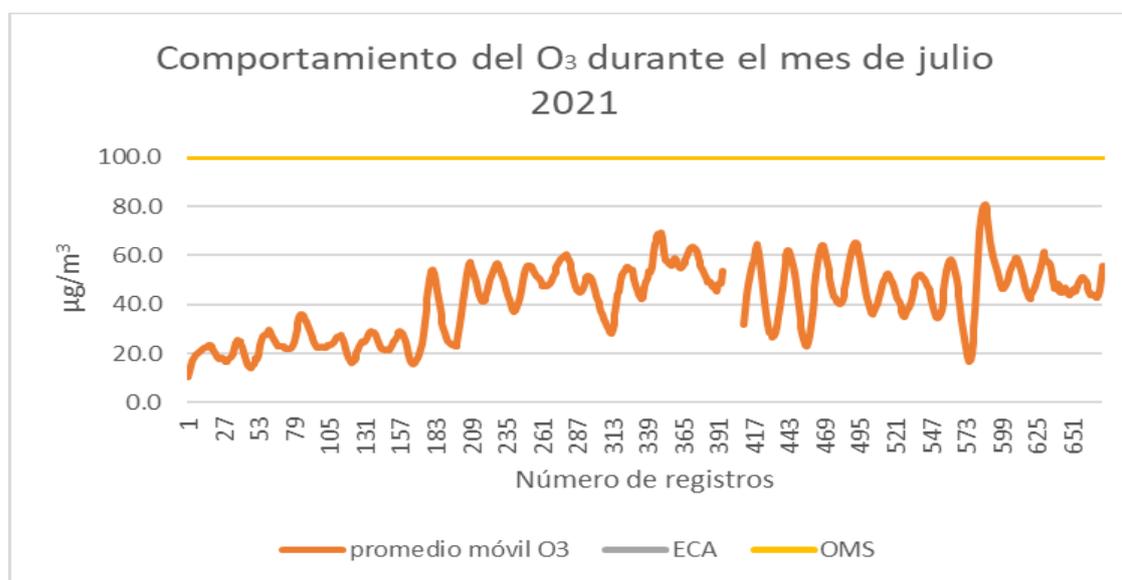


Figura 59. Comportamiento del ozono (O₃) durante el mes de julio 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 51 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA O₃ para cada día del mes de julio, se puede observar que todos los días del mes reportaron una calidad buena del aire respecto a este parámetro. Lo cual indica que, la calidad del aire es aceptable siendo posible realizar actividades al aire libre, sin restricción alguna.

Tabla 51. Índice de Calidad del Aire del O₃ durante el mes de julio

Julio 2021						
D	L	M	M	J	V	S
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

g. Variables Meteorológicas

La Tabla 52 presenta los valores de la temperatura máxima, mínima y promedio, así como la humedad relativa máxima, mínima y promedio, registradas durante el mes de julio.

Tabla 52. Variables meteorológicas durante el mes de julio

	Máxima	Mínima	Promedio
Temperatura (°C)	21.9	15.1	17.1
Humedad Relativa (%)	98.6	66.3	88.4

4.5.3. Noviembre 2021

a) Material Particulado Grueso (PM₁₀)

La Figura 57 muestra el comportamiento diario del PM₁₀, se puede observar que 8 de 28 días monitoreados en el mes de noviembre del 2021 sobrepasan el valor límite para PM₁₀ estipulado por la OMS (50 µg/m³). Mientras que todos los días monitoreados cumplen con el ECA aire (100 µg/m³). Por otro lado, se evidencia que la concentración máxima de PM₁₀ es de 68.24 µg/m³ registrándose este el día 5 de noviembre.

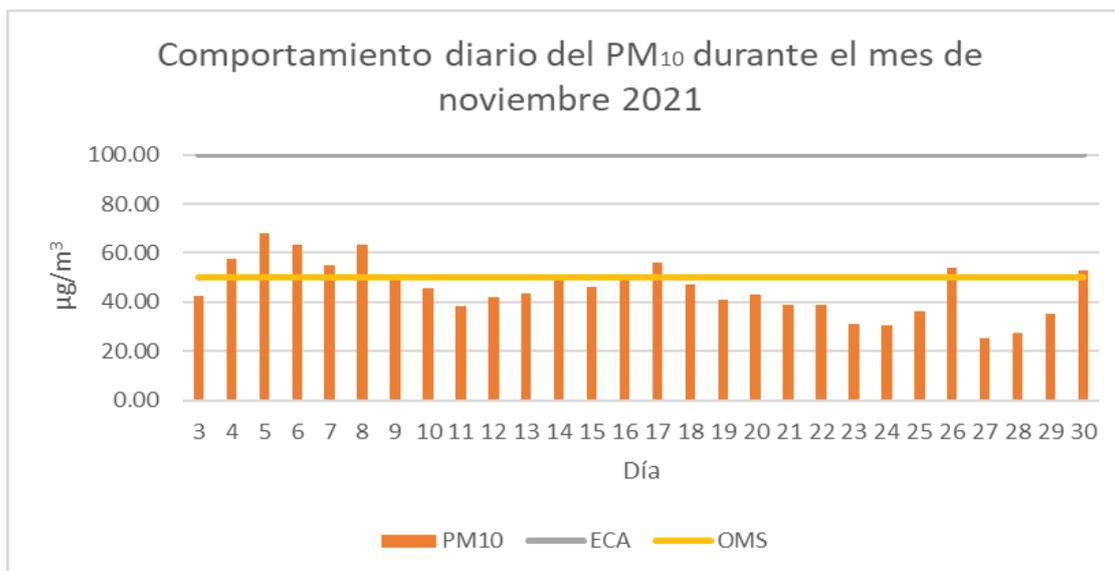


Figura 60. Comportamiento del material particulado grueso (PM₁₀) durante el mes de noviembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 53 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA PM₁₀ para cada día del mes de noviembre, se puede observar que 8 días del mes reportaron una calidad de aire moderada y 20 días calidad buena. Lo cual indica que, la calidad del aire es aceptable siendo posible realizar actividades al aire libre, sin restricción alguna.

Tabla 53. Índice de Calidad de Aire del PM₁₀ durante el mes de noviembre

Noviembre 2021						
D	L	M	M	J	V	S
31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

b) Material Particulado Fino (PM_{2.5})

La Figura 58 muestra el comportamiento diario del PM_{2.5}, se puede observar que 14 de los 28 días monitoreados en el mes de noviembre sobrepasan el valor límite para PM_{2.5} estipulado por la OMS (25 µg/m³). Por otro lado, todos los días monitoreados cumplen el ECA aire (50 µg/m³). Además, se evidencia que la concentración máxima de PM_{2.5} es de 37.4 µg/m³ el día 5 de noviembre.

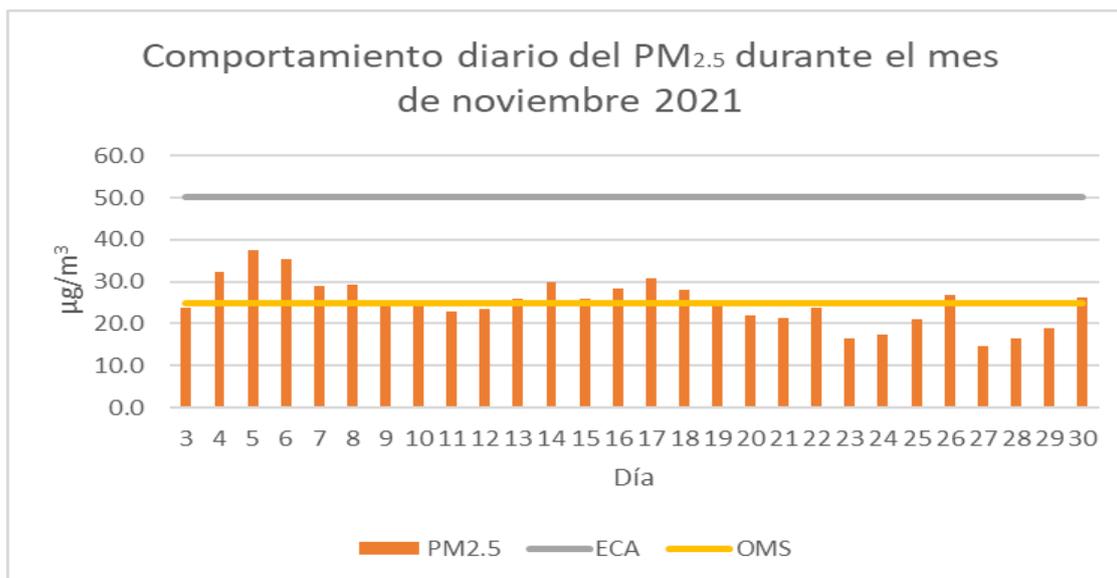


Figura 61. Comportamiento del material particulado fino (PM_{2.5}) durante el mes de noviembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 54 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA PM_{2.5} para cada día del mes de noviembre, se puede observar que 14 días del mes reportaron una calidad de aire moderada y 14 días calidad buena. Lo cual indica que, la calidad del aire es aceptable siendo posible realizar actividades al aire libre, sin restricción alguna en la mitad del mes y en la otra mitad del mes se deben hacer actividades al aire libre, pero con ciertas restricciones para la población sensible.

Tabla 54. Índice de Calidad de Aire del PM_{2.5} durante el mes de noviembre

Noviembre 2021						
D	L	M	M	J	V	S
31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

c) Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

La Figura 59 muestra el comportamiento horario del NO₂, se puede observar que todos los valores registrados en el mes de noviembre cumplen el valor guía estipulado por la OMS (200 µg/m³) y el ECA aire (200 µg/m³).

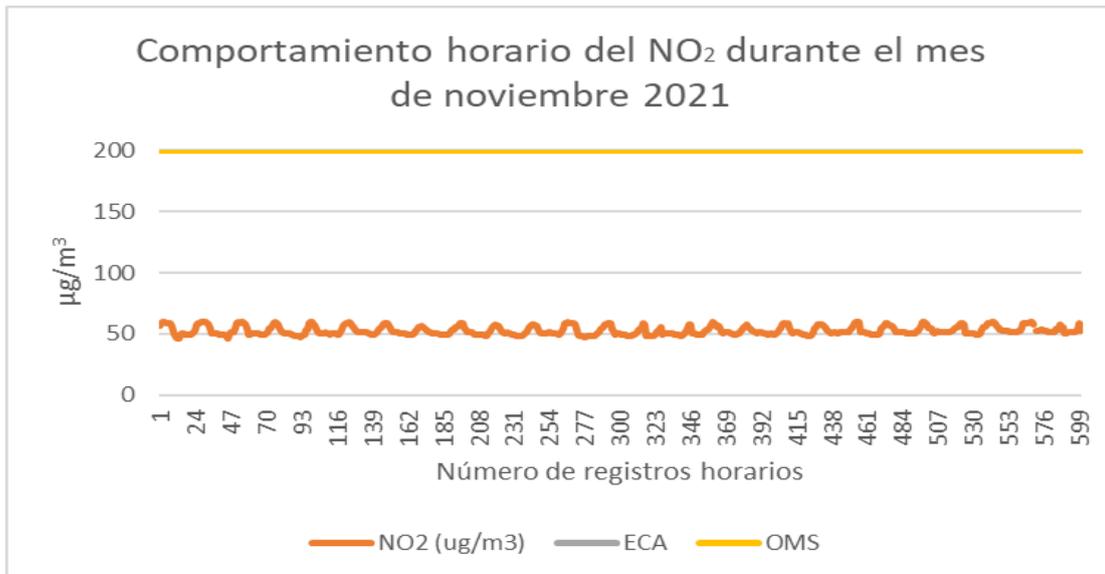


Figura 62. Comportamiento horario del dióxido de nitrógeno (NO₂) durante el mes de noviembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 55 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA NO₂ para cada día del mes de noviembre, se puede observar que todos los días monitoreados del mes reportaron una calidad de aire buena. Lo cual indica que, la calidad del aire es aceptable siendo posible realizar actividades al aire libre, sin restricción alguna.

Tabla 55. Índice de Calidad de Aire del NO₂ durante el mes de noviembre

Noviembre 2021						
D	L	M	M	J	V	S
31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

d) Dióxido de Azufre (SO₂)

La Figura 60 muestra el comportamiento diario del SO₂, se puede observar que todos los días monitoreados en el mes de noviembre cumplieron el valor guía estipulado por la OMS (20 µg/m³) y ECA aire (250 µg/m³). Además, se observa concentraciones casi constantes durante todos los días del mes de julio.

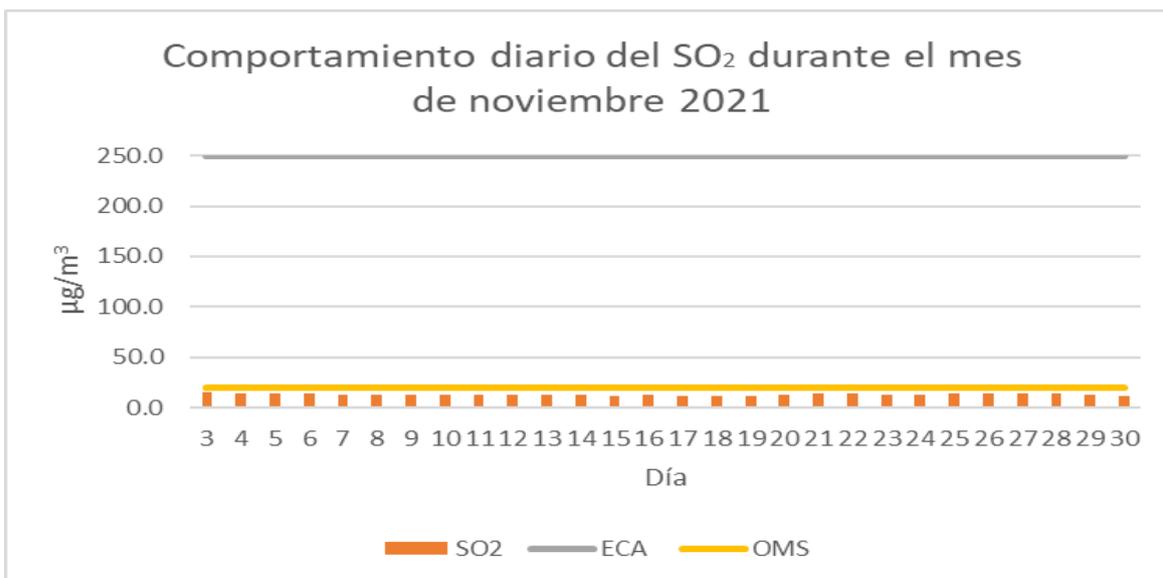


Figura 63. Comportamiento diario del dióxido de azufre (SO₂) durante el mes de noviembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 56 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA SO₂ para cada día del mes de noviembre, se puede observar que todos los días monitoreados del mes reportaron una calidad de aire buena. Lo cual indica que, la calidad del aire es aceptable siendo posible realizar actividades al aire libre, sin restricción alguna.

Tabla 56. Índice de Calidad de Aire del SO₂ durante el mes de noviembre

Noviembre 2021						
D	L	M	M	J	V	S
31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

e) Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)

La Figura 61 muestra el comportamiento diario del H₂S, se puede observar que todos los días monitoreados en el mes de noviembre cumplieron el valor límite estipulado por el ECA aire (150 µg/m³). Además, se evidencia concentraciones casi constantes durante todos los días del mes de noviembre.

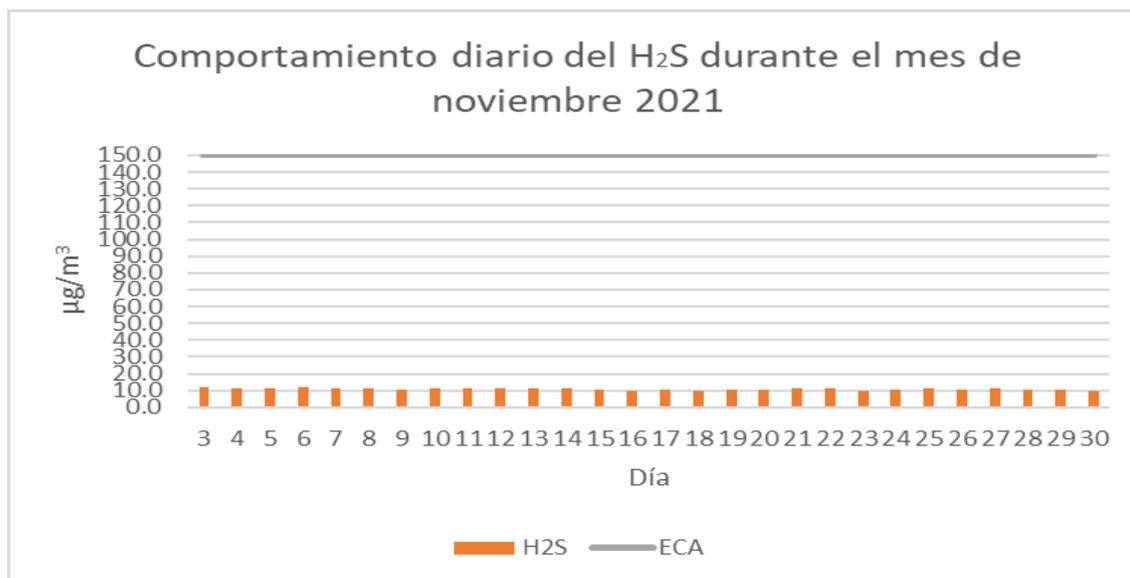


Figura 64. Comportamiento diario del sulfuro de hidrógeno (H₂S) durante el mes de noviembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 57 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA H₂S para cada día del mes de noviembre, se puede observar que todos los días monitoreados del mes reportaron una calidad de aire buena. Lo cual indica que, la calidad del aire es aceptable siendo posible realizar actividades al aire libre, sin restricción alguna.

Tabla 57. Índice de Calidad de Aire del H₂S durante el mes de noviembre

Noviembre 2021						
D	L	M	M	J	V	S
31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

f) Ozono (O₃)

La Figura 62 muestra el comportamiento cada ocho horas del O₃, se puede observar que todas las observaciones cumplieron el valor guía estipulado por la OMS (100µg/m³) y el ECA aire (100 µg/m³).

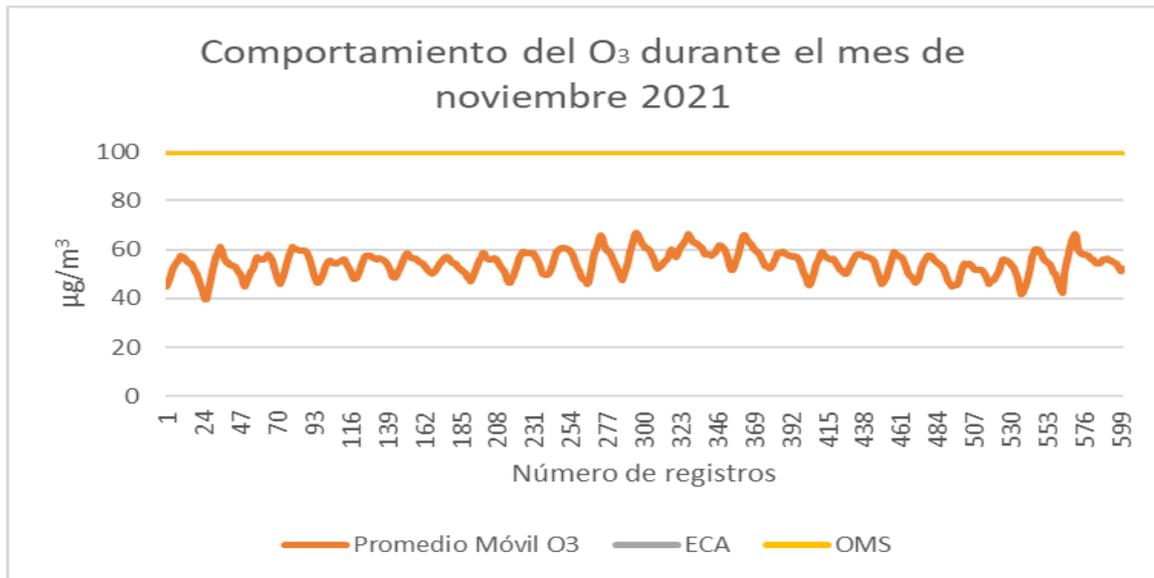


Figura 65. Comportamiento del ozono (O_3) durante el mes de noviembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 58 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA O_3 para cada día del mes de noviembre, se puede observar que todos los días monitoreados del mes reportaron una calidad de aire buena. Lo cual indica que, la calidad del aire es aceptable siendo posible realizar actividades al aire libre, sin restricción alguna.

Tabla 58. Índice de Calidad de Aire del O_3 durante el mes de noviembre

Noviembre 2021						
D	L	M	M	J	V	S
31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

g) Variables Meteorológicas

La Tabla 59 presenta los valores de la temperatura máxima, mínima y promedio, así como la humedad relativa máxima, mínima y promedio, registradas durante el mes de noviembre.

Tabla 59. Variables meteorológicas durante el mes de noviembre

	Máxima	Mínima	Promedio
Temperatura (°C)	22.4	15.9	17.9
Humedad Relativa (%)	98.6	71.1	90.7

4.5.4. Diciembre 2021

a) Material Particulado Grueso (PM₁₀)

La Figura 63 muestra el comportamiento diario del PM₁₀, se puede observar que casi todos los días monitoreados en el mes de diciembre cumplieron con el valor límite para PM₁₀ estipulado por la OMS (50 µg/m³), a excepción de los días 8 y 9 que sobrepasaron el valor estipulado. Empero, todos los días monitoreados no sobrepasaron el ECA aire (100 µg/m³). Por otro lado, se evidencia que la concentración máxima de PM₁₀ es de 58.5 µg/m³ el día 8 de diciembre. Los picos más altos registrados de este contaminante se dan a inicios del mes, esto podría relacionarse con el levantamiento paulatino de las restricciones sanitarios y el aumento de tráfico vehicular.

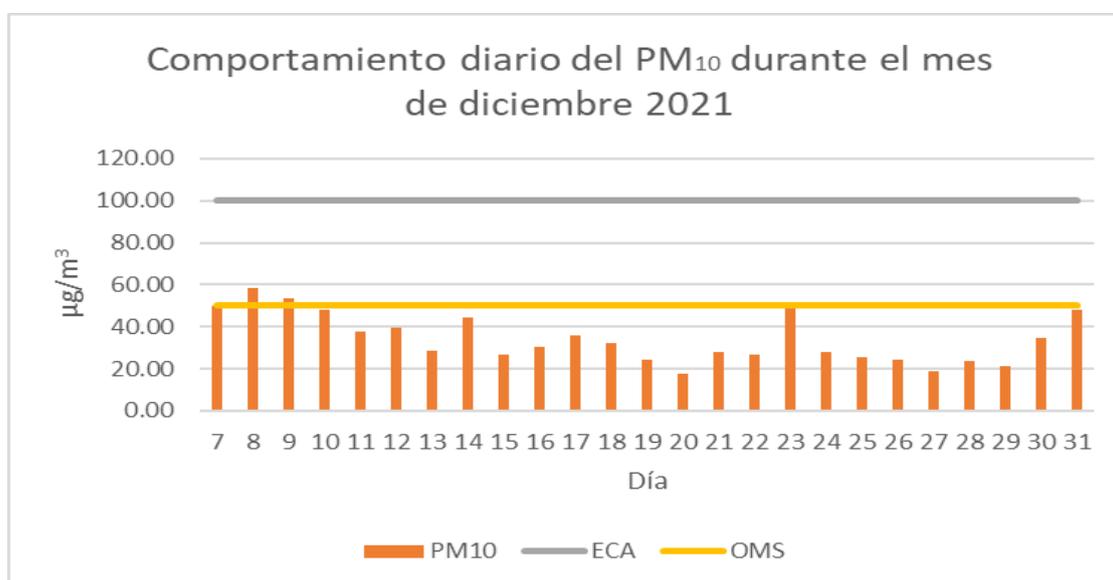


Figura 66. Comportamiento diario del material particulado grueso (PM₁₀) durante el mes de diciembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 60 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA PM₁₀ para cada día del mes de diciembre, se puede observar que 02 días del mes de diciembre tuvieron una calidad del aire moderada y 23 días calidad buena. Lo que se interpreta como una calidad del aire aceptable y que cumple con el ECA de Aire en el mayor porcentaje de los días. Sin embargo, las actividades al aire libre tienen ciertas restricciones para la población sensible

Tabla 60. Índice de Calidad de Aire del PM₁₀ durante el mes de diciembre

Diciembre 2021						
D	L	M	M	J	V	S
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

b) Material Particulado Fino (PM_{2.5})

La Figura 64 muestra el comportamiento diario del PM_{2.5}, se puede observar que, 5 de los 25 días monitoreados en el mes de diciembre sobrepasan el valor límite para PM_{2.5} estipulado por la OMS (25 µg/m³). Mientras que, los 25 días monitoreados cumplen con el ECA aire (50 µg/m³). Además, se evidencia que la concentración máxima de PM_{2.5} es de 31.2 µg/m³ el día 08 de diciembre. Los picos más altos registrados de este contaminante se dan a inicios del mes, lo cual podría estar relacionado con la ejecución de obras de construcción y el levantamiento de las restricciones sanitarias.

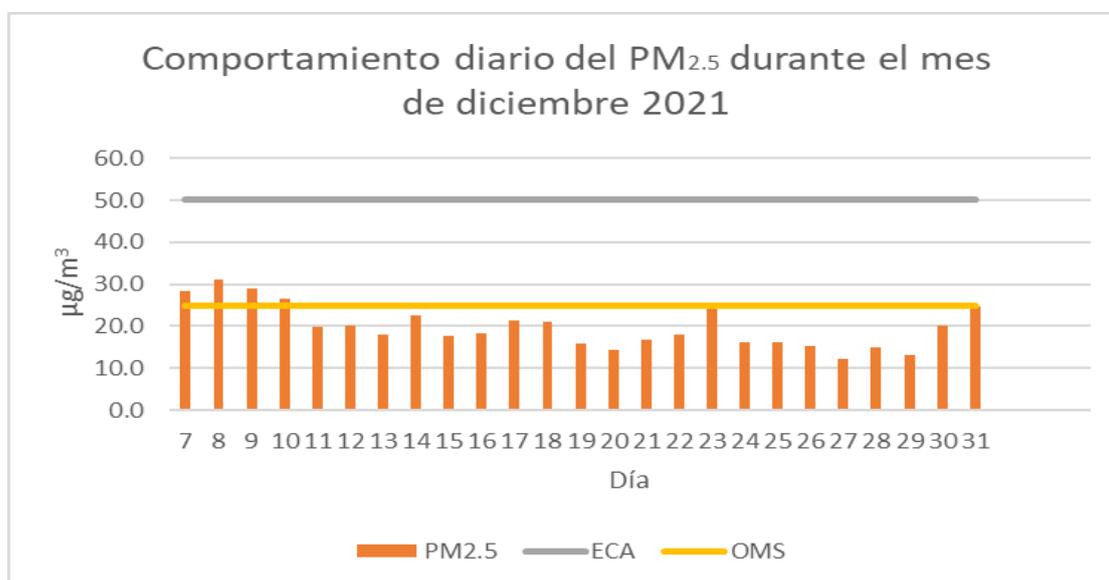


Figura 67. Comportamiento diario del material particulado fino (PM_{2.5}) durante el mes de diciembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 61 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA PM_{2.5} para cada día del mes de diciembre, se puede observar que 5 días del mes de diciembre reportaron una calidad del aire moderada y 20 días calidad buena. Lo que indica que en el mayor número de días del mes de diciembre se debe hacer actividades al aire libre, pero estas tienen ciertas restricciones para la población sensible.

Tabla 61. Índice de Calidad del Aire del PM_{2.5} durante el mes de diciembre

Diciembre 2021						
D	L	M	M	J	V	S
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

c) Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

La Figura 65 muestra el comportamiento horario del NO₂, se puede observar que todos los valores registrados en el mes de diciembre cumplen el límite estipulado por la OMS (200 µg/m³) y el ECA aire (200 µg/m³).

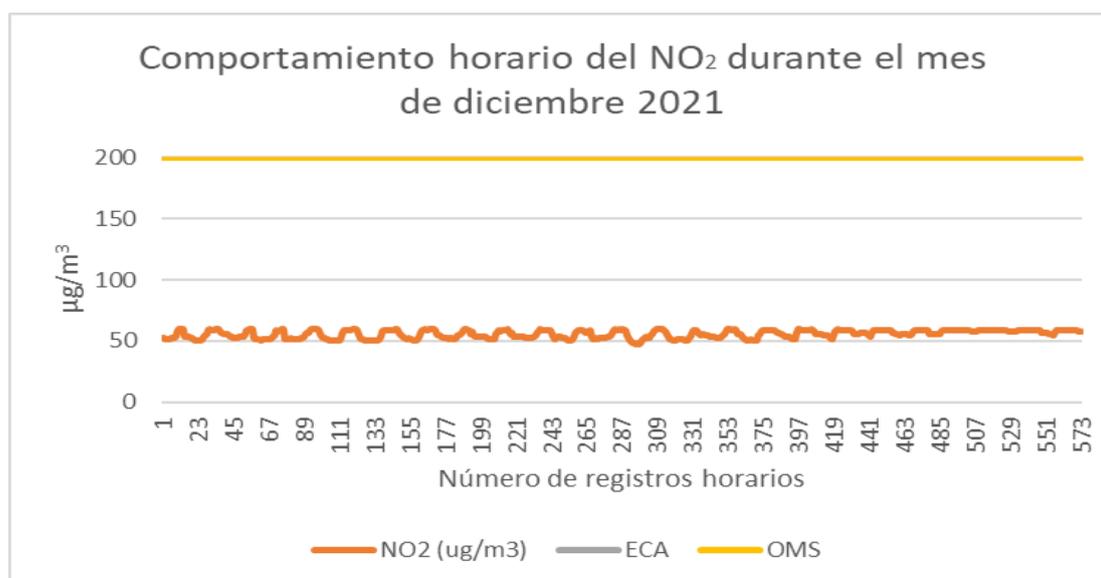


Figura 68. Comportamiento horario del dióxido de nitrógeno (NO₂) durante el mes de diciembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 62 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA NO₂ para cada día del mes de diciembre, se puede observar que todos los días del mes de diciembre reportaron una calidad buena del aire respecto a este parámetro. Lo cual indica que, la calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire y se puede realizar actividades al aire libre, sin restricción alguna.

Tabla 62. Índice de Calidad del Aire del NO₂ durante el mes de diciembre

Diciembre 2021						
D	L	M	M	J	V	S
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

d) Dióxido de Azufre (SO₂)

La Figura 66 muestra el comportamiento diario del SO₂, se puede observar que todos los días monitoreados en el mes de diciembre cumplieron el valor límite estipulado por la OMS (20 µg/m³) y ECA aire (250 µg/m³). Además, se evidencia concentraciones casi constantes durante todos los días del mes de diciembre.

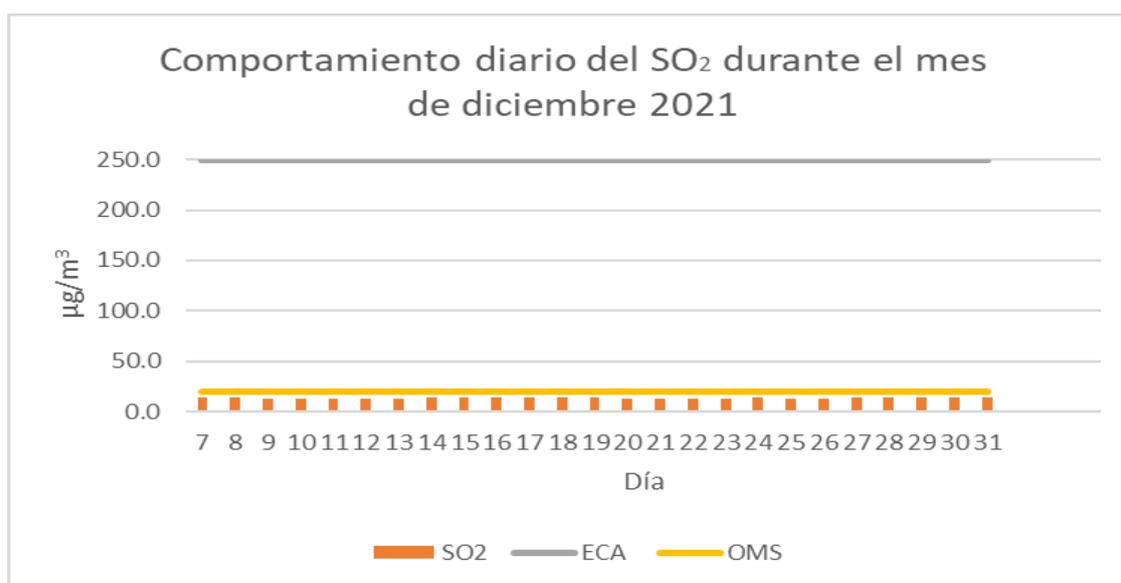


Figura 69. Comportamiento diario del dióxido de azufre (SO₂) durante el mes de diciembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 63 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA SO₂ para cada día del mes de diciembre, se puede observar que todos los días del mes de diciembre reportaron una calidad buena del aire respecto a este parámetro. Lo cual indica que, la calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire y se puede realizar actividades al aire libre, sin restricción alguna.

Tabla 63. Índice de Calidad del Aire del SO₂ durante el mes de diciembre

Diciembre 2021						
D	L	M	M	J	V	S
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

e) Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)

La Figura 67 muestra el comportamiento diario del H₂S, se puede observar que todos los días monitoreados en el mes de diciembre cumplieron el valor límite estipulado por el ECA aire (150 µg/m³). Además, se evidencia concentraciones casi constantes durante todos los días del mes de diciembre.

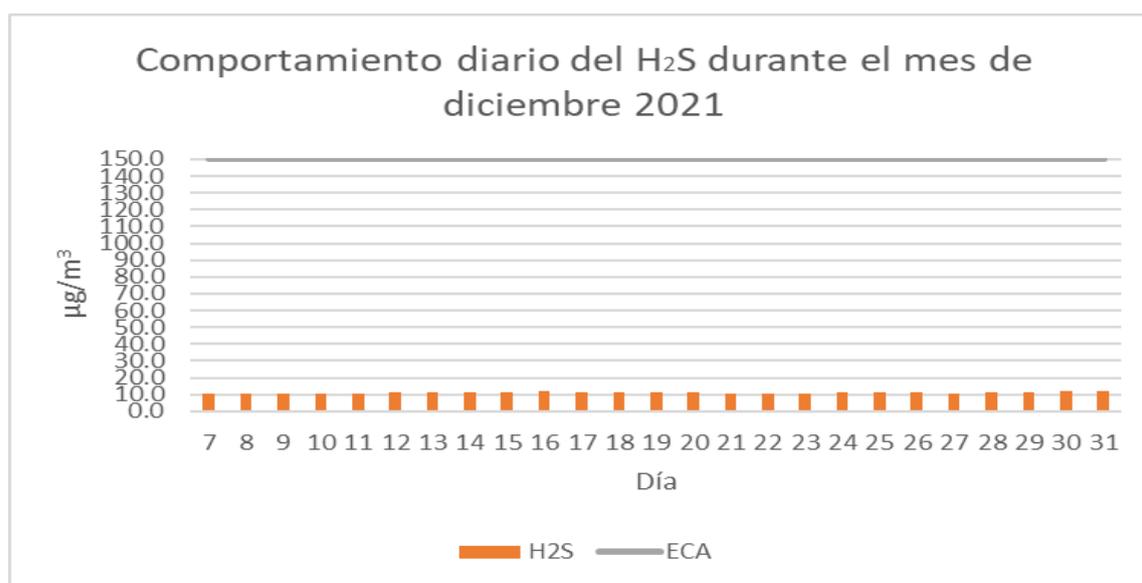


Figura 70. Comportamiento diario del sulfuro de hidrógeno (H₂S) durante el mes de diciembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 64 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA H₂S para cada día del mes de diciembre, se puede observar que todos los días del mes de diciembre reportaron una calidad buena del aire respecto a este parámetro. Lo cual indica que, la calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de aire y se puede realizar actividades al aire libre, sin restricción alguna.

Tabla 64. Índice de Calidad del Aire del H₂S durante el mes de diciembre

Diciembre 2021						
D	L	M	M	J	V	S
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

f) Ozono (O₃)

La Figura 68 muestra el comportamiento cada ocho horas del O₃. En esta se puede que todos los días monitoreados en el mes de diciembre cumplieron el valor límite estipulado por la OMS (100µg/m³) y el ECA aire (100 µg/m³). Además, se evidencia concentraciones casi constantes durante todos los días del mes de diciembre.

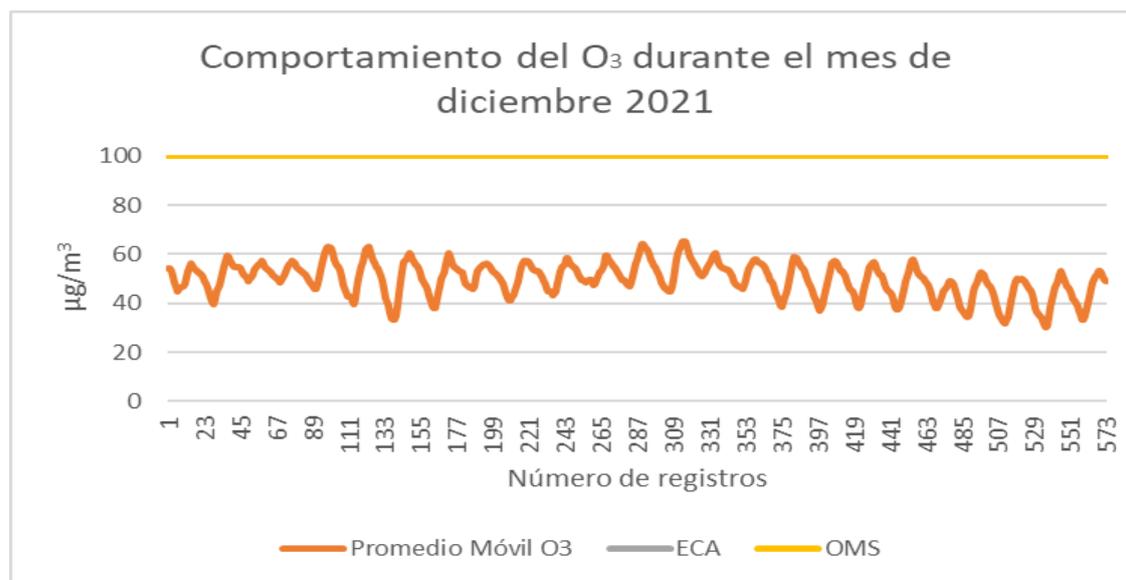


Figura 71. Comportamiento del ozono (O₃) durante el mes de diciembre 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Tabla 65 resume de forma gráfica los resultados obtenidos del cálculo del INCA O₃ para cada día del mes de diciembre. En esta se puede observar que 13 días presentaron calidad moderada de aire y 12 calidad buena. Lo que indica que en el mayor número de días del mes de diciembre se debe hacer actividades al aire libre, pero estas tienen ciertas restricciones para la población sensible.

Tabla 65. Índice de Calidad del Aire del O₃ durante el mes de diciembre

Diciembre 2021						
D	L	M	M	J	V	S
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

g) Variables Meteorológicas

La Tabla 66 presenta los valores de la temperatura máxima, mínima y promedio, así como la humedad relativa máxima, mínima y promedio, registradas durante el mes de diciembre.

Tabla 66. Variables meteorológicas durante el mes de diciembre

	Máxima	Mínima	Promedio
Temperatura (°C)	24	16.2	19.3
Humedad Relativa (%)	98.6	72.9	92.3

4.5.5. Comparativo entre meses

a) Material Particulado Grueso (PM₁₀)

La Figura 69 muestra el comportamiento diario del PM₁₀ en los meses monitoreados, se puede observar que las mayores concentraciones se registraron durante los meses de junio y julio (exceden el ECA aire y los límites de la OMS) en comparación con noviembre y diciembre (exceden en algunos valores los límites de la OMS, pero cumplen con el ECA aire) que registran valores mucho menores, esto podría estar relacionado a los trabajos realizados en las avenidas colindantes al humedal Pantanos de Villa que han originado movimiento de tierras.

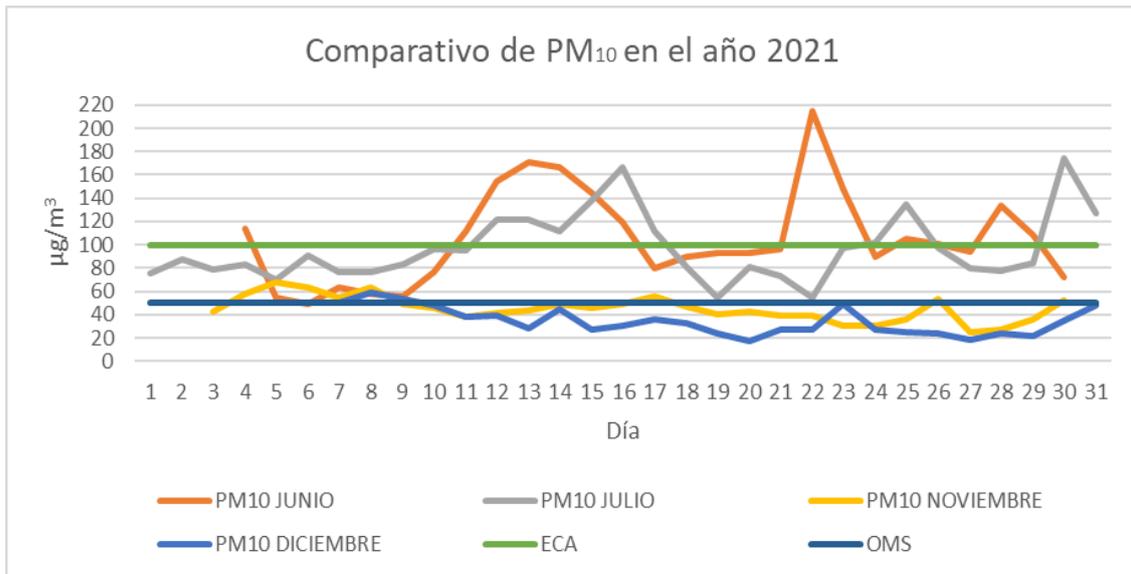


Figura 72. Comparativo del material particulado grueso (PM₁₀) en los meses de evaluación del 2021 en el humedal Pantanos de Villa

b) Material Particulado Fino (PM_{2.5})

La Figura 70 muestra el comportamiento diario del PM_{2.5} en los meses monitoreados, se puede observar que las mayores concentraciones se registraron durante el mes de junio (excede el ECA aire en algunos días y los límites de la OMS en la mayoría de días) en comparación con julio, noviembre y diciembre (exceden en algunos días los límites de la OMS, pero cumplen con el ECA aire) que registran valores mucho menores, esto podría estar relacionado a los trabajos realizados en las avenidas colindantes al humedal Pantanos de Villa que han originado movimiento de tierras.

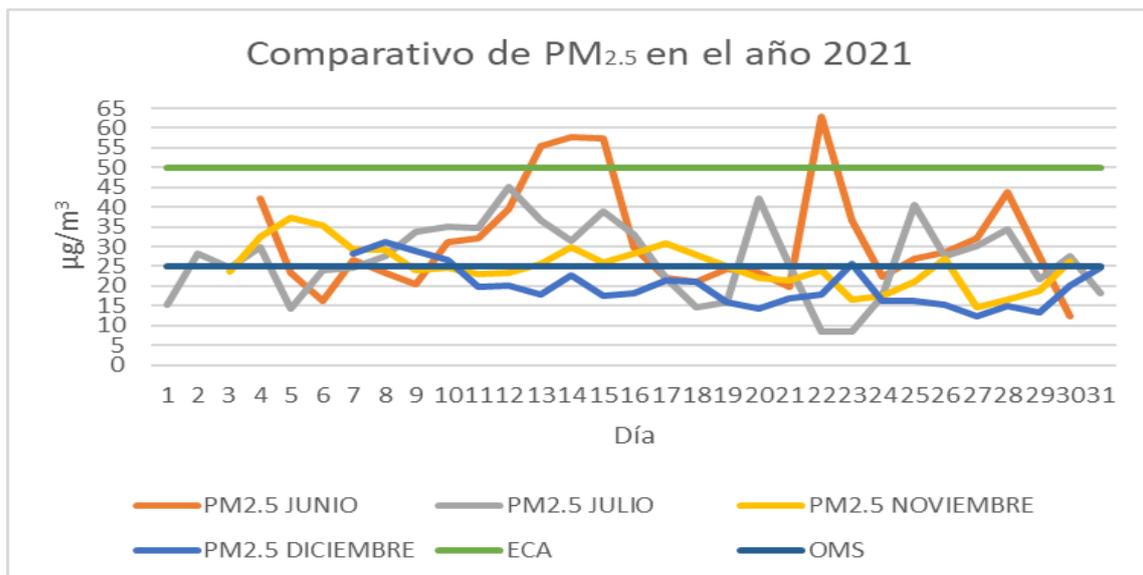


Figura 73. Comparativo del material particulado fino (PM_{2.5}) en los meses de evaluación del 2021 en el humedal Pantanos de Villa

c) Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

La Figura 71 muestra el comportamiento horario del NO₂ en los meses monitoreados, se puede observar que todos los registros cumplieron el valor límite estipulado por la OMS (200µg/m³) y el ECA aire (200 µg/m³). Además, las mayores concentraciones se registraron durante el mes de junio seguido por el mes de julio, mientras que, los meses de noviembre y diciembre registraron valores muy similares y menores a los meses de junio y julio.

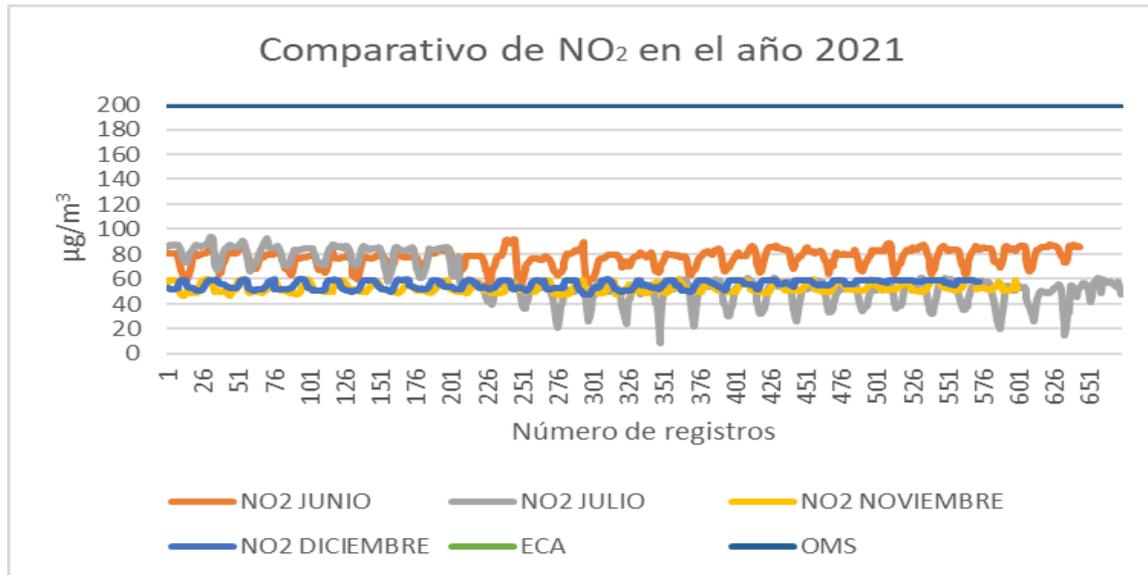


Figura 74. Comparativo del dióxido de nitrógeno (NO₂) en los meses de evaluación del 2021 en el humedal Pantanos de Villa

d) Dióxido de Azufre (SO₂)

La Figura 72 muestra el comportamiento diario del SO₂ en los meses monitoreados, se puede observar que todos los días de cada mes cumplieron el valor límite estipulado por la OMS (20µg/m³) y el ECA aire (250 µg/m³). Además, los valores registrados en todos los meses son bastante similares.

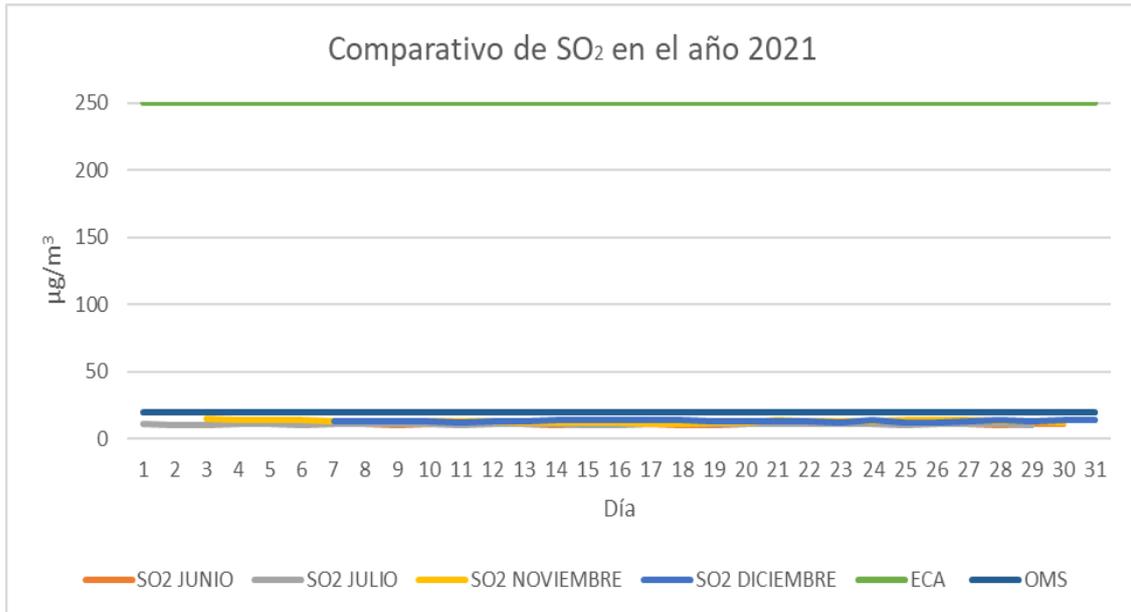


Figura 75. Comparativo del dióxido de azufre (SO₂) en los meses de evaluación del 2021 en el humedal Pantanos de Villa

e) Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)

La Figura 73 muestra el comportamiento diario del H₂S en los meses monitoreados, se puede observar que todos los días de cada mes cumplieron el valor límite estipulado por el ECA aire (150 µg/m³). Además, los valores registrados en todos los meses son bastante similares.

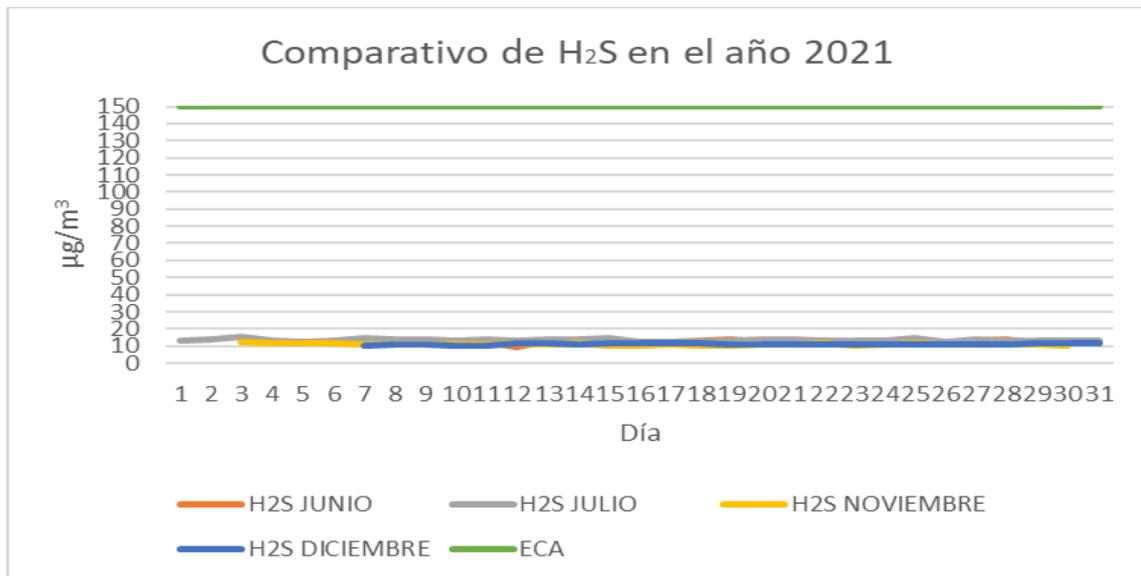


Figura 76. Comparativo del sulfuro de hidrógeno (H₂S) en los meses de evaluación del 2021 en el humedal Pantanos de Villa

f) Ozono (O₃)

La Figura 74 muestra el comportamiento cada ocho horas del O₃ en los meses monitoreados, se puede observar que todos los registros cumplieron el valor límite estipulado por la OMS (100µg/m³) y el ECA aire (100 µg/m³). Además, las mayores concentraciones se registraron durante los meses de noviembre y diciembre, seguido por los meses de julio y junio.

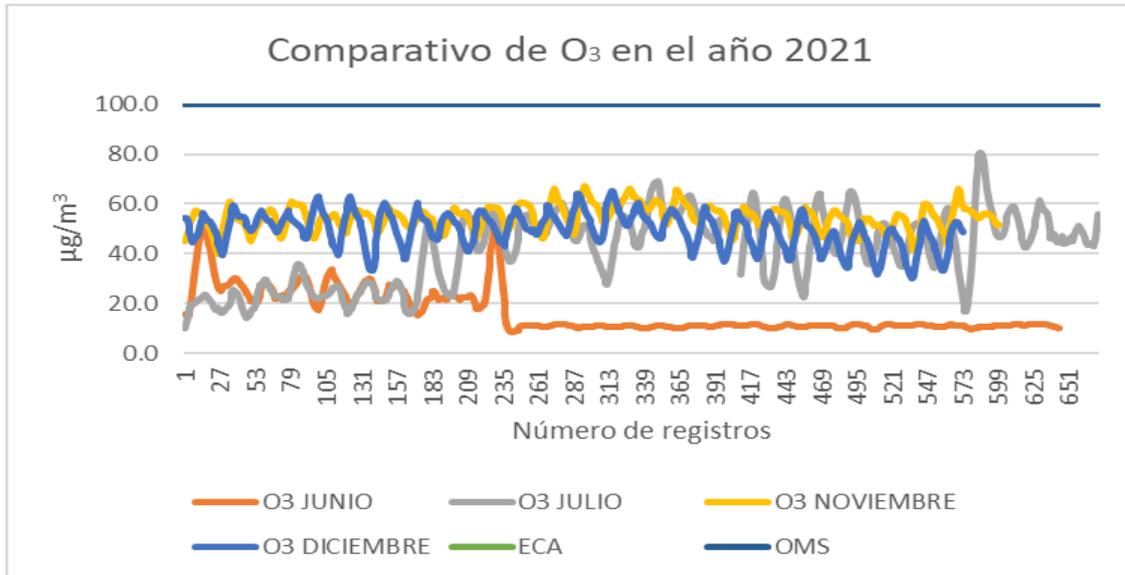


Figura 77. Comparativo del ozono (O₃) en los meses de evaluación del 2021 en el humedal Pantanos de Villa

g) Variables meteorológicas

La Figura 75 muestra los valores máximos, mínimos y promedios de la temperatura en los meses de junio, julio, noviembre y diciembre 2021. Los mayores valores promedio se registraron en el mes de diciembre, seguido por noviembre, junio y julio respectivamente.

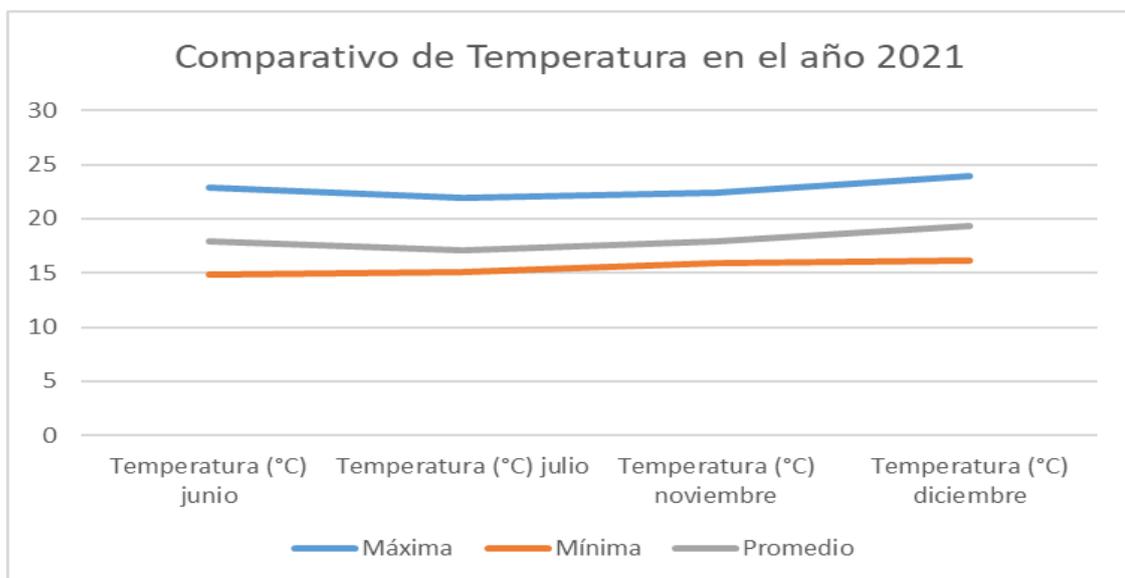


Figura 78. Comparativo de la temperatura en los meses de evaluación del 2021 en el humedal Pantanos de Villa

La Figura 76 muestra los valores máximos, mínimos y promedios de la humedad relativa en los meses de junio, julio, noviembre y diciembre 2021. Los mayores valores promedio se registran en el mes de diciembre, seguido por noviembre, junio y julio respectivamente.

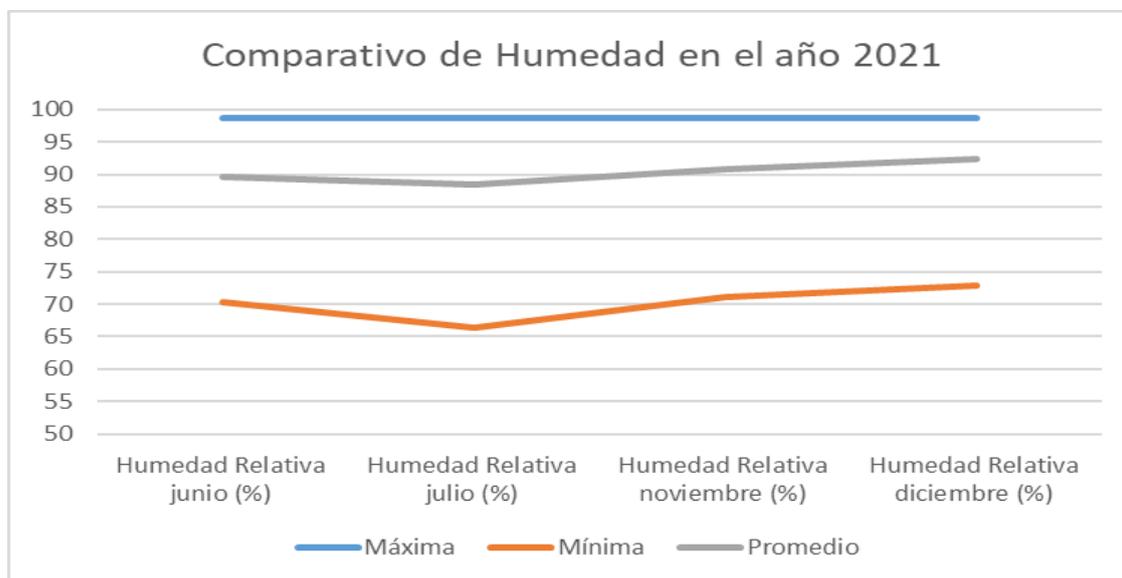


Figura 79. Comparativo de humedad relativa en los meses de evaluación del 2021 en el humedal Pantanos de Villa

4.5.6. Discusión

Se evaluaron 6 parámetros para el monitoreo de la calidad de aire: PM_{10} , $PM_{2.5}$, NO_2 , SO_2 , H_2S y O_3 durante los meses de junio, julio, noviembre y diciembre del 2021. Para el caso del Material Particulado Grueso (PM_{10}) se evidencia que las mayores concentraciones se registraron durante los meses de junio y julio (exceden los límites establecidos por la OMS y ECA aire en la mayoría de los días) en comparación con noviembre y diciembre (exceden en algunos valores lo establecido por la OMS, pero cumplen con el ECA aire). Con respecto al Material Particulado Fino ($PM_{2.5}$) las mayores concentraciones se registraron durante el mes de junio (excede el ECA aire en algunos días y los límites de la OMS en la mayoría de los días) en comparación con julio, noviembre y diciembre (exceden en algunos días los límites de la OMS, pero cumplen con el ECA aire).

Las altas concentraciones en los parámetros PM_{10} y $PM_{2.5}$ pueden estar relacionadas con la ejecución del proyecto “Sectorización del sistema de agua potable y alcantarillado de la parte alta de Chorrillos: matriz Próceres – Chorrillos”, provincia y departamento de Lima; SNIP 95668 – código único 2403504” que comenzó con la ejecución de labores en junio del 2020 y a agosto del 2021 se tenía un avance del 71% y que dentro de sus actividades se contempló la excavación de zanjas, refine, relleno, eliminación de desmonte, instalación de tuberías,

entre otros (CGR, 2021). Dichas actividades generan una gran emisión de partículas y pueden haber impactado negativamente en la calidad del aire registrada por el módulo de monitoreo de calidad de aire. Tal como señala la OMS (2005) el PM₁₀ representa el grueso de partículas que pueden ingresar al sistema respiratorio, éstas se forman principalmente por medio de procesos mecánicos como las obras de construcción, el viento y la suspensión del polvo en las pistas y caminos no pavimentados. Para el caso del PM_{2.5} dentro de las fuentes antrópicas destacan los procesos industriales (combustión de productos fósiles, fundición de metales como cobre y zinc, y la producción de cemento, cerámica, ladrillos, entre otros), actividades agropecuarias (quema de biomasa), actividades domésticas (combustión de leña), actividades mecánicas que causan resuspensión de polvo y tráfico vehicular (emisiones de los motores de los vehículos, principalmente vehículos diesel) (USEPA, 2009). Es así, que los trabajos realizados por el proyecto pueden haber generado un incremento del material particulado grueso y fino.

A continuación, en la Tabla 67 se puede observar que en el mes de noviembre del 2020 (a inicios de los trabajos del proyecto) los valores de PM₁₀ y PM_{2.5} eran bastante bajos acordes al informe elaborado por Consorcio Agua SCM, en contraposición para el mes de julio 2021 (cuando se estaban realizando los trabajos de movimiento de tierras) , el valor de PM₁₀ incrementó en un 559% y el valor de PM_{2.5} se incrementó en un 164% si lo comparamos con el informe elaborado por Consorcio Agua SCM para el mes en mención. Por lo que estos resultados evidencian el impacto negativo a la calidad aire (PM₁₀ y PM_{2.5}) que trajo consigo el proyecto.

Por otro lado, si comparamos los valores registrados por la empresa Consorcio Agua SCM durante el mes de julio del 2021 para el PM₁₀ y PM_{2.5} con los valores encontrados en el presente estudio podemos evidenciar que estos últimos son mayores a los encontrados por la empresa Consorcio Agua SCM, esto se puede deber a la diferencia en la metodología utilizada porque el dato obtenido por Consorcio Agua SCM es un dato registrado en un periodo de 24 horas \pm 1 hora mientras que en el presente estudio se ha trabajado con un dato promedio mensual toda vez que el módulo registra datos de manera automática y en tiempo real, además, la ubicación es ser cercana pero no es exactamente la misma.

Tabla 67. Cuadro comparativo de valores de PM₁₀ y PM_{2.5} en distintos meses en el humedal Pantanos de Villa

Este	Norte	Autor	Mes	PM ₁₀ (μg/m ³)	PM _{2.5} (μg/m ³)
283719	8649503	Consortio Agua SCM (2021)	Noviembre 2020	9.3	5.38
283719	8649503	Consortio Agua SCM (2021)	Julio 2021	61.30	14.19
283477	8649307	Presente Estudio	Julio 2021	94.2	26

Para el caso de los parámetros NO₂, H₂S, SO₂ y O₃ todos los valores registrados en cada uno de los meses cumplen con el ECA aire y con lo estipulado por la OMS, además el INCA de cada uno de estos parámetros en todos los meses registrados evidencia una buena calidad de aire lo que indica que, la calidad del aire es aceptable y se puede realizar actividades al aire libre, sin restricción alguna.

Además, es importante señalar que los humedales como Pantanos de Villa mejoran la calidad del aire en las ciudades, debido al agua abundante y la abundancia de vegetación, producen aire húmedo que crea una atmósfera refrescante y purificadora de manera natural. Este efecto de microclima proporciona alivio tanto en ciudades tropicales como en regiones sumamente áridas (Ramsar, 2018). Por lo antes mencionado, el humedal Pantanos de Villa cumple un papel importante como purificador del aire en Lima, ciudad de Latinoamérica con peor calidad de aire.

V. CONCLUSIONES

- La evaluación del monitoreo de calidad de agua en el humedal Pantanos de Villa se ha realizado a partir de 7 parámetros fisicoquímicos: pH, CE, SDT, T, OD, nitratos y fósforo total siendo necesario considerar más parámetros para una adecuada determinación.
- La Zona Villa Baja presenta los siguientes valores promedio: pH=7.4, CE=5028 μ S/cm, SDT=3693mg/L, T=24.4°C, OD=4.7mg/L, nitratos=71.1 mg/L y fósforo total=0.83 mg/L.
- La Zona Génesis y Marvilla presenta los siguientes valores promedio: pH=8, CE=4925 μ S/cm, SDT=3544 mg/L, T=24.5°C, OD=7.3mg/L, nitratos=42.7mg/L y fósforo total=0.4mg/L.
- La Zona Delicias y Mayor presenta los siguientes valores promedio: pH=7.7, CE=7846 μ S/cm, SDT=5823mg/L, T=25.1°C, OD=6.7mg/L, nitratos=15.2 mg/L y fósforo total=0.15mg/L.
- Los valores altos de conductividad en las 3 zonas están directamente relacionados a la cercanía que tiene el humedal Pantanos de Villa al mar, es decir a la alta salinidad de la zona.
- Los valores más bajos de oxígeno disuelto y los valores más altos de nitratos y fósforo total los presenta la Zona Villa Baja debido a las diversas actividades que se realizan en la zona como: lavado de vehículos y lavado de ropa que se realiza en los canales y manantiales que alimentan al humedal Pantanos de Villa, presencia de aguas residuales domésticas, entre otros.
- De los 20 puntos de monitoreo de ruido ambiental 19 valores promedio exceden el ECA ruido y Ordenanza 2264, con excepción del PM-14.
- De los 8 puntos de control 7 valores promedio cumplen con el ECA ruido y Ordenanza 2264, con excepción del PC-01.
- La cobertura vegetal del humedal Pantanos de Villa sirve como un amortiguador natural del ruido.

- Las avenidas que tienen los valores de ruido más altos son: Avenida Defensores del Morro (73 dB) y la Avenida 12 de octubre (72 dB).
- El PM-15, ubicado en la Av. Defensores del Morro presenta el valor más alto de vehículos por minuto siendo de 302.
- El Material Particulado Grueso (PM₁₀) evidencia mayores concentraciones durante los meses de junio y julio (exceden los límites establecidos por la OMS y ECA aire en la mayoría de los días) en comparación con noviembre y diciembre (exceden en algunos valores lo establecido por la OMS, pero cumplen con el ECA aire).
- El Material Particulado Fino (PM_{2.5}) evidencia mayores concentraciones durante el mes de junio (excede el ECA aire en algunos días y los límites de la OMS en la mayoría de los días) en comparación con julio, noviembre y diciembre (exceden en algunos días los límites de la OMS, pero cumplen con el ECA aire).
- Las altas concentraciones registradas durante el año 2021 para los parámetros PM₁₀ y PM_{2.5} pueden estar relacionados a las actividades desarrolladas por el proyecto “Sectorización del sistema de agua potable y alcantarillado de la parte alta de Chorrillos: matriz Próceres – Chorrillos”, provincia y departamento de Lima; SNIP 95668 – código único 2403504”.
- Para los parámetros NO₂, H₂S, SO₂ Y O₃ todos los valores registrados en cada uno de los meses cumplen con el ECA aire y con lo estipulado por la OMS.
- El INCA de NO₂, H₂S, SO₂ Y O₃ en todos los meses registrados evidencia una buena calidad de aire lo que indica que, la calidad del aire es aceptable y se puede realizar actividades al aire libre, sin restricción alguna.
- Los humedales como el caso de Pantanos de Villa cumplen un papel fundamental como purificadores del aire y más en zonas urbanas como Lima.

VI. RECOMENDACIONES

- Es necesario continuar con el monitoreo de calidad de agua en el humedal Pantanos de Villa y la ZRE PV considerando un análisis más completo con más parámetros como la demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno, detergentes, aceites y grasas, entre otros.
- Es primordial trabajar de manera articulada con la Autoridad Nacional del Agua (ANA) de manera que se realice un monitoreo participativo en el que participe la población aledaña, para que de esta manera ellos puedan visibilizar la importancia del cuidado del recurso hídrico.
- Es necesario que se sigan realizando labores de fiscalización de parte de PROHVILLA, MDCH, MDVES, MDSS, MDSJM, MML, OEFA, ANA, entre otros, con la finalidad de asegurar la protección del recurso hídrico.
- Se recomienda seguir ejecutando labores de sensibilización con la población y empresas aledañas con la finalidad de generar conciencia ambiental sobre los servicios ecosistémicos que brinda el humedal Pantanos de Villa y la importancia de su protección.
- Se sugiere continuar con el monitoreo de ruido ambiental para conocer como varían en el tiempo los niveles de ruido tanto dentro como fuera del humedal Pantanos de Villa y poder actuar de manera oportuna ante un incremento de ruido que podría afectar a las aves.
- Continuar con las labores de sensibilización dirigida a los conductores para evitar el uso indebido del claxon y conozcan la importancia del humedal Pantanos de Villa.
- Es necesario seguir trabajando en medidas de mitigación del ruido ambiental tales como el establecimiento de un cerco vivo en el humedal Pantanos de Villa.
- Se recomienda registrar datos de velocidad y dirección del viento para los meses de evaluación, ya que estas variables meteorológicas tienen un impacto directo en la dispersión de los contaminantes (inversión térmica).

- Es necesario continuar con el análisis de los datos registrados por el módulo de monitoreo de calidad de aire para poder actuar oportunamente ante cualquier impacto generado por proyectos o empresas.
- Se debe trabajar articuladamente entre PROHVILLA, MDCH, MDVES, MDSS, MDSJM para el reporte oportuno de sucesos o datos de situaciones especiales como incendios, uso de pirotécnicos, emisión de gases de empresas, número de visitantes con vehículos particulares, etc. y obtener resultados diarios del monitoreo de la calidad del aire más verídicos con fundamento origen del nivel de las emisiones.
- Se recomienda seguir trabajando en la protección de los canales y manantiales que se encuentran en la Zona Villa Baja, para de esta manera asegurar la conservación del humedal Pantanos de Villa y la protección de su recurso hídrico.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA). (2009). Integrated science assessment for particulate matter. Recuperado de: <https://cfpub.epa.gov/ncea/isa/recordisplay.cfm?deid=216546>
- Aguas Urbanas Núcleo Interdisciplinario. (2018). *Monitoreo de variables fisicoquímicas de agua*. Recuperado de: <http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/15/monitoreo-de-variables-fisico-quimicas-de-agua/>
- Alarcon, G. & Iannacone, J. (2014). Artropofauna terrestre asociada a formaciones vegetales en el Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa, lima, Perú. *The Biologist* 12(2)
- Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa (PROHVILLA). (2021). Informe Técnico de los Servicios Ecosistémico del humedal Pantanos de Villa.
- Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa (PROHVILLA). (s.f.) Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa. Recuperado de: <http://pantanosdevilla.pe/transparencia/ROF-PROHVILLA.pdf>
- Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa (PROHVILLA). (2021). *Informe Técnico de Monitoreo de Ruido en el humedal Pantanos de Villa durante el mes de julio del 2021*.
- Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa (PROHVILLA). (2021). *Informe Técnico de Monitoreo de Ruido en el humedal Pantanos de Villa durante el mes de setiembre del 2021*.
- Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa (PROHVILLA). (2022). *Plan de Manejo Silvicultural de las especies usadas como cerco vivo para la protección del entorno del Área Ecológica Metropolitana*. Recuperado de: http://pantanosdevilla.pe/admin/archivospdf/documentos_gestion/Plan-de-Trabajo-Manejo-Silvicultural-Especies-usadas-como-cerco-vivo-para-proteccion-AEM-2022.pdf

- Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa (PROHVILLA). (2022). Plan de Recuperación de la Infraestructura Hídrica de la Zona de Reglamentación Especial de los Pantanos de Villa 2022-2024. Recuperado de: <http://pantanosdevilla.pe/admin/archivospdf/InformesOICDP-2019-2022/Informe-N322-Plan-de-Recuperacion-de-la-Infraestructura-Hidrica.pdf>
- Boyd, C. E. (2015). *Water Quality. UN--Water*. Auburn, AL, USA:Springer.
- Camargo, I. (2018). *Evaluación del Ruido Ambiental en los Pantanos de Villa y su efecto en la Comunidad de Aves* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Académico UNALM. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3628>
- Castillo, R. & Huamantínco, A. (2020). *Variación espacial de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la zona litoral del humedal costero Santa Rosa, Lima, Perú*. *Revista Biología Tropical*, 68(1), pp. 50-68. DOI: 10.15517/RBT.V68I1.35233.
- Castillo, L., Satalaya, C., Paredes, U., Encalada, M. & Rodríguez, J. (2021). *Las Áreas Naturales Protegidas en el Perú: Fortalecimiento de la gobernanza en el marco de la Agenda 2030 y los ODS*. Recuperado de: [https://doc.contraloria.gob.pe/estudios-especiales/documento_trabajo/2020/PAPER_AREAS_NATURALES_PROTEGIDAS\(ANP\).pdf](https://doc.contraloria.gob.pe/estudios-especiales/documento_trabajo/2020/PAPER_AREAS_NATURALES_PROTEGIDAS(ANP).pdf)
- Cepeda, C., Iannacone, J. & Alvaríño, L. (1992). Conexión trófica entre las comunidades planctónicas y la avifauna silvestre en Pantanos de Villa, Lima, Perú. *Biotempo*, 2018, 15(2)
- Consorcio Agua SCM. (2021). *Sectorización del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de la parte alta de Chorrillos-Matriz Próceres-Chorrillos Informe de Monitoreo Ambiental VII Trimestre de Inicio de Obra Noviembre-Diciembre 2020*.
- Consorcio Agua SCM. (2021). *Monitoreo Ambiental- Calidad de Aire y Ruido Ambiental. Sectorización del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de la parte alta de Chorrillos: Matriz Próceres-Chorrillos. Julio 2021*.
- Contraloría General de la República (CGR). (2021). *Informe de Hito de Control N° 20353-2021-CG/MPROY-SCC Control Concurrente al Programa Agua Segura para Lima y Callao San Isidro, Lima, Lima Proyecto Sectorización del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de la parte alta de Chorrillos Matriz Próceres-Chorrillos*.

Recuperado

de:https://apps8.contraloria.gob.pe/SPIC/srvDownload/ViewPDF?CRES_CODIGO=2021CSIL33400119&TIPOARCHIVO=ADJUNTO.

Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres(CITES). (2023). *Apéndices I, II y III en vigor a partir del 23 de febrero del 2023*. Recuperado de: <https://cites.org/sites/default/files/esp/app/2023/S-Appendices-2023-02-23.pdf>.

Corona, J. (2015). Uso e importancia de las monografías. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 34(1), 64-68.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002015000100007&lng=es&tlng=es.

Decreto Supremo N° 043-2006-AG. (04 de julio del 2006). Normas Legales, N° 323527. Diario Oficial El Peruano, 13 de julio del 2006.

Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI. (07 de abril del 2014). Normas Legales, N° 520497. Diario Oficial El Peruano, 08 de abril del 2014.

Decreto Supremo N°004-2015-MINAM. (23 de enero del 2015). Normas Legales, N° 545326. Diario Oficial El Peruano, 24 de enero del 2015.

Fajardo, N. (2018). Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, región Callao, Perú [Tesis de maestría en Ciencias Ambientales, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Académico UNMSM. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/7738>

Guevara, J. (2023). *Índice de calidad de aire en el Distrito de Morales debido a la presencia de material particulado 2.5 microgramos* [Tesis de Licenciatura, Universidad Privado de la Unión]. Repositorio Académico UPEU. <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/799>.

Guillén, G., Morales, E. y Severino, R. (2003). Adiciones a la fauna de protozoarios de los Pantanos de Villa, Lima, Perú. *Revista peruana de biología* 10(2).

Huaman, S., Espinoza, M., Paredes, M. y Changanahui, D. (2020). Evaluación de la calidad del agua de la laguna Marvilla en los Pantanos de Villa (Lima, Perú). *South Sustainability*, 1(2), e019.

- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET). (2019). *Estudio hidrogeológico del Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa (RVSPV)*. Recuperado de: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2241?locale=e>
- Jiménez, A. (2000) Determinación de los Parámetros físico-químicos de Calidad de las aguas. *Gestión Ambiental 2000*, 2(23),12-19.
- Marín, R. (2006). Monitoreo y evaluación: Desarrollo de indicadores. Recuperado de: <http://dspace.icesi.edu.co>.
- Ministerio de Agricultura. (1996). *Ficha Técnica Zona Reservada Los Pantanos de Villa*. Recuperado de: <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/PE884RIS.pdf>.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2013). *Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental, Lima –Perú*. Recuperado de: <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/bitstream/handle/123456789/96/BIV01747.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2016). *Áreas Naturales Protegidas por el Estado*. Recuperado de: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/06/ANP240516.pdf>
- Municipalidad Metropolitana de Lima (MML). (2020). *Septiembre 2020 Vigilancia de la Calidad del Aire en Lima Metropolitana*. Recuperado de: <https://smia.munlima.gob.pe/documentos-publicacion/detalle/423>.
- Municipalidad Metropolitana de Lima (MML). (2022). *Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres de la Zona de Reglamentación Especial de los Pantanos de Villa*. Recuperado de: <http://pantanosdevilla.pe/admin/archivospdf/ResolucionAlcaldia54-2022-PlanPrevencionyReducciondelRiesgodeDesastresdeZRE-PV-2022-2024.pdf>
- Ojeda, R. (2016). *Evaluación de la contaminación acústica ambiental en el área natural protegida Pantanos de Villa* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villareal]. Repositorio Académico UNFV. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/1490>
- Ordenanza N° 1784-MML. (31 de marzo del 2014). Normas Legales, N° 520055. Diario Oficial El Peruano, 31 de marzo del 2014.

- Ordenanza N° 184-1998-MML. (11 de noviembre de 1998). Creación de la Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa-PROHVILLA.
- Ordenanza N° 2264-2020-MML. (29 de julio del 2020). Normas Legales, N° 27. Diario Oficial El Peruano, 2 de agosto del 2020
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2005). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Recuperado de: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-calidad-aire-oms-relativas-material-particulado-ozono-dioxido>
- Orozco, C., Pérez, A.; Gonzáles, M.N., Rodríguez, F. & Alfayate, J. (2003). *Contaminación ambiental una visión desde la química*. Editorial Thomson. España. pp.87-106.
- Pacheco, V., Zevallos, A., Cervantes, K., Pacheco, J. y Salvador, J. (2015). Mamíferos del Refugio de Vida Silvestre los Pantanos de Villa, Lima-Perú. *South Sustainability*. <https://doi.org/10.21142/cient.v12i1.163>
- Paredes, W. (2010). *Diversidad y variación espacio-temporal de las comunidades de arañas en la Zona Reservada de Pantanos de Villa, Lima, Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Académico UNMSM. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/890/Paredes_mw.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pickup, J. (1990). *Detergents and the environment: an industry view*. *Chemistry and industry*, 19:174-177.
- Pulido, V. & Bermúdez, L. (2018). Estado actual de la conservación de los hábitats de los Pantanos de Villa, Lima, Perú. *Arnaldoa*, 25(2), 679-702. <https://dx.doi.org/http://doi.org/10.22497/arnaldoa.252.25219>.
- Pulido V. (2018). Ciento quince años de registros de aves en Pantanos de Villa. *Revista peruana de biología* 25(3). <https://doi.org/10.15381/rpb.v25i3.15212>
- Resolución Presidencial N° 169-2016-SERNANP (05 de julio del 2016). Plan Maestro del Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa 2016-2020. Recuperado de: <https://legislacionanp.org.pe/wp-content/uploads/2017/07/335458521316897328320200203-11250-12jpwkd.pdf>
- Roldán, P. (2008). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Colombia. Universidad de Antioquía. pp 248-250.

- Secretaría de la Convención de Ramsar (Ramsar). (2006). *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971)*. 4a. edición. Recuperado de: [lib_manual2006s.pdf \(ramsar.org\)](#)
- Secretaría de la Convención de Ramsar (Ramsar). (2010). *Manual 13: Inventario, evaluación y monitoreo*. Manuales Ramsar 4ta edición. Recuperado de: <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/hbk4-13sp.pdf>
- Secretaría de la Convención de Ramsar (Ramsar). (2016). *Manual de la Convención de Ramsar: Introducción a la Convención Sobre Humedales*. 5ª edición. Recuperado de: [handbook1_5ed_introductiontoconvention_s_final.pdf \(ramsar.org\)](#)
- Secretaría de la Convención de Ramsar (Ramsar). (2018). *Ficha informativa 10 Humedales: esenciales para un futuro urbano sostenible*. Recuperado de: https://www.ramsar.org/sites/default/files/urbanwetlands_sp.pdf
- Secretaría de la Convención de Ramsar (Ramsar). (s.f.). Perú. Recuperado de: <https://www.ramsar.org/es/humedal/peru>
- Secretaría de la Convención de Ramsar (Ramsar). (2023). The List of Wetlands of International Importance. Recuperado de: <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/sitelist.pdf>
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP). (s.f.). *Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa*. Recuperado de: <https://www.gob.pe/institucion/sernanp/informes-publicaciones/1833908-refugio-de-vida-silvestre-los-pantanos-de-villa>
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP). (s.f.). *Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado*. Recuperado de: <https://www.gob.pe/institucion/sernanp/campa%C3%B1as/4340-sistema-nacional-de-areas-naturales-protegidas-por-el-estado>
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. 2023. *Listado de Áreas Naturales Protegidas* 22.02.2023. Recuperado de: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2622831/Listado%20ANP%2023.03.2023.pdf.pdf?v=1679600153>

- Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA). (2010). *Mapa de Humedales del Perú*. Recuperado de: <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-humedales-peru-2010>
- Tzintzun, M.G., Rojas, L. & Fernández, A. (2005). Las partículas suspendidas en tres grandes ciudades mexicanas. *Gaceta ecológica*: 74, 15-28. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53907402>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). (2022). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Recuperado de: <https://www.iucnredlist.org/es#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20Lista%20Roja,de%20animales%2C%20hongos%20y%20plantas.>
- Vivar, R., Larrea, H., Huaman, P., Yong, M. & Perera, G. (1996). Some ecological aspects of the freshwater molluscan fauna of Pantanos de Villa, Lima, Perú. *Malacological Review*, 29: 65-68.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Certificado de Calibración del Medidor de Oxígeno Disuelto.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LA - 003 - 2020

1.- Solicitante AUTORIDAD MUNICIPAL DE LOS PANTANOS DE VILLA	4.-Fecha de Calibración: 02 de Setiembre 2020
2.- Direccion Calle Las Tortugas 401 - Chorrillos - Lima	5.-Lugar de Calibración: LAB. ECOSISTEM S.A.C
3.- Instrumento MEDIDOR DE OXIGENO DISUELTO	6.- Condiciones de Calibración Temperatura Ambiental: 26 °C Humedad 65% Presión 100.5 mb
Marca/Fabricacion: HACH	
Modelo: Pocket Pro	
Serie: AJ47361	
Tipo de Medicion: -	
Fijacion mg/l.	

7.- Metodo de Calibracion

La calibracion se realizo por comparacion de la indicacion del instrumento con valores asignados a materiales de referencia de Oxigeno y un patron trazable.

8.- Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizadas tienen trazabilidad a los patrones del sistema Internacional de Unidades de Medida (SI)

Para la calibración se utilizo un **Solucion Estandar de oxigeno Zero - con certificado 23452 con Vencimiento 2020/11/10 - Barometro -con certificado LE 98456U45 - Calibrado 2020/03/10.

9.- Observaciones

Los resultados del certificado son validos solo para el objeto calibrado, se refieren al momento, condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto. Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debe tener un control de mantenimiento y recalibraciones apropiadas para cada instrumento.

ECOSISTEM S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo despues de su calibración, ni de una incorrecta interpretacion de los resultados de la calibración aqui declaradas

Este certificado no podra ser reproducido parcialmente, excepto con autorización de ECOSISTEM S.A.C.

Realizado por :

Revisado por :

ECOSISTEM S.A.C.

Ian L. Salazar Tupia
Tecnico de Laboratorio

ECOSISTEM S.A.C.

MARCELINO HUARCAYA TALPE
JEFE DE LABORATORIO

10.- Resultados

La calibración se efectúa mediante la comparación en 2 puntos ,

REFERENCIA (mg/L)	LECTURA DEL INSTRUMENTO (mg/L)	ERROR (mg/L)	INCERTIDUMBRE (mg/L)
0.00	0.01	-0.01	0.01
8.13	8.16	-0.03	0.01

Cuadro N° 1: Comparacion de equipo con patron.

11.- Incertidumbre

*La incertidumbre expandida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximación 95%

*La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimada siguiendo la " Guía para la expresión de la Incertidumbre de Medida , CEM 2008 "

FIN DE DOCUMENTO

Anexo 2: Certificado de Calibración de los Sonómetros



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Laboratorio de Acústica

Certificado de Calibración

LAC - 044 - 2021

Página 1 de 9

Expediente	1042788	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA	
Dirección	Jr. Camana Nro. 566 Cercado De Lima	
Instrumento de Medición	Sonómetro	
Marca	CIRRUS	
Modelo	CR:171B	
Procedencia	REINO UNIDO	
Resolución	0,1 dB	
Clase	1	
Número de Serie	G302392	
Micrófono	CIRRUS MK224	
Serie del Micrófono	213584D	
Fecha de Calibración	2021-04-07	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.

	Responsable del área	Responsable del laboratorio
	<p>Firmado digitalmente por CUSIPUMA Bily Borino FAU 20600283015 soft Fecha: 2021-04-08 09:57:55</p>	<p>Firmado digitalmente por GUEVARA CHUGUILLANGUI Guaceros Miguel FAU 20600283015 soft Fecha: 2021-04-08 08:21:55</p>
	Dirección de Metrología	Dirección de Metrología



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Acústica

Certificado de Calibración

LAC - 046 - 2021

Página 1 de 9

Expediente	1042788	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metroológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA	
Dirección	Jr. Camana Nro. 566 Cercado De Lima	
Instrumento de Medición	Sonómetro	
Marca	CIRRUS	
Modelo	CR:171B	
Procedencia	REINO UNIDO	
Resolución	0,1 dB	
Clase	1	
Número de Serie	G302355	
Micrófono	CIRRUS MK224	
Serie del Micrófono	213876D	
Fecha de Calibración	2021-04-07	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.

	Responsable del área	Responsable del laboratorio
	 <p>Firmado digitalmente por CUSIPUMA Billy Berro FAU 20600293275 soft Fecha: 2021-04-08 09:57:55</p>	 <p>Firmado digitalmente por GUEVARA CHUCULLANGUI Giancarlo Miguel FAU 20600293019 soft Fecha: 2021-04-08 08:21:55</p>
	Dirección de Metrología	Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web www.inacal.gob.pe

Puede verificar el número de certificado en la página:
<https://aplicaciones.inacal.gob.pe/dm/verificar/>

Evaluación de la calidad del agua de la laguna Marvilla en los Pantanos de Villa (Lima, Perú)

Evaluation of the water quality of Laguna Marvilla in Pantanos de Villa (Lima – Peru)

Shanny Huaman-Vilca^{1,4}, Musye Lucen-Espinoza^{1,4*},
Mariela Paredes-Vite^{2,4} y Daniela Changanaqui Alfaro³

1 Departamento de Ciencias de la Salud y la Vida, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.
2 Facultad de Ingeniería Agraria, Universidad Católica Sedes Sapientiae, Lima, Perú.
3 Autoridad Municipal Los Pantanos de Villa, Lima, Perú.



Citar como: Huaman-Vilca, S. et al. (2020). «Evaluación de la calidad del agua de la laguna Marvilla en los Pantanos de Villa (Lima, Perú)». South Sustainability, 1(2), e019
DOI: 10.21142/SS-0102-2020-019

Artículo recibido: 27/11/2020
Revisado por pares
Artículo aprobado: 25/1/2021



© Los autores, 2020. Publicado por la Universidad Científica del Sur (Lima, Perú)

*E-mail de correspondencia:
musye0998@gmail.com

4 Las autoras contribuyeron por igual al presente trabajo.

RESUMEN

El Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa es un humedal reconocido por albergar una significativa diversidad biológica y brindar importantes servicios ecosistémicos. Sin embargo, el crecimiento urbano y las actividades productivas que se desarrollan en sus alrededores generan un impacto en sus diferentes componentes, entre ellos la calidad del agua. Por ello, el objetivo de la investigación es evaluar la calidad del agua de la laguna Marvilla, a través de la comparación con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y la determinación del índice de calidad de agua del Perú (ICA-PE) propuestos por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Se analizó la data anual de 2019-2020 y se obtuvieron promedios en los parámetros de pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales de 8,8, 4644,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 3413,9 ppm, respectivamente. Además, se realizó un muestreo puntual de nueve parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, de los cuales cinco no cumplen con lo establecido en la categoría 4 del ECA para agua (nitratos, fósforo total, amoníaco total, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes termotolerantes). Asimismo, con los datos del muestreo se obtuvo un valor de 46,3 en el ICA-PE. Se concluye que la calidad de agua de la laguna Marvilla es regular, es decir, se encuentra ocasionalmente amenazada o dañada.

Palabras clave: humedal, agua, calidad, estándares, índice, parámetros

ABSTRACT

The Pantanos de Villa Wildlife Refuge is a wetland recognized for its significant biological diversity and important ecosystem services. However, urban growth and the industrial activities that are developed in the areas surrounding this wetland generate an impact upon its different components, including water quality. Thus, the aim of this research is to evaluate the water quality of Laguna Marvilla, through comparison with environmental quality standards (ECA) for water and the determination of the Peruvian Water Quality Index (ICA-PE) proposed by the National Water Authority (ANA). The annual data for 2019-2020 was analyzed in order to obtain averages for pH parameters, electrical conductivity and total dissolved solids: 8.8, 4644.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and 3413.8 ppm respectively. In addition, a punctual sampling was conducted of nine physicochemical and microbiological parameters, five of which did not meet the standards for water specified in Category 4 of the ECA, in terms of nitrates, total phosphorus, total ammonia, biochemical oxygen demand, and thermotolerant coliforms. Using the sampling data, an ICA-PE value of 46.35 was obtained, leading to the conclusion that the water quality of Laguna Marvilla is fair, and that it is punctually threatened or damaged.

Keywords: wetland, water, quality, standards, index, parameters

Introducción

Los humedales costeros se originan a consecuencia del surgimiento de las aguas de la capa freática en zonas muy cercanas al mar (Arana y Salinas, 2003). Sin embargo, a pesar de que tienen un papel fundamental en el control de la erosión costera, el transporte de sedimentos, la regulación de inundaciones, la purificación de agua y el efecto que ejerce en el cambio climático (Russi *et al.*, 2013), se calcula que el 50 % de los humedales a nivel mundial se están perdiendo (Finlayson y D'Cruz, 2005) a causa de las acciones antrópicas, debido a que en la zona costera se asienta la mayor cantidad de ciudades del país (Arana y Salinas, 2003). Asimismo, investigaciones realizadas en tres humedales ubicados en Valdivia, Chile, refieren que los principales factores que inciden en su afectación son los continuos depósitos de basura, las construcciones, el incremento de especies vegetales exóticas y la presencia de animales domésticos (caballos y ganado) que se sitúan alrededor (Paredes, 2010).

El Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa es un humedal ubicado en la costa peruana al sur de la zona urbana de Lima. Es un sitio Ramsar reconocido por albergar una importante y significativa diversidad biológica. Brinda servicios ecosistémicos como la captura de carbono, filtración y purificación de agua, y también contribuye a la mitigación de inundaciones y erosión costera, los cuales generan una mejor calidad de vida para las personas (Sajurjo, 2001). El factor hídrico es imprescindible para la vida de la flora y fauna del Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa, puesto que la calidad de sus aguas, en conjunto con sus características fisicoquímicas y microbiológicas, influyen de forma directa en el correcto desarrollo de la biodiversidad (Pulido y Bermúdez, 2018). Por otro lado, el constante crecimiento urbano en la zona de amortiguamiento, que en su mayoría se trata de urbanizaciones, fábricas y camales que rodean el área natural protegida, además de la falta de conciencia y conocimiento en relación con la conservación del humedal, traen como consecuencia la merma en las características del ecosistema, principalmente la contaminación de los recursos hídricos (Ingemmet, 2019). Por tal motivo, nace la necesidad de evaluar la calidad de las aguas del humedal, con el fin de conocer la capacidad que tiene este recurso para ser utilizado en función de sus características físicas, químicas y microbiológicas. El agua es evaluada a partir de datos obtenidos de oxígeno disuelto, coliformes termotolerantes, pH, entre otros, y así se la compara con los estándares o normativas ambientales que nos permitan determinar si está dentro de las condiciones adecuadas para cierto uso (Cordy, 2001). En ese sentido, es importante hacer uso del índice de calidad ambiental (ICA), ya que es una herramienta que permite sintetizar una variedad de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en una expresión matemática, con el objetivo de determinar

el estado de la calidad de agua del humedal (Pérez y Álvarez, 2018). Entre los ICA más utilizados se encuentra el planteado por el Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME_WQI), que propone la determinación de la calidad de agua en cierto rango de tiempo, utilizando como factores el número de parámetros que superan el estándar que toman como referencia, el número de datos que no cumplen con el mencionado estándar y la magnitud de superación (CCME, 2001). Como resultado se puede conocer si dicho cuerpo de agua se ubica en rangos de calidad: excelente (valor = 90-100), buena (valor = 75-89), regular (valor = 45-74), mala (valor = 30-49) y pésima (valor = 0-29), para así generar planes en favor de su conservación (ANA, 2018).

Comprender el estado actual del recurso hídrico del humedal Pantanos de Villa es de suma importancia. Por ese motivo, la presente investigación tiene como objetivo evaluar la calidad del agua de una laguna del humedal, a través de la comparación con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y la determinación del índice de calidad de agua del Perú (ICA-PE) propuesto por la ANA. Este estudio tendrá un alcance para la laguna Marvilla, hábitat caracterizado por poseer la mayor biodiversidad de aves de todo el humedal Pantanos de Villa, con el fin de proporcionar información, facilitar la toma de decisiones a las autoridades competentes y así aportar en la mejora de la gestión de la conservación del humedal.

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio es la laguna Marvilla (figura 1), que abarca una extensión de cuatro hectáreas de las 263,27 que posee el humedal Pantanos de Villa (Pulido y Bermúdez, 2018). Se tienen tres puntos de muestreo, tal como se muestra en la figura 1.

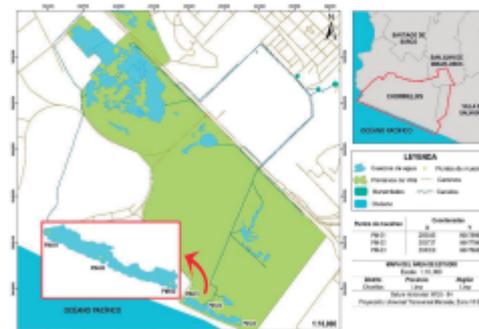


Figura 1. Mapa del área de estudio, laguna Marvilla, en el humedal Pantanos de Villa.

Métodos

Análisis 2019-2020

La Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa (Prohvilla) realiza monitoreos mensuales de la calidad de agua desde octubre de 2019. Los parámetros que evalúa en los tres puntos de muestreo ubicados en la laguna Marvilla (figura 1) son la conductividad eléctrica, los sólidos disueltos totales y el pH.

Con el fin de analizar la data anual, se utilizaron los datos registrados mensualmente de conductividad eléctrica y pH de octubre a diciembre de 2019 y de enero a agosto de 2020, a excepción de los meses de marzo y abril, debido a que no se realizaron los monitoreos respectivos por las restricciones del Gobierno ante la pandemia de la covid-19. Estos datos fueron comparados con los valores establecidos en la categoría 4 («Conservación del ambiente acuático»), subcategoría E1 («Lagunas y lagos») del Decreto Supremo 004-2017-MINAM, «Estándar de calidad ambiental para agua» (Ministerio del Ambiente, 2017).

También se realizó la evaluación de la fluctuación del nivel del agua en la laguna Marvilla con base en los datos de monitoreos de la escala limnimétrica que realiza Prohvilla mensualmente. Se buscó identificar la temporada donde los niveles de agua en el humedal son bajos y altos en el periodo 2019-2020.

Para la determinación de los sólidos disueltos totales, Groel (2006) menciona que a través del valor de la conductividad eléctrica se puede obtener un aproximado de la cantidad de ppm presentes en el medio. Por ello, se procedió a calcular su valor de acuerdo con la siguiente fórmula dada por Wate Reuse (2007):

$$\text{SDT (mg/L)} = \text{CE (dS/m)} \times 0,735$$

Sin embargo, los valores de sólidos disueltos totales no fueron comparados con el ECA para agua, ya que este parámetro no se ha establecido en la categoría 4.

Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Selección de los puntos de muestreo

Se consideraron los tres puntos de muestreo utilizados por Prohvilla en sus monitoreos mensuales de la calidad de agua en la laguna Marvilla (figura 1).

Muestreo

El muestreo se realizó en octubre de 2020 y de acuerdo con el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de la ANA (2016). Antes de iniciar con el procedimiento para la toma de muestras, se realizó el reconocimiento del entorno, la rotulación y el etiquetado de los frascos. Primero se

midieron los parámetros de campo (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales) *in situ*. Luego, se obtuvieron muestras en los recipientes para la medición de nitratos, fósforo total y amoníaco total. Posteriormente, se procedió a recolectar las muestras en los frascos para la determinación de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y coliformes termotolerantes, cumpliendo con las especificaciones solicitadas (recolección, acondicionamiento y conservación) por el laboratorio R-LAB SAC.

Medición y determinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Para la medición *in situ* de pH, temperatura (T°), conductividad eléctrica (CE) y sólidos disueltos totales (SDT), se utilizó un multiparámetro Hanna HI 9813-6; para oxígeno disuelto (OD), un oxímetro Hach Pocket Pro; para nitratos, un test kit de prueba de nitrato Hach NI-11; para fósforo total, un test kit de prueba de ortofosfato PO-19; y para amoníaco, un test kit de prueba de nitrógeno amoniacal Hach NI-SA. A su vez, para la determinación de la DBO₅ y coliformes termotolerantes, se obtuvieron tres muestras por parámetro que fueron llevadas al laboratorio para su análisis. Las metodologías utilizadas por el laboratorio acreditado de R-LAB SAC, fueron las siguientes: DBO₅ (SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed) y coliformes termotolerantes (SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed).

Del mismo modo, los valores obtenidos fueron comparados con los valores establecidos en la categoría 4 («Conservación del ambiente acuático»), subcategoría E1 («Lagunas y lagos») del ECA para agua, a excepción de la temperatura; ya que, según la normativa, la determinación del parámetro debe contar con data de un año como mínimo. Asimismo, los sólidos disueltos totales tampoco fueron comparados con el ECA para agua, puesto que este parámetro no se ha establecido en la categoría 4.

Determinación del índice de calidad de agua (ICA-PE)

Se utilizó la metodología para la determinación del índice de agua ICA-PE aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales con respecto a un solo muestreo de la ANA (2018), la cual indica que para la aplicación del índice se debe utilizar un mínimo de cuatro parámetros. En ese sentido, los parámetros considerados para la aplicación del ICA-PE en la categoría 4, «Conservación del ambiente acuático», fueron DBO₅, fósforo total, amoníaco total, OD, pH y coliformes termotolerantes.

Para ello, se aplicó la siguiente fórmula para un monitoreo:

$$\text{ICA-PE} = \frac{100 - \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{3}$$



Donde:

$$F_1 = F_2$$

$$\text{Alcance } (F_1) = \frac{\text{Número de parámetros que no cumplen los ECA-Agua}}{\text{Número total de parámetros a evaluar}}$$

$$\text{Frecuencia } (F_2) = \frac{\text{Número de parámetros que no cumplen los ECA-Agua}}{\text{Número total de parámetros a evaluar}}$$

$$\text{Amplitud } (F_3) = \frac{\text{Suma normalizada de excedentes}}{\text{Suma normalizada de excedentes} + 1} \cdot 100$$

Alcance y frecuencia son la misma fórmula para un solo muestreo. Por otro lado, la clasificación del índice de calidad de agua se presenta en la tabla 1.

Resultados y discusión

Hidroperiodo de la laguna Marvilla

Los resultados del hidroperiodo 2019-2020 (tabla 2) nos permiten observar que de junio a noviembre el nivel de agua tiende a incrementar. De diciembre a mayo el nivel de agua disminuye.

Análisis de parámetros anuales

Los valores de pH se sitúan entre un rango neutro y ligeramente alcalino. Según los resultados, en noviembre, diciembre, enero y mayo los valores sobrepasaron lo establecido en la categoría 4 del ECA para agua, el cual establece un rango entre 6,5 y 9 (figura 2).

En ese sentido, se evidencia que los valores de pH disminuyeron en los meses donde el nivel de agua en la laguna es alto (junio-noviembre), mientras que en los meses donde el nivel de agua es bajo (diciembre-mayo) los valores incrementaron. Asimismo, se muestra que la laguna Marvilla presenta una condición alcalina, debido a la cercanía del humedal con el mar. Pérez et al. (2017) lo confirman en su estudio, que evalúa la calidad de agua de un humedal ubicado en el Caribe. El trabajo afirma que el humedal presenta un agua alcalina, debido a que es abastecido por agua proveniente del mar Caribe. Por otro lado, los valores de conductividad eléctrica (tabla 3) sobrepasaron lo establecido en la categoría 4 del ECA para agua, ya que exceden el valor máximo de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Estos resultados coinciden con lo propuesto por

Tabla 1. Interpretación de la calificación ICA-PE.

ICA-PE	Calificación
90-100	Excelente
75-89	Bueno
45-74	Regular
30-44	Malo
0-29	Pésimo

Fuente: ANIA (2018).

Ingemmet (2019), el cual menciona que valores altos en conductividad eléctrica están vinculados directamente con una alta salinidad presente en el suelo y en el aire de la laguna Marvilla. Otro factor determinante en el aumento de este parámetro es la cercanía que tiene al mar y la cantidad de sales disueltas, como calcio, sodio, entre otros factores. En cuanto a los sólidos disueltos totales, los valores obtenidos a través de la fórmula propuesta por Water Reuse (2007) estuvieron en un rango entre 3300 y 3550 ppm (tabla 3). De acuerdo con ello, se identificó que el agua de la laguna Marvilla, al estar entre el rango de 1000 y 5000 ppm, es salobre (tabla 4); es decir, agua con menor cantidad de sales que el agua de mar, pero con mayor cantidad de sales que el agua dulce (lagunas, 2018). Esta característica es similar a la de lagunas Mejía del humedal costero de Arequipa y la laguna El Paraíso en Huacho (Cruz et al., 2007 y Sernanp, 2013).

Los valores obtenidos en la laguna Marvilla son similares o más elevados a los obtenidos por otros autores al realizar investigaciones en humedales costeros (tabla 5). El pH en los humedales ubicados en Trujillo es ligeramente menor a comparación de los humedales



Figura 2. Variación del pH en la laguna Marvilla, Pantanos de Villa.

Tabla 2. Altura de agua en la laguna Marvilla.

Meses	Altura (cm)
Octubre de 2019	48,5
Noviembre de 2019	49,0
Diciembre de 2019	23,0
Enero de 2020	33,0
Febrero de 2020	35,0
Abril de 2020	27,5
Mayo de 2020	38,0
Junio de 2020	49,5
Julio de 2020	51,5
Agosto de 2020	53,0

Fuente: Prohvilla.

Tabla 3. Resultado de la medición de los parámetros de conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales en el periodo 2019-2020.

Meses/Parámetros	C. E.	SDT
Octubre de 2019	4710,0	3461,9
Noviembre de 2019	4576,7	3363,9
Diciembre de 2019	4666,7	3430,0
Enero de 2020	4590,0	3373,6
Febrero de 2020	4546,7	3341,8
Mayo de 2020	4493,3	3302,6
Junio de 2020	4650,0	3417,7
Julio de 2020	4776,7	3510,9
Agosto de 2020	4793,3	3523,1

Tabla 4. Clasificación de agua por nivel de salinidad.

Tipo de agua	Rango SDT (mg l-1)
Agua dulce	> 550
Agua salobre tolerable	550-1000
Agua salobre	1000-5000
Agua salina	5000-35 000

Fuente: Comisión Nacional del Agua. (2000); Water Quality Association (2010) citado por Álvarez (2015).

Tabla 5. Valores de parámetros de humedales costeros del Perú.

Humedales costeros del Perú	Autor	pH	C. E.	TDS
Campo Nuevo (norte)	Bopp y Peláez (2019)	7,5	535,0	330,0
Balsares de Huanchaco (norte)	Bopp y Peláez (2019)	7,7	702,0	603,5
Pantanos de Villa (centro)	Presente estudio	8,8	4644,8	3413,8
ACR Ventanilla (centro)	Fajardo (2018)	8,0	22 045,9	19 148,7
Santa Rosa (centro)	Castillo y Huamantínco (2020)	8,2	4219,1	2165,2

Tabla 6. Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos en la laguna Marvilla, Pantanos de Villa, en octubre de 2020.

	pH	C. E. (µS/cm)	TDS (mg/L)	T (°C)	O.D (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Amoniaco total (mg/L)	Fósforo total (mg/L)	DBO5 (mg/L)	Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)
PM-01	9,1	4600,0	3381,0	26,2	18,1	150,6	0,0	0,2	22,9	3300,0
PM-02	8,5	4520,0	3322,2	26,1	10,3	97,5	5,1	0,2	14,3	33 000,0
PM-03	8,7	4730,0	2476,6	24,1	11,8	150,6	0,0	4,0	13,1	17 000,0
Promedio y desviación estándar	8,8 ± 0,3	4616,7 ± 106,0	3059,9 ± 506,0	25,5 ± 1,2	13,4 ± 4,1	132,9 ± 30,7	1,7 ± 3,0	1,5 ± 2,2	16,8 ± 5,3	17 766,7 ± 14 864,8

costeros del centro del Perú. Sin embargo, tanto para el parámetro de conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, se observa mayor diferencia entre los humedales del norte con los del centro del Perú. Cabe mencionar que el ACR de Ventanilla mostró mayor concentración de CE y SDT de todos los humedales considerados.

Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Los resultados de octubre de 2020 muestran que los parámetros de conductividad eléctrica, nitratos, fósforo total y coliformes termotolerantes sobrepasan el valor establecido en la categoría 4 del ECA para agua en los tres puntos de muestreo, así como el valor de pH en el PM-01 y el valor de amoníaco total, en el PM-02. Los valores obtenidos para cada uno de los parámetros se muestran en la tabla 6.

Oxígeno disuelto

Conforme con los resultados, los valores de oxígeno disuelto cumplen con la normativa, ya que superan el valor mínimo establecido de ≥ 5 mg/L en la categoría 4 del ECA para agua. Este parámetro es de suma importancia, puesto que cuando la concentración de oxígeno disuelto baja de 4 mg/L, el agua no es apta para desarrollar vida (Jiménez, 2000). Sin embargo, se conoce que existen especies que regulan su metabolismo en función de la escasez de oxígeno (Hill, 1980), como es el caso del Guppy *lebistes reticulatus*, el cual es capaz de sobrevivir a concentraciones muy bajas de oxígeno disuelto (Merino y Droste, 1983). Por otro lado, Boyd (1990) menciona que el carbono que es transformado en materia orgánica producto del proceso de fotosíntesis es equivalente a la concentración de oxígeno disuelto presente en el agua.

Nitratos

Los resultados indican que los valores de nitratos sobrepasaron el valor establecido de 13 mg/L en la categoría 4 del ECA para agua. Esto podría deberse a las excretas de los caballos que se encuentran en la zona y a la intensa actividad biológica de fauna y flora en esta laguna. El nitrato forma parte del ciclo natural del nitrógeno, pero su presencia en los suelos y su solubilidad en el agua hace que alcance grandes concentraciones



en ríos o lechos profundos; su incremento puede estar influenciado por las actividades humanas (Bolaños et al., 2017), ya sea por presencia de fertilizantes o aguas residuales domésticas o industriales (Larios, 2009). En consecuencia, las altas concentraciones de nitrógeno orgánico y amoniacal pueden generar un proceso de eutrofización. Al oxidarse, estos compuestos producen nitritos y nitratos que consumen rápidamente el oxígeno disuelto, en un proceso que depende de la temperatura, el oxígeno disuelto y el pH (Carranza, 2001). Sin embargo, las altas concentraciones de nitritos y nitratos resultan tóxicas para la biota presente, y el consumo desmesurado de oxígeno en el agua es perjudicial para la supervivencia de las comunidades acuáticas (Roldán, 2008).

Amoniaco total

La concentración de amoniaco total en la laguna Marvilla solo se presentó en el PM-02 con 5,11 mg/L. Este valor sobrepasa el límite establecido en la categoría 4 del ECA para agua de 0,12 mg/L que se halla en función del pH y la temperatura. Sin embargo, la ausencia de amoniaco total en los otros puntos de muestreo se debe probablemente a la dilución de la carga que llega del canal sur hasta los extremos donde se ubican el PM-1 y el PM-3. El nitrógeno amoniacal es un contaminante que provoca diversos efectos en el ambiente (API, 1981). No obstante, su presencia es común en el ciclo del nitrógeno y se puede encontrar en el suelo, el agua y el aire. Debido a su reactividad, esta sustancia no dura mucho en su forma pura (ATSDR, 2004). Las fuentes de amoniaco pueden ser naturales como el crecimiento de algas, el decaimiento de la materia de la planta o animal, los desechos animales y la fijación de nitrógeno; y antropogénicas, como vertidos de aguas residuales domésticas, industriales y de origen agrícolas (EPA, 2013). Sin embargo, su detección en cantidad significativa se considera como indicio de probable contaminación reciente (Fernández y Vásquez, 2006).

Demanda bioquímica de oxígeno

Los resultados señalan que los valores de demanda bioquímica de oxígeno sobrepasaron el límite establecido de 5 mg/L en la categoría 4 del ECA para agua. En el estudio realizado por Lecca y Lizama (2014) se menciona que una concentración alta de materia orgánica favorece el crecimiento de hongos y bacterias. El oxígeno es requerido por la materia orgánica para ser utilizado en su oxidación, por lo que al ser consumido altera el correcto desarrollo de la fauna y la flora acuáticas que necesitan de él. Además, se han identificado otros efectos al ecosistema acuático, y se encontró un cambio en la calidad del agua, un posible aumento en el potencial de hidrogeno (pH), que causa una merma en la vida de flora y fauna.

Fósforo total

De acuerdo con los resultados, los valores de fósforo total sobrepasaron el límite establecido de 0,035 mg/L

en la categoría 4 del ECA para agua. Jiménez (2000) refiere que un aumento de fósforo total en un cuerpo de agua está relacionado con el uso de abonos fosfatados y detergentes. Además, menciona que un aumento repentino de este nutriente puede llevar a un crecimiento descontrolado de biomasa acuática, un proceso conocido como eutrofización. En la eutrofización aumenta la cantidad de plantas acuáticas, disminuye el oxígeno disuelto y cambia el contenido de pH, lo que causa una afectación en la calidad del agua (EPA, 2000).

Coliformes termotolerantes

Los resultados indican que los valores de coliformes termotolerantes sobrepasaron el límite establecido de 1000 mg/L en la categoría 4 del ECA para agua. La cantidad de coliformes termotolerantes en el agua nos permite identificar la contaminación patogénica y bacteriológica del agua proveniente de residuos fecales (Pérez et al., 2017). La cercanía del humedal con urbanizaciones, fábricas y camales probablemente genera su contaminación por aguas residuales que llegan a través de los canales, al igual que su contaminación por excretas provenientes de los caballos de los alrededores de la laguna y de la avifauna que habita en el área. Esta problemática se asemeja con el estudio realizado por Rodríguez et al. (2017) en el humedal de Ventanilla, donde se evidencia que la interacción del humedal con la población genera contaminación del agua, caracterizada por poseer una rica fuente de nutrientes que permite el desarrollo de comunidades bacterianas, las que, a su vez, aseguran la sobrevivencia de los coliformes termotolerantes; además, mencionan que la contaminación por coliformes termotolerantes, en un futuro, podrían ocasionar cambios en la composición, estructura y dinámica del ecosistema.

Índice de calidad del agua

Mediante el cálculo de la fórmula del ICA-PE se determinó que la calidad de la laguna Marvilla es regular, al obtener un valor de 46,3 (tabla 7). Al interpretar la clasificación del ICA-PE, la ANA menciona que un agua con calidad regular se genera por ser ocasionalmente amenazada o dañada y su calidad no presenta los valores deseables. Sin embargo, este resultado no es definitivo para señalar el estado actual de la laguna Marvilla, puesto que, de los 17 parámetros requeridos en la categoría 4, se utilizaron solo seis. Por otro lado, los valores límites de los

Tabla 7. Índice de calidad de agua de la laguna Marvilla.

Factores	Valor
Alcance (F1)	0,7
Frecuencia (F2)	0,7
Amplitud (F3)	92,9
ICA	46,3

Fuente: ANA (2018).

parámetros evaluados en la categoría 4 del ECA para agua establecen valores para lagos y lagunas de agua dulce, no para lagunas salobres como la laguna Marvilla. Por ello, algunos de los parámetros solicitados en esta categoría no cumplen con la normativa.

Conclusiones

La laguna Marvilla presentó un agua salobre, que tuvo una condición neutra en los meses donde el nivel de agua fue alto, y ligeramente alcalina cuando el nivel de agua fue bajo. La mayoría de los parámetros evaluados sobrepasan lo establecido en la categoría 4 del ECA para agua, debido posiblemente a las condiciones en la que se sitúa la laguna Marvilla. Por ello, las descargas de aguas residuales que desembocan en la laguna, la presencia de excretas de los animales que se encuentran a sus alrededores y el arrojado de residuos sólidos podrían estar ocasionando que estos parámetros sean alterados. Sin embargo, la laguna presentó niveles óptimos de oxígeno disuelto, los cuales permiten un mayor desarrollo de la vida acuática. Por otro lado, la laguna Marvilla presenta condiciones naturales que generan que parámetros como la conductividad eléctrica siempre sean altos y, por ende, sobrepasen el valor permisible. Finalmente, el cálculo del índice de calidad de agua nos permitió determinar que el agua de la laguna Marvilla presenta una calidad regular, la cual se ve influenciada por los parámetros de DBO₅, fósforo total, amoníaco total y coliformes termotolerantes, que excedieron su valor permisible.

Recomendaciones

Se recomienda que el ECA para Agua aprobado por el Decreto Supremo 004-2017-MINAM incorpore una nueva subcategoría para lagunas salobres, ya que en dicha normativa se consideran valores generales para la categoría 4 («Conservación del ambiente acuático»), subcategoría E1: «Lagos y lagunas». Esto traerá como resultado que los parámetros comparados no cumplan de la misma forma para lagunas con características particulares, como es el caso de la laguna Marvilla, que se ubica cerca del mar y presenta valores de conductividad eléctrica que sobrepasan lo establecido por el ECA.

Se debe empezar a generar líneas base que aporten a investigaciones futuras, puesto que esta data almacenada contribuiría a mejorar la gestión del humedal, tomando en cuenta los posibles riesgos de contaminación por presencia de un aumento inesperado de determinados parámetros en la calidad del agua.

Agradecimientos

El presente artículo se realizó gracias al apoyo de especialistas del área ambiental de Prohvilla y de Dámaso Ramírez, profesor de la Universidad Científica del Sur.

Fuente de financiamiento

Este trabajo tuvo el soporte logístico de Prohvilla.

Contribución de autoría

SH-V, ML-E y MP-V contribuyeron en el procesamiento de la información, el análisis de los resultados y la redacción del artículo. DCh-A contribuyó en la gestión de la información, el procesamiento de la información, el análisis de los resultados y la redacción del artículo. Todos los autores aprobaron la versión final del texto.

Conflictos de interés

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés.

Referencias bibliográficas

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2004). *Public Health Statement for Ammonia*. Disponible en: <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp126-c1-b.pdf>
- Álvarez, C. (2016). *Determinación analítica de detergentes en las aguas de los Pantanos de Villa* (tesis de Ingeniería Química). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7570>
- API. (1981). *The sources, chemistry, fate and effects of ammonia in aquatic environments*. Washington, D. C.: American Petroleum Institute.
- Arana, C. y Salinas, L. (2003). «Flora vascular de los humedales de Chimbote, Perú». *Revista Peruana de Biología*, 10(2), pp. 221-224. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332003000200014
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. Lima: Autoridad Nacional del Agua. Disponible en: <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/protocolo-nacional-para-el-monitoreo-de-la-calidad-de-los-recursos-hidricos-0>
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2018). *Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales*. Lima: Autoridad Nacional del Agua. Disponible en: <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/metodologia-para-la-determinacion-del-indice-de-calidad-de-agua-ica-pe-aplicado-los>
- Bolaños, J., Cordero, G. y Segura, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Tecnología en Marcha*, 30(4), pp. 15-27. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Bopp, G. y Peláez, F. (2019). «Evaluación de la flora vascular de los humedales costeros de La Libertad, Perú». *Revista de Investigación Científica de la Universidad Nacional de Tumbes*, 16(2), pp. 151-156. DOI: 10.17268/manglar.2019.021.
- Boyd, C. (1990). *Water quality in ponds for aquaculture*. Alabama: Birmingham Publishing.
- Carranza, R. (2001). *Medio ambiente: problemas y soluciones*. Lima: Universidad Nacional del Callao.



- Castillo, R. y Huamantínco, A. (2020). «Variación espacial de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la zona litoral del humedal costero Santa Rosa, Lima, Perú». *Revista Biología Tropical*, 68(1), pp. 50-68. DOI: 10.15517/RBT.V68N1.35233.
- CCME. (2001). Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0. Technical Report. Disponible en: <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/download/en/137>
- Comisión Nacional del Agua. (2000). *Ley Federal de Derechos. Disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales 2019*. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Disponible en <https://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/CCRF-1-19%20LFD.pdf>
- Cordy, G. (2001). «A primer on water quality». Disponible en: <https://pubs.usgs.gov/fs/fs-027-01/pdf/FS-027-01.pdf>
- Cruz, F., Burger, H. y Borgesa, R. (2007). «Evaluación de aves en la laguna El Paraíso, Lima, Perú». *Revista Peruana de Biología*, 14(1), pp. 139-144. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/242240700_Evaluacion_de_aves_en_la_laguna_El_Paraiso_Lima_Peru
- Environmental Protection Agency (EPA). (2000). *National Water Quality Inventory: 2000 Report*. Washington, D. C.: United States Environment Protection Agency. Disponible en: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/2000_national_water_quality_inventory_report_to_congress.pdf
- Environmental Protection Agency (EPA). (2013). *Aquatic life ambient water quality criteria for ammonia - Freshwater*. 2013. Washington, D. C.: United States Environment Protection Agency. Disponible en: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/aquatic-life-ambient-water-quality-criteria-for-ammonia-freshwater-2013.pdf>
- Sistema Nacional de Información Ambiental. (2017). «Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias». Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>
- Fajardo, N. (2018). *Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, región Callao, Perú* (tesis de maestría en Ciencias Ambientales). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/7738>
- Fernández, M. y Vásquez, Y. (2006). «Origen de los nitratos (NO₃) y nitritos (NO₂) y su influencia en la potabilidad de las aguas subterráneas». *Minería y Geología*, 22(3). Disponible en: <http://revista.ismm.edu.pe/index.php/revistamg/article/view/122/0>
- Finlayson, C., D'Cruz, R. y Davidson, N. C. (2005). *Ecosystems and human well-being: Wetlands and water synthesis*. Washington, D. C.: World Resources Institute. Disponible en: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.358.aspx.pdf>
- Jiménez, A. A. (2000). «Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas». *Revista Interdisciplinaria de Gestión Ambiental*, 2(23), pp. 12-19. Disponible en: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
- Groel, N. (2006). «Conductividad». Sociedad Acuicultora de la Plata. Disponible en: http://www.sadelplata.org/articulos/groel_060910.pdf
- Hill, R. W. (1980). *Fisiología animal comparada*. Barcelona: Reverté. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=w7aoEY_48EC&oi=fnd&pg=PA18&dq=hill+fisiologia%20C3%ADa+animal+comparada&ots=sbc0fhc5X
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Ingemmet). (2019). *Estudio hidrogeológico del Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa (RVSPV)*. Lima: Ingemmet. Disponible en: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2241?locale=es>
- Larios, L. (2009). «Contaminación del agua por nitratos: significación sanitaria». *Revista Archiva Medica de Camagüey*, 13(2). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552009000200017
- Lecca, E. y Lizama, E. (2014). «Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno». *Industrial Data*, 17(1), pp. 71-80. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
- Merino, F. y Droste, H. J. (1983). «Adaptación del Guppy *Lebistes reticulatus* al ambiente II. La adaptación fisiológico-metabólica». *Actualidades Biológicas*, 12(45), pp. 68-76. Disponible en: <http://revistas.udea.edu.co/index.php/actbio/article/view/330312>
- Paredes, D. (2010). *Determinación de amenazas en humedales urbanos: Estudio de tres humedales de Valdivia, Chile* (tesis en Ingeniería en Conservación de Recursos Naturales). Universidad Austral de Chile, Valdivia. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/fifp227d/doc/fifp227d.pdf>
- Pérez, B. A. y Álvarez, M. N. (2018). «Índice de calidad del agua según NSF del humedal laguna Los Milagros (Tingo María, Perú)». *INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 2(2), pp. 98-107. Disponible en: <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDES/article/view/81/194>
- Pérez, R., Riveiro, F., Jiménez, M., Manganiello, L., Vega, C., Covad, R. y Moreno, J. (2017). «Water quality assessment in a Caribbean saltwater wetland». *Revista Ingeniería UC*, 24(3), pp. 417-427.
- Pulido, V. y Bermúdez, L. (2018). «Estado actual de la conservación de los hábitats de los Pantanos de Villa, Lima, Perú». *Arnaldoo*, 25(2), pp. 679-702. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v25n2/a19v25n2.pdf>
- Rodríguez, R., Retamozo, R., Aponte, H. y Valdivia, E. (2017). «Evaluación microbiológica de un cuerpo de agua del ACR Humedales de Ventanilla (Callao, Perú) y su importancia para la salud pública local». *Ecología Aplicada*, 16(1), pp. 15-21.
- Roldán, P. (2008). «Fundamentos de limnología neotropical». Antioquia: Universidad de Antioquia.
- Russ, D., Brink, P. T., Badura, T. et al. (2013). «The economics of ecosystems and biodiversity for water and wetlands». Londres y Bruselas: IEEP. Disponible en: https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/TEEB/TEEB_Water-Wetlands_Final-Consultation-Draft.pdf
- Sajurjo, E. (2001). *Valoración económica de servicios ambientales prestados por ecosistemas: Humedales en México*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Ecología. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/dgipea/descargas/pea-ri-2001-001.pdf>
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (Sernanp). (2013). «Humedales en Áreas Naturales Protegidas, fuentes de vida y desarrollo». Disponible en: <https://www.sernanp.gob.pe/documents/10181/104923/0HUMEDALES+%284%29.pdf/fa45aa19-1670-401f-91f6-ac667eaaf513>
- Valdivieso, A. (2018). «¿Qué es agua salobre?». *laguas*. Disponible en: <https://www.lagua.es/respuestas/que-es-agua-salobre>
- Water Quality Association. (2010). «Glossary of salt water: Water classifications». Disponible en: <http://www.wqa.org/>
- Water Reuse. (2007). «Salinidad y calidad de agua». Disponible en: http://www.salinitymanagement.org/Salinity%20Management%20Guide/ls/ls_3d.html

Evaluación de la calidad del agua en los canales de la Zona de Reglamentación Especial de Los Pantanos de Villa (Lima, Perú)

Evaluation of the water quality in the channels within the Special Regulation Zone of Los Pantanos de Villa wetland (Lima, Peru)

Edith M. Enrique-Ayala^{1*}, Celina R. Gavidia Adriano²,
Alvaro M. Garriazo Suni³ y Daniela Changanaqui Alfaro⁴

1 Facultad de Ingeniería y Gestión, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima, Perú.
2 Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
3 Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.
4 Autoridad Municipal de Los Pantanos de Villa, Lima, Perú.



Citar como: Enrique-Ayala E. M. et al. (2021). «Evaluación de la calidad del agua en los canales de la Zona de Reglamentación Especial de los Pantanos de Villa (Lima, Perú)». *South Sustainability*, 2(2). e036.
DOI: 10.21142/SS-0202-2021-e002

Artículo recibido: 14/11/2021
Revisado por pares
Artículo aprobado: 31/12/2021



© Los autores, 2021. Publicado por la Universidad Científica del Sur (Lima, Perú)

*E-mail de correspondencia:
miriam133114@gmail.com

RESUMEN

En la Zona de Reglamentación Especial de los Pantanos de Villa se ubican los canales Ganaderos 1 y Vista Alegre 2, que son primordiales por brindar un mantenimiento en los servicios ecosistémicos de provisión, como el agua para animales y el abastecimiento al humedal y la población de los pantanos. Sin embargo, el crecimiento poblacional y las actividades que se desarrollan en sus alrededores, como el vertimiento de aguas residuales, generan un impacto negativo en la calidad del agua. Por ello, el objetivo de la presente investigación es evaluar la calidad del agua de estos dos canales, mediante la comparación con las categorías 3 y 4 de los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y la determinación del índice de calidad del agua de la Unión Europea (ICA-UWQI). Los valores obtenidos en la medición de pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica son de 7,3, 3,3 gm/L y 62,1 µS/cm, respectivamente, dicha data fue conseguida del promedio anual del periodo 2019-2021. Del monitoreo puntual se obtuvo que los parámetros de nitrato, fósforo, DBO₅, OD y *Escherichia coli* no cumplen el ECA respectivo. Asimismo, el ICA-UWQI obtuvo un valor de 45,63, el cual tiene una clasificación marginal, es decir, se encuentra levemente impactado debido a la cercanía con la población y las fábricas.

Palabras clave: Pantanos de Villa, calidad de agua, parámetros fisicoquímicos, parámetros microbiológicos, metales tóxicos, servicios ecosistémicos

ABSTRACT

The Ganaderos 1 and Vista Alegre 2 channels are located in the Special Regulation Zone of Los Pantanos de Villa wetlands, and they are essential because they maintain provisioning ecosystem services, such as: water for animals, supply of the wetland and its population. However, population growth and the activities that occur in the surroundings, such as wastewater dumping, have a negative impact on water quality. Therefore, the aim of this research was to evaluate the water quality of these two channels, by comparing it with categories 3 and 4 of the Environmental Quality Standards (ECA) for water and the Universal Water Quality Index of the European Union (ICA-UWQI). The values obtained in the measurement of pH, dissolved oxygen and electrical conductivity were 7.3, 3.3 gm / L and 62.1 µS / cm, respectively. This data was obtained from the annual average for the years 2019 to 2021. Through specific monitoring, it was found that the parameters of nitrate, phosphorus, BOD₅, DO and *Escherichia coli* did not comply with the respective RCT. Also, the ICA-UWQI value obtained was 45.63, which is a marginal classification; that is, slightly impacted due to proximity with the local population and factories.

Keywords: Los Pantanos de Villa wetlands, water quality, physicochemical parameters, microbiological parameters, toxic metals, ecosystem services.



Introducción

Los humedales son ecosistemas que destacan en todo el planeta por los procesos hidrológicos y ecológicos, donde el agua es el principal factor regulador del medio, y es el componente hídrico necesario para que los ciclos de vida animal y vegetal se cumplan (Haustein, 2005). La importancia de los humedales radica en los servicios ecosistémicos que brindan, como la depuración del agua, los controladores de inundaciones, los reservorios de diversidad biológica, y permiten la recreación y el turismo (CONAF, 2013). Estudios señalan que los problemas de contaminación causados frecuentemente por metales pesados tienen un efecto silencioso, es decir, no se observan a simple vista; pero cuando nos damos cuenta del daño que producen, ya es tarde, debido a que son peligrosos para la salud (Romero, 2009). Las afecciones a la salud dependen del tipo de metal o metaloide, y pueden ser desde daños en órganos vitales hasta desarrollos cancerígenos (Combariza, 2009; Nava, 2011). Por otro lado, las altas concentraciones de agentes microbiológicos en el agua son originadas frecuentemente por cambios en el medioambiente y en la población, el desarrollo urbano no controlado, la inadecuada disposición de excretas humanas y animales, entre otros factores (Ríos, 2017), que causan efectos adversos a la salud ambiental y los servicios ecosistémicos.

Los refugios de vida silvestre proporcionan protección para diversos tipos de fauna y cobran mayor valor en entornos urbanos, debido a que contribuyen en la productividad de las comunidades o municipalidades al realizar actividades turísticas (Rodríguez et al., 2017). No obstante, la calidad del agua y la presencia de aves acuáticas se verán afectadas en la medida en que disminuyan las superficies de los humedales, a causa de actividades humanas inapropiadas que ocasionan impactos a estos ecosistemas (Aponte, 2015; Aponte et al., 2020), lo que provoca la reducción de la biodiversidad presente, ya que muchos organismos dependen de los humedales y de zonas ribereñas (Álvarez, 2016). En la costa peruana se ubica el Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa (RVSPV), catalogado como sitio Ramsar, en el distrito de Chorrillos, en la ciudad de Lima Metropolitana. La zona presenta un área de 263,27 hectáreas y cuenta con 5 espejos de agua alimentados por manantiales y canales ubicados en la zona más baja del valle (Pulido, 2018). Sin embargo, en los últimos 10 años el RVSPV ha sufrido el fraccionamiento y la pérdida de su superficie a causa del crecimiento urbano, lo que provoca que el área natural se vea amenazada. Por otro lado, la ejecución e instalación de fábricas, lavanderías y camales a lo largo del área de este humedal viene afectando la calidad de sus recursos hídricos (Alvaro, 2020).

El abastecimiento de agua del humedal Pantanos de Villa se realiza a través de 7 canales y 3 manantiales, como

los canales Ganaderos 1 y Vista Alegre 2. Actualmente, estos canales sufren impactos negativos debido a las descargas de aguas residuales causadas por las actividades recreativas, comerciales, de lavanderías y la falta de una red de desagüe (Raúl, 2011). Algunos canales presentan alta concentración de detergentes, que posteriormente afectan a la laguna Mayor, donde también se han registrado altos niveles de toxicidad para la vida acuática (Álvarez, 2016). No existen estudios que evalúen la calidad del agua de los canales de los Pantanos de Villa, y por ello no se conoce la capacidad que tiene este recurso para ser utilizado en función de sus características físicas, químicas y microbiológicas. En ese sentido, es importante conocer el estado de calidad del agua de estos canales, ya que puede convertirse en un vehículo transmisor de diversas enfermedades para los pobladores y una pérdida de recursos naturales.

El objetivo principal en esta investigación es evaluar la calidad del agua para los canales Ganaderos 1 y Vista Alegre 2 de los Pantanos de Villa, en función de parámetros fisicoquímicos (pH, T°C, CE y SDT), microbiológicos (coliformes totales, *Escherichia coli* [*E. coli*]) y metales tóxicos (plomo, mercurio, cadmio y arsénico). Además, se busca clasificar la calidad del agua mediante el índice de calidad del agua (ICA), el cual nos permitirá transformar los datos a una escala de medición única (Castro et al., 2014). Para esta investigación se aplicará el ICA-UWIFI desarrollado por el Consejo de la Unión Europea y Turquía (Boyacioglu, 2007).

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio son los canales Ganaderos 1 y Vista Alegre 2, ubicados en la periferia de la zona de Villa Baja del distrito de Chorrillos (figura 1). El muestreo se realizó



Figura 1. Mapa del área de estudio, donde se detallan los 3 puntos de muestreo (PM) y las 6 estaciones de monitoreo (EM) de los canales Ganaderos 1 y Vista Alegre 2.

en abril de 2021, con base en el criterio del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de la ANA (2016). Se consideraron tres puntos de monitoreo superficiales con 20 cm de profundidad (figura 1). Previamente se llevó a cabo el reconocimiento del entorno, la rotulación y el etiquetado de los frascos para la toma de muestras.

Parámetros de estudio

La medición *in situ* de los parámetros fisicoquímicos como el potencial hidrógeno (pH), temperatura (T°C), conductividad eléctrica (CE) y sólidos disueltos totales (SDT) se determinaron por medio de un multiparámetro Hanna HI 9813-6; para oxígeno disuelto (OD) se utilizó un oxímetro Hach Pocket Pro; para el fósforo total se utilizó un kit de prueba de ortofosfato PO-19; y para el nitrato, un kit de nitrato Hach NI-11.

Asimismo, para la determinación de aceites y grasas (AcyG), detergente y demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) se recolectaron tres muestras por cada parámetro para ser llevadas al laboratorio acreditado CERTIMIN SA. La metodología empleada por el laboratorio varió para AcyG (SMEWW-APHA-AWWA-WEF. 23 rd Ed. 2017. Part-5520 B), detergentes (SMEWW-APHA-AWWA-WEF. 23 rd Ed. 2017. Part-5540 C) y DBO₅ (SMEWW-APHA-AWWA-WEF. 23rd Ed. 2017. Part 5210 B).

La determinación de parámetros microbiológicos se realizó igualmente por medio del laboratorio acreditado CERTIMIN, y para ello se analizaron tres muestras por parámetro. La metodología empleada varió para coliformes fecales (termotolerantes) (SMEWW APHA-AWWA-WEF 23 rd Ed.2017. Part-9221 E1) y *Escherichia coli* (*E. coli*) (SMEWW APHA-AWWA-WEF 23rd Ed. 2017. Part-9221 F1).

La determinación de metales tóxicos se realizó también en el laboratorio acreditado CERTIMIN, y para ello obtuvieron tres muestras por parámetro. La metodología empleada para plomo, mercurio, cadmio y arsénico fue EPA Method 200.8 Rev. 5.4.1994. Determination of trace elements in waters and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry.

Es importante mencionar que para el análisis se recopiló la data histórica disponible (2019-2021), proporcionada por la Autoridad Municipal de Los Pantanos de Villa (Prohvilla), de monitoreos mensuales que se realizaron en seis estaciones de muestreo (EM) que pertenecen a los canales Ganaderos 1 y Vista Alegre 2. Se analizaron los parámetros de pH del periodo 2019-2021, el oxígeno disuelto (OD) y nitrato, ambos del periodo 2020-2021. Los datos fueron comparados con los valores establecidos del ECA para agua en la categoría 3 («riego de vegetales y bebida de animales»), subcategoría D1 («riego de vegetales»), subcategoría D2 («bebida de animales»), categoría 4 («conservación del ambiente acuático») y subcategoría E1 («lagunas y lagos») (Minam, 2017).

Operacionalización de las variables

Los valores obtenidos fueron comparados con los valores establecidos del ECA para agua en la categoría 3 («riego de vegetales y bebida de animales»), subcategoría D1 («riego de vegetales»), subcategoría D2 («bebida de animales») y categoría 4 («conservación del ambiente acuático»), subcategoría E1 («lagunas y lagos»), salvo el parámetro de sólidos disueltos totales, ya que no se ha establecido en las categorías 3 y 4 del ECA para agua. Sin embargo, su análisis es importante para indicar la salinidad del agua; por ello, se ha considerado clasificarlo en agua dulce (SDT < 1000 ppm), agua salobre (1000 ppm ≤ SDT < 5000 ppm), agua altamente salobre (5000 ppm ≤ SDT < 15 000 ppm) y agua salina (15000 ppm ≤ SDT ≤ 30000 ppm) (Álvarez, 2015).

Además, se calculó el ICA-UWQI (Boyacioglu, 2007) a fin de mostrar el nivel de contaminación del agua de los canales Ganaderos 1 y Vista Alegre 2 a la fecha del muestreo. El valor del ICA se expresa en porcentajes; así, el agua contaminada asumirá un valor próximo o igual a 0 % y el agua que presente óptimas condiciones obtendrá un valor cercano al 100. Los parámetros considerados para la aplicación de ICA-UWQI fueron pH, DBO₅, OD, fósforo, nitrato, mercurio, cadmio y arsénico. La aplicación del ICA se realizó mediante la ecuación de suma ponderada y es la que se muestra en la ecuación 1 (Torres *et al.*, 2009).

$$n = 1$$

$$\sum W_i \cdot I_i \dots \text{ecuación 1}$$

$$i = 1$$

Donde W_i es el peso o porcentaje asignado al i -ésimo parámetro e I_i es el subíndice del i -ésimo parámetro (Boyacioglu, 2007).

Los valores se expresan en porcentajes, a una escala de (0-100); es decir, en cinco categorías: pobre, entre 0 y 24 (se representan con un color rojo); marginal, entre 25 y 49 (color naranja); regular, entre 50 y 74 (color amarillo); bueno, entre 75 y 94 (color verde); y excelente, entre 95 y 100 (color azul) (IDEAM, 2011).

Resultados y discusión

Parámetros fisicoquímicos en los canales

Los valores de pH, detergente y aceites y grasa en los tres puntos de monitoreo, según los resultados, cumplen con la normativa de la categoría 3 y 4 del ECA para agua (tabla 1). Los valores del pH se encuentran entre un rango neutro y ligeramente alcalino. Los valores neutros del pH se deben a la gran diversidad de flora como las macrófitas; estas especies colaboran en la regulación de pH y evitan la acidez del agua (Baquero y Carrera, 2019). Asimismo, existe la posibilidad de que sean las micrófitas quienes regulen el pH, ya que estas bordean los canales Ganaderos 1 y Vista Alegre 2 (Prohvilla, 2020). El análisis de detergentes en los tres puntos de monitoreo reportó

un valor de 0,025 mg/L. La presencia de detergentes en el agua de los canales se debe al uso de lavandería que le da la población, y al vertimiento de aguas residuales e industriales (Pérez et al., 2017). Especies de macrófitas acuáticas como la *Lemna spp* y la *Echorina spp* remueven el sulfonato de alquilbenceno lineal, un componente usado para la fabricación de detergentes y productos de limpieza. Estas especies logran un porcentaje de remoción de más de 90 % (Herrera, 2018). Los valores de aceites y grasas en los tres puntos de monitoreo son < 0,5 mg/L. Su presencia no permite la reoxigenación mediante la interfase de aire-agua, provoca la reducción del oxígeno disuelto del agua y absorbe la radiación solar, lo que afecta la actividad fotosintética de la flora acuática (ITSEMAP, 1994).

Los valores de la conductividad eléctrica (CE) y oxígeno disuelto (OD), según los resultados, sobrepasan los límites establecidos en la categoría 3 y 4 del ECA para agua. Los valores de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en los tres puntos de monitoreo sobrepasan la categoría 4 del ECA para agua de ≥ 5 mg/L. Los valores de PM-02 y PM-03 de DBO₅ cumplen con la categoría 3 del ECA para agua de 15 mg/L, a excepción de PM-01 (tabla 1). Los valores de CE están relacionados con las fuentes de contaminación (Caho-Rodríguez y López-Barrera, 2017), ya que los canales reciben grandes cantidades de agua residual doméstica proveniente de las viviendas cercanas. Los altos valores de CE son producto de las impurezas presentes en el agua. Los valores de OD se encuentran por debajo de los 5 mg/L (tabla 1). Probablemente se deba a la saturación del suelo, que provoca ausencia de oxígeno, aunque haya un predominio de condiciones anaeróbicas (García et al., 2010). Ello podría afectar a los organismos que utilizan el oxígeno para el desarrollo de sus procesos vitales, como su respiración celular y adecuado crecimiento (ITSEMAP, 1994). No obstante, existen especies que pueden sobrevivir en condiciones escasas de oxígeno disuelto, como el guppy (*Lebistes reticulatus*) (Merino y Droste, 1983). La cantidad de DBO₅ en los canales probablemente se deba a la presencia de algas, que generan más oxígeno de lo que ellas requieren para su respiración, ya que son parte de la cadena de alimentación de otras especies, como los guppies (Mara, 2003). Asimismo, en los cuerpos de agua ocurre que la materia orgánica en descomposición tiende a convertirse en materia inorgánica; al ser asimilada por algas, estas convierten la materia orgánica en descomposición en materia orgánica viva (Silva, 2004).

Los resultados indican que los valores de nitrato y fósforo sobrepasaron el límite establecido de 13 mg/L y 0,035 mg/L, respectivamente, en la categoría 4 del ECA para agua (tabla 1). Los valores altos de nitrato probablemente se deban a las excretas de los animales como ovejas, cabras y perros, que se encuentran cerca de los canales. Los altos valores de nitrato generan problemas de toxicidad en organismos acuáticos y eutroficación en los cuerpos de agua (Cervantes-Carrillo et al., 2000). Cabe recalcar que las macrófitas intervienen en el proceso de

oxidación por su capacidad de brindar oxígeno a través de sus raíces, mejorando la productividad microbiana aerobia y de tal forma la nitrificación (Dominguez, 2001). Las altas concentraciones de fósforo presentes en los canales Ganaderos I y Vista Alegre II probablemente se deban a los vertimientos de agua residuales domésticas e industriales, cargadas de detergentes, jabones y excretas de los animales, que causan eutroficación (Teixeira et al., 2013). De acuerdo con el resultado, los valores de sólidos disueltos totales (SDT) fueron mayores a 1999 ppm en los tres puntos de muestreo, lo que indica que el agua de los canales Ganaderos 1 y Vista Alegre 2 presentan agua de tipo salobre.

Los resultados señalan que los parámetros de detergentes, pH, aceites y grasas presentan bajas concentraciones. Ello podría deberse a la presencia de la flora que bordea estos canales, como las macrófitas; *Azolla filiculoides* (helecho de agua), *Hydrocotyle bonariensis* (paragüita), *Lemna minor* (lentejita de agua) y algas. En el caso de las macrófitas, el proceso de fitodepuración ocurre cuando se produce el proceso de fotosíntesis, ya sean plantas acuáticas superiores o microscópicas (Fernández-Gonzales et al., 2005). Esto provoca una reducción de contaminantes a través de tres mecanismos: la filtración y sedimentación de sólidos, la incorporación de nutrientes en plantas y la degradación de materia orgánica por microorganismos que existen en las raíces de estas plantas (Martelo y Lara, 2012).

Parámetros microbiológicos en los canales

En la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos de los tres puntos de muestreo para coliformes termotolerantes. Los puntos de muestreo PM-02 y PM-03 cumplen con la categoría 3 y 4 del ECA para agua, pero no es el caso del punto de muestreo (PM-01), debido a que presenta un valor mayor a 23 NMP/100mL. Los valores de *Escherichia coli* (*E. coli*) en los puntos de muestreo PM-01 y PM-03 presentan un valor mayor a 23 NMP/100mL que sobrepasan el límite establecido en la categoría 3 del ECA para agua, a excepción del punto de muestreo (PM-02), debido a que cumple con el límite establecido de 1000 NMP/100mL (tabla 2). Los agentes microbiológicos (coliformes termotolerantes y *E. coli*) son indicadores de contaminación patogénica y bacteriológica provenientes de residuos fecales en el agua (Pérez et al., 2017; Reátegui, 2020). La presencia de los agentes microbiológicos en los canales Ganaderos 1 y Vista Alegre 2 se debe al vertimiento de aguas residuales y vertimiento de residuos sólidos que realiza la población y las fábricas aledañas. Sin embargo, se evidencia una baja concentración de coliformes termotolerantes (PM-02 y PM-03) que probablemente se deba a la presencia de un helecho acuático llamado *Azolla filiculoides*, ya que presenta una eficiencia de absorción del 72 % según Solano Carrión (2019), que se encuentra en el transecto del canal Ganaderos 1 (Prohvilla, 2020). Según indica la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2008),

Tabla 1. Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los canales Ganaderos 1 y Vista Alegre 2.

Parámetros	Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales			Categoría 4: conservación del ambiente acuático	Canal Ganaderos 1	Canal Ganaderos 1	Canal Vista Alegre 2
	D1		D2	E1	PM-01	PM-02	PM-03
	Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales	Lagunas y lagos			
CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	2500		5000	1000	6490	6760	6850
T ($^{\circ}\text{C}$)	-		-	-	23,8	22,9	24
SDT. (PPM)	-		-	-	> 1999	> 1999	> 1999
pH	6,5-8,5		6,5-8,4	6,5-9,0	6,9	7	6,8
Fósforo (mg/L)	-			0,035	0,4	0,2	0,06
Nitrato (mg/L)	-		-	13	44	44	39,6
DBO ₅ (mg/L)	15		15	5	16,4	14,9	14,3
O.D. (mg/L)	≥ 4		≥ 5	≥ 5	3,3	4	3,8
Aceites y grasa (mg/L)	5		10	5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Detergente (mg/L)	0,2		0,5	-	0,025	0,025	0,025

Tabla 2. Resultados de los parámetros microbiológicos de los canales Ganaderos 1 y Vista Alegre 2.

Parámetros	Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales			Categoría 4: conservación del ambiente acuático	Canal Ganaderos 1	Canal Ganaderos 1	Canal Vista Alegre 2
	D1		D2	E1	PM-01	PM-02	PM-03
	Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales	Lagunas y lagos			
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	1000	2000	1000	1000	>23	23	23
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	1000	**	**	**	>23	23	>23

El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta subcategoría.

la presencia de *E. coli* resulta alarmante, ya que puede causar graves infecciones transmitidas por el agua, como una gastroenteritis y diarrea grave que puede ser mortal para la población que hace uso de los canales como un recurso para sus actividades diarias (lavar ropa, bañarse, etc.).

Metales tóxicos en los canales

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en los tres puntos de muestreo para los parámetros de plomo, cadmio, mercurio y arsénico, los cuales cumplen con la categoría 3 y 4 del ECA de agua por sus bajos valores de concentración. De acuerdo con lo previsto, la ausencia de estos metales podría deberse al mecanismo de remediación que presentan las plantas acuáticas en los humedales al absorber o acumular los contaminantes en sus raíces (Delgadillo *et al.*, 2010). Esto es concordante con la presencia de vegetación en los alrededores de los canales;

entre ella destaca la presencia de especies macrófitas como la *Azolla filiculoides*, que se caracteriza por depurar aguas contaminadas por compuestos inorgánicos y orgánicos, su tolerancia a diferentes metales (como el cobre, el plomo, el arsénico, entre otros), y su rápido desarrollo de reproducción (Sánchez, 2010). Esta propiedad natural hace posible que no se vea reflejado el impacto observado en los canales por vertimiento de efluentes domésticos que presentan restos metabólicos, jabones y detergentes, y contribuyen con cantidades regulares de metales como el cromo, zinc y plomo (Correa, 2014). De igual modo, la presencia de desmontes y residuos sólidos, entre ellos los residuos fluorescentes, bombillas eléctricas (RAEE), que contienen trazas de mercurio, no influyen de manera significativa en la calidad del agua (Fajardo, 2018).

Nuestros resultados no evidenciaron la presencia de metales, lo cual resulta óptimo para la salud de los pobladores. Sin embargo, es fundamental mencionar





Figura 2. a) La población de Villa Baja utiliza el canal Ganaderos 1. b) Monitoreo en el canal Vista Alegre 2.

que muchos contaminantes que ingresan a las aguas superficiales suelen quedarse asentados en los sedimentos del fondo del cauce, lo que provoca efectos tóxicos sobre el sistema acuático (Espitia, 2014). Así lo muestra el estudio realizado en el humedal El Paraíso, que determina alta concentración de plomo, cadmio, mercurio y arsénico en los sedimentos (Ruiz, 2013). Por la tanto, para asegurar la ausencia de los metales y el riesgo que puedan presentar los pobladores se tendrá que realizar un análisis en los sedimentos del canal.

Análisis de data histórica

En la figura 3 se observa que la variación temporal del pH de 6,8-7,4 cumple con la categoría 3 del ECA para agua de 6,5-8,5 y la categoría 4 de conservación del ambiente acuático de 6.5-9. Los valores del pH presentan una similar tendencia neutra para ambos canales y en casi todo el periodo de análisis de estudio, a excepción de los meses de febrero y julio, cuando se refleja una mayor acidificación, lo cual podría deberse al menor uso del agua por parte de los pobladores. El valor casi constante del pH se debe probablemente al mayor uso de los servicios ecosistémicos, ya sea para actividades de lavandería, limpieza de carro o bebida de animales (Álvarez, 2016). Además, el empleo de detergentes domésticos incrementa la concentración de fosfatos, lo que genera un aumento de nutrientes y, con ello, de pH (Gaxiola, 2010).

En la figura 4 se observa que la variación del oxígeno disuelto en ambos canales discrepa con el ECA para las

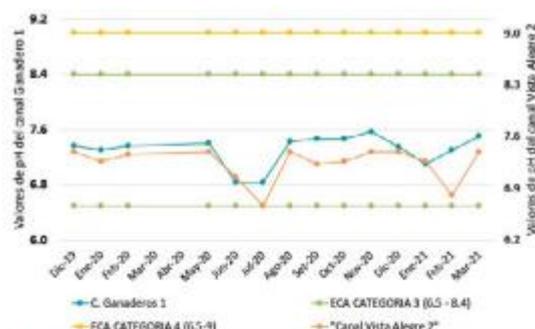


Figura 3. Valores de pH en el canal Ganaderos 1 en el periodo 2019-2021.

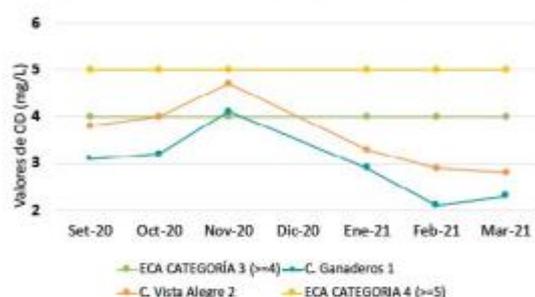


Figura 4. Valores de oxígeno disuelto en el canal Ganaderos 1 en el periodo 2019-2021.

categorías 3 y 4, lo que indica que el valor ideal es ≥ 4 mg/L y ≥ 5 mg/L, respectivamente. La presencia del oxígeno disuelto es importante, ya que influye en la mayoría de los procesos vitales de los organismos bióticos que habitan en el ecosistema (Betancourt et al., 2008). La excepción ocurre en noviembre, cuando ambos canales cumplen el ECA para la categoría 3. De igual manera, en enero y febrero se observan valores bajos de OD, lo que podría deberse a la elevada temperatura en la temporada de verano; ello incide en que exista una mayor competencia de los organismos por el consumo de oxígeno para desarrollar sus procesos naturales (Morell et al., 2015).

Tabla 3. Resultados de los parámetros de metales tóxicos de los canales Ganaderos 1 y Vista Alegre 2.

Parámetros	Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales			Categoría 4: conservación del ambiente acuático	Canal Ganaderos 1	Canal Ganaderos 1	Canal Vista Alegre 2
	D1		D2	E1	PM-01	PM-02	PM-03
	Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales	Lagunas y lagos			
Plomo (mg/L)	0,05	0,05	0,05	0,001	0,002	0,003	0,001
Mercurio (mg/L)	0,001	0,001	0,01	0,0001	0,0006	0,0002	0,0002
Cadmio (mg/L)	0,01	0,01	0,05	0,004	0,00017	0,00015	0,00013
Arsénico (mg/L)	0,1	0,1	0,2	0,01	0,0039	0,0035	0,0029

Los valores del nitrato desde octubre de 2020 a marzo de 2021 sobrepasaron el límite establecido de 13 mg/L en la categoría 4 del ECA para agua. No obstante, sí cumplen el valor de 100 mg/L en la categoría 3 del ECA para agua, a excepción de noviembre de 2020, cuando lo sobrepasó con un valor de 106,3 mg/L (figura 5). La cercanía de los canales con la urbanización y las fábricas probablemente generan contaminación por residuos orgánicos, aguas residuales domésticas o industriales, ya que de ello depende el incremento del nitrato (Larios, 2009). Las altas concentraciones de nitrato al oxidarse producen nitritos y nitrato que consumen rápidamente el oxígeno disuelto, lo cual es perjudicial en el agua, ya que genera un proceso de eutrofización que pone en riesgo la supervivencia de la biota (Roldán y Ramírez, 2008). La consecuencia sería la pérdida de los servicios ecosistémicos de provisión que brindan los canales a las actividades diarias de la población y la sobrevivencia de la biota.

Índice de calidad del agua

Mediante la aplicación de la ecuación 1 del ICA-UWQI se determinó que la calidad del agua de los canales Ganaderos 1 y Vista Alegre 2 es marginal, ya que presenta un valor de 45,6 de una escala de 100 marginal (color naranja) (tabla 4). Ello indica que la calidad del agua presenta condiciones muy alejadas a las que debería tener para mantenerse entre aceptable y buena (Caho-Rodríguez y López-Barrera, 2017). Se observa que los valores obtenidos de oxígeno disuelto, DBO₅, nitrato, fósforo y conductividad eléctrica presentan concentraciones que sobrepasan el límite establecido por la categoría 3 y 4 del ECA para agua. De tal manera que los servicios ecosistémicos que brinda los canales son influenciados por actividades de la población y fábricas aledañas.

Conclusiones

Este estudio permitió demostrar que la calidad del agua de los canales Ganaderos 1 y Vista Alegre 2 están influenciados por factores naturales (como la presencia de algas) y factores antropogénicos (como las descargas

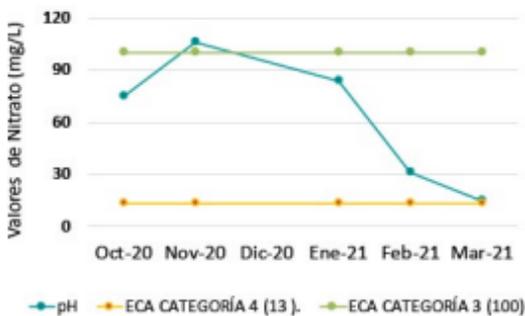


Figura 5. Valores de nitrato en el canal Ganaderos 1 en el periodo 2019-2021.

de aguas residuales, la presencia de excretas de animales y los residuos sólidos). Los resultados del muestreo puntual demostraron que los parámetros nitrato, fósforo, OD, DBO₅ y *Escherichia coli* no cumplen con la categoría 3 y 4 del ECA para agua, que son un problema para el mantenimiento de servicios ecosistémicos de provisión, como agua para animales y abastecimiento al humedal y la población aledaña a los canales. Además, la presencia de *Escherichia coli* puede ocasionar problemas de salud en los pobladores. La presencia de fósforo y nitrato indicaría problemas de eutrofización. Los metales pesados no se vieron reflejados debido a la presencia de especies macrófitas, lo cual resulta ser un buen indicador para la calidad del agua, pero se recomendaría realizar otros análisis de sedimentación para descartar su presencia. En cuanto al análisis de data del periodo 2019-2021, los parámetros OD y nitrato demuestran que la calidad del agua no es óptima para la conservación de la biota y salud de los pobladores. Finalmente, el cálculo del ICA-UWQI nos permitió determinar una calidad de agua marginal, que se ve influenciada por los parámetros que excedieron su valor permisible. Se concluye que la calidad del agua no presenta óptimas condiciones para su uso, ya que podría ocasionar problemas a la salud y la conservación del medio.

Recomendaciones

Para una evaluación rigurosa de la calidad del agua de los canales Ganaderos 1 y Vista Alegre 2, se recomienda realizar una evaluación continua de los parámetros,

Tabla 4. Resultado del ICA de los canales Ganaderos 1 y Vista Alegre 2.

Parámetro	Subíndice (Ii)			Peso (Wi)	Subfinal
	Canal Ganaderos 1	Canal Ganaderos 1	Canal Vista Alegre 2		
	PM-01	PM-02	PM-03		
DBO	0	0	0	0,06	0,00
OD	10	20	17	0,11	1,77
pH	100	100	100	0,03	2,90
Nitratos	0	0	0	0,09	0,00
Fósforo	28	46	86	0,06	3,04
Mercurio	47	88	88	0,09	6,36
Cadmio	100	100	100	0,09	8,60
Arsénico	100	100	100	0,11	11,30
Coliformes T.	-	100	100	0,11	11,40
Fluoruros	-	-	-	0,09	0,09
Selenio	-	-	-	0,09	0,09
Cianuro	-	-	-	0,09	0,09
ICA-UWI	Marginal			1,00	45,63



en particular fisicoquímicos y microbiológicos, en todo el transecto, ya que la presencia de coliformes indica una alta probabilidad de encontrar varios tipos de bacterias del género Salmonella, que producen distintas infecciones. Asimismo, los valores altos de nitrato o fosfato provocarían eutrofización de los canales. Al no encontrarse valores significativos de metales tóxicos en el agua superficial y no haber investigaciones relacionadas con los metales tóxicos en sedimento en estos canales, se recomienda implementar un estudio basado en la acumulación de metales tóxicos en sedimento, en la flora que bordea los canales Ganaderos 1 y Vista Alegre 2 y en el humedal Pantanos de Villa.

Contribución de autoría

EE-A, CG-A y AG-S contribuyeron en el procesamiento de la información, el análisis de los resultados y la redacción del artículo. DCh-A y MAL-M contribuyeron en la gestión de la información, el procesamiento de la información, el análisis de los resultados y la redacción del artículo. Todos los autores aprobaron la versión final del texto.

Fuente de financiamiento

Este trabajo tuvo el soporte logístico de Prohvilla.

Conflictos de interés

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés.

Referencias bibliográficas

- Alarcón Corro, J. F. (2019). *Aplicación de métodos de índices de Calidad de Agua (ICA) en el río Rímac*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero geógrafo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/12169>
- Álvarez Gutiérrez, C. (2016). *Determinación analítica de detergentes en las aguas de los Pantanos de Villa*. Tesis de licenciatura en Química. Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7570>
- Alvaro, S. S. (2020). *Restauración de los canales eutrofizados de abastecimiento de agua en los Pantanos de Villa*. Tesis de magister en Desarrollo Ambiental. Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/17439>
- Aponte, H., Gonzales, S. y Gomez, A. (2020). «Impulsores de cambio en los humedales de América Latina: El caso de los humedales costeros de Lima». *South Sustainability*, 1, e023(1-5). Disponible en: <https://doi.org/10.21142/SS-0102-2020-023>
- Aponte, H., Ramírez, W., Lértora, G., Vargas, R., Fernando, G., Carazas, N. y Liviác, R. (2015). «Incendios en los humedales de la costa central del Perú: una amenaza frecuente». *Científica*, 12(1), pp. 70-81. Disponible en: <https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/cientifica/article/view/166/187>
- Autoridad de Salud de Oregon. (2011). «Nitrato». Disponible en: <https://www.oregon.gov/oha/PH/HealthyEnvironments/DrinkingWater/Monitoring/Documents/health/na3-sp.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. Autoridad Nacional del Agua. Disponible en: <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/protocolo-nacional-para-el-monitoreo-de-la-calidad-de-los-recursos-hidricos-0>
- Ávila De Navia, S. L. y Estupiñán-Torres, S. M. (2006). «Calidad bacteriológica del agua del Humedal de Jaboque, Bogotá, Colombia». *Caldasia*, 28(1), pp. 67-78. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v28n1/v28n1a7.pdf>
- Baquero, C. y Carrera, C. (2019). *Evaluación de parámetros fisicoquímicos de aguas mieles de cacao en humedales artificiales con especies macrofitas, Tarapoto, 2019*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero ambiental. Universidad César Vallejo. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/41536>
- Bernot, M. y Wilson, K. (2012). «Spatial and temporal variation of dissolved oxygen and ecosystem energetics in Devils Hole, Nevada». *Western North American Naturalist*, 72(3), pp. 265-275. Disponible en: <https://doi.org/10.3398/064.072.0301>
- Betancourt, C., Suárez, R. y Toledo, L. (2008). «Patrones de distribución temporal de algunas variables físicas y químicas en el embalse Paso Bonito, Cienfuegos, Cuba». *Limnetica*, 28(1), pp. 23-34. Disponible en: <http://www.limnologia.net/documentos/limnetica/limnetica-28-1-p-23.pdf>
- Bolaños, J., Cordero, G. y Segura, G. (2017). «Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica)». *Tecnología en Marcha*, 30(4), pp. 15-17. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>
- Boyacioglu, H. (2007). «Desarrollo de un índice de calidad del agua basado en un esquema de clasificación europeo». *Agua SA*, 33(1), pp. 101-106.
- Caho-Rodríguez, C. y López-Barrera, E. A. (2017). «Determinación del índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI». *Lasallista*, 12(2), pp. 35-49. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v12n2/1909-0455-pml-12-02-00035.pdf>
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J. y Díaz, D. (2014). «Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global». *Ciencias Biológicas*, 10(17), pp. 111-124. Disponible en: <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/view/811/770>
- Cervantes, F., Pérez, J. y Gómez, J. (2000). «Avances en la eliminación biológica del nitrógeno de las aguas residuales». *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 42(2), pp. 73-82. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2000/mi002e.pdf>
- Combariza Bayona, D. (2009). *Contaminación por metales pesados en el embalse del Muña y su relación con los niveles en sangre de plomo, mercurio y cadmio y alteraciones de salud en los habitantes del municipio de Sibate (Cundinamarca)*. Tesis de magister en Toxicología. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70168/597588.2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Correa, J. (2014). «Calidad del agua en humedales del plano de inundación del río Atrato». *Ciencias Ambientales y Sostenibilidad CAS*, 1(1), pp. 93-109. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/CAA/article/view/16917/16758>
- Delgadillo, A., González, C., Prieto, F., Villagómez, J. y Acevedo, O. (2011). «Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación». *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(2), pp. 597-612. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=51870-04622011000200002&lng=es&tng=es

IX. ASEGURAMIENTO

La información presentada en el presente trabajo se ha realizado utilizando información pública y disponible en diversas fuentes digitales, las cuales han sido citadas en el texto y referenciadas en la bibliografía. Cabe mencionar que los monitoreos ambientales han sido realizados por la Oficina de Investigación Científica y Desarrollo de Proyectos de la Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa-PROHVILLA. Por temas de confidencialidad, no se menciona el nombre de los profesionales del equipo en el trabajo monográfico.