

Evaluación ambiental y caracterización de posible afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada de la ruptura del colector centro norte en su línea de impulsión de 48", localizada en Av. México esq. Av. Las Palmas, Colonia Parque Las Palmas.

Contrato REQ- 65575

Julio de 2019



PARTICIPACIÓN EN LA ELABORACION DEL PRESENTE REPORTE

Elaboración, integración, análisis y resultados:

M.C. Ricardo Díaz Borioli

Ing. Ana Paula Díaz Ibarra

Estudio de daños a la fauna silvestre del ANP-ZCE estero El Salado:

Dr. Jaime Luna Aguirre

Análisis y modelación de datos (GIS):

M.C. Erendira Canales Gómez

Manejo de información de laboratorio:

Qfb. Elba Soraya Topete Camacho, Jefe Departamento Laboratorio SEAPAL

Información brindada para análisis de reporte del ANP-ZCE estero El Salado:

Biol. Jaime Alberto Torres Guerrero

Información urbana, histórica de archivos, de proyectos y desarrollos:

Corporativo Ambiental S.A. de C.V.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	UBICACIÓN DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA “EL SALADO”	1
III.	CONTINGENCIA	3
	<i>Sitio de colapso de la tubería</i>	3
	<i>Trayecto de material derramado</i>	3
	<i>Medidas implementadas dentro del ANP</i>	8
	<i>Fin de la contingencia</i>	12
IV.	IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA	13
V.	CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	14
V.1.	FISIOLOGÍA Y TOPOGRAFÍA	16
V.2.	GEOLOGÍA	16
V.3.	EDAFOLOGÍA	16
V.4.	HIDROLOGÍA	17
VI.	FLORA	19
VI.1.	TIPOS DE VEGETACIÓN DENTRO DEL ANP EL SALADO	19
VI.2.	ESPECIES PRESENTES DENTRO DEL ANP “EL SALADO”	26
VI.3.	ESPECIES PRESENTES EN ÁREA AFECTADA POR LA CONTINGENCIA	32
VII.	FAUNA	34
VII.1.	HÁBITAT PARA LA FAUNA SILVESTRE	34
VII.2.	ESTADO BASE	34
VII.3.	METODOLOGÍA	35
	<i>Anfibios y reptiles</i>	35
	<i>Aves</i>	35
	<i>Mamíferos</i>	36
	<i>Guías de identificación</i>	36
	<i>Sistemática</i>	36
	<i>Esfuerzo de muestreo</i>	36
VII.4.	IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO	37
	<i>Especies de ocurrencia potencial en la zona de estudio</i>	37
	<i>Especies registradas en la zona de estudio</i>	37
VII.5.	ÍNDICES DE DIVERSIDAD	47
VII.6.	REPRODUCCIÓN	52
VIII.	PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS	54
	CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS DEL AGUA	54
	OCEANOGRAFÍA DINÁMICA: LAS MAREAS	55
	MONITOREO DE LABORATORIO	57
	<i>SEAPAL</i>	63
	<i>CEA</i>	79
	<i>Laboratorios ABC Química Investigación y Análisis, S.A. de C.V</i>	92
	<i>Análisis histórico 2013-2017 del monitoreo realizado por SEAPAL</i>	94
IX.	MARCO JURÍDICO	98
	ANÁLISIS JURÍDICO EN MATERIA DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL	98
	<i>CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS</i>	98
	<i>LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE</i>	98

<i>LEY FEDERAL DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL</i>	99
<i>CÓDIGO PENAL FEDERAL</i>	101
NORMATIVIDAD APLICABLE A ESPECIES DE FLORA Y FAUNA	101
<i>CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS</i>	101
<i>LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE</i>	101
<i>NOM-022-SEMARNAT-2003</i>	102
<i>NOM-059-SEMARNAT-2010</i>	103
X. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	104
X.1. HUMEDALES.....	104
<i>Factores ambientales de los humedales</i>	104
<i>Manglares</i>	104
X.2. SERVICIOS AMBIENTALES DE LOS HUMEDALES.....	105
X.3. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL ESTERO EL SALADO	105
<i>Control de inundaciones</i>	105
<i>Reposición de aguas subterráneas</i>	106
<i>Retención y exportación de sedimentos y nutrientes</i>	106
<i>Depuración de aguas</i>	108
<i>Reservorios de biodiversidad</i>	108
<i>Productos de los humedales</i>	109
<i>Valores culturales</i>	110
<i>Recreación y turismo</i>	110
<i>Mitigación y adaptación al cambio climático</i>	110
X.4. EVALUACIÓN DE IMPACTO	111
X.5. CONTEXTO URBANO.....	115
<i>Zonas de influencia</i>	116
<i>Modificación del hábitat</i>	119
<i>Fragmentación</i>	124
<i>Modificación de la hidrología</i>	125
<i>Asentamientos humanos irregulares</i>	126
<i>Lixiviados</i>	127
<i>Hidrocarburos</i>	133
<i>Fuentes agrícolas</i>	137
<i>Escorrentías naturales hidrológicas</i>	138
XI. PROPUESTA DE ACCIONES	149
XII. CONCLUSIONES	155
XIII. BIBLIOGRAFÍA	159

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE AFECTACIÓN.	1
ILUSTRACIÓN 2. POLÍGONO DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA ESTERO EL SALADO.	2
ILUSTRACIÓN 3. UBICACIÓN DE SITIO DE COLAPSO Y DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA.	3
ILUSTRACIÓN 4. TRAYECTO DE LA DESCARGA.	4
ILUSTRACIÓN 5. FOTOGRAFÍA AÉREA ACTUAL INDICANDO LAS PRINCIPALES ASOCIACIONES VEGETALES, Y EN PERSPECTIVA EL ALCANCE DE LA AFECTACIÓN POR EL VERTIMIENTO EN TÉRMINOS DE SUPERFICIE Y UBICACIÓN.	4
ILUSTRACIÓN 6. ASPECTOS DEL VERTIMIENTO PREVIO AL INGRESO AL ESTERO DE EL SALADO.	5
ILUSTRACIÓN 7. DIAGRAMA DE ESCURRIMIENTOS SUPERFICIALES.	6
ILUSTRACIÓN 8. INUNDACIÓN DE LA PTAR NORTE I.	6
ILUSTRACIÓN 9. BOMBEO DE AGUA RESIDUAL CONTENIDA EN PARCELA AGRÍCOLA Y EN LA PTAR NORTE I.	7
ILUSTRACIÓN 10. PRESENCIA DE AGUAS NEGRAS EN BOCA DEL ESTERO EL SALADO.	7
ILUSTRACIÓN 11. PRESENCIA DE AGUAS NEGRAS EN DÁRSENA DE LA MARINA (EFECTO CUÑA).	8
ILUSTRACIÓN 12. PUNTOS DE MUESTREO REALIZADOS POR SEAPAL.	9
ILUSTRACIÓN 13. PUNTOS DE MUESTREO REALIZADOS POR EL PERSONAL DEL ANP.	9
ILUSTRACIÓN 14. ASPECTOS DE LA TOMA DE MUESTRAS.	10
ILUSTRACIÓN 15. MUESTRA DE AGUA AL INTERIOR DEL ANP ESTERO EL SALADO.	10
ILUSTRACIÓN 16. AIRACIÓN CON MOTOBOMBA.	11
ILUSTRACIÓN 17. AIREADOR EN FUNCIONAMIENTO A DOS MESES DE LA CONTINGENCIA.	11
ILUSTRACIÓN 18. ASPECTOS DE LA CLORACIÓN.	12
ILUSTRACIÓN 19. ÁREA AFECTADA POR VERTIMIENTO DE AGUAS NEGRAS.	13
ILUSTRACIÓN 20. ASPECTO DEL CANAL PRINCIPAL CON LAS AGUAS NEGRAS VERTIDAS EN EL ESTERO.	14
ILUSTRACIÓN 21. USOS DE SUELO DE LA NANOCUENCA DONDE SE UBICA EL ESTERO EL SALADO.	15
ILUSTRACIÓN 22. MICROCUENCA DEL ESTERO Y SUS ESCURRIMIENTOS.	17
ILUSTRACIÓN 23. BOSQUE DE MANGLAR CON 103.44 HAS.	19
ILUSTRACIÓN 24. BOSQUE ESPINOSO CON 36.09 HAS.	20
ILUSTRACIÓN 25. PASTIZAL Y MARISMA CON 35.75 HAS.	21
ILUSTRACIÓN 26. VEGETACIÓN DE PASTIZAL, MARISMA Y MANGLAR.	22
ILUSTRACIÓN 27. ZONA DE MANGLAR PARTE INTERNA BÁSICAMENTE MANGLE ROJO (RHIZOPHORA MANGLE).	22
ILUSTRACIÓN 28. ZONAS DE MANGLAR PARTE EXTERNA BOSQUE DE MANGLE NEGRO (AVICENNIA GERMINANS) Y BLANCO (LAGUNCULARIA RACEMOSA).	22
ILUSTRACIÓN 29. VEGETACIÓN DE MANGLAR Y DE BOSQUE ESPINOSO.	23
ILUSTRACIÓN 30. VEGETACIÓN DE PASTIZAL Y MANGLAR.	23
ILUSTRACIÓN 31. ZONAS DE PASTIZAL.	24
ILUSTRACIÓN 32. VEGETACIÓN DE BOSQUE ESPINOSO CON ELEMENTOS DE SELVA SUBCADUCIFOLIA.	24
ILUSTRACIÓN 33. ZONAS DE SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA.	24
ILUSTRACIÓN 34. TIPOS DE VEGETACIÓN DENTRO DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA.	25
ILUSTRACIÓN 35. TIPOS DE VEGETACIÓN DENTRO DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA.	33
ILUSTRACIÓN 36. ZONA A MUESTRAS PARA ESTUDIO DE FAUNA CON BASE EN SU VEGETACIÓN.	34
ILUSTRACIÓN 37. UBICACIÓN DE LAS ZONAS MUESTREADAS.	37
ILUSTRACIÓN 38. RELACIÓN DEL ÍNDICE DE SHANNON Y LA H CALCULADA (HMÁX).	48
ILUSTRACIÓN 39. UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE CONCENTRACIÓN DE NIDOS DETECTADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO.	52
ILUSTRACIÓN 40. ACTIVIDADES DE ANIDACIÓN DE ALGUNAS ESPECIES DE AVES AVISTADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO.	53
ILUSTRACIÓN 41. MAREAS DEL MES DE MARZO CON ALTITUDES DE MAREA ALTA Y BAJA, ASÍ COMO VIVAS Y MUERTAS.	55
ILUSTRACIÓN 42. TABLA DE MAREAS MOSTRÁNDOSE EL TIEMPO DEL VERTIMIENTO.	56
ILUSTRACIÓN 43. TIEMPOS DE MAREAS VIVAS Y MUERTAS EN RELACIÓN A LAS FASES LUNARES.	56
ILUSTRACIÓN 44. VARIACIÓN DE POTENCIAL DE HIDRÓGENO DESDE EL MOMENTO DEL VERTIMIENTO HASTA 120 DÍAS POSTERIORES.	64
ILUSTRACIÓN 45. VARIACIÓN DE CONDUCTIVIDAD DESDE EL MOMENTO DEL VERTIMIENTO HASTA 120 DÍAS POSTERIORES.	66
ILUSTRACIÓN 46. VARIACIÓN DEL OXÍGENO DISUELTOS DESDE EL MOMENTO DEL VERTIMIENTO HASTA 120 DÍAS POSTERIORES.	68
ILUSTRACIÓN 47. VARIACIÓN DE DQO DESDE EL MOMENTO DEL VERTIMIENTO HASTA 120 DÍAS POSTERIORES.	70
ILUSTRACIÓN 48. VARIACIÓN DE FOSFORO DESDE EL MOMENTO DEL VERTIMIENTO HASTA 120 DÍAS POSTERIORES.	71
ILUSTRACIÓN 49. VARIACIÓN DE NITRÓGENO AMONIAICAL DESDE EL MOMENTO DEL VERTIMIENTO HASTA 120 DÍAS POSTERIORES.	72

ILUSTRACIÓN 50. VARIACIÓN DE CLORURO DESDE EL MOMENTO DEL VERTIMIENTO HASTA 120 DÍAS POSTERIORES.	74
ILUSTRACIÓN 51. VARIACIÓN DE COLIFORMES DESDE EL MOMENTO DEL VERTIMIENTO HASTA 120 DÍAS POSTERIORES.	76
ILUSTRACIÓN 52. VARIACIÓN DE ENTEROCOCOS DESDE EL MOMENTO DEL VERTIMIENTO HASTA 120 DÍAS POSTERIORES.	77
ILUSTRACIÓN 53. VARIACIÓN DE CLORUROS DURANTE EL VERTIMIENTO DEL 05 AL 08 DE MARZO 2019.	80
ILUSTRACIÓN 54. VARIACIÓN DE DBO DURANTE EL VERTIMIENTO DEL 05 AL 08 DE MARZO 2019.	81
ILUSTRACIÓN 55. VARIACIÓN DE DQO DURANTE EL VERTIMIENTO DEL 05 AL 08 DE MARZO 2019.	82
ILUSTRACIÓN 56. VARIACIÓN DE FOSFORO TOTAL DURANTE EL VERTIMIENTO DEL 05 AL 08 DE MARZO 2019.	83
ILUSTRACIÓN 57. VARIACIÓN DE GRASAS Y ACEITES DURANTE EL VERTIMIENTO DEL 05 AL 08 DE MARZO 2019.	84
ILUSTRACIÓN 58. VARIACIÓN DE NITRÓGENO AMONIAICAL DURANTE EL VERTIMIENTO DEL 05 AL 08 DE MARZO 2019.	85
ILUSTRACIÓN 59. VARIACIÓN DE NITRÓGENO ORGÁNICO DURANTE EL VERTIMIENTO DEL 05 AL 08 DE MARZO 2019.	86
ILUSTRACIÓN 60. VARIACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL DURANTE EL VERTIMIENTO DEL 05 AL 08 DE MARZO 2019.	87
ILUSTRACIÓN 61. VARIACIÓN DE SAAM DURANTE EL VERTIMIENTO DEL 05 AL 08 DE MARZO 2019.	88
ILUSTRACIÓN 62. VARIACIÓN DE SÓLIDOS SEDIMENTABLES DURANTE EL VERTIMIENTO DEL 05 AL 08 DE MARZO 2019.	89
ILUSTRACIÓN 63. VARIACIÓN DE SULFATOS DURANTE EL VERTIMIENTO DEL 05 AL 08 DE MARZO 2019.	90
ILUSTRACIÓN 64. VARIACIÓN DE TURBIEDAD DURANTE EL VERTIMIENTO DEL 05 AL 08 DE MARZO 2019.	91
ILUSTRACIÓN 65. DETALLE DE LA LA DQO ENTRE EL CANAL Y PUESNTE DEL ESTERO DE LOS AÑOS 2017 Y 2019.	95
ILUSTRACIÓN 66. DQO HISTÓRICA EN MUESTRAS DE 2 AFLUENTES AL ESTERO (GUADALUPE Y MIRADOR) Y CANAL Y PUENTE ESTERO DEL AÑO 2013 AL 2019.	96
ILUSTRACIÓN 67. COLIFORMES FECALES HISTÓRICOS EN MUESTRAS DE 3 AFLUENTES AL ESTERO (RASTRO, VIRGEN Y CONTENTILLO) Y CANAL Y PUENTE ESTERO DEL AÑO 2013 AL 2019.	96
ILUSTRACIÓN 68. ANÁLISIS DEL MUESTREO HISTÓRICO REALIZADO POR SEAPAL (2013-2017).	97
ILUSTRACIÓN 69. ÁREA DE INUNDACIÓN DEL ANP.	105
ILUSTRACIÓN 70. RALENTIZACIÓN DEL AGUA.	106
ILUSTRACIÓN 71. ÁREA QUE FUNCIONA COMO FILTRO.	107
ILUSTRACIÓN 72. ÁREA DE MAYOR SEDIMENTACIÓN DENTRO DEL ANP.	107
ILUSTRACIÓN 73. SUPERFICIE DE DEPURACIÓN DE AGUA.	108
ILUSTRACIÓN 74. ÁREA NATURAL PROTEGIDA ESTERO EL SALADO.	110
ILUSTRACIÓN 75. ÁREAS DE INFLUENCIA COLINDANTES AL ANP EL SALADO.	117
ILUSTRACIÓN 76. IMAGEN ÁREA QUE SE CONSIDERA LA SUPERFICIE ORIGINAL DEL ESTERO PARA EL AÑO 1958.	120
ILUSTRACIÓN 77. FOTOGRAFÍAS DE LO QUE SE CONSIDERABA EL ÁREA DEL ESTERO EN 1966.	121
ILUSTRACIÓN 78. COMPARACIÓN DE LA BOCA DEL ESTERO 1966 - 2019.	122
ILUSTRACIÓN 79. ESTERO "EL SALADO" EN EL AÑO 2012.	123
ILUSTRACIÓN 80. VIVIENDAS CIRCUNDANTES AL ESTERO EL SALADO.	123
ILUSTRACIÓN 81. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO EN LA MANCHA URBANA Y AISLAMIENTO DE ZONAS SILVESTRES.	124
ILUSTRACIÓN 82. INGRESO DE LA CORRIENTE PRINCIPAL.	125
ILUSTRACIÓN 83. CANALES DE MAMPOSTERÍA PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES.	126
ILUSTRACIÓN 84. UBICACIÓN DE LA COLONIA DEMETRIO VALLEJO DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO.	126
ILUSTRACIÓN 85. INDICIOS DE LA PRESENCIA DE ANTIGUOS ASENTAMIENTOS IRREGULARES.	127
ILUSTRACIÓN 86. IMAGEN AÉREA DE LA LOCALIZACIÓN DE LA FOSA DE LIXIVIADOS (2019).	131
ILUSTRACIÓN 87. FOSA DE LIXIVIADOS EN EX VERTEDERO EL MAGISTERIO.	131
ILUSTRACIÓN 88. FOSA DE LIXIVIADOS EN EX VERTEDERO EL MAGISTERIO.	132
ILUSTRACIÓN 89. RESIDUOS SÓLIDOS PRESENTES EN EL EX VERTEDERO EL MAGISTERIO.	132
ILUSTRACIÓN 90. IMAGEN AÉREA DE LA LOCALIZACIÓN DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE TURBOSINA EN LAS INSTALACIONES ASA.	134
ILUSTRACIÓN 91. EVOLUCIÓN CRONOLÓGICA DEBIDO AL VERTIMIENTO DE TURBOSINA EN OCTUBRE DEL 2012.	135
ILUSTRACIÓN 92. AFECTACIÓN A LA FLORA DEBIDO AL VERTIMIENTO DE TURBOSINA EN OCTUBRE DEL 2012.	136
ILUSTRACIÓN 93. FOTOGRAFÍAS DEL DÍA DE LA CONTINGENCIA DE TURBOSINA.	136
ILUSTRACIÓN 94. ESCURRIMIENTOS QUE DRENAN AL ESTERO EL SALADO.	139
ILUSTRACIÓN 95. VERTIENTES DE SALIDAS DE ESCURRIMIENTOS, CUERPOS DE AGUA DEL DISTRITO 1.	140
ILUSTRACIÓN 96. CANAL TAMARINDOS Y ARROYO ZARCO.	141
ILUSTRACIÓN 97. CANAL TAMARINDO NO REVESTIDO A PARTIR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE LA COSTA.	142
ILUSTRACIÓN 98. CANAL PALMA AREKA.	143
ILUSTRACIÓN 99. CANAL AV. LAS PALMAS.	144

ILUSTRACIÓN 100. CANAL PALMA REAL.....	145
ILUSTRACIÓN 101. GASTO DE SALIDA AL ESTERO DE LOS CANALES Y ARROYOS DISTRITO 1	146

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. HISTOGRAMA DEL PROCESO ACCIDENTAL DE VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	7
TABLA 2. ANÁLISIS DE USOS DEL SUELO EN LA NANOCUENCA DEL ESTERO EL SALADO	16
TABLA 3. ESPECIES DE MANGLE QUE CONFORMAN EL BOSQUE DE MANGLAR.	19
TABLA 4. SUPERFICIES POR TIPOS DE VEGETACIÓN.	21
TABLA 5. LISTADO DE ESPECIES DENTRO DEL ANP	26
TABLA 6. LISTADO DE ESPECIES EN NORMA DENTRO DEL ANP.	31
TABLA 7. LISTA DE ESPECIES AFECTADAS POR VERTIMIENTO.	32
TABLA 8. RESUMEN DE LA DIVERSIDAD DE ESPECIES DE OCURRENCIA POTENCIAL EN LA ZONA DE ESTUDIO	37
TABLA 9. RESUMEN DE LA DIVERSIDAD DE ESPECIES REGISTRADAS.....	38
TABLA 10. ESPECIES DE FAUNA SILVESTRE REGISTRADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO CONSIDERADAS CON ALGUNA CATEGORÍA DE RIESGO EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010	39
TABLA 11. ESPECIES DE FAUNA SILVESTRE REGISTRADAS EN LA ZONA DE ESTUDIO LISTADAS EN ALGÚN APÉNDICE DE LA CITES	39
TABLA 12. ESPECIES REGISTRADAS CON ALGÚN TIPO DE ENDEMISMO	41
TABLA 13. LISTADO DE ESPECIES CON HÁBITOS MIGRATORIOS REGISTRADAS DURANTE LAS ACTIVIDADES DE MUESTREO EN LA ZONA DE ESTUDIO.	42
TABLA 14. ABUNDANCIA, SE CLASIFICA EN CINCO CATEGORÍAS	42
TABLA 15.- SOCIALIZACIÓN, SE REFIERE AL TIPO DE ORGANIZACIÓN SOCIAL DE LA ESPECIES.	42
TABLA 16.- ALIMENTACIÓN, SE ASIGNAN CATEGORÍAS DE ACUERDO AL TIPO DE ALIMENTO QUE CONSUMEN.	43
TABLA 17.- DISTRIBUCIÓN VERTICAL, SE BASA EN EL ESTRATO DE LA VEGETACIÓN DONDE SE DESARROLLAN LOS INDIVIDUOS DE LA ESPECIE.....	43
TABLA 18.- LISTADOS DE ESPECIES REGISTRADAS CONSIDERANDO CRITERIOS DE RIESGO Y DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA	44
TABLA 19. RESUMEN DE ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE FAUNA SILVESTRE EN EL ÁREA DE ESTUDIO	47
TABLA 20.- ÍNDICES DE DIVERSIDAD PARA LA ZONA DE MANGLAR INTERNO.....	48
TABLA 21. ÍNDICES DE DIVERSIDAD PARA LA ZONA DE MANGLAR EXTERNA.....	49
TABLA 22. ÍNDICES DE DIVERSIDAD PARA LA ZONA DE SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	49
TABLA 23. ÍNDICES DE DIVERSIDAD LA ZONA DE PASTIZAL.....	51
TABLA 24. PARÁMETROS Y SITIOS DE MUESTREO QUE CADA ENTIDAD LLEVÓ A CABO.....	58
TABLA 25. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS DE ACUERDO CON LA NOM-001-SEMARNAT-1996.....	60
TABLA 26. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA METALES PESADOS Y CIANUROS DE ACUERDO CON LA NOM-001-SEMARNAT-1996	61
TABLA 27. CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA LOS DÍAS DEL VERTIMIENTO EN EL ESTERO EL SALADO.	92
TABLA 28. COMPARATIVO DE PARÁMETROS ANALIZADOS ENTRE SEAPAL Y EL LABORATORIO ABC EL DÍA 14 DE MARZO DEL 2019	93
TABLA 29. RELACIÓN DE MUESTREOS REALIZADOS POR AÑO PARA LOS 11 PARÁMETROS EN 12 ESTACIONES POR SEAPAL	94
TABLA 30. NOMBRE DE LAS 12 ESTACIONES DE MUESTREO POR SEAPAL PARA LOS AÑOS 2013 A 2017.....	94
TABLA 31. NÚMERO DE ESPECIES DENTRO DEL ANP.....	108
TABLA 32. NÚMERO DE ESPECIES DE PECES QUE SE REPRODUCEN EN EL ANP.	109
TABLA 33. NÚMERO DE ESPECIES DE REPTILES QUE SE REPRODUCEN DENTRO DEL ANP.	109
TABLA 34. NÚMERO DE ESPECIES DE AVES QUE SE REPRODUCEN DENTRO DEL ANP	109
TABLA 35. SERVICIOS AMBIENTALES PRODUCIDOS POR LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS COSTEROS, ORDENADOS SEGÚN SU VALOR.	111
TABLA 36. ESCALA DE IMPORTANCIA DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	112
TABLA 37. VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	112
TABLA 38. PROBLEMAS IDENTIFICADOS A TRES ESCALAS ESPACIALES	115
TABLA 39. ESTABLECIMIENTOS PRESENTES EN LA MICROCUENCA DEL ESTERO EL SALADO Y TIPO DE MATERIAL QUE MANEJAN.	118
TABLA 40. ESPECIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA MATERIA EN EL QUE SE ENCUENTRAN LOS AGENTES CONTAMINANTES DE LOS DISTINTOS ESTABLECIMIENTOS.....	119
TABLA 41. COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE LOS LIXIVIADOS DE RELLENOS SANITARIOS (GIRALDO, 1997)	128
TABLA 42. PROBLEMAS PRODUCIDOS POR LA PRESENCIA DE LIXIVIADOS EN LAS AGUAS, PARÁMETROS AFECTADOS Y EFECTOS QUE CAUSAN.....	133
TABLA 43. ECOTOXICIDAD DE TURBOSINA.....	134
TABLA 44. ACTIVIDADES AGRÍCOLAS E IMPACTOS EN LA CONTAMINACIÓN.....	137

TABLA 45. TABLA DE GASTO DE DISEÑO DE LA CUENCA ARROYO ZARCO	141
TABLA 46. TABLA DE GASTO DE DISEÑO DEL CANAL TAMARINDOS	142
TABLA 47. TABLA DE GASTO DE DISEÑO DEL CANAL MOJONERAS.....	143
TABLA 48. TABLA DE GASTO DE DISEÑO CANAL AV. PALMA REAL.....	145
TABLA 49. TABLA DE GASTO DE DISEÑO CANAL PALMA REAL.....	145
TABLA 50. CARACTERISTICAS DE LOS ESCURRIMIENTOS DE LA VERTIENTE 3 DEL DISTRITO 1.....	147
TABLA 51. ACCIONES DE SOLUCIÓN A PROBLEMAS IDENTIFICADOS.....	149
TABLA 52. RECOMENDACIÓN DE ACCIONES POR ENTIDAD	152
TABLA 53. GATOS ECONÓMICO HISTÓRICO DEL SEAPAL.....	155

I. Introducción

La presente evaluación es un documento técnico de carácter interdisciplinario, cuyo fin es realizar la Evaluación Ambiental y caracterización que determine los alcances y la magnitud de la afectación, así como la propuesta y programa de ejecución de las acciones que se deberán realizar para remediar y/o restaurar las condiciones ecológicas dentro del Área Natural Protegida (ANP) "El Salado", incluyendo medidas de mitigación y compensación de los posibles daños debido a la contingencia que consistió en el vertimiento accidental de aguas negras por un lapso de 70 horas al Estero el Salado donde existe un sistema estuarino tipo manglar de carácter urbano con poblaciones abundantes de mangle y relictos de selva mediana subcaducifolia.

II. Ubicación del Área Natural Protegida "El Salado"

El estero "El Salado" se localiza sobre la planicie costera del Pacífico en el punto de unión entre dos zonas de contacto: la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre del Sur. La planicie configura lo que se denomina Bahía de Banderas. El estero se desarrolla sobre el delta del río Ameca. Políticamente se encuentra ubicado en el estado de Jalisco, en el municipio de Puerto Vallarta. Se considera un estero urbano, ya que está rodeado completamente por la mancha urbana del puerto. Se conecta al océano por una boca permanente que fue modificada durante los años sesenta y ochenta para la conformación de la dársena portuaria y la marina de yates. Geográficamente se localiza entre los paralelos 20° 39' 21" y 20° 41' 37" de latitud Norte y los meridianos 105° 13' 34" y 105° 15' 51" de longitud Oeste (*Ilustración 1. Ubicación del área de afectación.*).



Ilustración 1. Ubicación del área de afectación.

Evaluación ambiental y caracterización de posible afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada de la ruptura del colector centro norte en su línea de impulsión de 48"

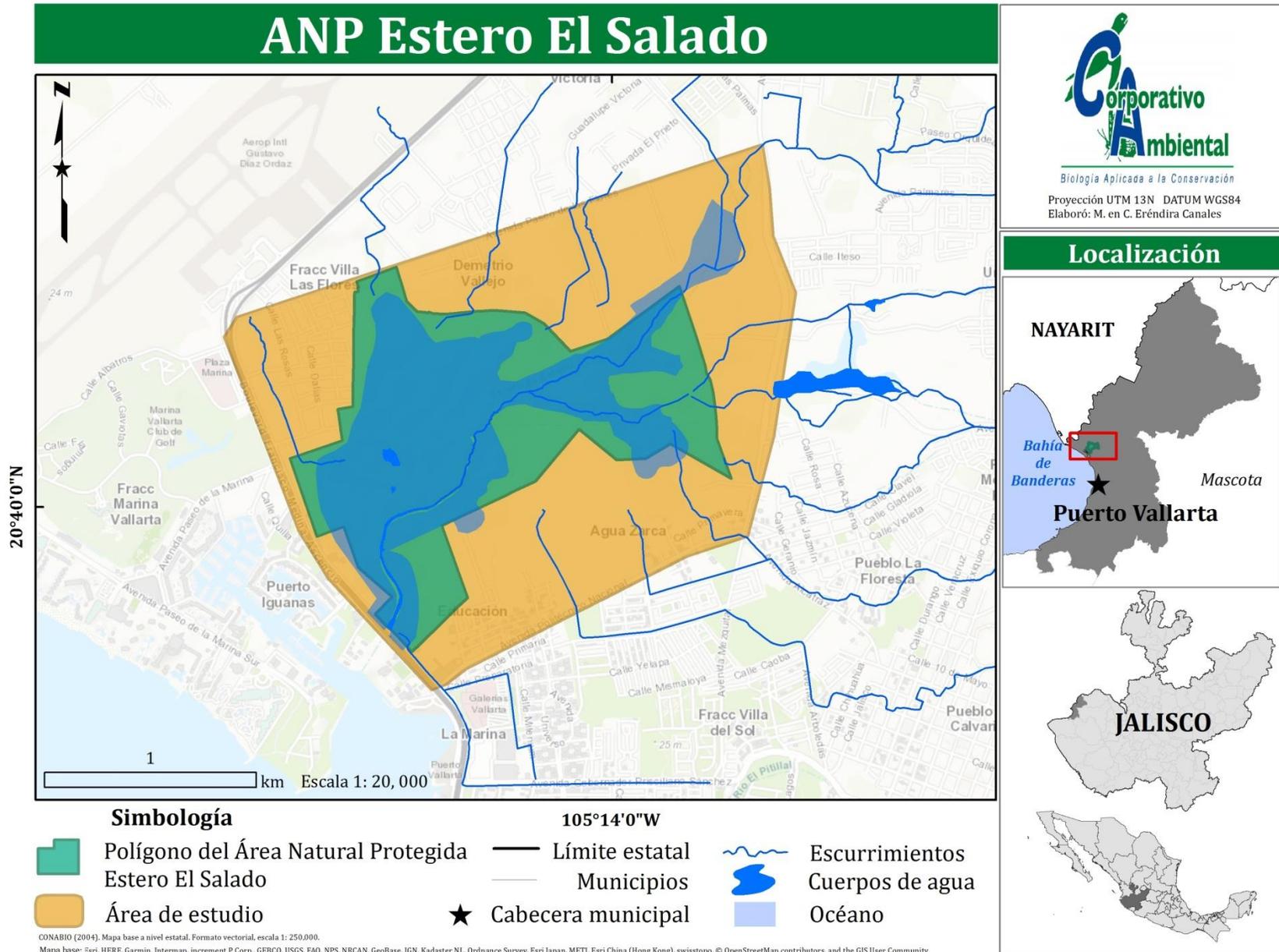


Ilustración 2. Polígono del Área Natural Protegida Estero El Salado.

III. Contingencia

Sitio de colapso de la tubería

El día 4 de marzo del 2109 a las 02:00 horas se suscitó el vertimiento de la línea presurizada de 48" de conducción de aguas residuales que impulsa el cárcamo de bombeo ubicado en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Norte I (que recibe dichas aguas residuales del Colector Centro-Norte) a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Norte II. El vertimiento se suscitó en el cruce de Av. Las Palmas con Av. México en las Mojonera. La planta se encuentra ubicada al Noreste del Área Natural Protegida (ANP) Estero El Salado, a una distancia de 835 m en línea recta.



Ilustración 3. Ubicación de sitio de colapso y del Área Natural Protegida

Trayecto de material derramado

Durante el tiempo que las bombas permanecieron prendidas, la fuga de aguas negras fue de manera superficial, iniciando por la calle las Palmas de la colonia Parque Las Palmas; el vertimiento por gravedad llegó al canal de aguas superficiales "San Carlos" que colinda con la calle Palma Areka para continuar colindante a la calle Palma Real, este canal se comunica directamente con el ANP Estero El Salado. Las aguas negras se desplazaron una distancia de 1,685 metros para llegar al ANP Estero El Salado y a su vez, se afectó una distancia de 2,465 metros dentro del ANP hasta su salida a la dársena portuaria.

Evaluación ambiental y caracterización de posible afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada de la ruptura del colector centro norte en su línea de impulsión de 48"



Ilustración 4. Trayecto de la descarga



Ilustración 5. Fotografía aérea actual indicando las principales asociaciones vegetales, y en perspectiva el alcance de la afectación por el vertimiento en términos de superficie y ubicación (Elaborado a partir de fotografía proporcionada por Jaime Torres Guerrero)



Ilustración 6. Aspectos del vertimiento previo al ingreso al estero de El Salado
(Fotos Jaime Torres Guerrero)

Una vez que las bombas de impulsión fueron apagadas, la fuga en la vialidad terminó, mas las aguas residuales proveniente de la ciudad a través del colector Centro-Norte comenzaron a llenar el cárcamo, lo que podía originar que el nivel de las aguas en el colector subiera y agua residual empezara a emerger en drenajes dentro de casas habitación en las inmediaciones. Por ello se desconectaron las bombas de la línea de impulsión, se les conectó una manguera y se decidió inundar de la planta de tratamiento Norte I, con ello se almaceno la primera agua en la planta hasta que esta se llenó y empezó a derramar al canal con dirección al Estero El Salado.

Como ya se hizo mención, **de manera natural por las pendientes y sentido de los escurrimientos en las vialidades, arroyos y canales de la zona, los escurrimientos superficiales drenan hacia el Estero El Salado** (Ilustración 7. Diagrama de escurrimientos superficiales), motivo por el cual se vertieron aguas negras al Estero por un lapso de 70 horas, debido a que una de las medidas que se tomaron fue la construcción de un bordo de contención en el canal principal de acceso al estero, permitiendo contener e inundar de manera temporal una superficie total aproximada de 10.2 hectáreas en tres vasos reguladores que incluían las instalaciones de PTAR Norte I, el canal pluvial conocido como San Carlos y una propiedad privada de uso agrícola. Durante este tiempo inicio la reparación del daño. Esta acción permitió que solo el 39.73% (120,852 m³) del volumen total vertido pasara por el Estero hacia el mar y evitando mayores escurrimientos de agua residual al mismo, reduciendo de igual manera los riesgos a la población y el medio ambiente (Ilustración 8. Inundación de la PTAR Norte I).

Evaluación ambiental y caracterización de posible afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada de la ruptura del colector centro norte en su línea de impulsión de 48"



Ilustración 7. Diagrama de escurrimientos superficiales



Ilustración 8. Inundación de la PTAR Norte I

Una vez que inicio operaciones la línea de impulsión, el agua residual contenida en las 10.2 has fue regresada mediante varias estaciones de bombeo al cárcamo Norte I y consecuentemente a la PTAR Norte II para su tratamiento y disposición final.



Ilustración 9. Bombeo de agua residual contenida en parcela agrícola y en la PTAR Norte I.

Tabla 1. Histograma del proceso accidental de vertimiento de aguas residuales

HISTOGRAMA DEL PROCESO ACCIDENTAL DE VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR RUPTURA DE TUBERIA DE IMPULSION											
MES:	MARZO										
DIA:	LUNES 4	MARTES 5	MIERCOLES 6	JUEVES 7	VIERNES 8	SABADO 9	DOMINGO 10	LUNES 11	MARTES 12	MIERCOLES 13	JUEVES 14
HORA:	02:00 HRS	-	-	00:00 HRS	-	20:20 HRS					
ACTO:	RUPTURA DE TUBERIA	CONTENCION	CONTENCION	CONTENCION	CONTENCION	FIN DE LA FUGA	CONTENCION	CONTENCION	CONTENCION	CONTENCION	FIN DE CONTENCION
PROCESO:	FUGA AL ESTERO	INUNDACION VASO Y FUGA ESTERO	INUNDACION VASO Y FUGA ESTERO	INUNDACION VASO	INUNDACION VASO	INUNDACION VASO	VACIADO DE VASO REGULADOR	FIN DE VACIADO DE VASO			
HRS FUGA ESTERO:	22	24	24	0	0	0	70				
HRS INUNDACION VASO:	0	0	0	24	24	20	68				
VOLUMEN ESTIMADO AL ESTERO:	49,632.00	43,726.00	27,494.00	0.00	0.00	0.00	120,852.00	39.73%			
VOLUMEN A VASO REGULADOR:	0.00	8,365.00	21,587.00	54,625.00	51,668.00	47,113.00	183,358.00	60.27%			
	49,632.00	52,091.00	49,081.00	54,625.00	51,668.00	47,113.00	304,210.00				

Así mismo, durante la contingencia, las aguas negras ingresaron al Estero El Salado por el canal principal y se desplazaron por el mismo hacia el mar, afectando playas aledañas a la boca del estero, así como a la dársena de la Administración Portuaria Integral de Puerto Vallarta, obligando a las autoridades a cerrar dichas playas para su uso recreativo por dos días; así mismo, por efectos de la marea se extendieron por la cuenca mareal propia del estero, y debido a su diferencia en densidades y temperaturas, el agua negra se mantuvo en el estrato superficial del cuerpo de agua, ingresando por efectos de la marea la cuña salina bajo la capa de aguas negras.



Ilustración 10. Presencia de aguas negras en boca del estero el salado.



Ilustración 11. Presencia de aguas negras en dársena de la marina (efecto cuña).

Medidas implementadas dentro del ANP

Una vez recibida la información de la contingencia por parte del personal de SEAPAL, se procedió a realizar una valoración *in situ* de la contingencia en donde se originó el evento, así como al interior del estero para descartar de manera inmediata la presencia del contaminante. Posteriormente, se estableció comunicación con el Sistema de los Servicios de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Puerto Vallarta (SEAPAL Vallarta) para realizar muestreos y monitoreos en dos puntos al interior del estero de la calidad del agua, un monitoreo por la mañana y uno por la tarde. Así mismo, el personal del estero, también realizó muestreos al interior del estero, con el objeto de conocer los parámetros que se presentaron en diferentes horarios para conocer los parámetros del sitio y determinar el punto crítico del ecosistema y el umbral de sobrevivencia de los organismos acuáticos para la Comisión Estatal del Agua (CEA), los cuales fueron realizados en: Canal Estero, Puente Estero, Club de Yates, Salida tubería en Marina Vallarta e Influyente de la PTAR Norte I, logrando detectar que el momento crítico era durante la marea baja, realizando otro muestreo durante este horario; el punto crítico consiste en la acumulación de materia orgánica y al poco aporte de agua de mar que la diluya, generando una disminución del oxígeno disuelto en el agua.

El análisis de la información de los muestreos se presenta en los anexos 4 y 5 y en el capítulo 8.

Evaluación ambiental y caracterización de posible afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada de la ruptura del colector centro norte en su línea de impulsión de 48"



Ilustración 12. Puntos de muestreo realizados por SEAPAL

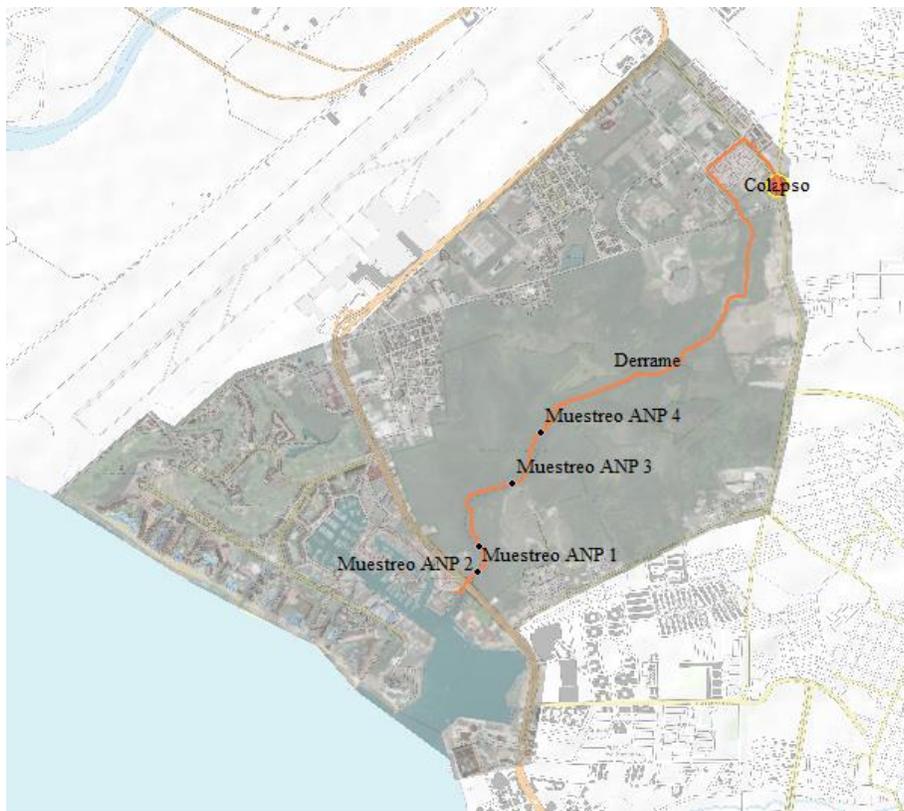


Ilustración 13. Puntos de muestreo realizados por el personal del ANP

No obstante, el ANP no cuenta con material ni equipo técnico para realizar los monitoreos de condiciones fisicoquímicas del agua del canal del estero, por lo cual se solicitó el equipo especializado a Asesoría Ambiental para determinar los siguientes parámetros:

- Oxígeno disuelto
- Potencial de hidrogeno
- Temperatura
- Salinidad
- Sólidos totales suspendidos

Siendo que, para conocer el avance de la pluma de aguas negras, se utilizó un dron profesional marca Phantom.



*Ilustración 14. Aspectos de la toma de muestras
(Fotos Jaime Torres Guerrero)*



Ilustración 15. Muestra de agua al interior del ANP Estero El Salado

En el primer día de los monitoreos se instruyó a la Comisión Estatal del Agua (CEA) incrementar el oxígeno disuelto en agua por medios mecánicos, la respuesta inmediata fue mediante una motobomba recircular el agua, para que por efecto mecánico incrementar el oxígeno, tomando el agua del estrato inferior reiterándola al cuerpo de agua y mediante turbulencia incrementar el nivel de oxígeno en el agua. Posteriormente se instalaron ocho aireadores de agua operados con energía solar (de un total de 10), los cuales recogen agua de bajo oxígeno en la parte inferior y la expone a la superficie para una oxigenación y distribución rápida; evitando así la muerte masiva de peces. Adicionalmente, se administró hipoclorito de sodio al 13% directamente al cuerpo de agua afectado.

Evaluación ambiental y caracterización de posible afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada de la ruptura del colector centro norte en su línea de impulsión de 48"



Ilustración 16. Aireación con motobomba
(Fotos Jaime Torres Guerrero)



Colocación de los aireadores durante la contingencia Aireador en funcionamiento a dos meses de la contingencia

Ilustración 17. Aireador en funcionamiento a dos meses de la contingencia
(Fotos Jaime Torres Guerrero)



Preparación de la solución de hipoclorito de sodio y vertido directo al cuerpo de agua afectado



*Efecto del vertimiento directo del hipoclorito, reaccionando con los contaminantes presentes en el agua
Ilustración 18. Aspectos de la cloración*

Para efectos de la fauna las actividades más relevantes fueron los recorridos por las áreas afectadas y el registro de eventos respecto de la fauna silvestre, estos recorridos se realizaron diariamente por más de dos ocasiones diarias y han sido constantes hasta la fecha del presente reporte, lo relevante de esto es que no se observó evidencia de daños a la fauna, no se encontró ningún organismo de fauna a excepción de 5 ejemplares de la especie *Diodon nicthemerus*, los cuales es común que mueran atrapados entre las raíces de los mangles al bajar la marea por lo que no puede ser atribuido a efectos de la contingencia.

Es de mencionar, que desde el primer momento del incidente se informó a las dependencias involucradas de los 3 niveles de gobierno con el fin de establecer una mesa de trabajo permanente que permitiera atender todos los frentes que una contingencia como esta conlleva y aun después de reparada la línea, esta mesa continuo para atender y dar seguimiento a las acciones de mitigación por el impacto ambiental al Estero El Salado, destacando de igual manera las siguientes actividades que se realizaron:

- Se inyectaron para remediación 3,000 m³ por día de agua tratada procedente PTAR Norte II a través de una línea de 12" en busca de lograr una dilución en relación al agua vertida, sobre todo por ser la temporada de estiaje.

Cabe destacar, que esta situación que se presentó ya contaba con otros precedentes, el último de los cuales ocurrió en la calle Uruguay de la colonias 5 de Diciembre y fue notificado mediante el oficio DG 983/2018 de fecha 19 de Julio de 2018 dirigido al subdirector General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento de la Comisión Nacional del Agua, y con copia al Director General de la Comisión Estatal del Agua, oficio que además solicitaba el apoyo de CONAGUA para la ejecución de tres proyectos estratégicos, considerados como indispensables para evitar futuros daños a la imagen, la ecología, la industria y la población en general, haciendo énfasis en el "Proyecto de rehabilitación integral del Colector Centro-Norte de Puerto Vallarta, Jalisco" toda vez que la tubería existente del colector ha traspasado el umbral de su vida útil, incrementando con el paso del tiempo el riesgo de futuras emergencias por colapsos y derrames de aguas residuales en la ciudad.

Fin de la contingencia

Durante la noche del sábado 9 de marzo se pudieron completar todas las maniobras necesarias para poner en funcionamiento de nueva cuenta la línea de conducción, prendiendo las bombas a las 8:20 pm del sábado 9 de marzo. No obstante, el monitoreo del estuario (por parte de SEAPAL) persistió por 119 días posteriores a la contingencia por parte de SEAPAL.

IV. Identificación del área afectada

Gracias a que se realizó el monitoreo puntual del estero durante el vertimiento y posterior a este, se logró estimar la ubicación y alcance del vertimiento cuantificando en términos de superficie la zona de afectación, ubicándose principalmente en el canal principal y la zona de mangle Rojo (*Rhizophora mangle*), tal y como se muestra a continuación.

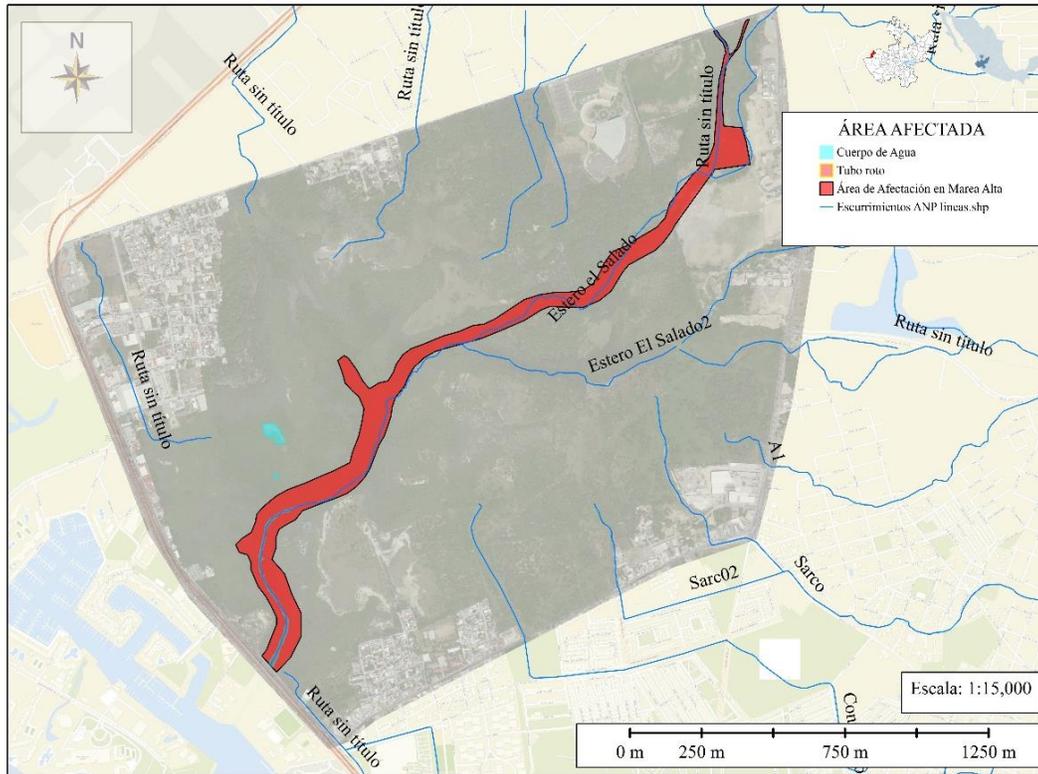


Ilustración 19. Área afectada por vertimiento de aguas negras.

Las aguas negras al ingresar al estero se distribuyeron por el canal principal y permanecieron allí durante varios días, despidiendo olores fétidos y color característico, temiendo con todo esto un daño a la flora y fauna silvestre. El área de afectación al interior del ANP corresponde a una superficie de 18.35 hectáreas, en la cual se distribuye principalmente vegetación de manglar (mangle rojo, mangle blanco) y vegetación de bosque espinoso. Al exterior se encuentra una superficie de afectación de 3.65 hectáreas. La superficie total de afectación a la flora silvestre fue de 22 hectáreas.



Ilustración 20. Aspecto del canal principal con las aguas negras vertidas en el estero
(Fotos Jaime Torres Guerrero)

V. Caracterización de la zona de estudio

El Área Natural Protegida estero El Salado, comprende una superficie de 168-96-59 ha, se encuentra dentro de la mancha urbana de Puerto Vallarta, Jalisco, el plan de manejo menciona que aproximadamente 125.60 hectáreas corresponden a vegetación de manglar y marismas; el resto se conforma por dos remanentes de selva mediana subcaducifolia bordeada por sucesiones de elementos de vegetación acuática y subacuática, bosque espinoso y vegetación secundaria. Sin embargo, es necesario hacer notar que si bien la superficie del ANP está definida en 168.96 ha según el decreto publicado en el periódico oficial del estado de Jalisco el 27 de julio del 2000, este polígono comprende una porción de un polígono o manzana delimitado al norte por la calle paseo de las Flores, al este por la Av. Estero el Salado, al sur por la calle politécnico nacional y al oeste por la Avenida Francisco Medina Ascencio, en total este polígono comprende una superficie de 407.30 ha de las cuales 92.84 ha son de uso urbano o comercial y 16.53 son terrenos de cultivo por lo que 298.04 ha son hábitat para la fauna silvestre, esto es 129.07 ha adicionales a las que marca el polígono del ANP Estero El Salado, por lo que considerando la movilidad de la fauna silvestre los estudios para efectos de determinar el daño a la fauna silvestre por el vertimiento de aguas negras suscitado, se extenderán más allá de los límites del ANP sobre zonas silvestres aledañas en donde entre las cuales no existe ningún tipo de barrera, y que en lo sucesivo se le denominara Área de estudio.

La nanocuenca en la que se encuentra el estero El Salado comprende cinco Distritos Urbanos:

- Distrito Urbano 1, Distrito Urbano 2, Distrito Urbano 3, Distrito Urbano 4 y Distrito Urbano 5a - 5b.

Por lo que de acuerdo con la información obtenida de los Planes Parciales de Urbanización se realizó un análisis de los usos de suelo en toda la nano cuenca del estero El Salado, donde se obtuvo que 47.56% corresponde a uso urbano, 29.31% a reserva urbana, 17.76% espacio verde 4.04% suelos agrícolas y 1.33% a infraestructura. De lo anterior se puede establecer que en la nanocuenca donde se encuentra el ANP si bien se cuenta con un gran porcentaje de conservación, un 48.89% ya cuenta con desarrollo habitacional, comercial y de infraestructura, siendo que un 29.31% está destinada a desarrollarse, por lo que en los próximos 20 años se espera que un 78.2% (2,765.64 has) tenga uso urbano, con sus consecuentes problemas. A la fecha la nanocuenca presenta problemas en términos de contaminación, aporte de sedimentos, falta de red de drenaje sanitario, vialidades pavimentadas, filtración de lixiviados al subsuelo, etc., es por ello que se debe poner un mayor énfasis en el cuidado ambiental ya que la tendencia al desarrollo que se presenta en la nanocuenca preestablece un riesgo en el deterioro del sistema estuario por su continua interacción con sus inmediaciones

urbanizadas, así como un aumento en el desabasto de servicios y por ende contaminación directa al sistema por diversas fuentes.

De igual manera la falta de conciencia y cuidado de instalaciones sanitarias en casas y fraccionamientos de la nanocuenca, establecen que durante las temporadas de lluvia el agua pluvial que es incorporada al sistema de drenaje sanitario hace que este se desborde en vialidades que a su vez llegan al estero, sin tener el conocimiento de estos volúmenes, podrían ser cantidades de aguas residuales similares al agua vertida durante la contingencia presentada en la presente evaluación.

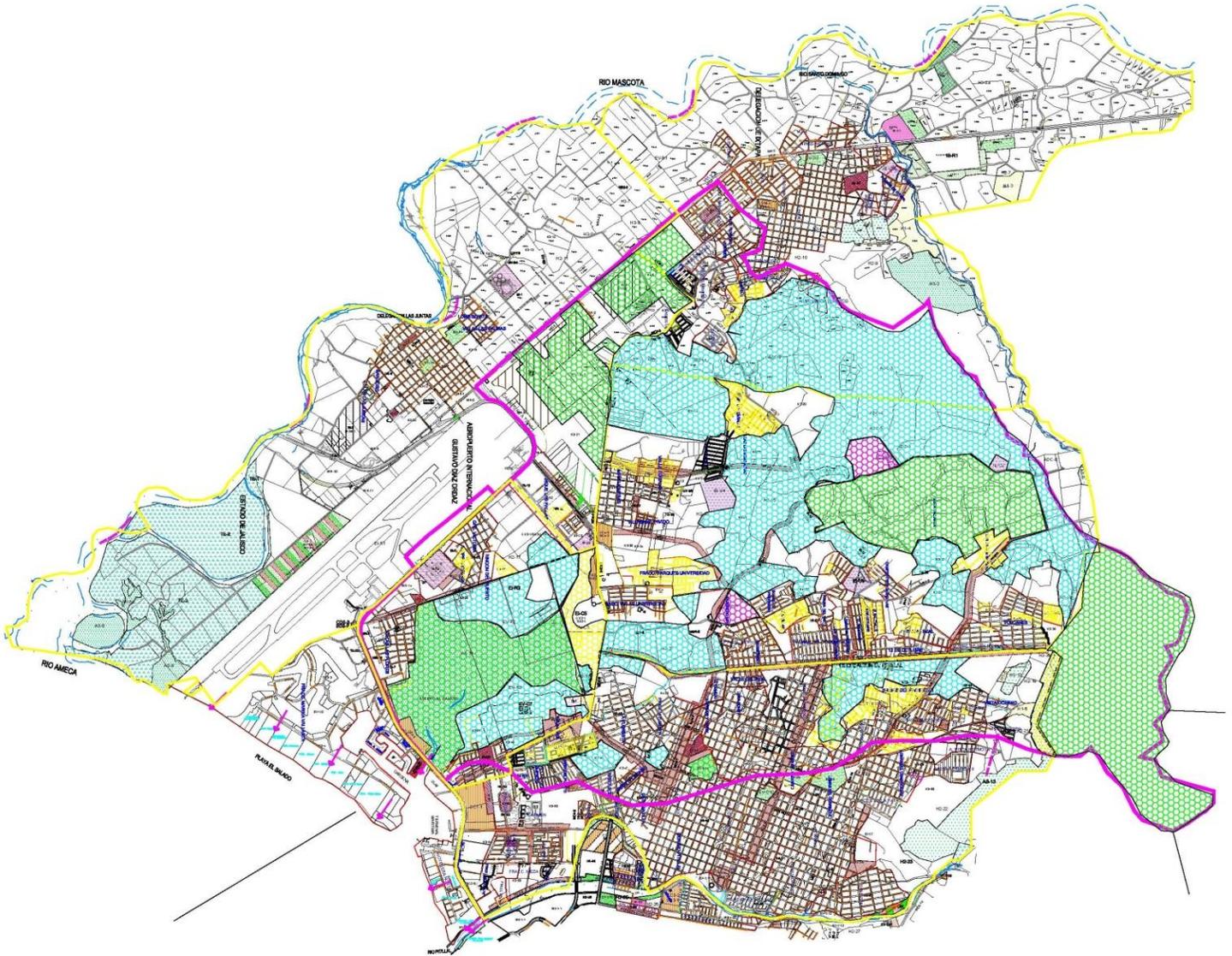


Ilustración 21. Usos de suelo de la nanocuenca donde se ubica el estero El Salado

Tabla 2. Análisis de usos del suelo en la nanocuenca del estero El Salado

ANÁLISIS DE USOS DEL SUELO EN LA NANOCUENCA DEL ESTERO EL SALADO						
		POLIGONO CUENCA:			3,536.55	
AREA	ESPACIO VERDE	INFRAESTRUCTURA	RESERVA URBANA	AGRICOLAS	URBANO	
ESTERO EL SALADO	169.37					
EV VISTA VALLARTA	110.00					
MONTAÑA FUERA DE CENTRO DE POBLACION	300.85					
MONTANA DENTRO CENTRO DE POBLACION	13.54					
EV-D11	6.20					
ZONA DE VERDE POLIGONON ESTERO	28.13					
RELLENO SAN NICOLAS		16.19				
RELLENO MAGISTERIOS		9.67				
TANQUES DE COMBUSTIBLES		9.28				
PANTEON VISTA VALLARTA		2.47				
PLANTA SEAPAL FIERRO Y MANGANESO		9.53				
TERRENOS DE RESERVA URBANA			1,036.62	142.82		
AREAS URBANAS					1,681.88	
	628.09	47.14	1,036.62	142.82	1,681.88	
	17.76%	1.33%	29.31%	4.04%	47.56%	
			3,536.55			

V.1. Fisiología y topografía

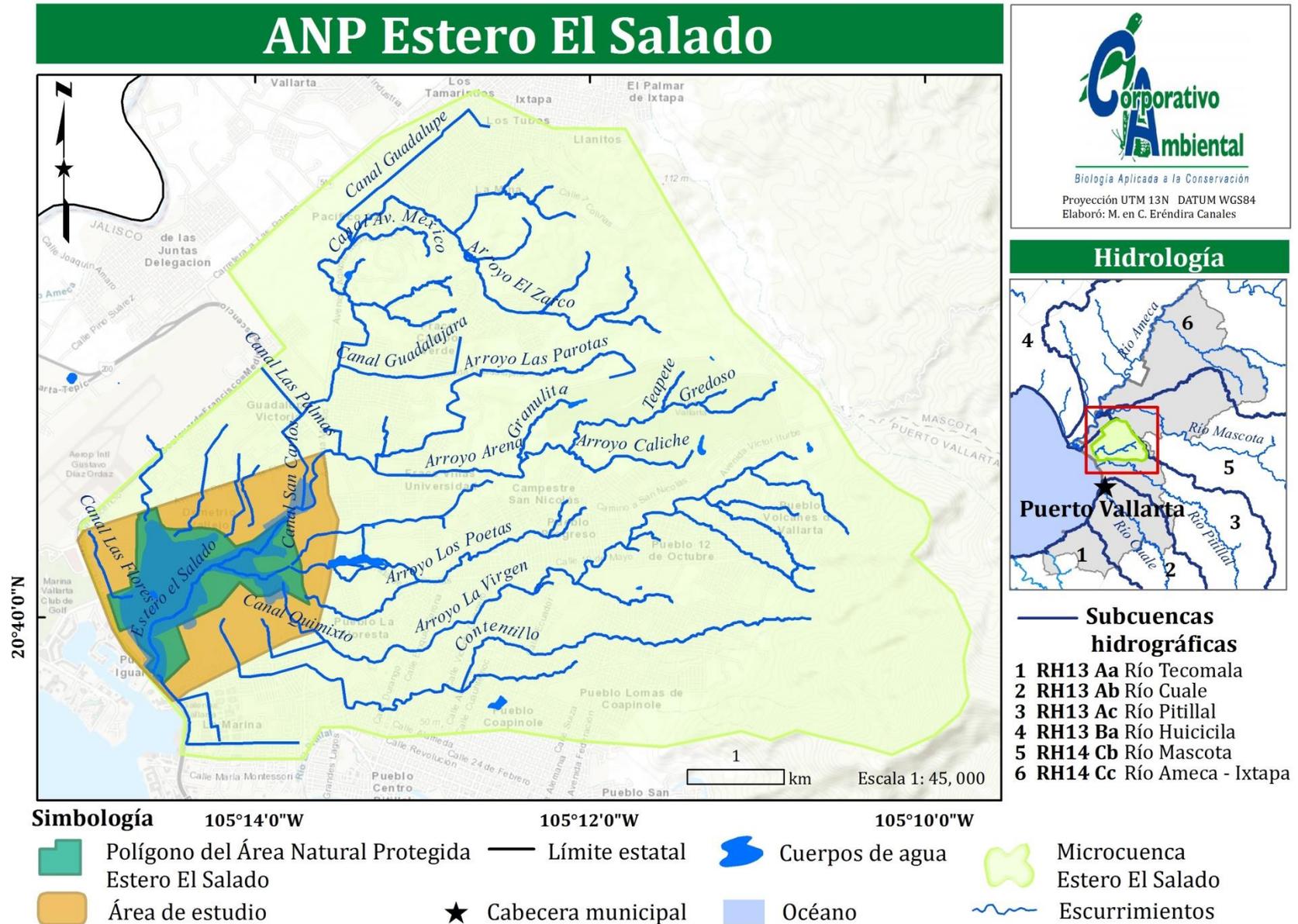
El estero "El Salado" se localiza sobre la planicie costera del Pacífico en el punto de unión entre dos cordilleras: la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre del Sur. La planicie configura lo que es Bahía de Banderas. Este cuerpo costero se localiza en la faceta terrestre denominada delta del río Ameca, que tiene una extensión total de 75 km², el cual está constituido de material de origen fluvial de composición mineralógica diversa. Topográficamente la planicie aluvial del delta presenta un relieve plano, cuya pendiente general es menor del 2%, siendo su altura mayor de 100 msnm y la menor de 5 msnm en la desembocadura del estero. La planicie se caracteriza por un micro relieve ondulado con pendientes menores del 3.0% (Plan de Manejo del ANP-ZCE "Estero el Salado", 2007).

V.2. Geología

La región del estero "El Salado", los materiales geológicos están conformados por arenas finas y muy finas de tipo cuarzo mezcladas con arcillas montmorilloníticas y caoliníticas (Plan de Manejo del ANP-ZCE "Estero el Salado", 2007).

V.3. Edafología

El delta del río Ameca, sobre el cual se encuentra el estero "El Salado", está conformado principalmente por sedimentos aluviales, residuales y litorales. El sustrato corresponde a dos unidades edafológicas. La primera se presenta en canal del estero y zona de manglar, siendo del tipo Solanchack gleyico (Zg), el cual posee altos contenidos de sodio (al menos en algunas de sus capas) por lo que no son aptos para la agricultura. El sustrato gleyico tiene una capa prácticamente saturada de agua estacional o permanente, normalmente no permite el crecimiento de raíces (excepto manglar), su saturación es menor al 15%. La segunda unidad edafológica, se presenta en las áreas marginales al manglar, la cual corresponde a Feozem háplico (Hh) como suelo predominante, cuyo horizonte es una capa superficial blanda de color oscuro rica en materia orgánica y nutrimentos. Además, se identifica al Fluviosol éutrico (Je) como suelo secundario, que presenta la característica de provenir de un material aluvial reciente con una fertilidad variable, textura limosa con retención de agua y nutrimentos y su drenaje interno es eficiente y de fácil manejo (Plan de Manejo del ANP-ZCE "Estero el Salado", 2007).



INEGI (2010). Red hidrográfica escala 1:50,000; Edición 2.0. Subcuencas hidrográficas: RH13 Aa, RH13 Ab, RH13 Ac, RH13 Ba, RH13 Bb, RH13 Bc, RH13 Cc. CONABIO (2004). Mapa base a nivel estatal. Formato vectorial, escala 1: 250,000. Mapa base: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

VI. Flora

VI.1. Tipos de vegetación dentro del ANP El Salado

De acuerdo al Plan de Manejo del ANP, para este cuerpo costero, se identifican cuatro tipos de vegetación: selva mediana subcaducifolia, manglar, marisma y vegetación acuática y subacuática. Además, se tienen sucesiones de estos elementos provocados por actividades antrópicas.

La selva mediana subcaducifolia está compuesta por 15 especies dominantes, pertenecientes a 8 familias. Tiene un área aproximada de 2 km², repartida en dos pequeños relictos localizados a extremos opuestos del estero (cerca de boca y en la cabeza). Como especies representativas sobresalen *Acrocomia mexicana*, *Orbygnia cohune*, *Pithecellobium lanceolatum* y tres especies de *Ficus*. El manglar, es el tipo de vegetación dominante de la región. Cubre una superficie de 103.44 hectáreas de la zona. Se presentan tres especies de mangle distribuidos de forma perpendicular al canal único del estero, con las siguientes superficies: *Rhizophora mangle*, 29.25 has; *Laguncularia racemosa*, 28.9 has y *Avicennia germinans*, 45.29 has (ver la siguiente Ilustración).

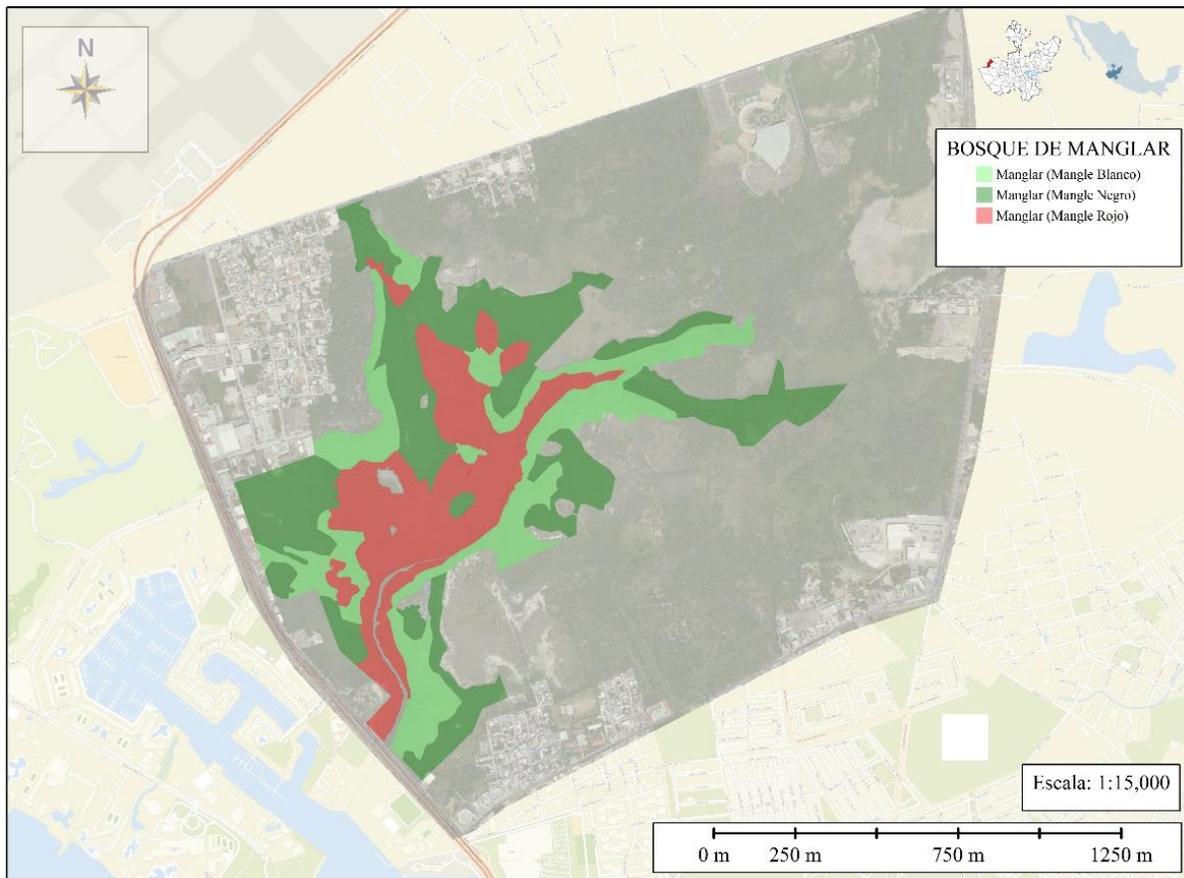


Ilustración 23. Bosque de manglar con 103.44 Has.

Tabla 3. Especies de mangle que conforman el bosque de manglar.

ESPECIE	SUPERFICIE	PORCENTAJE
<i>Rhizophora mangle</i>	29.25 has	30.21
<i>Laguncularia racemosa</i>	28.90 has	29.86
<i>Avicennia germinans</i>	45.29 has	46.25
TOTAL	103.44	100

Pithecellobium lanceolatum, *P. dulce*, *Acacia hindsii* y *A. micrantha*, son representantes del bosque espinoso, el cual forma un cinturón pespunteado en los límites del estero y los asentamientos humanos circunvecinos, que no sobrepasa los 0.5 km². Aunque, junto con la selva mediana subcaducifolia, dando una superficie de 36.09 Has (ver la siguiente Ilustración).

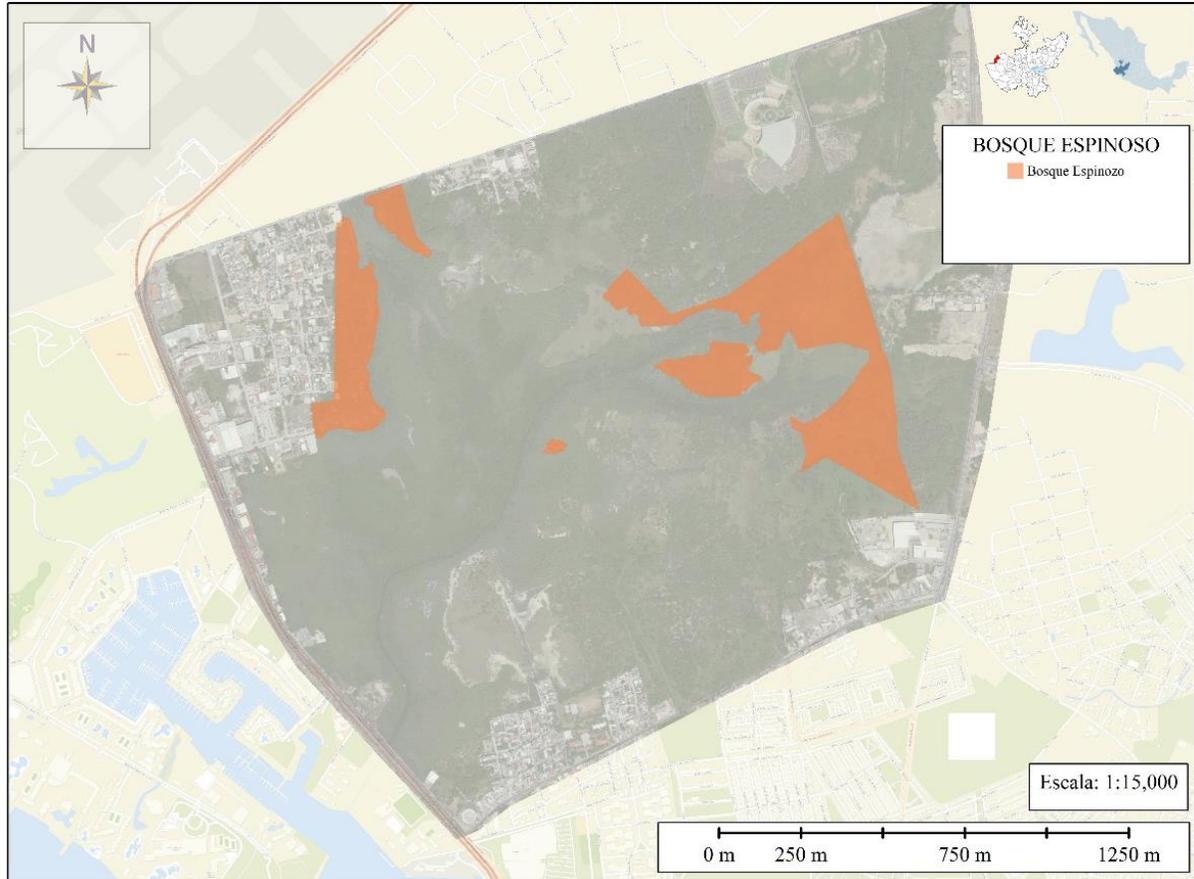


Ilustración 24. Bosque espinoso con 36.09 Has.

La marisma o pastizal, bordea la zona de manglar y posee un área aproximada de 35.75 ha y sus principales especies son *Sporobolus splendens* y *Batis maritima*, las que están ampliamente distribuidas. Se presentan otras 4 especies y un género característico del lugar. Estos terrenos tienen la particularidad de inundarse por efecto de las mareas y durante la época de lluvias, formándose arroyos que fluyen hacia el canal principal del estero. La marisma presenta una superficie de 2.49 Has, y el pastizal con 33.26 Has (ver la siguiente Ilustración).

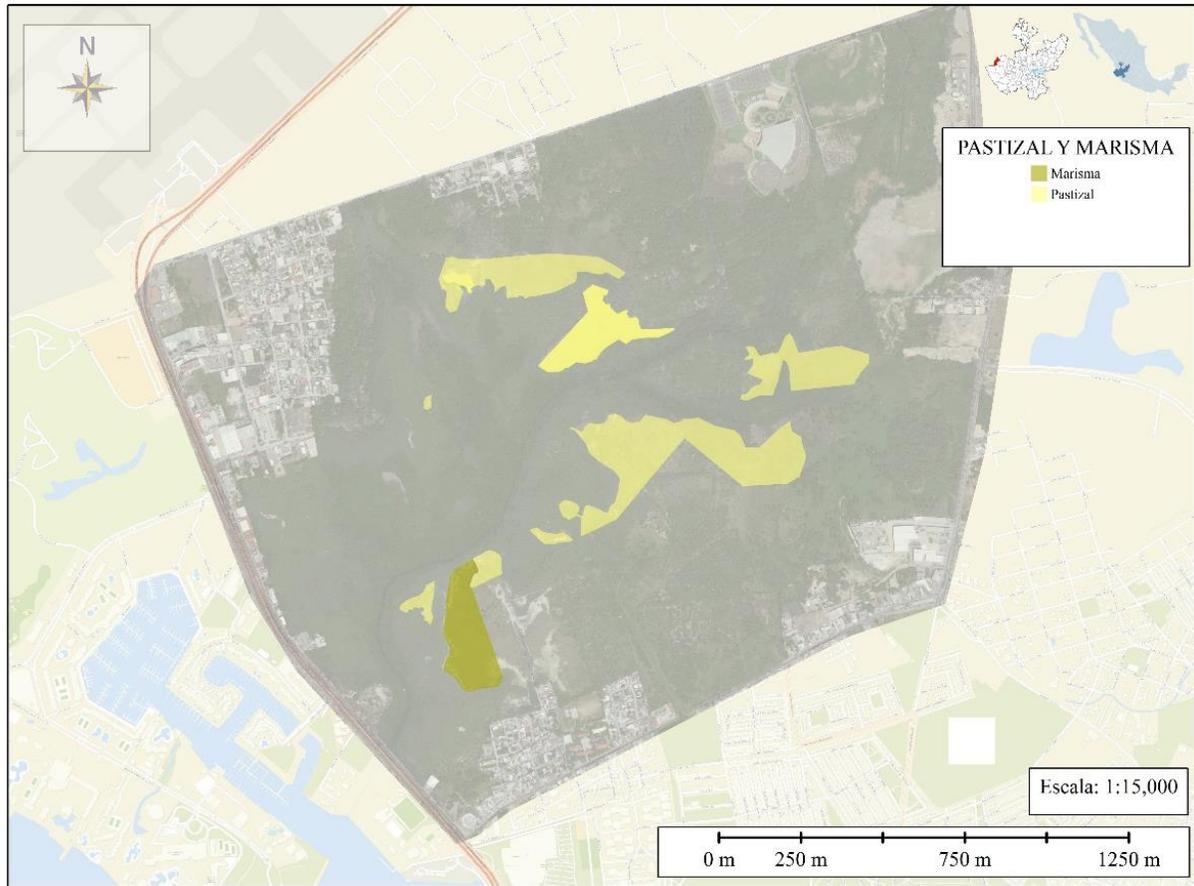


Ilustración 25. Pastizal y marisma con 35.75 Has.

La vegetación acuática y subacuática, comprende 15 especies y un género, distribuidos principalmente a la orilla del espejo de agua cercano a la cabeza del estero, así como a pequeños hoyos de antiguas ladrilleras en la zona. Mejor representados están *Thypa domingensis*, *Pistia statiotes* y *Salix humboldtiana*, características del tular, popal y bosque de galería. Además, se observan grandes fracciones dominadas por *Mimosa pigra*. Estos espacios no superan los 0.4 km².

Los tipos de vegetación se verificaron a través de fotografías satelitales, aéreas tomadas con dron y visitas a campo, se determinaron los 4 tipos de vegetación más importantes (ver las siguientes Ilustraciones). La vegetación identificada corresponde únicamente a la encontrada al interior del ANP.

Tabla 4. Superficies por tipos de vegetación.

TIPO DE VEGETACIÓN	SUPERFICIE	PORCENTAJE
Manglar	103.44	61.22159
Vegetación Espinosa	35.53	36.12186
Marisma	4.41	2.610085
Pastizal	25.58	15.13968
Total	168.69	100

Evaluación ambiental y caracterización de posible afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada de la ruptura del colector centro norte en su línea de impulsión de 48"



Ilustración 26. Vegetación de pastizal, marisma y manglar.



Ilustración 27. Zona de manglar parte Interna básicamente mangle rojo (Rhizophora mangle)



Ilustración 28. Zonas de manglar parte externa bosque de mangle Negro (Avicennia germinans) y Blanco (Laguncularia racemosa)

Evaluación ambiental y caracterización de posible afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada de la ruptura del colector centro norte en su línea de impulsión de 48"



Ilustración 29. Vegetación de manglar y de bosque espinoso.



Ilustración 30. Vegetación de pastizal y manglar.

Evaluación ambiental y caracterización de posible afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada de la ruptura del colector centro norte en su línea de impulsión de 48"



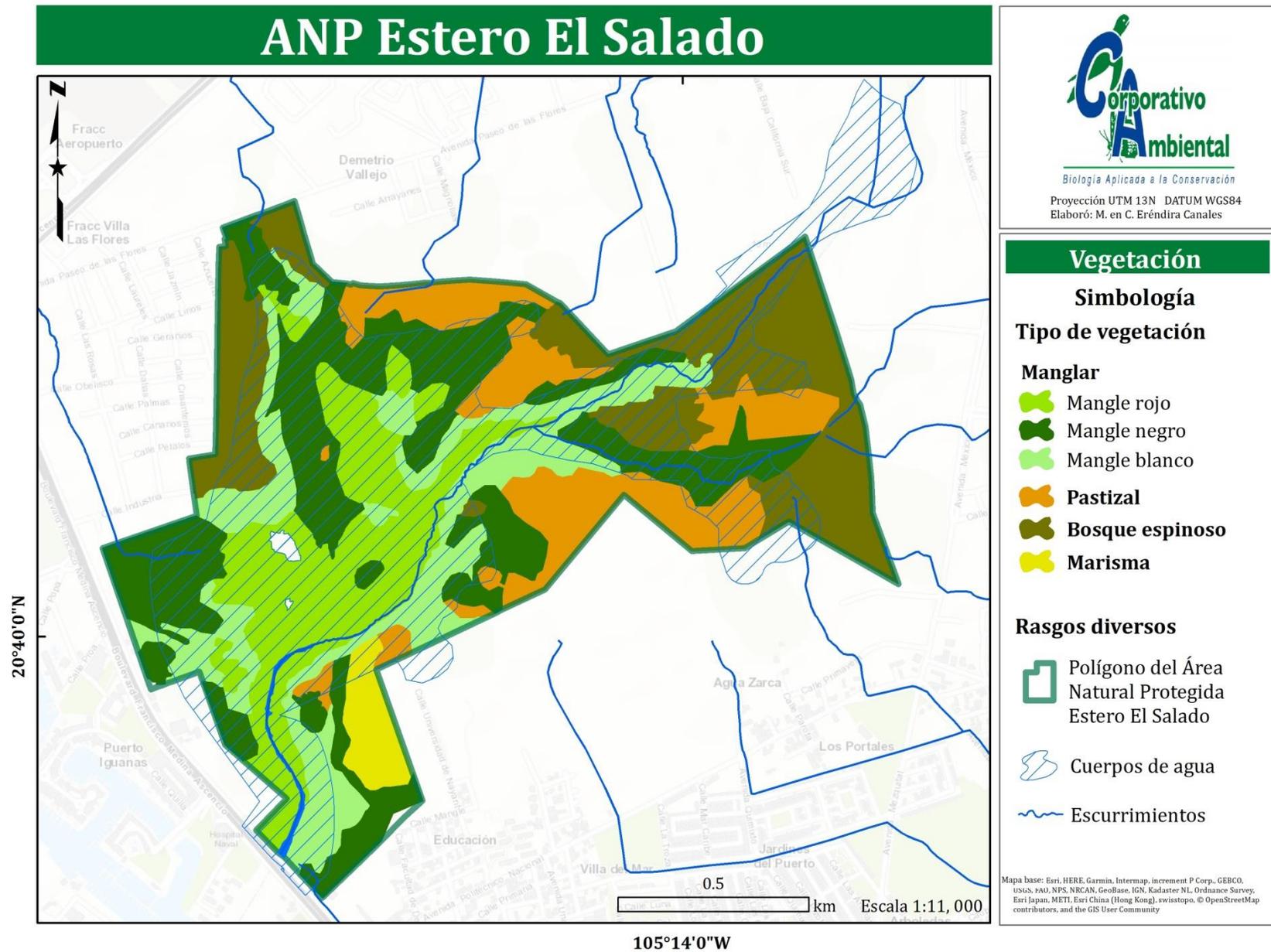
Ilustración 31. Zonas de pastizal



Ilustración 32. Vegetación de bosque espinoso con elementos de selva subcaducifolia.



Ilustración 33. Zonas de selva mediana subcaducifolia



105°14'0"W

Ilustración 34. Tipos de vegetación dentro del Área Natural Protegida

VI.2. Especies presentes dentro del ANP "El Salado"

A continuación, se presenta una tabla que contiene las especies de flora presentes al interior del Área Natural Protegida Estero EL Salado.

Tabla 5. Listado de especies dentro del ANP

Clase	Familia	Especie	NOM-059
Lycopodiopsida	Selaginellaceae	<i>Selaginella pallescens</i>	
Pteridopsida	Pteridaceae	<i>Adiantum andicola</i>	
Magnoliopsida	Acanthaceae	<i>Avicennia germinans</i>	Amenazada
		<i>Blechum brownei</i>	
		<i>Henrya insularis</i>	
		<i>Dicliptera resupinata</i>	
	Aizoaceae	<i>Trianthema portulacastrum</i>	
		<i>Aloe sp.</i>	
	Amaranthaceae	<i>Amaranthus polygonoides</i>	
		<i>Gomphrena nitida</i>	
		<i>Lagrezia monosperma</i>	
	Anacardiaceae	<i>Pistacia mexicana</i>	
	Annonaceae	<i>Annona glabra</i>	
	Apocynaceae	<i>Asclepias curassavica</i>	
		<i>Aristolochia odoratissima</i>	
	Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i>	
		<i>Baccharis trinervis</i>	
		<i>Bidens reptans</i>	
		<i>Chloracantha spinosa</i>	
		<i>Elephantopus mollis</i>	
		<i>Erechtites hieraciifolius</i>	
		<i>Melampodium divaricatum</i>	
		<i>Melampodium tenellum</i>	
		<i>Melanthera nivea</i>	
		<i>Mikania micrantha</i>	
		<i>Neurolaena lobata</i>	
		<i>Pseudoconyza viscosa</i>	
		<i>Xanthium strumarium</i>	
		<i>Zinnia maritima</i>	
	Bataceae	<i>Batis maritima</i>	
	Bignoniaceae	<i>Pithecoctenium crucigerum</i>	
		<i>Spathodea campanulata</i>	
		<i>Tabebuia donnell-smithii</i>	
		<i>Tabebuia rosea</i>	
	Bixaceae	<i>Bixa orellana</i>	

Boraginaceae	<i>Cordia spinescens</i>	
	<i>Heliotropium curassavicum</i>	
	<i>Heliotropium indicum</i>	
	<i>Tournefortia volubilis</i>	
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	
Cactaceae	<i>Acantocereus occidentalis</i>	
	<i>Hylocereus purpusii</i>	
Cannabaceae	<i>Capparis flexuosa</i>	
	<i>Crataeva tapia</i>	
	<i>Quadrella incana</i>	
Chrysobalanaceae	<i>Couepia polyandra</i>	
Combretaceae	<i>Combretum laxum</i>	
	<i>Laguncularia racemosa</i>	Amenazada
	<i>Terminalia catappa</i>	
Convolvulaceae	<i>Ipomea alba</i>	
	<i>Ipomea bracteata</i>	
	<i>Ipomea neei</i>	
	<i>Ipomea purpurea</i>	
	<i>Jacquemontia pentanthos</i>	
	<i>Merremia umbellata</i>	
Cucurbitaceae	<i>Cayaponia attenuata</i>	
	<i>Luffa operculata</i>	
	<i>Momordica charantia</i>	
	<i>Melothria pendula</i>	
Euphorbiaceae	<i>Acalypha alopecuroides</i>	
	<i>Acalypha cincta</i>	
	<i>Croton lobatus</i>	
	<i>Dalechampia scandens</i>	
	<i>Euphorbia heterophylla</i>	
	<i>Euphorbia hirta</i>	
	<i>Euphorbia hyssopifolia</i>	
	<i>Euphorbia nutans</i>	
	<i>Manihot esculenta</i>	
	<i>Ricinus communis</i>	
<i>Sapium pedicellatum</i>		
Fabaceae	<i>Acacia farnesiana</i>	
	<i>Acacia hindsii</i>	
	<i>Acacia macracantha</i>	
	<i>Aeschynomene americana</i>	
	<i>Calliandra emarginata</i>	

	<i>Calopogonium sagittatum</i>
	<i>Crotalaria cajanifolia</i>
	<i>Delonix regia</i>
	<i>Desmodium angustifolium</i>
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>
	<i>Gliricidia sepium</i>
	<i>Inga eriocarpa</i>
	<i>Leucaena lanceolata</i>
	<i>Lysiloma microphyllum</i>
	<i>Mimosa pigra</i>
	<i>Neptunia plena</i>
	<i>Pithecellobium lanceolatum</i>
	<i>Prosopis juliflora</i>
	<i>Prosopis laevigata</i>
	<i>Senna alata</i>
	<i>Sesbania herbacea</i>
	<i>Tamarindus indica</i>
	<i>Vigna vexillata</i>
Hydrolaceae	<i>Hydrolea spinosa</i>
Lauraceae	<i>Nectandra glabrescens</i>
Loranthaceae	<i>Psittacanthus calyculatus</i>
	<i>Struthanthus interruptus</i>
Malvaceae	<i>Byttneria aculeata</i>
	<i>Corchorus hirtus</i>
	<i>Guazama ulmifolia</i>
	<i>Helicteres guazumifolia</i>
	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>
	<i>Sida rhombifolia</i>
	<i>Sida acuta</i>
	<i>Triumfetta brevipes</i>
	<i>Waltheria indica</i>
	<i>Martynia annua</i>
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>
	<i>Trichilia trifolia</i>
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>
	<i>Ficus citrifolia</i>
	<i>Ficus insipida</i>
	<i>Ficus maxima</i>
	<i>Ficus obtusifolia</i>
	<i>Ficus padifolia</i>

Muntingiaceae	<i>Muntingia calabura</i>	
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	
	<i>Psidium sartorianum</i>	
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea speciosa</i>	
	<i>Commicarpus scandens</i>	
	<i>Pisonia aculeata</i>	
Oleaceae	<i>Fraxinus uhdei</i>	
Onagraceae	<i>Ludwigia octovalvis</i>	
	<i>Ludwigia peploides</i>	
	<i>Oenothera sp.</i>	
Papaveraceae	<i>Argemone ochroleuca</i>	
Passifloraceae	<i>Passiflora filipes</i>	
	<i>Passiflora foetida</i>	
	<i>Passiflora ciliata</i>	
	<i>Passiflora coriacea</i>	
Turneraceae	<i>Turnera ulmifolia</i>	
Phytolaccaceae	<i>Petiveria alliacea</i>	
	<i>Trichostigma octandrum</i>	
Piperaceae	<i>Piper tuberculatum</i>	
	<i>Piper rosei</i>	
	<i>Piper jaliscanum</i>	
Polygonaceae	<i>Antigonon leptopus</i>	
	<i>Coccoloba barbadensis</i>	
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i>	
Rhamnaceae	<i>Colubrina triflora</i>	
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	Amenazada
Rubiaceae	<i>Randia tetraantha</i>	
Rutaceae	<i>Citrus x limon</i>	
Salicaceae	<i>Casearia arguta</i>	
	<i>Casearia corymbosa</i>	
	<i>Salix humboldtiana</i>	
	<i>Xylosma flexuosa</i>	
Sapindaceae	<i>Paullinia fuscescens</i>	
	<i>Serjania mexicana</i>	
	<i>Serjania triquetra</i>	
Solanaceae	<i>Lycianthes lenta</i>	
	<i>Physalis philadelphica</i>	
	<i>Solanum campechiense</i>	
	<i>Solanum tepicense</i>	
	<i>Solanum torvum</i>	

	Urticaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i>	
		<i>Urera baccifera</i>	
		<i>Urera caracasana</i>	
	Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	
		<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>	
	Vitaceae	<i>Cissus jaliscana</i>	
		<i>Cissus verticillata</i>	
Liliopsida	Araceae	<i>Lemna aequinoctialis</i>	
		<i>Pistia stratiotes</i>	
		<i>Philodendron scandens</i>	
		<i>Acrocomia mexicana</i>	
		<i>Cocos nucifera</i>	
		<i>Orbignya guacuyule</i>	Protección especial
	Bromeliaceae	<i>Bromelia pinguin</i>	
		<i>Tillandsia pauciflora</i>	
	Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i>	
		<i>Commelina leiocarpa</i>	
	Cyperaceae	<i>Cyperus articulatus</i>	
		<i>Cyperus compressus</i>	
		<i>Cyperus elegans</i>	
		<i>Cyperus iria</i>	
		<i>Cyperus laxus</i>	
		<i>Cyperus ligularis</i>	
		<i>Cyperus ochraceus</i>	
		<i>Cyperus regiomontanus</i>	
		<i>Cyperus rotundus</i>	
		<i>Eleocharis geniculata</i>	
		<i>Eleocharis mutata</i>	
		<i>Fimbristylis spadicea</i>	
	Dioscoreaceae	<i>Dioscorea convolvulacea</i>	
	Marantaceae	<i>Thalia geniculata</i>	
	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i>	
	Poaceae	<i>Aristida ternipes</i>	
		<i>Axonopus compressus</i>	
		<i>Cenchrus echinatus</i>	
		<i>Chloris barbata</i>	
		<i>Chloris virgata</i>	
		<i>Coelorachis ramosa</i>	
		<i>Cynodon dactylon</i>	

	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>
	<i>Digitaria ciliaris</i>
	<i>Distichlis spicata</i>
	<i>Echinochloa colona</i>
	<i>Hymenachne amplexicaulis</i>
	<i>Ixophorus unisetus</i>
	<i>Jouvea straminea</i>
	<i>Lasiacis divaricata</i>
	<i>Lasiacis nigra</i>
	<i>Lasiacis ruscifolia</i>
	<i>Lasiacis sp.</i>
	<i>Leptochloa filiformis</i>
	<i>Leptochloa paniculata</i>
	<i>Megathyrsus maximus</i>
	<i>Olyra latifolia</i>
	<i>Oryza latifolia</i>
	<i>Panicum hylaeicum</i>
	<i>Panicum laxum</i>
	<i>Paspalum conjugatum</i>
	<i>Paspalum fasciculatum</i>
	<i>Paspalum longicuspe</i>
	<i>Paspalum paniculatum</i>
	<i>Sporobolus splendens</i>
	<i>Urochloa fasciculata</i>
	<i>Urochloa meziana</i>
Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>
Smilacaceae	<i>Smilax spinosa</i>
Typhaceae	<i>Typha domingensis</i>

Tabla 6. Listado de especies en norma dentro del ANP.

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOM-059
Magnoliopsida	Acanthaceae	<i>Avicennia germinans</i>	Amenazada
Magnoliopsida	Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i>	Amenazada
	Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	Amenazada
Liliopsida	Araceae	<i>Orbignya guacuyule</i>	Protección especial

VI.3. Especies presentes en área afectada por la contingencia

Las especies afectadas por el vertimiento de aguas negras, corresponde a vegetación que se encuentra en contacto principalmente con el agua y en campos de cultivo.

Tabla 7. Lista de especies afectadas por vertimiento.

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOM-059
Magnoliopsida	Acanthaceae	<i>Avicennia germinans</i>	Amenazada
	Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i>	Amenazada
	Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	Amenazada
	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i>	
	Annonaceae	<i>Annona glabra</i>	
	Convolvulaceae	<i>Ipomea neei</i>	
	Convolvulaceae	<i>Ipomea alba</i>	
	Onagraceae	<i>Ludwigia octovalvis</i>	
		<i>Ludwigia peploides</i>	

La contingencia generó una afectación directa y puntual a la vegetación de manglar al interior del Área Natural Protegida Estero El Salado, con afectación en un 29.97% del total de la ANP. Durante los recorridos al interior del ANP en los diferentes tipos de vegetación, no se observaron ejemplares de flora muertos por la descarga de aguas negras, por lo que se considera un daño menor que no compromete la integridad del bosque de manglar del ANP. Por lo cual la recuperación de este tipo de descargas es a corto plazo.

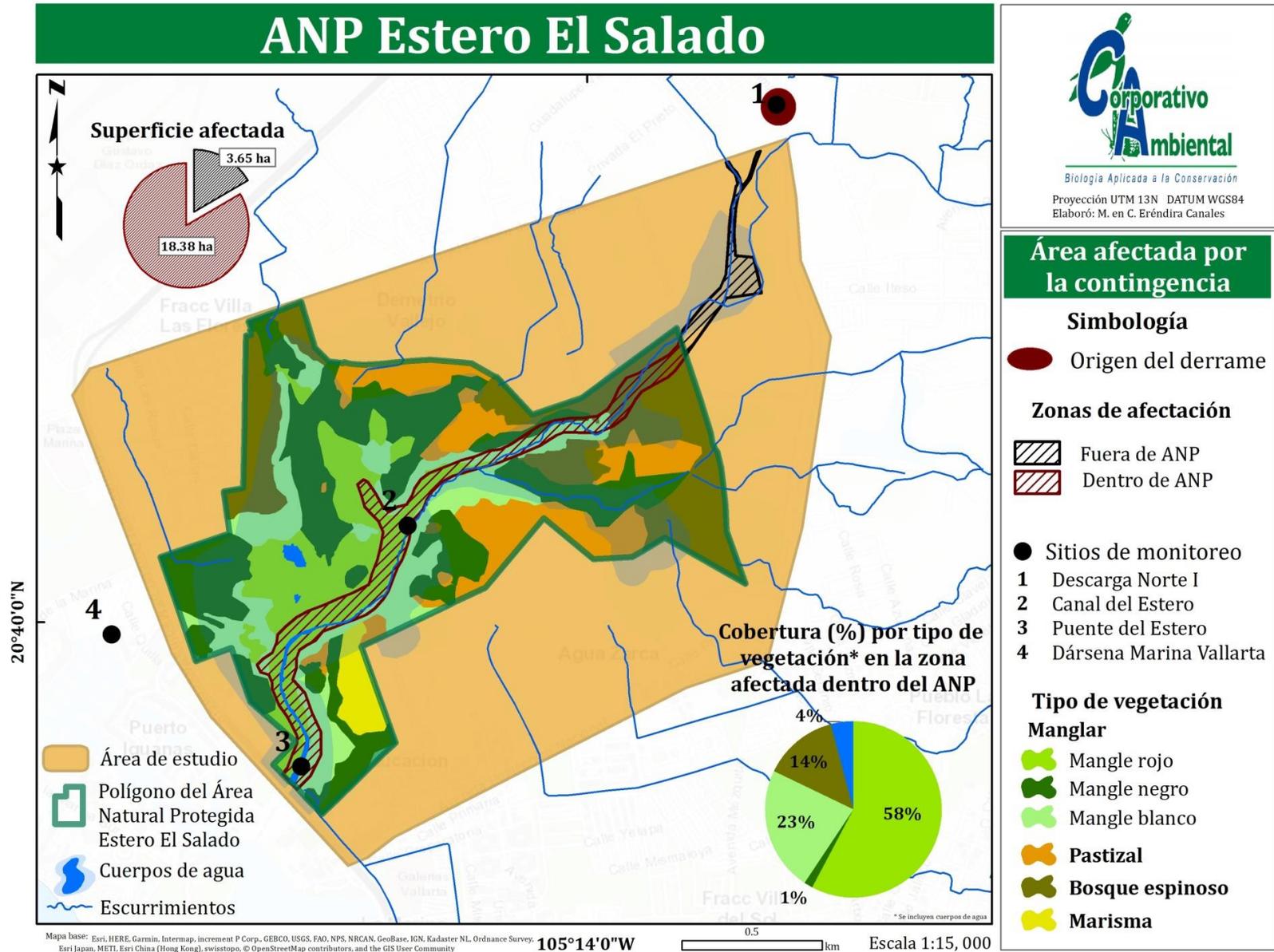


Ilustración 35. Tipos de vegetación dentro del Área Natural Protegida

VII. Fauna

VII.1. Hábitat para la fauna silvestre

Anteriormente en la Sección "VI. Flora" se presenta el uso de suelo y vegetación estimada para efectos del presente trabajo, sin embargo, la consideración que se tendrá de la vegetación como hábitat definido y delimitado para los muestreos de la fauna silvestre en la zona de estudio se define básicamente como Selva subcaducifolia, Manglar y Pastizal, como se muestra en la siguiente ilustración.

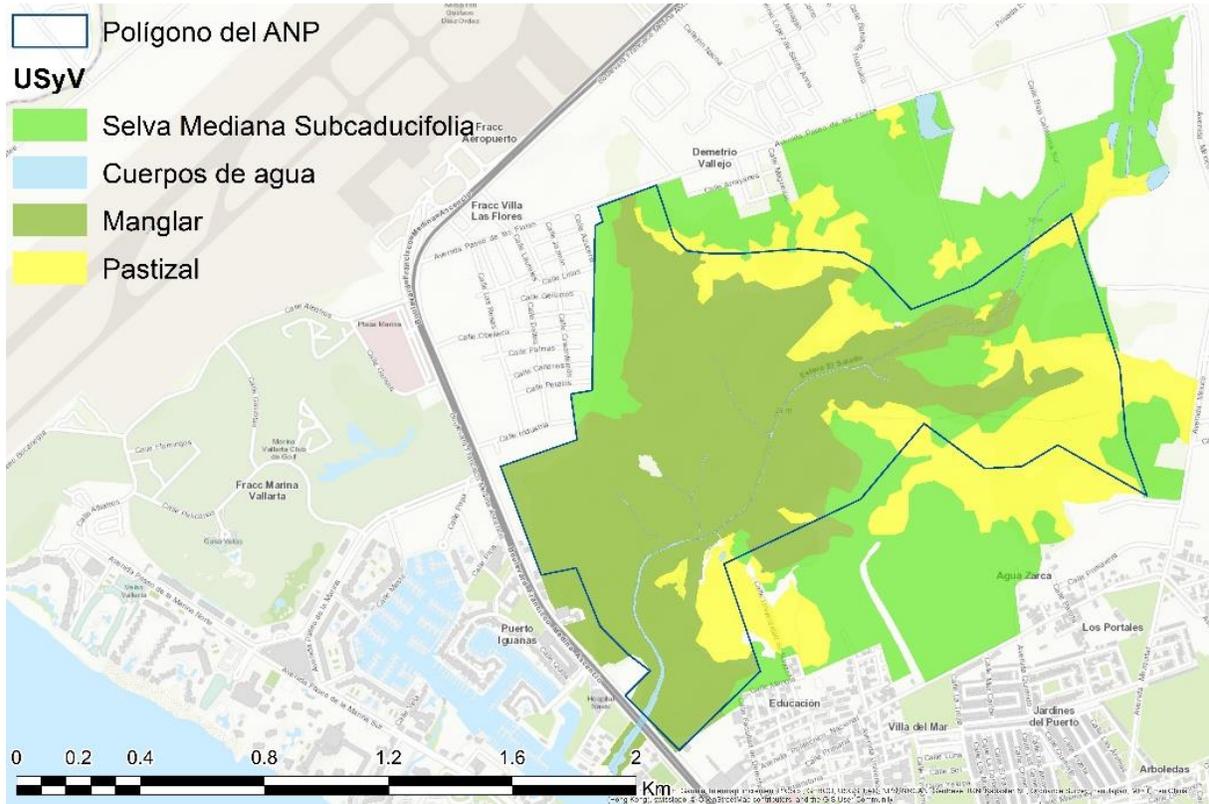


Ilustración 36. Zona a muestras para estudio de fauna con base en su vegetación.

La anterior clasificación, es para usos prácticos considerada en el presente documento como el hábitat de la fauna en la zona de estudio, sin embargo en el sitio la vegetación es mucho más compleja que solo la anterior clasificación, para el caso del manglar las tres especies presentes definen el mosaico del bosque de mangle, con la población de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) siempre próximo al cuerpo de agua, para este tipo de vegetación se observó durante los muestreos que existe diferencia en riqueza y abundancia de especies de fauna entre la zona interior del manglar, básicamente de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en la zona del canal principal y la periferia del bosque mangle, básicamente de mangle Blanco (*Laguncularia racemosa*) y negro (*Avicennia germinans*).

VII.2. Estado base

Los ecosistemas de manglar, así como los esteros, son hábitats que albergan una biodiversidad única, puesto que cuentan con adaptaciones para sobrevivir en este tipo de ambientes salobres, esto de ninguna manera aminora la variedad con la que cuentan los diferentes grupos presentes en el Estero el Salado. La posición geográfica del Salado, incluyendo sus rasgos físicos y ambientales, le otorga un valor de riqueza y endemismo muy particular, el cual depende de manera directa de otros espacios naturales aledaños (Valdez-Gómez, H. E. 2014).

En el Estero el Salado, se identificaron 134 especies de aves, 17 presentaron alguna categoría de riesgo y 11 resultaron endémicas (Valdez-Gómez, H. E. 2014). Se documentaron 29 especies de mamíferos en el Salado, integradas a 6 órdenes, 11 familias y 24 géneros. Tres de ellas incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Respecto de la herpetofauna está compuesta por 23 especies de reptiles. Esta riqueza no podría ser soportada por una comunidad vegetal como el manglar, si no fuera por sus áreas adyacentes donde se presentan otros tipos de vegetación las cuales proveen alimento y refugio para estas especies, lo que permite mayor diversidad; 10 especies de reptiles están incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con alguna categoría de riesgo. Si bien se tiene registros de la riqueza de fauna silvestre no se encontró datos de la abundancia, lo que impide en algún aspecto establecer una línea base, sin embargo posterior a la contingencia se realizaron recorridos por el canal en lancha y por las áreas externas del manglar y la selva, muchos de estos recorridos de manera inmediata a la contingencia y en los días posteriores, en mayo se realizaron nuevos recorridos para establecer las proporciones del daño resultante, obteniendo durante estos recorridos, además de la riqueza, parámetros de abundancia lo que nos permite entre otras cosas establecer algunos parámetros de importancia ecológica de la fauna silvestre así como índices biológicos.

VII.3. Metodología

Para la caracterización de la fauna se ejecutaron métodos directos e indirectos, en este apartado se describe la metodología, técnicas y materiales utilizados para obtener la información necesaria en la descripción y caracterización del medio biótico faunístico existente en el área de estudio. El inventario faunístico, se realizó en tres etapas: durante la primera etapa se recabó información documental sobre la fauna silvestre registrada para la zona estudiada; las fuentes consultadas básicamente fueron bibliográficas y electrónicas. En la segunda etapa se realizaron los trabajos de campo, el muestreo se realizó para cuatro grupos faunísticos: Aves, Mamíferos, Reptiles y Anfibios. Además de constatar la presencia o ausencia de la fauna potencial. Para la identificación de los individuos encontrados se utilizaron guías de campo, además de la experiencia del grupo participante. Finalmente, en la tercera etapa se procesó la información recabada en la primera y segunda etapa. Toda la información generada fue capturada en una base de datos en Microsoft Excel, donde se sistematizo y proceso la información

Anfibios y reptiles

Para el muestreo de los anfibios y reptiles se utilizaron transectos basados en el método de transectos en banda (Fitch, 1992 y Sutherland, 2004). Para el caso particular, los transectos fueron de longitud variable sin embargo metodológicamente es válido ya que se cumplen con los objetivos del método, en dichas bandas se hizo la búsqueda intensiva de estos organismos con ayuda de ganchos herpetológicos considerando aquellos espacios donde fuera posible encontrar ejemplares de herpetofauna como entre hojarasca, bajo rocas, sobre los árboles, en cavidades, en corrientes de agua, en troncos caídos, etc.

El número de bandas por sitio de muestreo se estableció con base en las condiciones de cada sitio y por cada tipo de vegetación. Los muestreos se realizaron durante las temporadas de secas y lluvias. Los transectos se realizaron entre las 06:00 a las 12:00 y las 18:00 a las 20:00 horas, lapso de tiempo de mayor actividad de estos organismos.

Aves

Para caracterizar la comunidad de aves, se utilizó el método de puntos de conteo de radio fijo de dos bandas (Ralph et al. 1996, Sutherland 2006), los cuales se muestrearon inmediatamente después del amanecer entre las 06:30 y 11:00 horas.

Mamíferos

Se aplicaron técnicas estándar para la medición y monitoreo de los distintos grupos de mamíferos (Sutherland, 1996 y Wilson et al. 1996).

- Mamíferos medianos y grandes: Se realizaron transectos diurnos y nocturnos dentro de la zona de estudio, para realizar el registro de rastros (huellas, excretas, marcas, cadáveres, pelo, etcétera) y la observación directa de algunos individuos. Los transectos fueron de longitud variable y el rumbo lo definió el terreno a criterio del personal operativo.
- Cámaras trampa. - estas se colocaron a una altura promedio de 30cm, despejando de vegetación y otros elementos frente a ellas, se colocó un atrayente, estas se dejaron activas por periodos de siete días.

Guías de identificación

Para la identificación de las especies de mamíferos se utilizó el libro “Los Mamíferos Silvestres de México” de Ceballos y Oliva (2005), además se consultó el trabajo de Guerrero y Cervantes (2003), Godínez et al. (2011) y Ceballos y Arroyo-Cabrales (2002) para la determinación y actualización de los nombres científicos.

La determinación de los ejemplares de anfibios y reptiles se basó en las guías de Stebbins (2003), Vásquez y Quintero (2005) y Smith y Taylor (1966). Ceballos, G. y García, A. (1994).

Para la identificación visual de las especies de aves se utilizaron las guías de campo de Howell y Webb (1995), Sibley (2000), National Geographic (2011), y Peterson Roger Tory. Chalif Edward L.

En la sección bibliografía se presentan otras utilizadas en el presente trabajo

Sistemática

En la clasificación taxonómica y orden sistemático de las especies determinadas con presencia en la zona de estudio, se utilizaron los criterios del Sistema Integrado de Información Taxonómica SIITmx.

Esfuerzo de muestreo

Se realizaron transectos en los diferentes tipos de vegetación identificados, tanto en lancha por el interior del Canal como por tierra estableciendo un ancho de banda de 5m a cada lado dentro del canal y 10 m en los transectos terrestres para hacer una cobertura de 115,819.06 m².

Los recorridos por las zonas de muestreo se realizaron en tres ocasiones para los terrestres y seis para los acuáticos, los recorridos se realizaron en las primeras horas del día y al atardecer.

El muestreo tuvo por objetivo registrar especies de fauna silvestre de vertebrados terrestres (riqueza) así mismo la cantidad de organismos de cada especie (abundancia), se registró además para estos dos parámetros el tipo de vegetación en donde se avistaron (ocupación de suelo), en este caso se determinó que dentro de la vegetación de manglar había diferencia en cuanto a riqueza y abundancia entre la parte interna del manglar y la parte externa, es decir dentro de los cuerpos de agua donde predomina el mangle Rojo (*Rhizophora mangle*) y en la parte exterior o periferia predominantemente en bosque de mangle Blanco (*Laguncularia racemosa*) y Mangle Negro (*Avicennia germinans*), por lo que se determinan cuatro zonas, Manglar interior, Manglar exterior, Selva mediana subcaducifolia y pastizal.

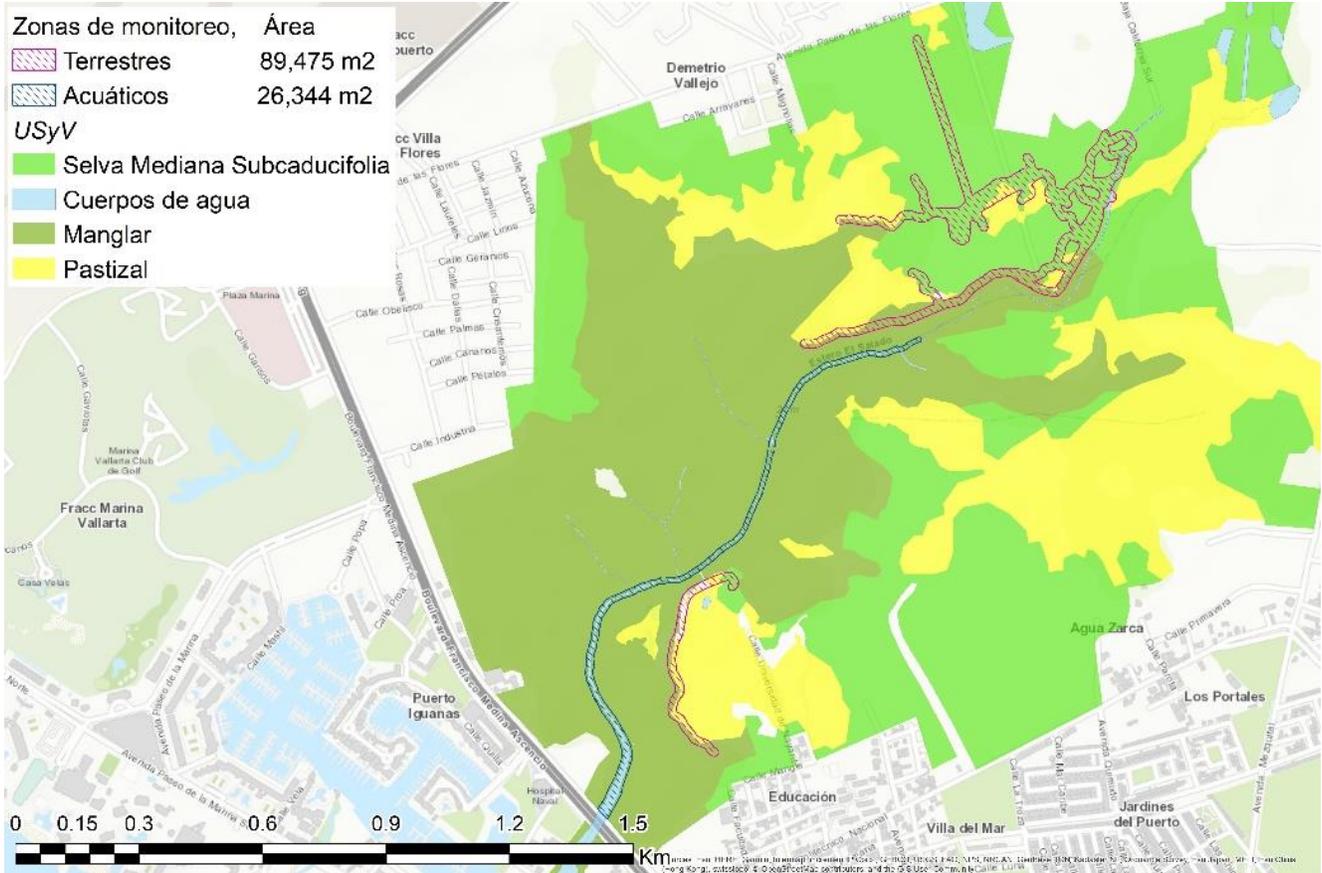


Ilustración 37. Ubicación de las zonas muestreadas

VII.4. Identificación de especies dentro del área de estudio

Especies de ocurrencia potencial en la zona de estudio

Siguiendo la metodología propuesta, en su primer punto se realizó una búsqueda bibliográfica de los documentos que describieran la fauna silvestre en el área de influencia de la zona de estudio encontrando la obra Biodiversidad del estero el Salado (Guerrero *et al.*, *s.f.*), aquí se describen la riqueza de especies con distribución en el estero el Salado, para esta obra tuvo dos años de desarrollo, para algunas clases incluso más.

Tabla 8. Resumen de la diversidad de especies de ocurrencia potencial en la zona de estudio

CLASE	FAMILIA	ESPECIES	Especies en la NOM		
			Pr	A	P
Amphibia	4	5	2		
Aves	43	134	10	5	1
Mammalia	11	29	1	1	1
Reptilia	15	23	5	5	
TOTAL	73	191	18	11	2

Especies registradas en la zona de estudio

Si bien el ejercicio de describir la riqueza de fauna silvestre en el área de estudio incluye todas las fuentes posibles de información, es de vital importancia los registros generados durante los trabajos de campo expofeso para el proyecto, como es común en los listados faunísticos estos son susceptibles de mejoras

incrementando el número de especies conforme se realicen muestreos en mayor cantidad hasta alcanzar estabilizar la curva de acumulación de especies y aun así es posible registrar nuevas especies ya sea de manera incidental o en tránsito. Resultados de los muestreos.

De manera general se registraron 589 organismos de 72 especies de vertebrados terrestres, la clase con mayores registros fueron las aves con 54 especies con 539 registros.

Tabla 9. Resumen de la diversidad de especies registradas

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIES	NOM 059		CITES	
				A	Pr	I	II
Amphibia	1	1	1				
Aves	18	32	54	1	3		9
Mammalia	5	6	6				
Reptilia	3	8	11	1	3	1	1
TOTAL	27	47	72	2	6	1	10

Especies en riesgo

Las especies en riesgo son aquellas que sus poblaciones han ido disminuyendo debido a actividades humanas como la transformación de su hábitat, sobrexplotación, interacciones con especies invasoras, efectos de la contaminación, al punto que se considera necesario protegerlas.

- **Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010.** En México el instrumento legal que las protege se conoce como NOM-059. Esta Norma utiliza cuatro categorías de acuerdo a su estado de conservación.
- **CITES.** La Convención Internacional sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre utiliza tres listas (Apéndices) de acuerdo al grado de riesgo de las especies para regular su comercio.
- **Lista roja de la UICN.** A nivel mundial, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus en inglés) clasifica a las especies en riesgo en seis categorías y añade dos categorías más para los casos de especies con datos deficientes y para las que al hacer evaluadas no se encuentran en riesgo.

Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010

La Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010, determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y establece especificaciones para su protección, en este apartado se considerarán solo las categorías en la que se encuentran alguno de los organismos registrados en el presente trabajo.

- **En peligro de extinción (P).** - Aquellas cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el Territorio Nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.
- **Amenazadas (A).** - Aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.
- **Sujetas a protección especial (Pr).** - Aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.

Se registraron 8 especies de fauna silvestre en la CHF esto es el 13% de los registros, 6 están consideradas como Protección especial y dos como Amenazadas, el 50% de las especies pertenecen a la clase de los reptiles, la siguiente tabla muestra las especies mencionadas.

Tabla 10. Especies de fauna silvestre registradas en el área de estudio consideradas con alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010

CLASE	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo albicaudatus</i>	Pr
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteogallus anthracinus</i>	Pr
Aves	Gruiformes	Aramidae	<i>Aramus guarauna</i>	A
Aves	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Aratinga canicularis</i>	Pr
Reptilia	Crocodylia	Crocodylidae	<i>Crocodylus acutus</i>	Pr
Reptilia	Squamata	Iguanidae	<i>Ctenosaura pectinata</i>	A
Reptilia	Squamata	Iguanidae	<i>Iguana iguana</i>	Pr
Reptilia	Squamata	Teiidae	<i>Cnemidophorus lineattissimus</i>	Pr

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

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) es un acuerdo internacional concertado entre los gobiernos, tiene por objeto contribuir a la conservación de las especies amenazadas sujetas al comercio internacional, así como al aprovechamiento sustentable y la conservación de la biodiversidad, dentro del marco jurídico internacional en el cual se establecen los procedimientos que deben seguir los países para la regulación efectiva del comercio internacional de las especies incluidas en sus tres apéndices. Adoptada el 3 de marzo de 1973 (Washington, E.U.A.), entró en vigor el 1° de julio de 1975 y México se adhirió el 2 de julio de 1991, tiene como finalidad velar por que el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no constituya una amenaza para su supervivencia. Las especies amparadas por la CITES están incluidas en tres Apéndices, según el grado de protección que necesiten.

- **Apéndice I.**-Incluye todas las especies en peligro de extinción. El comercio en especímenes de esas especies se autoriza solamente bajo circunstancias excepcionales.
- **Apéndice II.**-Incluye las especies que no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia.
- **Apéndice III.**- Incluye las especies que están protegidas al menos en un país, el cual ha solicitado la asistencia de otras Partes en la CITES para controlar su comercio.

En el área de estudio encontramos especies consideradas en los Apéndices I y II, dos especies de reptiles y 9 de aves, como se muestra a continuación.

Tabla 11. Especies de fauna silvestre registradas en la zona de estudio listadas en algún apéndice de la CITES

CLASE	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	CITES
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo albicaudatus</i>	II
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo nitidus</i>	II
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteogallus anthracinus</i>	II
Aves	Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia rutila</i>	II
Aves	Apodiformes	Trochilidae	<i>Chlorostilbon auriceps</i>	II
Aves	Apodiformes	Trochilidae	<i>Cyanthus latirostris</i>	II

Aves	Falconiformes	Falconidae	<i>Caracara cheriway</i>	II
Aves	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Aratinga canicularis</i>	II
Aves	Strigiformes	Strigidae	<i>Glaucidium brasilianum</i>	II
Reptilia	Crocodylia	Crocodylidae	<i>Crocodylus acutus</i>	I
Reptilia	Squamata	Iguanidae	<i>Iguana iguana</i>	II

Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) es una organización internacional dedicada a la conservación de los recursos naturales. La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN es el inventario más reconocido mundialmente sobre el estado de conservación de las especies, se basa en un sistema objetivo para evaluar el riesgo de extinción de una especie si no se adoptaran medidas de conservación.

Las categorías y criterios de la Lista Roja de la UICN fueron desarrolladas para clasificar las especies en alto riesgo de extinción a nivel mundial, es decir, para su evaluación mundial. A cada especie evaluada se le asigna una de las ocho categorías de amenaza en función de si cumplen con los criterios vinculados a la distribución geográfica y a la tendencia, el tamaño y la estructura de la población.

- **EN PELIGRO (EN).** - Un taxón está En Peligro, y se considera que se está enfrentando a un riesgo de extinción **muy alto** en estado de vida silvestre
- **VULNERABLE (VU).** - Un taxón es Vulnerable, y se considera que se está enfrentando a un riesgo de extinción **alto** en estado de vida silvestre
- **CASI AMENAZADO (NT).** - Un taxón está Casi Amenazado cuando ha sido evaluado según los criterios y no satisface, actualmente, los criterios para En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable, pero está próximo a satisfacer los criterios, o posiblemente los satisfaga, en un futuro cercano.
- **PREOCUPACION MENOR (LC).** - Un taxón se considera de Preocupación Menor cuando, habiendo sido evaluado, no cumple ninguno de los criterios que definen las categorías de En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazado. Se incluyen en esta categoría taxones abundantes y de amplia distribución.
- **DATOS INSUFICIENTES (DD).** - Un taxón se incluye en la categoría de Datos Insuficientes cuando no hay información adecuada para hacer una evaluación, directa o indirecta, de su riesgo de extinción basándose en la distribución y/o condición de la población. Un taxón en esta categoría puede estar bien estudiado, y su biología ser bien conocida, pero carecer de los datos apropiados sobre su abundancia y/o distribución.

Para el caso del presente documento solo una especie fue diferente de Preocupación menor (LC), resultando que el Cocodrilo de Río (*Crocodylus acutus*) esta considerad bajo este criterio como Vulnerable (Vu).

Distribución (endemismos)

En la naturaleza, existen organismos que se encuentran únicamente en algún sitio determinado o restringido, son componentes notables de la biodiversidad del planeta y piezas invaluable de la trama de la vida, se les conoce como especies endémicas.

México destaca por su riqueza de especies, muchas de las cuales son endémicas y no se encuentran de forma natural en otras regiones del planeta. Además, sobresale en niveles de endemismo, ocupa el cuarto lugar en vertebrados y el tercero en plantas endémicas. Es uno de los cinco países con mayor diversidad de ecosistemas.

En el contexto internacional, el endemismo se ha usado como uno de los principales criterios para definir y priorizar estrategias de conservación, en la lista oficial de las especies en riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010) más de 56% de las especies son consideradas endémicas. Sin embargo, en la NOM-059-SEMARNAT-2010 no están todas las especies endémicas de México, porque no todas están en riesgo.

- **ENDÉMICA (E).** - Se dice que una especie es endémica de un país (endemismo político o nacional) cuando su ámbito de distribución natural se encuentra circunscrito únicamente al territorio nacional y las zonas donde la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción

Cuando se considera el territorio y su delimitación política, surgen dos términos más:

- **SEMIENDÉMICAS (SE).** - Exceptuando su período de migración, sólo están en México.
- **CUASI-ENDÉMICAS (C-E).** - Son las que tienen la mayor parte de su distribución en México, con pocas localidades marginales en algún país colindante.

Existe otra categoría a considerar por su importancia como factor potencial de riesgo para las especies nativas.

- **EXÓTICA-INVASORA (EI).** - Es aquella especie o población que no es nativa, que se encuentra fuera de su ámbito de distribución, natural, que es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en hábitat y ecosistemas naturales y que amenazan la diversidad biológica nativa, la economía y la salud pública.

La zona de estudio posee 19 especies registradas con algún tipo de endemismo, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 12. Especies registradas con algún tipo de endemismo

CLASE	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	TIPO DISTRIBUCIÓN
Aves	Apodiformes	Trochilidae	<i>Chlorostilbon auriceps</i>	Endémica
Aves	Apodiformes	Trochilidae	<i>Cyananthus latirostris</i>	Semiendémica
Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Streptopelia decaocto</i>	Exótica-Invasora
Aves	Coraciiformes	Momotidae	<i>Momotus mexicanus</i>	Cuasiendémica
Aves	Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis wagleri</i>	Endémica
Aves	Galliformes	Odontophoridae	<i>Callipepla douglasii</i>	Endémica
Aves	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax sanblasianus</i>	Endémica
Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Cacicus melanicterus</i>	Cuasiendémica
Aves	Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga nigrescens</i>	Semiendémica
Aves	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryophilus sinaloa</i>	Endémica
Aves	Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus rufopalliatus</i>	Endémica
Aves	Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes chrysogenys</i>	Endémica
Aves	Trogoniformes	Trogonidae	<i>Trogon citreolus</i>	Endémica
Mammalia	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus nayaritensis</i>	Endémica
Reptilia	Squamata	Dactyloidae	<i>Anolis nebulosus</i>	Endémica
Reptilia	Squamata	Iguanidae	<i>Ctenosaura pectinata</i>	Endémica
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus utiformis</i>	Endémica
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Urosaurus bicarinatus</i>	Endémica
Reptilia	Squamata	Teiidae	<i>Cnemidophorus lineattissimus</i>	Endémica

Categorías de residencia (migratorios)

La migración se define como un movimiento estacional y cíclico de animales relacionado con los cambios periódicos del clima o la disponibilidad del alimento, o bien para asegurar la reproducción. En casi todos los casos la migración implica movimientos periódicos de un sitio a otro y de regreso al primero. Para la descripción de esta condición se utilizaron las categorías que propone Aves de México: Lista actualizada de especies y nombres comunes (Berlanga, H. et.al. 2015) basado en la información de Howell y Webb, 1995; Peterson y

Chalif; 1973; Sibley, 2000, se utilizó la información de <http://avesmx.conabio.gob.mx> para la definición por especie de su categoría de residencia.

Las categorías que se consideran son:

- **Residente (R)** Especies que viven a lo largo de todo el año en una misma región.
- **Migratorias de invierno (MI)** Especies que se reproducen al norte del continente y pasan el invierno en México y más al sur, por lo general entre los meses de septiembre y abril.
- **Migratorias de verano (MV)** Especies que están en México únicamente durante la temporada de reproducción en verano, por lo general entre marzo y septiembre.
- **Transitorias (T)** Especies que durante la migración van de paso por nuestro país para dirigirse a sus áreas de invierno al sur en el otoño, o hacia sus áreas de reproducción en el norte durante la primavera.

Se determinó la presencia de 5 especies de hábitos migratorios todas ellas de la clase Aves (ver la siguiente tabla), no encontrándose ninguna otra especie de alguna clase distinta, de estas especies solo una tiene hábitos migratorios de verano *Myiodynastes luteiventris* y dos de migratorios en tránsito una es migratorio de invierno, se enlista las especies con algún tipo de conducta migratoria se exceptúan las especies residentes.

Tabla 13. Listado de especies con hábitos migratorios registradas durante las actividades de muestreo en la zona de estudio.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	RESIDENCIA
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Contopus sordidulus</i>	T
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiodynastes luteiventris</i>	MV
Aves	Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo olivaceus</i>	T
Aves	Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga nigrescens</i>	MI

Criterios de importancia ecológica

Otros criterios de importancia ecológica además de los anteriores, son los que refieren a la abundancia, sociabilidad, alimentación y distribución vertical. A continuación, se describe cada uno de los criterios así como sus categorías.

Tabla 14. Abundancia, se clasifica en cinco categorías

CLAVE	RANGO	DESCRIPCIÓN
A	Abundante	Especie fácilmente detectable en grandes números
C	Común	Especies observadas en números bajos y en grupos pequeños
Pc	Poco común	Especie en la que se observaron pocos individuos
R	Rara	Especie poco observada
O	Ocasional	Escasamente observada

Tabla 15.- Sociabilidad, se refiere al tipo de organización social de la especies.

CLAVE	RANGO	DESCRIPCIÓN
S	Solitario	Cuando sólo se observa un individuo
P	Pareja	Hembra y macho sea en época reproductiva o no
G	Gregaria	Conformación de grupos de tres o más individuos

Tabla 16.- Alimentación, se asignan categorías de acuerdo al tipo de alimento que consumen.

CLAVE	RANGO	DESCRIPCIÓN
H	Herbívoro	Especies que se alimentan principalmente de material vegetal como pastos, hojas, ramas, entre otros
Cn	Carnívoro	Especies que se alimentan de vertebrados a los que capturan vivos
Cñ	Carroñero	especies que se alimentan de material animal en descomposición
F	Frugívoro	Especies que consumen principalmente frutos
G	Granívoro	Se alimentan de semillas principalmente
Is	Insectívoro	Especies que el consumo de insectos es la base de su alimentación
N	Nectarívoro	Cuando el néctar es la principal fuente de alimentación
O	Omnívoro	Especies que consumen distintos recursos como semillas, insectos, vertebrados.- frutos, hojas, entre otros
Ps	Piscívoro	Especies que se alimentan de peces

Tabla 17.- Distribución vertical, se basa en el estrato de la vegetación donde se desarrollan los individuos de la especie.

CLAVE	RANGO	DESCRIPCIÓN
Ac	Acuático o semi-acuático	La mayor parte de los avistamientos fueron registrados dentro del medio acuático, en sus orillas o partes someras, así mismo se conoce que la especie realiza alguna de sus funciones biológicas dentro del medio acuático o en sus orillas inmediatas.
T	Terrestre	La mayor parte de sus avistamientos fueron registrados a nivel del suelo
Ar	Arbustiva	La mayor parte de sus avistamientos fueron registrados en el estrato arbustivo o el sotobosque.
Abm	Arborícola estrato medio (sub-dosel)	La mayor parte de sus avistamientos fueron registrados en el estrato arbóreo, en la parte media y baja de la copa o en su tronco.
Abs	Arborícola estrato superior (dosel)	La mayor parte de los avistamientos fueron registrados en el dosel de los árboles, normalmente perchando sobresaliendo de la copa

Evaluación ambiental y caracterización de afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada del colapso del colector centro norte.

Tabla 18.- Listados de especies registradas considerando criterios de riesgo y de importancia ecológica

CLASE	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	COMBRE COMÚN	AUTORIDAD	Distribución	NOM 059	IUCN	CITES	Residencia	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Distribución vertical
Amphibia	Anura	Bufo	<i>Rhinella marina</i>	Sapo común	(Linnaeus, 1758)	NE		LC			Pc	S	In	T
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo albicaudatus</i>	Aguililla cola blanca	(Vieillot, 1816)	NE	Pr	LC	II	R	Pc	S, P	Cn	Abs
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo nitidus</i>	Aguililla gris	(Schlegel, 1862)	NE		LC	II	R	Pc	S, P	Cn	Abs
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteogallus anthracinus</i>	Aguililla negra menor	(Deppe, 1830)	NE	Pr	LC	II	R	Pc	S, P	Cn	Abs
Aves	Accipitriformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura	(Linnaeus, 1758)	NE		LC		R	C	G	Cñ	Abs
Aves	Accipitriformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote común	(Bechstein, 1793)	NE		LC		R	A	G	Cñ	Abs
Aves	Anseriformes	Anatidae	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Pijije alas blancas	(Linnaeus, 1758)	NE		LC		R	A	G	Ps, G	Ac
Aves	Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia rutila</i>	Colibrí canelo	(DeLattre, 1842)	NE		LC	II	R	C	S	N, In	Abm, Ar
Aves	Apodiformes	Trochilidae	<i>Chlorostilbon auriceps</i>	Esmeralda occidental	(Gould, 1852)	EN		LC	II	R	Pc	S	N, In	Abm, Ar
Aves	Apodiformes	Trochilidae	<i>Cyanthus latirostris</i>	Colibrí pico ancho	Swainson, 1827	SE		LC	II	R	Pc	S	N, In	Abm, Ar
Aves	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Nyctidromus albicollis</i>	Chotacabras pauraque	(Gmelin, 1789)	NE		LC		R	Pc	S	In	Ar, T
Aves	Charadriiformes	Jacaniidae	<i>Jacana spinosa</i>	Jacana norteña	(Linnaeus, 1758)	NE		LC		R	C	S	Ps, In	Ac
Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina inca</i>	Tortolita cola larga	(Lesson, 1847)	NE		LC		R	C	G, S	Gr	Abm
Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma arroyera	Bonaparte, 1855	NE		LC		R	Pc	G	Gr	Abm
Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas flavirostris</i>	Paloma morada	(Wagler, 1831)	NE		LC		R	A	G	Gr	Abm
Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Streptopelia decaocto</i>	Paloma de collar turca	(Frisvoldszky, 1838)	E-I		LC		R	Pc	S	Gr	Abm
Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaidura macroura</i>	Paloma alas blancas	(Linnaeus, 1758)	NE		LC		R	C	G	Gr	Abm
Aves	Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Chloroceryle americana</i>	Martín pescador verde	(Gmelin, 1788)	NE		LC		R	A	S	Ps	Abm, Ar
Aves	Coraciiformes	Momotidae	<i>Momotus mexicanus</i>	Momoto corona café	Swainson, 1827	CE		LC		R	Pc	S	In	Abm, Ar
Aves	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero pijuy	Swainson, 1827	NE		LC		R	A	G	O	Abm, Ar
Aves	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	Cuclillo canela	(Linnaeus, 1766)	NE		LC		R	Pc	S	O	Abm
Aves	Falconiformes	Falconidae	<i>Caracara cheriway</i>	Caracara	(Jacquin, 1784)	NE		LC	II	R	C	S, P	Cn, Cñ	Abs
Aves	Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis wagleri</i>	Chachalaca pálida	G. R. Gray, 1867	EN		LC		R	C	G	G, In, F	T, Abm
Aves	Galliformes	Odontophoridae	<i>Callipepla douglasii</i>	Codorniz cresta dorada	(Vigors, 1829)	EN		LC		R	Pc	P	G, In	T, Abs
Aves	Gruiformes	Aramidae	<i>Aramus guarauna</i>	Carrao	(Linnaeus, 1766)	NE	A	LC		R	Pc	S	Cn, Ps, In	T, Ac, Abs

Evaluación ambiental y caracterización de posible afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada de la ruptura del colector centro norte en su línea de impulsión de 48"

Aves	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax sanblasianus</i>	Chara de San Blas	(Lafresnaye, 1842)	EN	LC	R	Pc	P	O	Abm		
Aves	Passeriformes	Furnariidae	<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	Trepatroncos bigotudo	Swainson, 1827	NE	LC	R	Pc	S	In	Abm		
Aves	Passeriformes	Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijereta	Linnaeus, 1758	NE	LC	R	A	G	In	Abs		
Aves	Passeriformes	Hirundinidae	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina alas aserradas	(Audubon, 1838)	NE	LC	R	A	G	In	Abs		
Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Cacicus melanicterus</i>	Cacique	Bonaparte, 1825	CE	LC	R	A	G	O	Abm		
Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus pustulatus</i>	Calandria dorso rayado	(Wagler, 1829)	NE	LC	R	C	G	Gr, In	Abm		
Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Molothrus aeneus</i>	Tordo ojos rojos	(Wagler, 1829)	NE	LC	R	Pc	S, P	O	Abs		
Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate	(Gmelin, 1788)	NE	LC	R	A	G	O	Abm		
Aves	Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga nigrescens</i>	Chipe negroggris	Townsend, 1837	SE	LC	MI	Pc	G	Gr, In	Ar		
Aves	Passeriformes	Thraupidae	<i>Saltator coerulescens</i>	Saltador gris	Vieillot, 1817	NE	LC	R	C	G	In	Abm		
Aves	Passeriformes	Thraupidae	<i>Sporophila torqueola</i>	Semillero de collar	(Bonaparte, 1850)	NE	LC	R	Pc	S	Gr, In	Ar		
Aves	Passeriformes	Tityridae	<i>Tityra semifasciata</i>	Titira puerquito	(Spix, 1825)	NE	LC	R	Pc	G	In	Abm, Ar		
Aves	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryophilus sinaloa</i>	Chivirín sinaloense	(Baird, 1864)	EN	LC	R	Pc	S	In	Abm		
Aves	Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus rufopalliatus</i>	Mirlo dorso canela	Lafresnaye, 1840	EN	LC	R	A	S	In	Abm		
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Contopus sordidulus</i>	Pibí occidental	Sclater, 1859	NE	LC	T	C	S, P	In	Abm, Ar		
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiodynastes luteiventris</i>	Papamoscas atigrado	Sclater, 1859	NE	LC	MV	Pc	S, P	In	Abm, Ar		
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario	(Spix, 1825)	NE	LC	R	A	S	In	Abs		
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis bienteveo	(Linnaeus, 1766)	NE	LC	R	C	S	In	Abs		
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero cardenalito	(Boddaert, 1783)	NE	LC	R	Pc	S, P	In	Abm, Ar		
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical	Vieillot, 1819	NE	LC	R	C	S, P	In	Abm, Ar		
Aves	Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo olivaceus</i>	Vireo ojos rojos	(Linnaeus, 1766)	NE	LC	T	C	G	In	Abm, Ar		
Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Garza blanca	(Linnaeus, 1758)	NE	LC	R	C	G	Cn, Ps, In	T, Ac, Abs		
Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Butorides virescens</i>	Garcita verde	(Linnaeus, 1758)	NE	LC	R	A	G	Cn, Ps, In	T, Ac, Abs		
Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Egretta caerulea</i>	Garza azul	(Linnaeus, 1758)	NE	LC	R	C	G	Cn, Ps, In	T, Ac, Abs		
Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Nyctanassa violacea</i>	Pedrete	(Linnaeus, 1758)	NE	LC	R	A	G	Pc, In, Gr	T, Ac		
Aves	Pelecaniformes	Threskiornithidae	<i>Eudocimus albus</i>	Ibis blanco	(Linnaeus, 1758)	NE	LC	R	A	G	Ps	Abs, Ac		
Aves	Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes chrysogenys</i>	Carpintero enmascarado	(Vigors, 1839)	EN	LC	R	A	S, P	In	Abm		
Aves	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Aratinga canicularis</i>	Perico frente naranja	(Linnaeus, 1758)	NE	Pr	LC	II	R	A	G	Gr	Abs
Aves	Strigiformes	Strigidae	<i>Glucidium brasilianum</i>	Tecolote bajoño	(Gmelin, 1788)	NE	LC	II	R	Pc	S	Cn	Abs	
Aves	Suliformes	Fregatidae	<i>Fregata magnificens</i>	Fragata magnífica	Mathews, 1914	NE	LC	R	C	G	Ps	Ac		

Evaluación ambiental y caracterización de posible afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada de la ruptura del colector centro norte en su línea de impulsión de 48"

Aves	Trogoniformes	Trogonidae	<i>Trogon citreolus</i>	Coa citrina	Gould, 1835	EN	LC	R	C	S	In	Abm	
Mammalia	Carnivora	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	(Linnaeus, 1758)	NE	LC		A	P	O	T, Abm	
Mammalia	Cingulata	Dasyopodidae	<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Armadillo	Linnaeus, 1758	NE	LC		Pc	G	In	T	
Mammalia	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache	Kerr, 1792	NE	LC		C	S	In	T	
Mammalia	Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo	(J. A. Allen, 1890)	NE	LC		C	S	H	T	
Mammalia	Rodentia	Cricetidae	<i>Sigmodon sp</i>	Rata algodónera	Say and Ord, 1825	NE	LC		Pc	G	In,G	T,Abm	
Mammalia	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus nayaritensis</i>	Ardilla de Nayarit	J. A. Allen, 1889	EN	LC		Pc	S	Gr, Fr	Abm	
Reptilia	Crocodylia	Crocodylidae	<i>Crocodylus acutus</i>	Cocodrilo de río	(Cuvier, 1807)	NE	Pr	VU	I	C	G	Cn, Cñ	Ac
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Drymobius margaritiferus</i>	Culebra corredora de Petatillos	(Schlegel, 1837)	NE	LC		Pc	S, P	Cn	T	
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Oxybelis aeneus</i>	Bejuco	(Wagler, 1824)	NE	LC		Pc	S	In, Cn	Ar	
Reptilia	Squamata	Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	Basilisco rayado	Wiegmann, 1828	NE	LC		Pc	S	In	T	
Reptilia	Squamata	Dactyloidae	<i>Anolis nebulosus</i>	Anolis pañuelo del pacífico	(Wiegmann, 1834)	EN	LC		C	S	In	T, Abm	
Reptilia	Squamata	Iguanidae	<i>Ctenosaura pectinata</i>	Iguana negra, Garrobo	(Wiegmann, 1834)	EN	A	LC	C	S	O	T, Abm	
Reptilia	Squamata	Iguanidae	<i>Iguana iguana</i>	Iguana verde	(Linnaeus, 1758)	NE	Pr	LC	II	C	S	H	T,Abm
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus utiformis</i>	Lagartija escamosa de suelo	Cope, 1864	EN	LC		Pc	S	Cn, In	T	
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Urosaurus bicarinatus</i>	Roñito	(Duméril, 1856)	EN	LC		Pc	S	in	Abm	
Reptilia	Squamata	Teiidae	<i>Cnemidophorus lineattissimus</i>	Huico de líneas de Jalisco	(Cope, 1878)	EN	Pr	LC	C	S	In, Fr	T	
Reptilia	Testudines	Emydidae	<i>Trachemys venusta</i>	Tortuga de Guadalupe	(Gray, 1856)	NE	LC		C	S	Ps	Ac	

VII.5. Índices de diversidad

La diversidad se refiere a la medida combinada del número de especies y el número de individuos de una especie, estos índices nos permiten determinar el número de especies presentes y el equilibrio demográfico en que se encuentran estas especies en un determinado sitio.

Un censo completo que nos permita conocer el número total de especies (S) solo es posible para ciertos taxa bien conocidos, superficies pequeñas y lapsos cortos de tiempo; por lo que generalmente es necesario recurrir a índices de riqueza específica obtenidos a partir de un muestreo de la comunidad.

Se enfatiza el hecho que los índices fueron obtenidos a partir de la información generada por muestreo específicamente aplicados para este fin, que cumplieran los criterios metodológicos de sistematización, en la ejecución del muestreo se consideró la temporalidad en términos de horarios durante los días de muestreo lo ideal es que se considere la estacionalidad a lo largo del año sin embargo para el caso no fue posible, pero fue aplicado el criterio de mismo esfuerzo de muestreo por sitio y mismos criterios de identificación de las especies. Es importante hacer énfasis que el presente trabajo requirió de un esfuerzo de monitoreo superior en intensidad, extensión y temporalidad y el monitoreo para obtención de índices es una fracción del esfuerzo total, por ello se observa que los listados a partir de los cuales se generan los índices son inferiores en cantidad de especies a los listados totales resultantes de registros anteriores.

Todo ello nos permitió obtener listados para la generación de índices de diversidad generados a partir de monitoreo sistematizados aplicando la metodología que se presenta a continuación:

Diversidad de Shannon-Wiener (H'). El cual proporciona información sobre la estructura comunitaria al considerar la relación entre la riqueza específica y conjunto tanto el número de especies como la abundancia de cada una. Se expresa de la siguiente manera:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_e p_i$$

Dónde:

S = número de especies (riqueza de especies)

pi = abundancia relativa de la especie i (se obtiene de dividir el número de individuos de la Xi especie multiplicado por 100 y dividido entre el número total de individuos registrados).

Una vez procesada la información nos permitió obtener los índices que se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 19. Resumen de índices de diversidad de fauna silvestre en el área de estudio

PARÁMETROS		ZONAS			
		MANGLAR INTERNO	MANGLAR EXTERNO	SELVA SUBCADUCIFOLIA	PASTIZAL
Riqueza específica	S =	20	19	56	16
H Calculada	H máx.=	3	2.94	4.04	2.77
Índice de Shannon	H =	2.36	2.64	3.29	2.29
Equitatividad	e =	0.79	0.90	0.81	0.83
Índice de Simpson	D =	0.89	0.93	0.94	0.87

El resultado muestra que el índice de diversidad de Shannon más alto para la vegetación de selva subcaducifolia; dentro de esta se registraron más organismos de más especies, sin embargo, la vegetación de manglar externo es la que el índice de Shannon se acerca más a la H calculada (H máx.) con un 90% de la H máx.

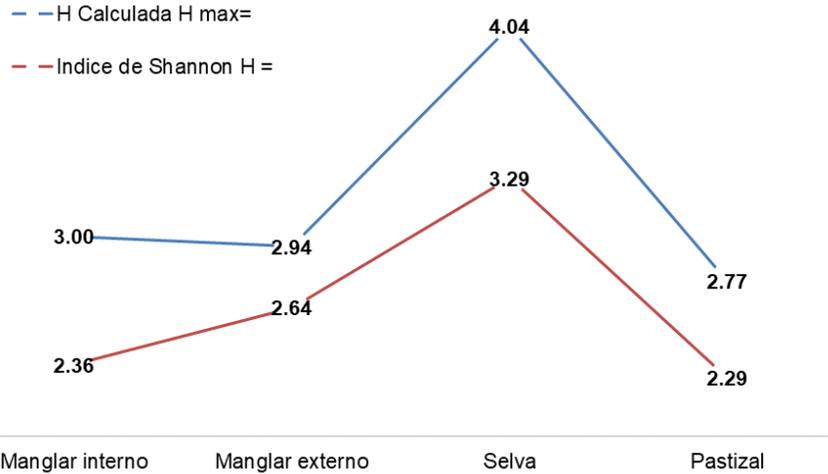


Ilustración 38. Relación del índice de Shannon y la H calculada (Hmáx).

Tabla 20.- Índices de diversidad para la zona de manglar interno

NI	CLASE	ORDEN	FAMILIA	SPP	N	p(i)	ni(ni-1)	p(i)Ln p(i)
1	Aves	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Nyctidromus albicollis</i>	1	0.0045	0.0000	-0.0245
2	Aves	Charadriiformes	Jacaniidae	<i>Jacana spinosa</i>	1	0.0045	0.0000	-0.0245
3	Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas flavirostris</i>	1	0.0045	0.0000	-0.0245
4	Aves	Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Chloroceryle americana</i>	10	0.0455	0.0019	-0.1405
5	Aves	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	1	0.0045	0.0000	-0.0245
6	Aves	Gruiformes	Aramidae	<i>Aramus guarana</i>	1	0.0045	0.0000	-0.0245
7	Aves	Passeriformes	Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	13	0.0591	0.0032	-0.1671
8	Aves	Passeriformes	Hirundinidae	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	7	0.0318	0.0009	-0.1097
9	Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	23	0.1045	0.0105	-0.2361
10	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	11	0.0500	0.0023	-0.1498
11	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	3	0.0136	0.0001	-0.0586
12	Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Butorides virescens</i>	26	0.1182	0.0135	-0.2524
13	Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Egretta caerulea</i>	1	0.0045	0.0000	-0.0245
14	Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Nyctanassa violacea</i>	45	0.2045	0.0411	-0.3246
15	Aves	Pelecaniformes	Threskiornithidae	<i>Eudocimus albus</i>	3	0.0136	0.0001	-0.0586
16	Aves	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Aratinga canicularis</i>	18	0.0818	0.0064	-0.2048
17	Mammalia	Carnivora	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	5	0.0227	0.0004	-0.0860
18	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	<i>Sigmodon sp</i>	1	0.0045	0.0000	-0.0245
19	Reptilia	Crocodylia	Crocodylidae	<i>Crocodylus acutus</i>	45	0.2045	0.0411	-0.3246
20	Reptilia	Squamata	Iguanidae	<i>Iguana iguana</i>	4	0.0182	0.0002	-0.0729
Total					220	1	0.1217	-2.3572

RESULTADOS

Riqueza específica	S = 20
H Calculada	H máx.= 3.00
Índice de Shannon	H = 2.357
Equitatividad	e = 0.787
Índice de Simpson	D = 0.878

Tabla 21. Índices de diversidad para la zona de manglar externa

NI	CLASE	ORDEN	FAMILIA	SPP	N	p(i)	ni(ni-1)	p(i)Ln p(i)
1	Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo nitidus</i>	1	0.015385	0	-0.06422
2	Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteogallus anthracinus</i>	1	0.015385	0	-0.06422
3	Aves	Accipitriformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	5	0.076923	0.004807692	-0.1973
4	Aves	Accipitriformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	3	0.046154	0.001442308	-0.14196
5	Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas flavirostris</i>	2	0.030769	0.000480769	-0.10712
6	Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	2	0.030769	0.000480769	-0.10712
7	Aves	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	1	0.015385	0	-0.06422
8	Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Cacicus melanicterus</i>	2	0.030769	0.000480769	-0.10712
9	Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Molothrus aeneus</i>	1	0.015385	0	-0.06422
10	Aves	Passeriformes	Thraupidae	<i>Saltator coerulescens</i>	1	0.015385	0	-0.06422
11	Aves	Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus rufopalliatu</i>	9	0.138462	0.017307692	-0.27376
12	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	9	0.138462	0.017307692	-0.27376
13	Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Nyctanassa violacea</i>	7	0.107692	0.010096154	-0.23999
14	Aves	Pelecaniformes	Threskiornithidae	<i>Eudocimus albus</i>	6	0.092308	0.007211538	-0.21993
15	Aves	Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes chrysogenys</i>	5	0.076923	0.004807692	-0.1973
16	Mammalia	Carnivora	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	6	0.092308	0.007211538	-0.21993
17	Mammalia	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	1	0.015385	0	-0.06422
18	Mammalia	Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus floridanus</i>	1	0.015385	0	-0.06422
19	Reptilia	Squamata	Dactyloidae	<i>Anolis nebulosus</i>	2	0.030769	0.000480769	-0.10712
					65	1	0.072115385	-2.64196

RESULTADOS

Riqueza específica	S =	19
H Calculada	H máx.=	2.94
Índice de Shannon	H =	2.642
Equitatividad	e =	0.897
Índice de Simpson	D =	0.928

Tabla 22. Índices de diversidad para la zona de selva mediana subcaducifolia

NI	CLASE	ORDEN	FAMILIA	SPP	N	p(i)	ni(ni-1)	p(i)Ln p(i)
1	Amphibia	Anura	Bufoinae	<i>Rhinella marina</i>	1	0.003311	0	-0.01891
2	Aves	Apodiformes	Trochilidae	<i>Chlorostilbon auriceps</i>	1	0.003311	0	-0.01891
3	Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo albicaudatus</i>	1	0.003311	0	-0.01891
4	Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo nitidus</i>	1	0.003311	0	-0.01891
5	Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteogallus anthracinus</i>	1	0.003311	0	-0.01891
6	Aves	Accipitriformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	2	0.006623	2.20017E-05	-0.03323
7	Aves	Accipitriformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	3	0.009934	6.60051E-05	-0.04581
8	Aves	Anseriformes	Anatidae	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	14	0.046358	0.002002156	-0.14238
9	Aves	Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia rutila</i>	3	0.009934	6.60051E-05	-0.04581
10	Aves	Apodiformes	Trochilidae	<i>Cyanthus latirostris</i>	1	0.003311	0	-0.01891
11	Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina inca</i>	2	0.006623	2.20017E-05	-0.03323
12	Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Leptotila verreauxi</i>	3	0.009934	6.60051E-05	-0.04581
13	Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas flavirostris</i>	16	0.05298	0.002640206	-0.15565

Evaluación ambiental y caracterización de posible afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada de la ruptura del colector centro norte en su línea de impulsión de 48"

14	Aves	Coraciiformes	Momotidae	<i>Momotus mexicanus</i>	1	0.003311	0	-0.01891
15	Aves	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	10	0.033113	0.000990077	-0.11284
16	Aves	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	1	0.003311	0	-0.01891
17	Aves	Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis wagleri</i>	11	0.036424	0.001210094	-0.12066
18	Aves	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax sanblasianus</i>	2	0.006623	2.20017E-05	-0.03323
19	Aves	Passeriformes	Furnariidae	<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	1	0.003311	0	-0.01891
20	Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Cacicus melanicterus</i>	14	0.046358	0.002002156	-0.14238
21	Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus pustulatus</i>	8	0.02649	0.000616048	-0.09619
22	Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Molothrus aeneus</i>	2	0.006623	2.20017E-05	-0.03323
23	Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	33	0.109272	0.011616906	-0.24192
24	Aves	Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga nigrescens</i>	1	0.003311	0	-0.01891
25	Aves	Passeriformes	Thraupidae	<i>Saltator coerulescens</i>	5	0.016556	0.000220017	-0.0679
26	Aves	Passeriformes	Thraupidae	<i>Sporophila torqueola</i>	1	0.003311	0	-0.01891
27	Aves	Passeriformes	Tityridae	<i>Tityra semifasciata</i>	2	0.006623	2.20017E-05	-0.03323
28	Aves	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryophilus sinaloa</i>	1	0.003311	0	-0.01891
29	Aves	Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus rufopalliatu</i>	30	0.099338	0.009570747	-0.22939
30	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Contopus sordidulus</i>	1	0.003311	0	-0.01891
31	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiodynastes luteiventris</i>	1	0.003311	0	-0.01891
32	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	15	0.049669	0.00231018	-0.14912
33	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	2	0.006623	2.20017E-05	-0.03323
34	Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	2	0.006623	2.20017E-05	-0.03323
35	Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Nyctanassa violacea</i>	2	0.006623	2.20017E-05	-0.03323
36	Aves	Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes chrysogenys</i>	19	0.062914	0.003762293	-0.17402
37	Aves	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Aratinga canicularis</i>	43	0.142384	0.01986755	-0.27754
38	Aves	Strigiformes	Strigidae	<i>Glaucidium brasilianum</i>	2	0.006623	2.20017E-05	-0.03323
39	Aves	Suliformes	Fregatidae	<i>Fregata magnificens</i>	2	0.006623	2.20017E-05	-0.03323
40	Aves	Trogoniformes	Trogonidae	<i>Trogon citreolus</i>	5	0.016556	0.000220017	-0.0679
41	Mammalia	Carnivora	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	5	0.016556	0.000220017	-0.0679
42	Mammalia	Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasyus novemcinctus</i>	2	0.006623	2.20017E-05	-0.03323
43	Mammalia	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	2	0.006623	2.20017E-05	-0.03323
44	Mammalia	Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus floridanus</i>	2	0.006623	2.20017E-05	-0.03323
45	Mammalia	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus nayaritensis</i>	3	0.009934	6.60051E-05	-0.04581
46	Aves	Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo olivaceus</i>	1	0.003311	0	-0.01891
47	Reptilia	Crocodylia	Crocodylidae	<i>Crocodylus acutus</i>	2	0.006623	2.20017E-05	-0.03323
48	Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Drymobius margaritiferus</i>	2	0.006623	2.20017E-05	-0.03323
49	Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Oxybelis aeneus</i>	1	0.003311	0	-0.01891
50	Reptilia	Squamata	Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	2	0.006623	2.20017E-05	-0.03323
51	Reptilia	Squamata	Dactyloidae	<i>Anolis nebulosus</i>	5	0.016556	0.000220017	-0.0679
52	Reptilia	Squamata	Iguanidae	<i>Ctenosaura pectinata</i>	1	0.003311	0	-0.01891
53	Reptilia	Squamata	Iguanidae	<i>Iguana iguana</i>	2	0.006623	2.20017E-05	-0.03323
54	Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus utiformis</i>	1	0.003311	0	-0.01891
55	Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Urosaurus bicarinatus</i>	1	0.003311	0	-0.01891
56	Reptilia	Squamata	Teiidae	<i>Cnemidophorus lineatissimus</i>	1	0.003311	0	-0.01891
57	Reptilia	Testudines	Emydidae	<i>Trachemys venusta</i>	3	0.009934	6.60051E-05	-0.04581
					302	1	0.058172537	-3.28577

RESULTADOS

Riqueza específica	S =	57
H Calculada	H máx.=	4.04
Índice de Shannon	H =	3.286
Equitatividad	e =	0.813
Índice de Simpson	D =	0.942

Tabla 23. Índices de diversidad la zona de pastizal

NI	CLASE	ORDEN	FAMILIA	SPP	N	p(i)	ni(ni-1)	p(i)ln p(i)
1	Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo albicaudatus</i>	1	0.0185	0.0000	-0.0739
2	Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo nitidus</i>	1	0.0185	0.0000	-0.0739
3	Aves	Accipitriformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	15	0.2778	0.0734	-0.3558
4	Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina inca</i>	3	0.0556	0.0021	-0.1606
5	Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas flavirostris</i>	2	0.0370	0.0007	-0.1221
6	Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Streptopelia decaocto</i>	1	0.0185	0.0000	-0.0739
7	Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	4	0.0741	0.0042	-0.1928
8	Aves	Falconiformes	Falconidae	<i>Caracara cheriway</i>	2	0.0370	0.0007	-0.1221
9	Aves	Galliformes	Odontophoridae	<i>Callipepla douglasii</i>	2	0.0370	0.0007	-0.1221
10	Aves	Passeriformes	Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	12	0.2222	0.0461	-0.3342
11	Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Cacicus melanicterus</i>	2	0.0370	0.0007	-0.1221
12	Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	4	0.0741	0.0042	-0.1928
13	Aves	Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus rufopalliatus</i>	1	0.0185	0.0000	-0.0739
14	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	2	0.0370	0.0007	-0.1221
15	Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Nyctanassa violacea</i>	1	0.0185	0.0000	-0.0739
16	Aves	Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes chrysogenys</i>	1	0.0185	0.0000	-0.0739
					54	1	0.133473096	-2.28977

RESULTADOS

Riqueza específica	S =	16
H Calculada	H máx.=	2.77
Índice de Shannon	H =	2.290
Equitatividad	e =	0.826
Índice de Simpson	D =	0.867

VII.6. Reproducción

Durante los recorridos de campo se pudo observar que algunas especies están realizando eventos reproductivos particularmente especies de aves, específicamente en las zonas de Selva subcaducifolia y manglar interno, en la zona de selva para la especie *Quiscalus mexicanus* se localizó una zona de concentración de nidos, para las demás especies no se detectó una zona específica de anidación, para la zona de mangle interno se localiza una zona de concentración de nidos de *Nyctanassa violacea* y *Quiscalus mexicanus*, ambas zonas de anidación coinciden con la zona de afectación determinada durante el vertimiento de aguas negras.

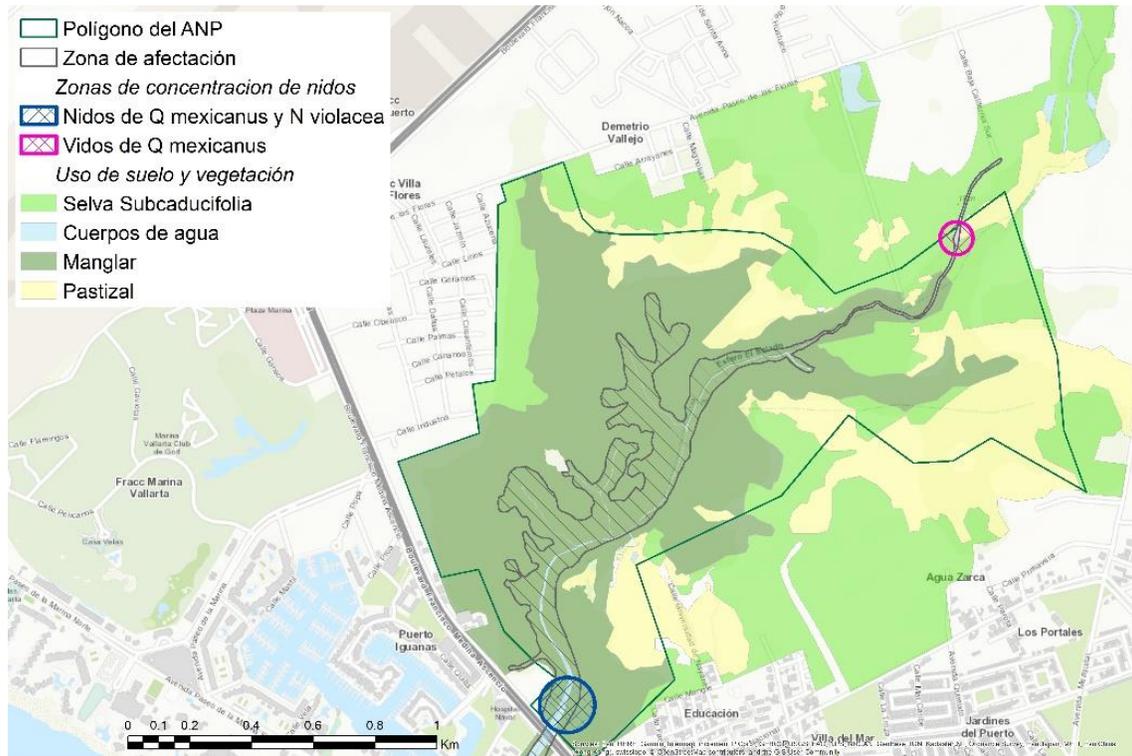


Ilustración 39. Ubicación de las zonas de concentración de nidos detectados en la zona de estudio



Pedrete incubando sus huevos



Nido activo de zanate



Pollo de zanate aun en el nido



Luis bienteveo construyendo su nido



Mirlo dorso canela construyendo su nido



Nido de calandria

Ilustración 40. Actividades de anidación de algunas especies de aves avistados en la zona de estudio

VIII. Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos

Características físico - químicas del agua

El agua natural, al estar en contacto con diferentes agentes (aire, suelo, vegetación, subsuelo, etc.), incorpora parte de los mismos por disolución o arrastre, o incluso, en el caso de ciertos gases, por intercambio. A esto es preciso unir la existencia de un gran número de seres vivos en el medio acuático que interrelacionan con el mismo mediante diferentes procesos biológicos en los que se consumen y desprenden distintas sustancias.

Esto hace que las aguas dulces pueden presentar un elevado número de sustancias en su composición química natural, dependiendo de diversos factores tales como las características de los terrenos atravesados, las concentraciones de gases disueltos, etc. Entre los compuestos más comunes que se pueden encontrar en las aguas dulces están:

- Como constituyentes mayoritarios los carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros y nitratos.
- Como constituyentes minoritarios los fosfatos y silicatos, metales como elementos traza y gases disueltos como oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono.
- El agua de lluvia presenta los cationes: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , los aniones: HCO_3^- , Cl^- , Br^- , I^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-} y dióxido de carbono, oxígeno, ozono, nitrógeno, argón, etc.

La composición química natural de las aguas puede verse alterada por actividades humanas: agrícolas, ganaderas e industriales, principalmente. La consecuencia es la incorporación de sustancias de diferente naturaleza a través de vertidos de aguas residuales o debido al paso de las aguas por terrenos tratados con productos agroquímicos o contaminados.

Estas incorporaciones ocasionan la degradación de la calidad del agua provocando diferentes efectos negativos como la modificación de los ecosistemas acuáticos la destrucción de los recursos hidráulicos riesgos para la salud incremento del coste del tratamiento del agua para su uso daño en instalaciones (incrustaciones, corrosiones, etc.) destrucción de zonas de recreo.

Las aguas contaminadas presentan compuestos diversos en función de su procedencia: pesticidas, tensoactivos, fenoles, aceites y grasas, metales pesados, etc. La composición específica de un agua determinada influye en propiedades físicas tales como densidad, tensión de vapor, viscosidad, conductividad, etc. Los parámetros de control se pueden agrupar de la siguiente manera:

Físicos

Características organolépticas, Color, olor, sabor, Elementos flotantes, Temperatura, Sólidos, Conductividad, Radioactividad

Químicos

Ph, Materia Orgánica (Carbono orgánico total, COT), DBO, DQO, Nitrógeno y compuestos derivados (amoníaco, nitratos, nitritos, etc.), Fósforo y compuestos derivados (fosfatos), Aceites y grasas, Hidrocarburos, Detergentes, Cloro y cloruros, Fluoruros, Sulfatos y sulfuros, Fenoles, Cianuros, Haloformas, Metales, Pesticidas, Gases disueltos, Oxígeno, Nitrógeno, Dióxido de carbono, Metano, Ácido sulfhídrico,

Biológicos

Coliformes totales y fecales, *Streptococos* fecales, *Salmonellas*, Enterovirus (Universidad Politécnica de Cartagena, 2007).

Oceanografía dinámica: las mareas

La rama de la oceanografía que estudia el movimiento del agua de los océanos y sus causas es la oceanografía dinámica, dentro de la cual la marea es un proceso que jugó un papel muy importante en el proceso de limpieza, dispersión y dilución del contaminante, ya que, al ocurrir el vertimiento en la época de estiaje, solo la marea podía ofrecer un servicio de depuración de los contaminantes dentro del Estero y las aguas de la dársena.

El inicio del vertimiento el lunes 4 de marzo, coincidió con marea viva de la fase lunar: luna nueva, (que es la segunda marea viva en intensidad por debajo a la de luna llena (ver imágenes siguientes).

TABLA DEMAREAS		PUERTO VALLARTA							marzo de 2019	
DÍA			MAREAS DE PUERTO VALLARTA				COEFICIENTE	ACTIVIDAD MEDIA		
			1ª MAREA	2ª MAREA	3ª MAREA	4ª MAREA				
1 V		▲ 7:21 am ▼ 7:06 pm	2:03 am 0.4 m ▼	7:11 am 0.8 m ▲	2:06 pm -0.1 m ▼	8:52 pm 0.8 m ▲	47 bajo	➡➡➡		
2 S		▲ 7:20 am ▼ 7:07 pm	2:12 am 0.3 m ▼	7:39 am 0.9 m ▲	2:22 pm -0.2 m ▼	8:57 pm 0.8 m ▲	56 medio	➡➡➡		
3 D		▲ 7:19 am ▼ 7:07 pm	2:23 am 0.2 m ▼	8:04 am 1.0 m ▲	2:39 pm -0.2 m ▼	9:03 pm 0.8 m ▲	65 medio	➡➡➡		
4 L		▲ 7:18 am ▼ 7:07 pm	2:36 am 0.2 m ▼	8:28 am 1.0 m ▲	2:56 pm -0.2 m ▼	9:11 pm 0.9 m ▲	74 alto	➡➡➡		
5 M		▲ 7:17 am ▼ 7:08 pm	2:52 am 0.1 m ▼	8:52 am 1.0 m ▲	3:13 pm -0.2 m ▼	9:22 pm 0.9 m ▲	80 alto	➡➡➡	MAREA VIVA	
6 X		▲ 7:17 am ▼ 7:08 pm	3:10 am 0.0 m ▼	9:16 am 1.1 m ▲	3:29 pm -0.2 m ▼	9:36 pm 1.0 m ▲	85 alto	➡➡➡		
7 J		▲ 7:16 am ▼ 7:08 pm	3:31 am -0.1 m ▼	9:40 am 1.0 m ▲	3:45 pm -0.1 m ▼	9:52 pm 1.0 m ▲	87 alto	➡➡➡		
8 V		▲ 7:15 am ▼ 7:09 pm	3:55 am -0.1 m ▼	10:05 am 0.9 m ▲	3:59 pm -0.1 m ▼	10:09 pm 1.0 m ▲	86 alto	➡➡➡		
9 S		▲ 7:14 am ▼ 7:09 pm	4:21 am -0.1 m ▼	10:29 am 0.8 m ▲	4:11 pm 0.0 m ▼	10:25 pm 1.0 m ▲	83 alto	➡➡➡		
10 D		▲ 7:13 am ▼ 7:09 pm	4:49 am -0.1 m ▼	10:53 am 0.7 m ▲	4:20 pm 0.1 m ▼	10:41 pm 1.0 m ▲	78 alto	➡➡➡		
11 L		▲ 7:12 am ▼ 7:10 pm	5:20 am 0.0 m ▼	11:16 am 0.6 m ▲	4:21 pm 0.2 m ▼	10:57 pm 1.0 m ▲	69 medio	➡➡➡		
12 M		▲ 7:11 am ▼ 7:10 pm	5:58 am 0.0 m ▼	11:39 am 0.4 m ▲	4:08 pm 0.2 m ▼	11:15 pm 0.9 m ▲	60 medio	➡➡➡		
13 X		▲ 7:11 am ▼ 7:10 pm	7:02 am 0.1 m ▼	12:09 pm 0.3 m ▲	3:03 pm 0.2 m ▼	11:35 pm 0.8 m ▲	50 medio	➡➡➡	MAREA MUERTA	
14 J		▲ 7:10 am ▼ 7:11 pm	12:20 pm 0.1 m ▼	11:36 pm 0.7 m ▲			44 bajo	➡➡➡		
15 V		▲ 7:09 am ▼ 7:11 pm	12:48 pm 0.0 m ▼	8:18 pm 0.6 m ▲			45 bajo	➡➡➡		
16 S		▲ 7:08 am ▼ 7:11 pm	12:36 am 0.5 m ▼	5:54 am 0.8 m ▲	1:16 pm -0.2 m ▼	8:02 pm 0.7 m ▲	55 medio	➡➡➡		
17 D		▲ 7:07 am ▼ 7:12 pm	1:05 am 0.3 m ▼	6:52 am 0.9 m ▲	1:44 pm -0.3 m ▼	8:11 pm 0.8 m ▲	71 alto	➡➡➡		
18 L		▲ 7:06 am ▼ 7:12 pm	1:38 am 0.1 m ▼	7:37 am 1.1 m ▲	2:13 pm -0.3 m ▼	8:29 pm 1.0 m ▲	87 alto	➡➡➡		
19 M		▲ 7:05 am ▼ 7:12 pm	2:13 am -0.1 m ▼	8:19 am 1.2 m ▲	2:42 pm -0.3 m ▼	8:52 pm 1.1 m ▲	101 muy alto	➡➡➡	MAREA VIVA	
20 X		▲ 7:04 am ▼ 7:12 pm	2:49 am -0.2 m ▼	8:59 am 1.2 m ▲	3:09 pm -0.3 m ▼	9:17 pm 1.1 m ▲	111 muy alto	➡➡➡		
21 J		▲ 7:04 am ▼ 7:13 pm	3:25 am -0.3 m ▼	9:37 am 1.1 m ▲	3:35 pm -0.2 m ▼	9:42 pm 1.2 m ▲	113 muy alto	➡➡➡		
22 V		▲ 7:03 am ▼ 7:13 pm	4:00 am -0.3 m ▼	10:14 am 1.0 m ▲	3:58 pm 0.0 m ▼	10:07 pm 1.2 m ▲	110 muy alto	➡➡➡		

Ilustración 41. Mareas del mes de marzo con altitudes de marea alta y baja, así como vivas y muertas.

Evaluación ambiental y caracterización de posible afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada de la ruptura del colector centro norte en su línea de impulsión de 48"

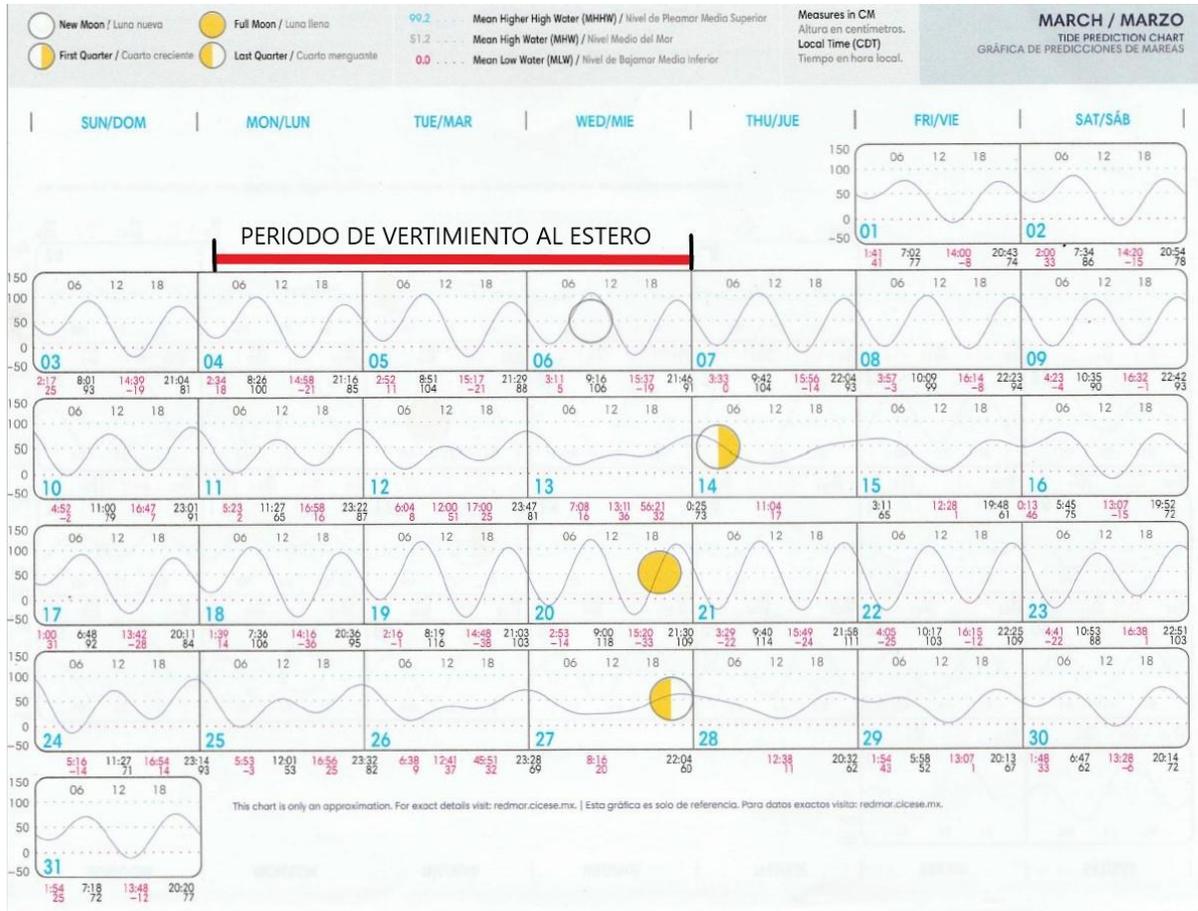


Ilustración 42. Tabla de mareas mostrándose el tiempo del vertimiento.

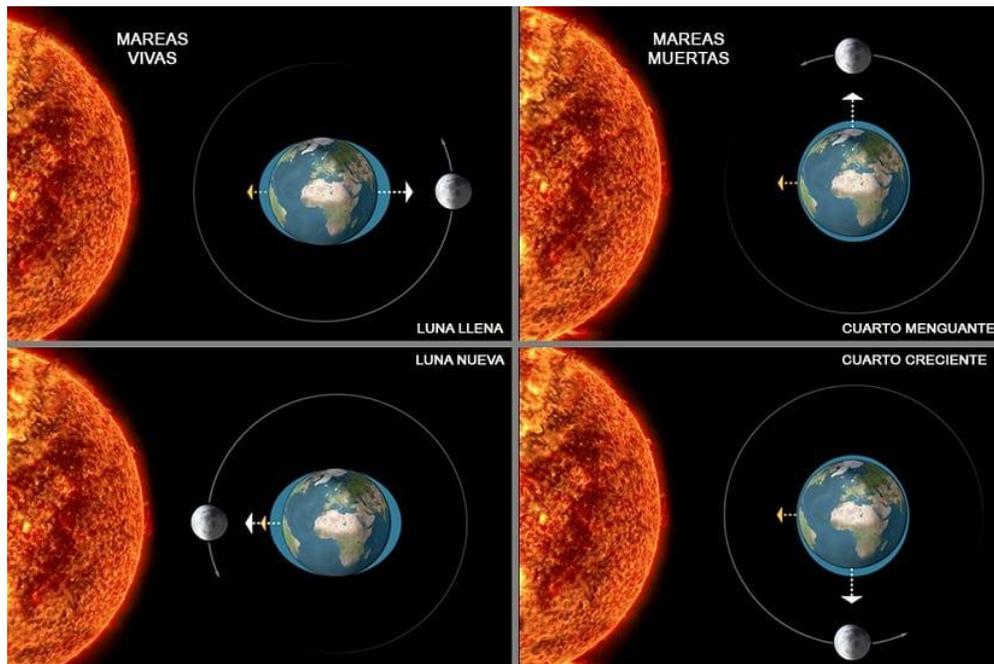


Ilustración 43. Tiempos de mareas vivas y muertas en relación a las fases lunares.

La variación de altura entre marea baja y alta osciló entre el 1.1 a 1.2 metros de nivel dos veces al día, ello ayudo al proceso de inundación de la zona de mareas dentro del estero lo que contribuyó a la dilución del agua residual vertida y a su vez a la eliminación de esta del sistema estuarino. Hay que recordar que la marea en Puerto Vallarta es diurna (dos mareas altas y dos bajas al día), lo que ofrece que en un ciclo de 24 horas se inunde el estero dos veces y a su vez que se vacié el estero dos veces, contribuyendo a su auto depuración o limpieza.

Sin embargo, este proceso de mareas, también llevo el contaminante de carácter biológico fuera del estero y de la dársena, lo que inicio el proceso de cierre temporal (48 horas) de playas aledañas a la dársena hasta que los análisis de laboratorio confirmaran niveles menores en sus resultados.

Posterior a ello, vino el proceso de marea muerta de la fase lunar: cuarto creciente, con una variación de altura entre marea baja y alta osciló en los 0.6 metros de nivel una vez al día en marzo 14 y 15, para volver a la marea viva más alta del mes con la fase luna: luna llena, en donde la variación de altura entre marea baja y alta osciló en 1.4 metros de nivel dos veces al día en marzo 19 al 21. Después de este proceso, las aguas del Estero del Salado volvieron a su normalidad al ser de tipo transparentes por visibilidad se reportó por el personal del Estero y por los resultados que más adelante de muestran.

MONITOREO DE LABORATORIO

Con base en lo establecido a las características físico químicas de agua residual vertidas por un lapso de 70 horas a razón de la contingencia derivada de la ruptura del colector centro norte en su línea de impulsión de 48" de aguas residuales de la PTAR Norte I a la PTAR Norte II, se estableció llevar a cabo dos procesos separados de monitoreo de la calidad de las aguas en diferentes puntos dentro del estero El Salado y fuera de este cuerpo dentro de la dársena Portuaria y la marina Vallarta.

El motivo más importante de estos análisis fue determinar la necesidad de cerrar playas públicas para actividades recreativas en relación a los contaminantes biológicos presentes en el agua marina durante el lapso del vertimiento, razón por la cual en las playas comprendidas desde la desembocadura del río Pitillal a la calle Boca Negra de Marina Vallarta se izaron banderas rojas solicitando a los usuarios no hacer uso recreativo del mar por un lapso de 48 horas en el momento pico del vertimiento.

Las entidades que realizaron muestreos de parámetros físico – químicos y bacteriológicos durante el proceso del vertimiento fueron la Comisión Estatal del Agua (CEA), el mismo Sistema de los Servicios de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Puerto Vallarta (SEAPAL), la Secretaría de Salud, el ANP-ZCE estero El Salado y los Laboratorios ABC Química Investigación y Análisis, S.A. de C.V. Siendo que en la presente evaluación se analizan los datos capturados por la CEA, SEAPAL y los Laboratorios ABC Química Investigación y Análisis, S.A. de C.V.

La información analizada fue proporcionada por el Organismo SEAPAL, misma que fue capturada en un programa de análisis para graficar los resultados. Los reportes de la CEA solo fueron entregados de los días 05 al 08 de marzo, mientras que del SEAPAL se entregaron de 04 de marzo al 12 de abril en forma diaria y de esta fecha hasta el 01 de julio en forma alternada en días. De igual forma, el Laboratorios ABC Química Investigación y Análisis, S.A. de C.V. es la entidad encargada de llevar a cabo los análisis certificados semanales para establecer la calidad de agua que es vertida al estero El Salado posterior a su tratamiento en la PTAR Norte I con los cuales el SEAPAL notifica a la Comisión Nacional del Agua (CNA) que no existen contaminantes en estas aguas tratadas previas a su disposición final al cuerpo receptor, por lo que se cuenta con la información de la matriz de aguas residuales tratadas de los días 14 y 19 de marzo y 1 y 8 abril (mismos que se encuentran en el Anexo 5), así como los muestreos elaborados en el canal principal y bajo el puente de la Av. Medina Asensio, el 14 de marzo.

Los parámetros que cada institución analizó en los diferentes sitios de muestreo son los siguientes:

Tabla 24. Parámetros y Sitios de Muestreo que cada entidad llevó a cabo

PARÁMETRO			SITIO DE MUESTREO		
SEAPAL	CEA	LABORATORIO ABC	SEAPAL	CEA	LABORATORIO ABC
pH	pH	MATERIA FLOTANTE EN CAMPO	CANAL ESTERO	CANAL ESTERO	CANAL ESTERO
CND	TEMPERATURA	pH	PUENTE ESTERO	CANAL ESTERO -1 PROFUNDIDAD	PUENTE ESTERO
TEMPERATURA	CLORUROS	TEMPERATURA	DESCARGA NORTE I	PUENTE ESTERO	
OXIGENO DISUELTO	DBO	SOLIDOS SEDIMENTABLES	DARSENSA MARINA VALLARTA	PUENTE ESTERO -1 PROFUNDIDAD	
DQO	DQO	SOLIDOS SUSPENDI TOTALES		DESCARGA NORTE I	
PT	PT	DBO		DESCARGA MARINA (CLUB DE YATES)	
N-NH3	GRASAS Y ACEITES	DQO	CEA: 18 PARAMETROS EN 6 SITIOS POR 4 DIAS (12 de los cuales se graficaron)		
CLORUROS	N-NO3	N-NO3			
ENTEROCOCOS	N-NO2	N-NO2			
COLIFORME TOTAL	N-NH3	N-TOTAL KJELDAHL			
	N-ORGANICO	PT	SEAPAL: 10 PARAMETROS POR 2 SITIOS POR 120 DIAS Y 2 SITIOS POR 11 DIAS (8 de los cuales se graficaron)		
	N-TOTAL KJELDAHL	GRASAS Y ACEITES			
	N-TOTAL	COLIFORME TOTAL			
	SAAM	HUEVOS DE HELMINTO			
	SOLIDOS SEDIMENTABLES	MERCURIO TOTAL			
	SULFATOS	CIANUROS TOTALES			
	TURBIEDAD	ARSENICO TOTAL			
	HUEVOS DE HELMINTO	CADMIO TOTAL			
		CROMO TOTAL	LABORATORIO ABC: 24 PARAMETROS POR 2 SITIOS POR 1 DIA (4 de los cuales se graficaron)		
		COBRE TOTAL			
		NIQUEL TOTAL			
		PLOMO TOTAL			
		ZINC TOTAL			

La recuperación y conservación de las características físico-químicas y biológicas de los cuerpos de agua superficiales son fundamentales con el propósito de que estas aguas puedan ser usadas, garantizando una mejor calidad de vida para los habitantes de un territorio (Costa Rica, Ministerio de Ambiente y Energía y Ministerio de Salud, 2007).

Si bien, la calidad del agua se puede determinar por medio del análisis de distintos indicadores, es ventajosa su simplificación por medio del uso de índices de calidad del agua; en las condiciones actuales resulta muy conveniente validar los resultados de acuerdo con los diversos criterios de clasificación en México. Por ello, para la presente evaluación se consideró la **NOM-001-SEMARNAT-1996**, la **Ley Federal de Derechos, NMX-AA-120-SCFI-2016** y el Manual Operativo de Vigilancia de agua de contacto primario en playas y cuerpos de agua dulce de la **Secretaría de Salud del Gobierno de la República**, a través de la **Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS)**.

De acuerdo con la Sección 4 - Especificaciones de la NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los Límites Máximos Permisibles (LMP) de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, para la evaluación y clasificación de la calidad del agua de cuerpos receptores de estas aguas (considerando estuarios y humedales naturales), se validaron los resultados encontrados que destacan más allá de la propia clasificación, la consolidación de las bases de datos para investigar las posibles causas de contaminación de los afluentes de los cuerpos de agua para proponer posibles soluciones. La NOM-001-SEMARNAT-1996 se establece lo siguiente:

4.1 La concentración de contaminantes básicos, metales pesados y cianuros para las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, no debe exceder el valor indicado como límite máximo permisible en las Tablas 2 y 3 de esta Norma Oficial Mexicana (las tablas se encuentran a continuación). El rango permisible del potencial hidrógeno (pH) es de 5 a 10 unidades.

4.2 Para determinar la contaminación por patógenos se tomará como indicador a los coliformes fecales. El límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola) es de 1,000 y 2,000 como número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 ml para el promedio mensual y diario, respectivamente.

4.3 Para determinar la contaminación por parásitos se tomará como indicador los huevos de helminto. El límite máximo permisible para las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de un huevo de helminto por litro para riego restringido, y de cinco huevos por litro para riego no restringido, lo cual se llevará a cabo de acuerdo a la técnica establecida en el anexo 1 de esta Norma.

Sin duda, el análisis e interpretación de la base de datos del estero El Salado brinda información fidedigna de lo que está ocurriendo en este ecosistema acuático, lo cual es imprescindible para cualquier acción de manejo que se desee implementar en pro de la salud del sistema estuario en cuestión. Es por ello que la información contenida en las siguientes tablas, presenta los parámetros establecidos para la determinación de la calidad de las aguas de cuerpos superficiales por tipo de cuerpo receptor.

Evaluación ambiental y caracterización de afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada del colapso del colector centro norte.

Tabla 25. Límites máximos permisibles para contaminantes básicos de acuerdo con la NOM-001-SEMARNAT-1996

TABLA 2

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS																				
PARÁMETROS	RÍOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS				SUELO					
	Uso en riego agrícola (A)		Uso Público Urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		Estuarios (B)		Uso en riego agrícola (A)		Humedales naturales (B)	
(miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Temperatura °C (1)	N.A.	N.A.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	N.A.	N.A.	40	40
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25
Materia Flotante (3)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	N.A.	N.A.	1	2
Sólidos Suspendidos Totales	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	150	200	75	125	75	125	N.A.	N.A.	75	125
Demanda Bioquímica de Oxígeno ₅	150	200	75	150	30	60	75	150	30	60	150	200	75	150	75	150	N.A.	N.A.	75	150
Nitrógeno Total	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Fósforo Total	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

(1) Instantáneo

(2) Muestra Simple Promedio Ponderado

(3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006.

P.D.= Promedio Diario; P.M.= Promedio Mensual; N.A.= No es aplicable

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de

Derechos.

Tabla 26. Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros de acuerdo con la NOM-001-SEMARNAT-1996

TABLA 3

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA METALES PESADOS Y CIANUROS																				
PARÁMETROS (*)	RÍOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS				SUELO					
(miligramos por litro)	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)		HUMEDALES NATURALES (B)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Arsénico	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2
Cadmio	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.05	0.1	0.1	0.2
Cianuro	1.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	3.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0
Cobre	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4	6.0	4	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4	6.0	4.0	6.0
Cromo	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0
Mercurio	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01	0.01	0.02	0.005	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01
Níquel	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
Plomo	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	5	10	0.2	0.4
Zinc	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20

(*) Medidos de manera total.

P.D.= Promedio Diario, P.M.= Promedio Mensual; N.A.= No es aplicable
(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.

Evaluación ambiental y caracterización de afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada del colapso del colector centro norte.

Así mismo, de acuerdo con el Artículo 224 de la Ley Federal de Derechos en su fracción V – Tabla: Lineamientos de Calidad del Agua, se establecen los lineamientos de calidad de agua de acuerdo con diversos grados de calidad al destino inmediato posterior, con el cual deben de cumplir las aguas que regresen a su fuente original o sean vertidas en cualquier otro sitio previamente autorizado de acuerdo con parámetros inorgánicos, orgánicos, físicos y microbiológicos. Para la aplicación de los valores contenidos en la tabla de lineamientos de calidad del agua, se emplearon los usos 3 y 4, protección a la vida acuática: agua dulce, incluye humedales y protección a la vida acuática: aguas costeras y estuarios, respectivamente.

Actualmente, el indicador bacteriológico más eficiente para evaluar la calidad de agua de mar para uso recreativo es la bacteria *Enterococcus faecalis*, ya que es un excelente parámetro para valorar las condiciones sanitarias del agua de mar, toda vez que su presencia indica contaminación de origen fecal, su hábitat normal es el tracto gastrointestinal de humanos y otros mamíferos; asimismo, es muy resistente a condiciones adversas. Además de estar relacionados directamente con enfermedades gastrointestinales, enfermedades respiratorias, conjuntivitis y dermatitis, entre otras (COFEPRIS, 2010).

Con referencia a lo anterior, en México existen dos Dependencias encargadas del monitoreo agua de mar para uso recreativo que utilizan a los enterococos como indicador:

1. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos (SEMARNAT) de acuerdo con la norma mexicana NMX-AA-120-SCFI-2016, para fines de certificación de playas. Donde en su fracción 5 - Para el caso de playas para uso recreativo se debe cumplir con lo siguiente:

5.1 De calidad de agua de mar, lagunas costeras y estuarios.

- 5.1.1 La Calidad bacteriológica del agua en la playa debe ubicarse dentro del límite de 100 Enterococos NMP/100 ml (Número Más Probable/ 100 ml).
2. La Secretaría de Salud del Gobierno de la República, a través de la Cofepris, en su Manual Operativo para la Vigilancia de agua de contacto primario en playas y cuerpos de agua dulce, basada en los lineamientos para determinar la calidad de agua de mar para uso recreativo con contacto primario, establece el criterio de playa apta o no apta siempre que un nivel de enterococos sea de 200 NMP/100ml para un riesgo entre 5-10% para enfermedades gastrointestinales y de 1.9-3.9% para enfermedades respiratorias febriles agudas con base en los estudios presentados por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Por las consideraciones anteriores, a continuación, se presenta el análisis de los resultados obtenidos en dos formas, la primera se basa en gráficas en la escala de tiempo y nivel presente de parámetro y el segundo a través de los Límites Máximos Permisible (LMP) y/o criterios mencionados con anterioridad y las veces que el resultado se sitúa dentro de el o por encima de el. Cabe mencionar, que no todos los parámetros fueron analizados en ambos procesos.

SEAPAL

SEAPAL, como ya se mencionó llevo a cabo el análisis de 10 parámetros en 4 sitios, de estos en 2 de ellos (canal estero y puente estero) se mantuvieron hasta la primera lluvia de verano para determinar si los niveles aumentaban en relación a posible material orgánico acumulado del vertimiento que saldría por efecto de las lluvias, y en los otros dos sitios (influyente Norte I y dársena portuaria) solo se mantuvieron por 11 días.

A su vez, de los 10 parámetros, solo temperatura no fue graficada ya que no presento variación significativa, ni los dos sitios externos al estero, la Norte I, por presentar Datos de valores de aguas residuales y la dársena de Marina Vallarta por no verse afectada por el proceso de vertimiento. La razón por la cual Marina Vallarta no se vio afectada en los valores del vertimiento, ya que al momento de la marea alta las aguas entraban primero a Marina Vallarta y posterior al estero y al momento de la marea baja, las aguas del estero salen a la dársena con dirección a la bahía. Solo al momento de la marea muerta, el agua que salió al final del estero sería empujada a Marina Vallarta al momento de iniciar la subida de marea. Dentro de Marina Vallarta los resultados de parámetros fisicoquímicos estuvieron fuera de los rangos de las aguas vertidas dentro del estero. En la gráfica de análisis de LMP, si se pueden ver los niveles de DQO de la dársena.

Los puntos de muestreo para SEAPAL en el estero se localizaron en el canal del estero donde este se bifurca casi al centro del ANP y bajo el puente de la Av. Fco. Medina Ascencio en el canal de salida.

Así mismo, en el Anexo 4 - Apartado 1 se pueden apreciar los gráficos del monitoreo realizado por SEAPAL desde el primer día de la contingencia hasta los siguientes 120 días posteriores al vertimiento en los siguientes puntos de muestreo: Descarga Norte I, Canal del Estero, Puente del Estero y Dársena Marina Vallarta para los parámetros de coliformes, DQO, N-NH₃, enterococos y fosforo total; donde mediante proyección solar se muestra la razón del valor de cada parámetro con respecto al LMP de aguas costeras: estuarios de acuerdo con la NOM-001-SEMARNAT-1996.

A continuación, se muestran las gráficas de resultados de laboratorio en relación al espacio tiempo y nivel presente del parámetro.

Evaluación ambiental y caracterización de afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada del colapso del colector centro norte.

A.- Potencial de Hidrógeno:

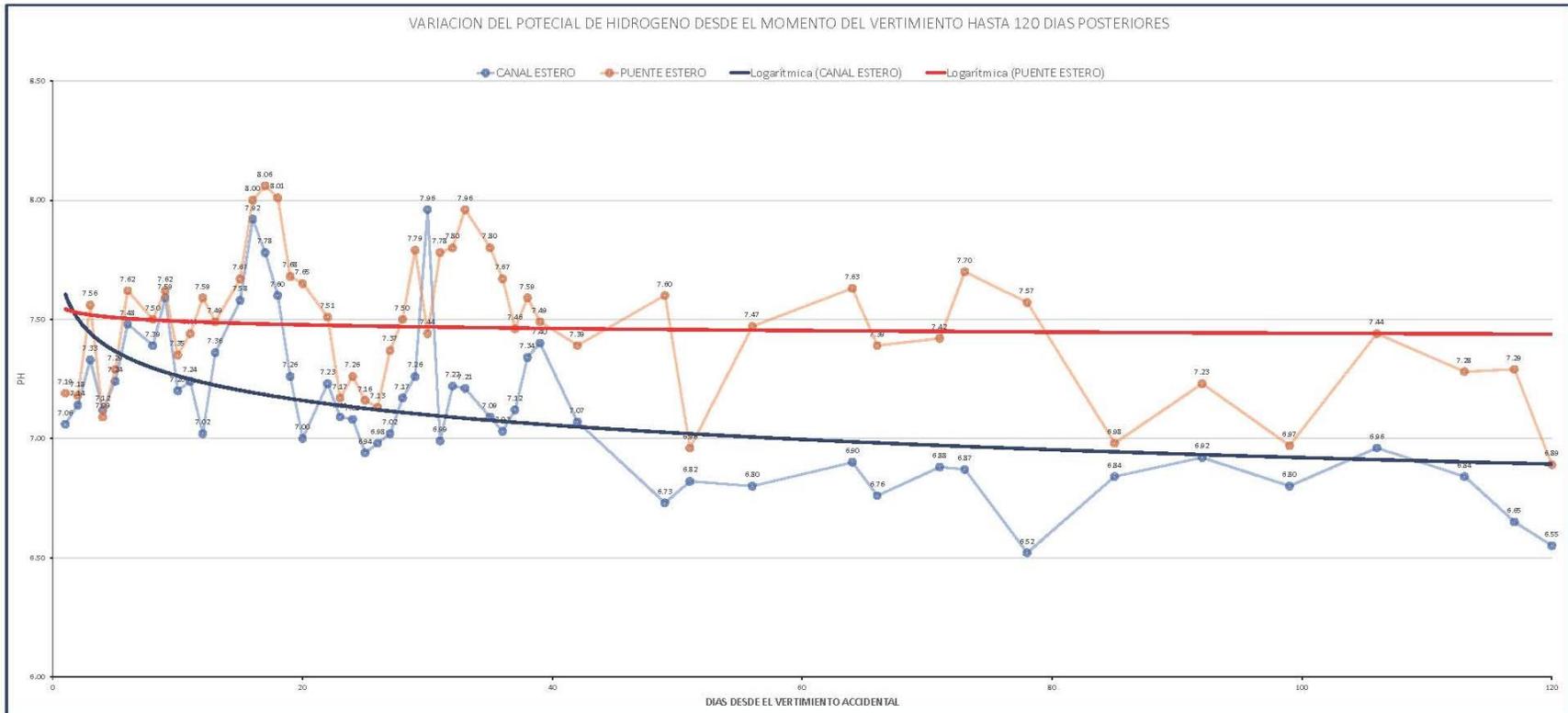


Ilustración 44. Variación de potencial de hidrógeno desde el momento del vertimiento hasta 120 días posteriores.

En cuanto a la variación del pH (Potencial de Hidrógeno), esta tiene amplia aplicación en el campo de las aguas naturales y residuales. Es una propiedad básica e importante que afecta a muchas reacciones químicas y biológicas. Valores extremos de pH pueden originar la muerte de peces, drásticas alteraciones en la flora y fauna, reacciones secundarias dañinas (por ejemplo, cambios en la solubilidad de los nutrientes, formación de precipitados, etc.). El pH es un factor muy importante en los sistemas químicos y biológicos de las aguas naturales. El valor del pH compatible con la vida piscícola está comprendido entre 5 y 9. Sin embargo, para la mayoría de las especies acuáticas, la zona de pH favorable se sitúa entre 6.0 y 7.2. Fuera de este rango no es posible la vida como consecuencia de la desnaturalización de las proteínas (Universidad Politécnica de Cartagena, 2007).

La fotosíntesis reduce el CO₂ disuelto de un agua, mientras que la respiración de los organismos heterótrofos produce CO₂ causando efectos contrarios. Por otro lado, los ácidos naturales (H₂S o ácidos húmicos) acidificarían un agua mientras que la disolución de rocas y minerales de metales alcalinos y alcalinotérreos del terreno la alcalinizaría. El valor de pH de aguas superficiales está entre 6-8,5, siendo las aguas

subterráneas más ácidas que las superficiales. Durante la mezcla el pH en la columna de agua es uniforme ($\pm 0,1-0,15$ u.pH); durante la estratificación térmica, las aguas superficiales ricas en fitoplancton que usan CO_2 como alimento aumentan mucho su pH ($>9,0$ u. pH). Las zonas profundas (pobres en O_2 y con flora reductora) exhiben valores de pH más bajos, del orden de 6,5 u.pH o inferiores (Marín G., 2008).

De acuerdo a los análisis de laboratorio del SEAPAL, los valores máximos del pH fueron en la semana del 19 al 21 de marzo bajo el puente del estero con valores de 8.06 y el valor mínimo se presentó el 20 de mayo del 2016 con un 6.52. Durante la semana del vertimiento los valores se mantuvieron dentro de los 7.02 a los 7.62.

A su vez, el rango mínimo nunca estuvo abajo de 6.00, pero si paso del mínimo deseable de 7.2. Por el contrario, siempre se mantuvo por debajo del 9.0. La tendencia logarítmica de ambos puntos de muestreo se mostró a la baja en ambos casos, más en el canal del estero y menos en el puente del estero, siendo más ácida en el canal que bajo el puente, pero dentro de los valores que se requieren para mantener vida acuática.

B.- Conductividad (CND):

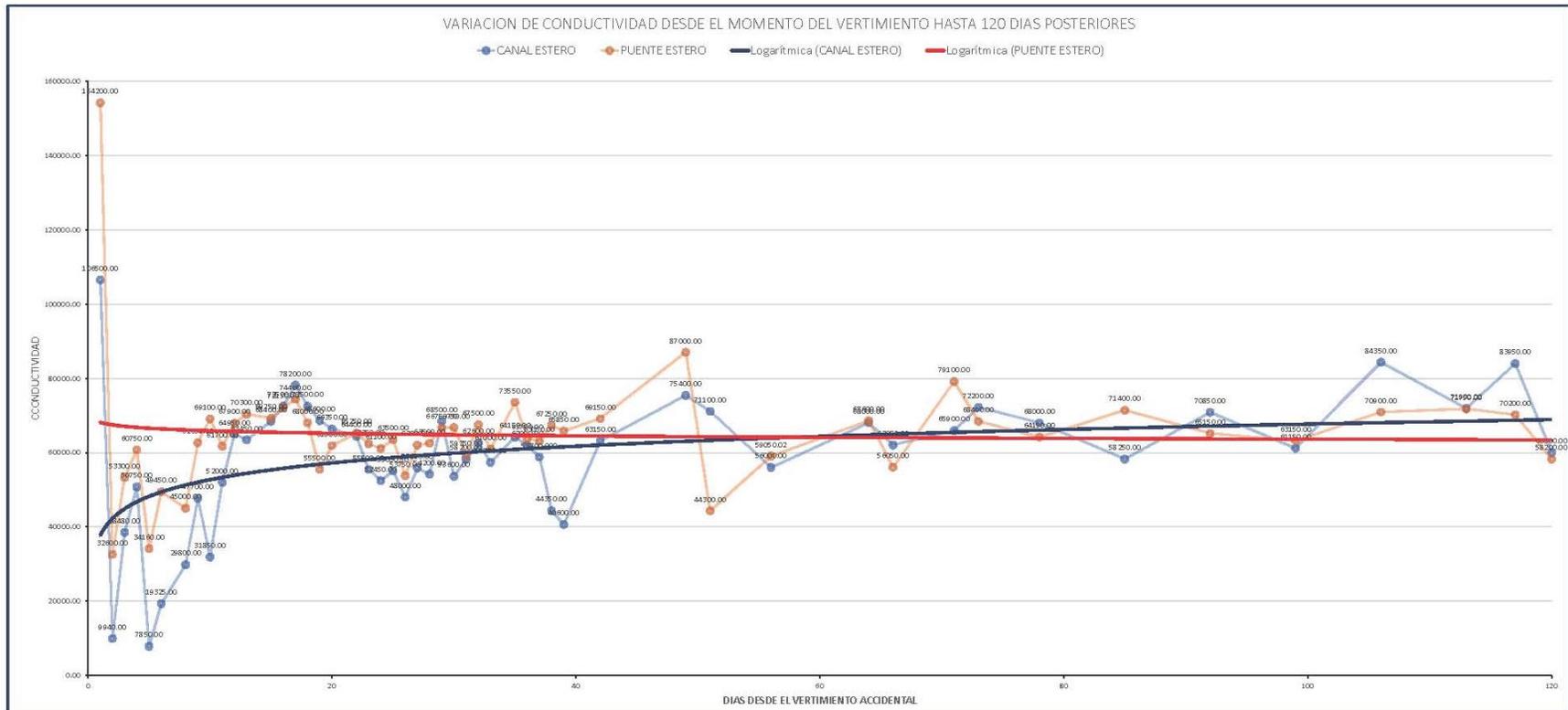


Ilustración 45. Variación de conductividad desde el momento del vertimiento hasta 120 días posteriores.

La conductividad eléctrica (CE) indica de manera indirecta la salinidad o cantidad de iones disueltos en el agua y está determinada entre otras, por la producción primaria, el grado de descomposición de materia orgánica, la geoquímica de la cuenca circundante (Roldán, 1992; Ramírez & Viña 1998; Montoya y Aguirre 2009), la evaporación y el uso antrópico dado al suelo. El estudio registra una Conductividad Eléctrica promedio de 58,764.62 $\mu\text{s/cm}$ en el canal estero y de 64,982.55 $\mu\text{s/cm}$ en el puente estero durante los 120 días posteriores al vertimiento. Los valores reportados para aguas continentales naturales en promedio son inferiores a 100 $\mu\text{s/cm}$ (Roldán, 1992), siendo que, en sistemas dulceacuícolas, conductividades por fuera de este rango pueden indicar que el agua no es adecuada para la vida de ciertas especies de peces o invertebrados (Universidad Politécnica de Cartagena, 2007).

Como resultado del uso doméstico del agua la conductividad aumenta, y se sitúa normalmente en el intervalo 1.000-2.000 μ Siemens/cm. La medida de la conductividad resulta muy útil para detectar descargas procedentes de algunas industrias alimentarias y químicas, o infiltraciones de agua del mar en zonas costeras.

SEAPAL emplea una calibración diferente a la estándar, motivo por el cual los valores son significativamente altos frente a reportes y no pueden ser cotejados con la bibliografía. A pesar de ello la CE tiene efectos ecofisiológicos sobre la osmoregulación y la supervivencia de los organismos, así mismo, está directamente relacionada con el aumento de la temperatura y la tasa de evaporación e inversamente con la disminución del volumen de los cuerpos de aguas al disminuir las precipitaciones y comenzar la época de sequía, es decir, presenta variaciones por influencia fluvial debido a que en las zonas estuarinas la salinidad presenta una variación estacional notable. Generalmente disminuye en la época de lluvias y aumenta en la de sequía; por lo que la elevada CE en los puntos de muestreo al momento del vertimiento, es determinante el aporte de residuos orgánicos durante la etapa final de la temporada de estiaje, siendo que la baja CE en los días siguientes al vertimiento se relacionan con la inyección de 3,000 m³ por día de agua tratada procedente PTAR Norte I a través de una línea de 12" en busca de lograr una dilución en relación al agua vertida (sobre todo por tratarse de la temporada de estiaje); siendo evidente una estandarización en los parámetros una vez finalizado el bombeo.

Independientemente a la calibración utilizada por el SEAPAL, la tendencia de los datos es a incrementarse, bajo el esquema de que el vertimiento de 120,000 metros cúbicos en 70 horas, aportó agua dulce contaminada y altamente cargada de materia orgánica que sumada a la del estero el agua superficial aumento su concentración de iones debido a la descomposición de la materia orgánica, a la caída del pH y que para cotejar este datos de la concentración de la contaminación orgánica se coteja con los valores del DQO, mismos que indican que existe una alta concentración de contaminante orgánico.

Para los parámetros de conductividad eléctrica y pH no existen aún Límites Máximos Permisibles (LMP) en la NOM-001-SEMARNAT-1996 ni tampoco en los CE-CCA-001/89, por lo que sería necesario cambiar la legislación vigente en donde se involucren los LMP de los parámetros estudiados, así como del método analítico, para poder generar información precisa para la gestión y toma de decisiones para un mejor manejo del área de interés.

D.- Oxígeno Disuelto:

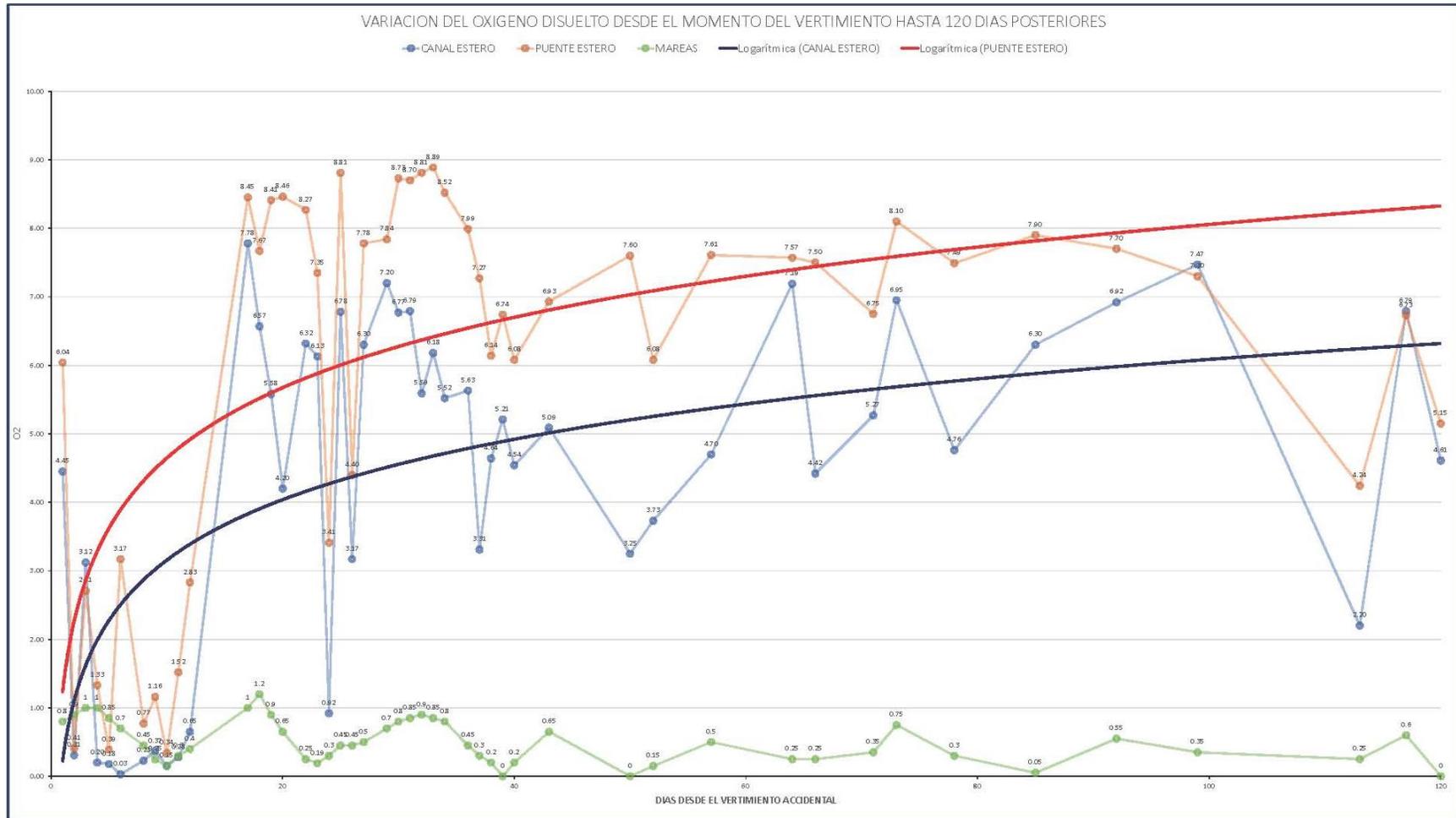


Ilustración 46. Variación del oxígeno disuelto desde el momento del vertimiento hasta 120 días posteriores.

Es necesario para la vida de los peces y otros organismos acuáticos. El oxígeno es moderadamente soluble en agua, dependiendo la solubilidad de la temperatura, la salinidad, la turbulencia del agua y la presión atmosférica: disminuye cuando aumenta la temperatura y la salinidad, y cuando disminuye la presión atmosférica. La solubilidad del oxígeno atmosférico en aguas dulces, a saturación y al nivel del mar, oscila aproximadamente entre 15 mg/L a 0°C y 8 mg/L a 25°C (Universidad Politécnica de Cartagena, 2007).

La presente gráfica muestra un claro inicio con niveles de oxígeno disuelto por debajo de 1 mg/L por los primeros 15 días posteriores al vertimiento. A partir del 18 de marzo los niveles se estabilizaron en valores de 7 a 8 mg/L. Para esta gráfica también se incorporó, el proceso de mareas para determinar cómo esta influye en el valor del O₂, dando como resultado que aun y cuando el vertimiento sucedió en marea viva, los niveles no subieron. Con la marea muerta de la fase lunar de cuarto creciente de marzo del 14 y 15 de marzo, se mantuvieron los niveles bajos, más para la segunda marea viva del mes de la fase lunar llena los niveles volvieron a la normalidad posterior al 18 de marzo.

Por lo anterior, se establece que los niveles de O₂ indispensables para la vida acuática tuvieron un nivel anóxico del 05 al 20 de marzo o por un período de 15 días. Otro factor que con certeza estuvo presente más no se puede analizar debido a que no se tienen valores en oxígeno disuelto de fondo, es el efecto cuña, este establece que debido a una mayor densidad del agua salada (por los niveles de solutos dentro de ella) fluye por el fondo del canal o arriba del suelo, por ello con la variación de mareas es posible que agua marina rica en oxígeno haya podido fluir dentro del estero por el fondo de los canales hasta que la mezcla de ambas aguas hubiese roto este efecto.

Finalmente, se puede observar en la gráfica la relación que existe entre el nivel de oxígeno disuelto y las mareas, siendo que, en mareas muertas y marea baja, los niveles de oxígeno disuelto caen. Esto es normal en zonas estuarinas debido a la carga orgánica presente en fondo que consume rápidamente el oxígeno del agua como parte del proceso de descomposición en elementos más simples.

Un adecuado nivel de oxígeno disuelto es necesario para una buena calidad del agua. El oxígeno es un elemento necesario para todas las formas de vida. Los torrentes naturales para los procesos de purificación requieren unos adecuados niveles de oxígeno para proveer para las formas de vida aeróbicas. Como los niveles de oxígeno disuelto en el agua bajen de 5.0 mg/l, la vida acuática es puesta bajo presión. La menor concentración, la mayor presión. Niveles de oxígeno que continúan debajo de 1-2 mg/l por unas pocas horas pueden resultar en grandes cantidades de peces muertos (Liceo La Rita, 2013). Biológicamente hablando, sin embargo, el nivel del oxígeno es mucho más importante medida de calidad del agua que las coliformes fecales. El oxígeno disuelto es absolutamente esencial para la supervivencia de todos los organismos acuáticos (no sólo peces también invertebrados como cangrejos, almejas, zooplacton, etc). Además, el oxígeno afecta a un vasto número de indicadores, no solo bioquímicos, también estéticos como el olor, claridad del agua, y sabor. Consecuentemente, el oxígeno es quizás el más estabilizado de los indicadores de calidad de agua. Por lo anterior, es gracias al proceso de mareas diurnas diarias que los niveles de oxígeno disuelto se mantienen por encima de los 5 mg/L dentro del Estero el Salado.

E.- Demanda Química de Oxígeno (DQO):

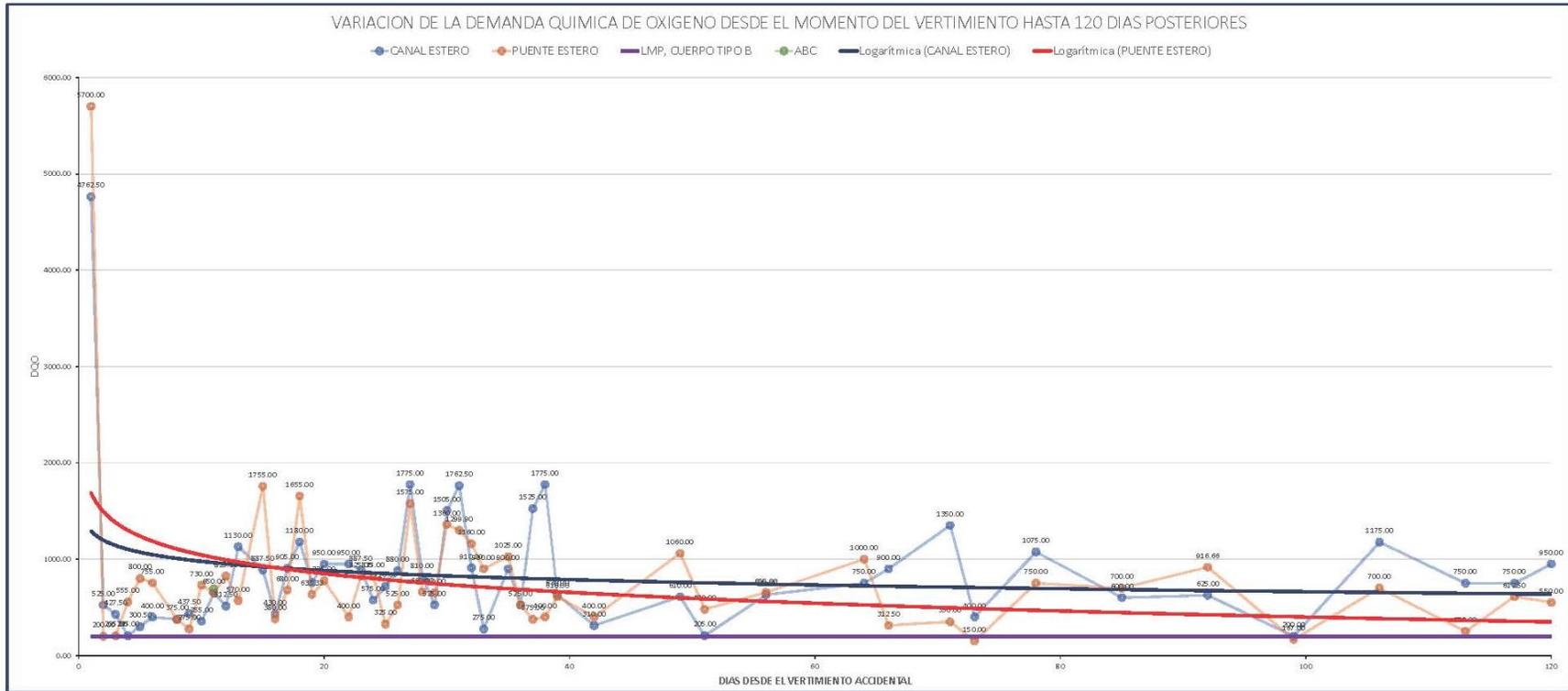


Ilustración 47. Variación de DQO desde el momento del vertimiento hasta 120 días posteriores.

Es la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en el agua sin la intervención de los organismos vivos. Efectúa la determinación del contenido total de materia orgánica oxidable, sea biodegradable o no (Universidad Politécnica de Cartagena, 2007). La presente grafica muestra que los niveles de DQO presentes iniciaron con un alto nivel y fueron bajando con el tiempo. Como en todos los casos las mayores concentraciones se observaron en el canal y debido a la alta concentración de contaminante orgánico y desechos orgánicos propios del estero, a medida que el agua sale del estero al llegar a la zona bajo el puente de la avenida los niveles eran menores debido a la dilución con el agua salada. El valor máximo de DQO que la Ley Federal de Derechos acepta para verter aguas tratadas a un cuerpo receptor tipo B (Estuarios y Humedales) es 200 mg/L. El valor de las muestras siempre estuvo por encima de este valor y por los reportes anuales, nunca baja a este nivel en el canal y desembocadura del Estero. Podría considerarse que las aguas el Estero son ricas en materia orgánica y por eso se mantiene un nivel elevado de DQO, más sin embargo del reporte histórico de SEAPAL de análisis de aguas de los afluentes estos llegan al estero con altos niveles de DQO.

F.- Fosforo Total (PT):

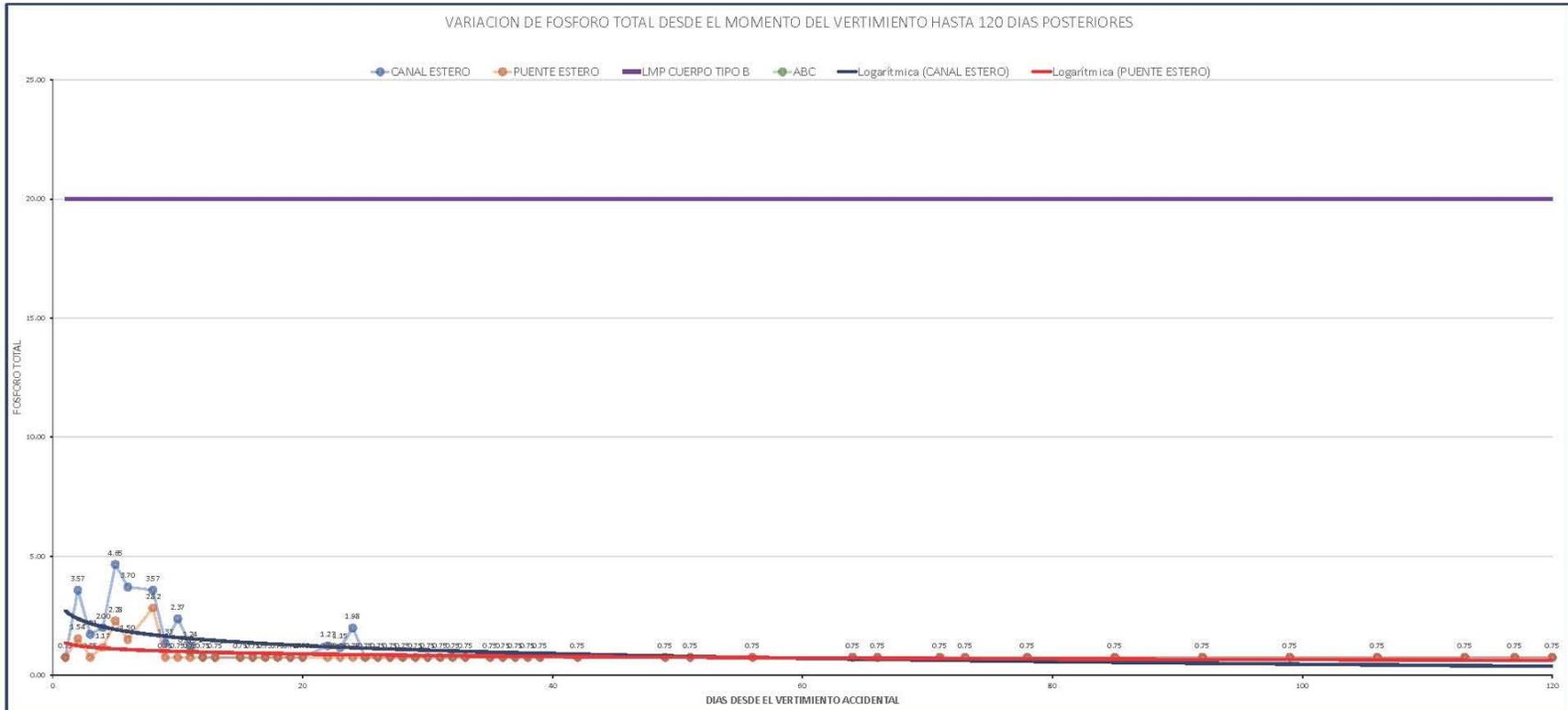


Ilustración 48. Variación de fosforo desde el momento del vertimiento hasta 120 días posteriores.

El fósforo elemental no se encuentra habitualmente en el medio natural, pero los ortofosfatos, pirofosfatos, metafosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicamente unidos sí se detectan en aguas naturales y residuales. El fósforo es considerado como un macronutriente esencial, siendo acumulado por una gran variedad de organismos vivos (Universidad Politécnica de Cartagena, 2007).

Los niveles de fosforo presentes en aguas que lleguen al estero pueden también deberse a los fertilizantes agrícolas, mismos que portan junto con el nitrógeno y el potasio, grandes cantidades de estos elementos. Su exceso se ha documentado en múltiples cuerpos de agua por causar el efecto de eutrofización al acelerar la generación de algas por exceso de nutrientes.

Para el caso de los análisis de agua del estero, los niveles se presentaron por debajo de los valores máximos que permite la Ley Federal de Derechos acepta para verter aguas tratadas a un cuerpo receptor tipo B (Estuarios y Humedales) es 20 mg/L, indicando que el agua residual no aporta fosforo y los afluentes no lo tienen presente.

G.- Nitrógeno amoniacal (N-NH₃):

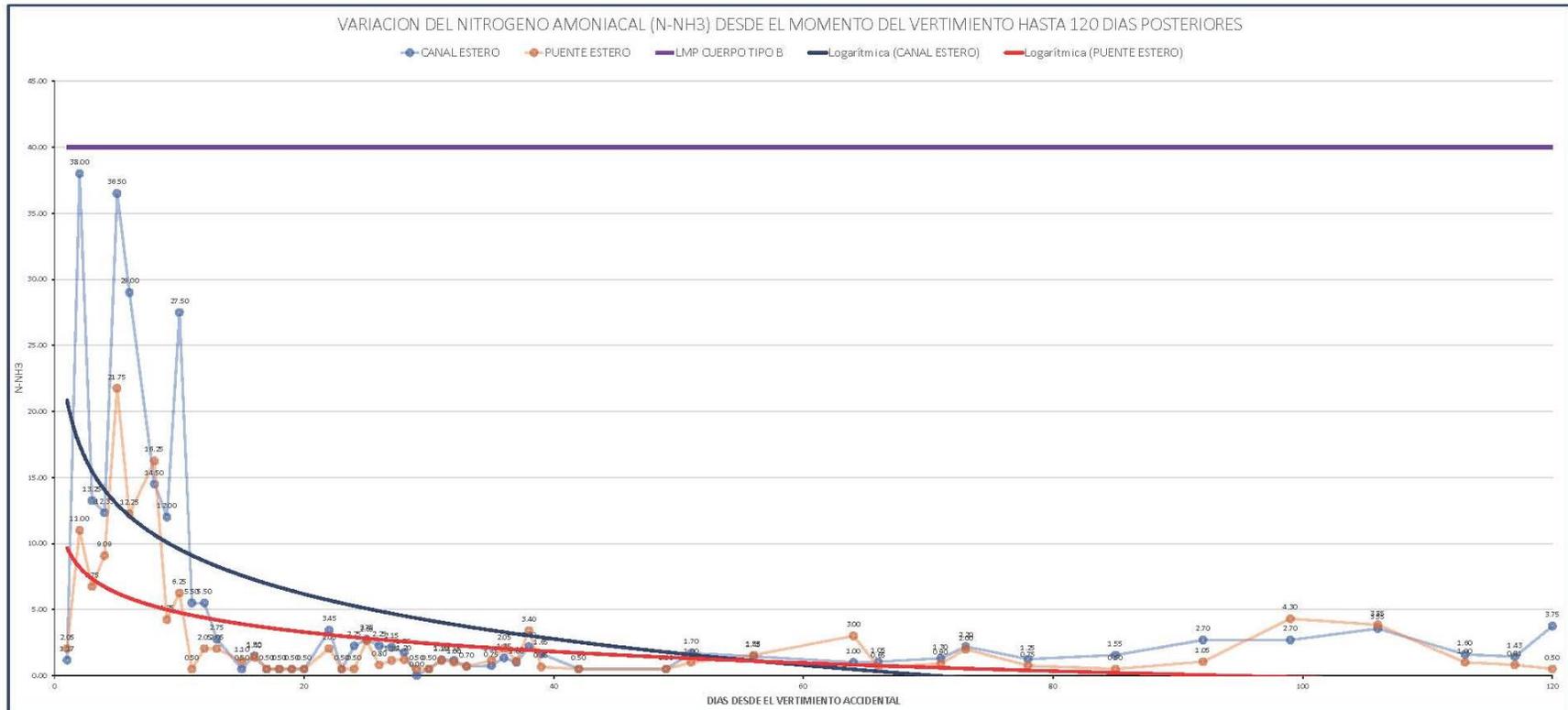


Ilustración 49. Variación de nitrógeno amoniacal desde el momento del vertimiento hasta 120 días posteriores.

Las formas inorgánicas del nitrógeno incluyen nitratos (NO₃⁻) y nitritos (NO₂⁻), amoníaco (NH₃) y nitrógeno molecular (N₂). De forma natural, en el medio acuático, también se producen compuestos orgánicos nitrogenados que contienen nitrógeno amínico o amídico, constituyendo compuestos heterocíclicos tales como purinas y piridinas. El amoníaco es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con un olor picante característico, que es altamente soluble en agua. Cuando se disuelve en agua se forman iones amonio (NH₄⁺), estableciéndose un equilibrio químico entre ambas formas, la no ionizada (amoníaco) y la ionizada (amonio). El término amonio total se refiere a la suma de ambas especies. El amoníaco es tóxico para los peces. La presencia de nitratos proviene de la disolución de rocas y minerales, de la descomposición de materias vegetales y animales y de efluentes industriales. Tampoco puede descartarse la contaminación proveniente del lavado de tierras de labor en donde se utiliza profusamente como componente de abonos y fertilizantes. En aguas residuales, su presencia es mínima habida cuenta del estado reductor de este medio. Por el contrario, la producción de NO₃⁻ en depuradoras de aguas residuales debe tenerse en cuenta, pues se convierte en factor limitante del crecimiento en sistemas hídricos si existe abundancia de fósforo, promoviendo fenómenos indeseables como la

eutrofización. El nitrógeno Kjeldahl (NTK) mide la cantidad de nitrógeno amoniacal y de nitrógeno orgánico. Indica el contenido proteínico del agua (Universidad Politécnica de Cartagena, 2007).

Como se mencionó anteriormente al igual que para el Fosforo Total (PT), los niveles se presentaron por debajo de los valores máximos que permite la Ley Federal de Derechos acepta para verter aguas tratadas a un cuerpo receptor tipo B (Estuarios y Humedales) es 40 mg/L, indicando que el agua residual aportó nitrógeno, pero dentro de la Norma.

El valor presente de Nitrógeno Amoniacal es producido solamente por la descomposición de materia orgánica de procesos biológicos propios del estero, mas sin embargo debido al alto nivel de recambios de aguas por el efecto de las mareas, no hay presencia de este en el canal ni bajo el puente de la avenida, los niveles altos solo se presentaron desde el vertimiento y hasta los siguientes 15 días.

H.- Cloruro:

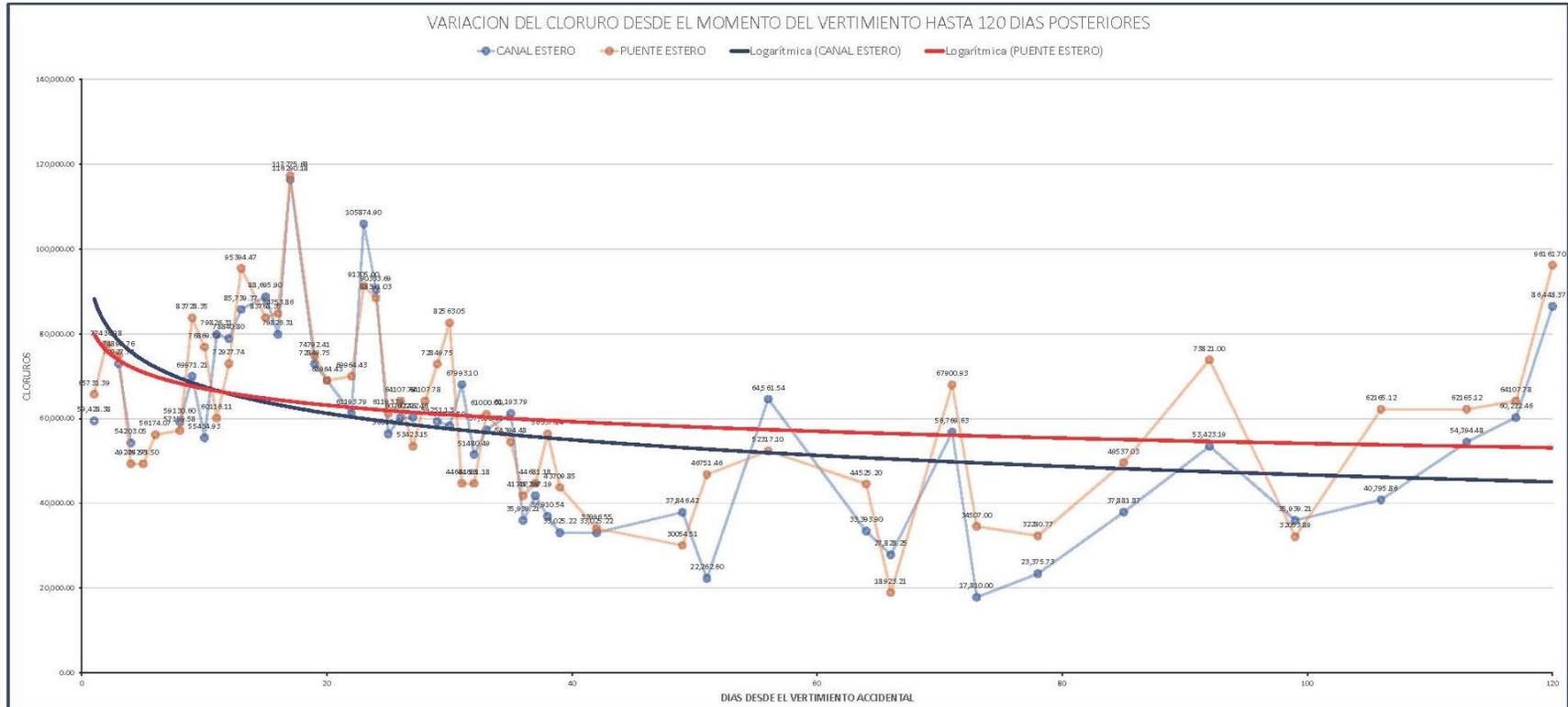


Ilustración 50. Variación de cloruro desde el momento del vertimiento hasta 120 días posteriores.

El cloro elemental es un gas amarillo-verdoso altamente soluble en agua. Cuando se disuelve en ausencia de sustancias nitrogenadas (con la materia orgánica nitrogenada forma cloraminas) u otros productos que puedan interferir, el cloro es rápidamente hidrolizado a ácido hipocloroso (HOCl) y ácido clorhídrico (HCl). A su vez el ácido clorhídrico se disocia fácilmente a iones hidrógeno y cloruro, mientras que el ácido hipocloroso, que es un ácido débil, se disocia parcialmente en iones hidrógeno y iones hipoclorito (OCl⁻). Las proporciones relativas de Cl₂, HOCl y OCl⁻ en equilibrio (especies que en conjunto se denominan cloro libre disponible) se encuentran controladas por el pH, la temperatura y la fuerza iónica. El cloro en agua reacciona fácilmente con las sustancias nitrogenadas para producir mono-, di- y triaminas, N-cloraminas y N-cloramidas y otros compuestos N-clorados (conocidos en conjunto como cloro disponible combinado). Tanto las formas de cloro libre como las de cloro combinado participan en diversas reacciones con compuestos orgánicos para generar productos clorados. El cloro que permanece en agua después de un tratamiento se denomina cloro residual. El conjunto de cloro libre y cloro combinado se nombra como cloro residual total (TRC total residual chlorine). La medida de TRC se considera suficiente para definir la toxicidad sobre los organismos acuáticos de agua dulce. El ión cloruro se encuentra ampliamente distribuido en el medio ambiente, generalmente en forma de cloruro sódico, potásico o cálcico. El gran inconveniente de

los cloruros es el sabor desagradable que comunican al agua. Son también susceptibles de ocasionar una corrosión en las canalizaciones y en los depósitos, en particular para los elementos de acero inoxidable (Universidad Politécnica de Cartagena, 2007).

Los análisis de laboratorio muestran el mismo efecto de niveles altos con tendencia a descender posteriormente en el rango de 30 días después del vertimiento. SEAPAL continuo con los análisis de laboratorio hasta la primera lluvia de verano, razón por la cual el pico presente en el día 120 es indicativo que las aguas de los afluentes al estero El Salado traen consigo cloruros. Este parámetro no es establecido por la Ley Federal de Derechos para verter aguas tratadas a un cuerpo receptor tipo B (Estuarios y Humedales) ni la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales.

I.- Coliformes:

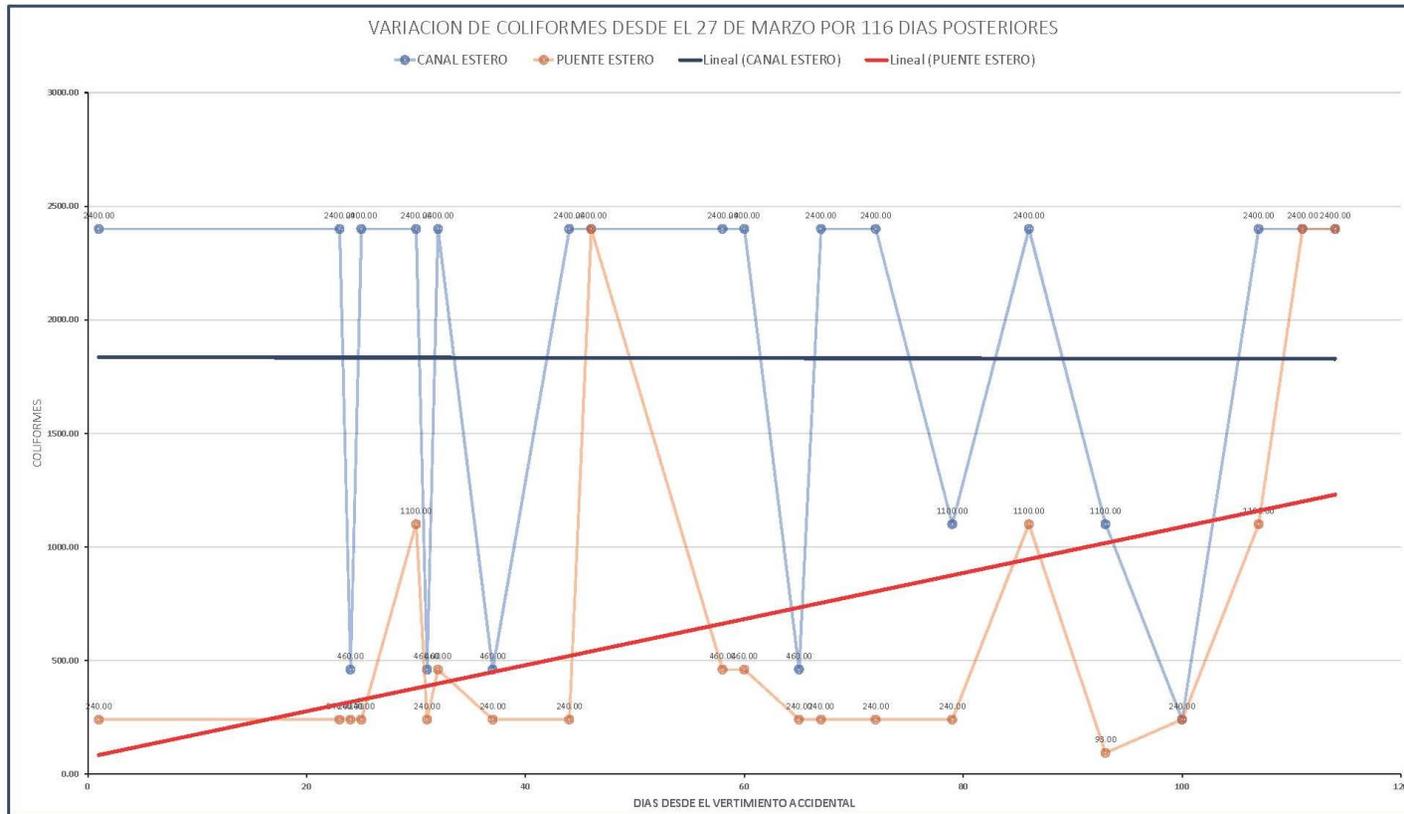


Ilustración 51. Variación de coliformes desde el momento del vertimiento hasta 120 días posteriores.

El grupo de microorganismos coliformes es adecuado como indicador de contaminación fecal debido a que estos forman parte del microbiota normal del tracto gastrointestinal, tanto del ser humano como de los animales homeotermos y están presentes en grandes cantidades en él. Los microorganismos coliformes constituyen un grupo heterogéneo de amplia diversidad en términos de género y especie. Todos los coliformes pertenecen a la familia Enterobacteriaceae (Santiago-Rodríguez *et. al.*, 2012; Delgado Y. *et al.*, 2008).

Este parámetro no fue muestreado por SEAPAL sino hasta el 27 de marzo en adelante, sin embargo, la lógica de la presencia de este contaminante dentro de las aguas vertidas es claro que estuvieron presentes. Además, para este parámetro solo se toman muestras hasta el valor de 2400 NMP. El LMP para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola) es de 1,000 y 2,000 como número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 ml para el promedio mensual y diario, respectivamente, lo que establece que este parámetro a lo largo del año siempre está presente.

J.- Enterococos:

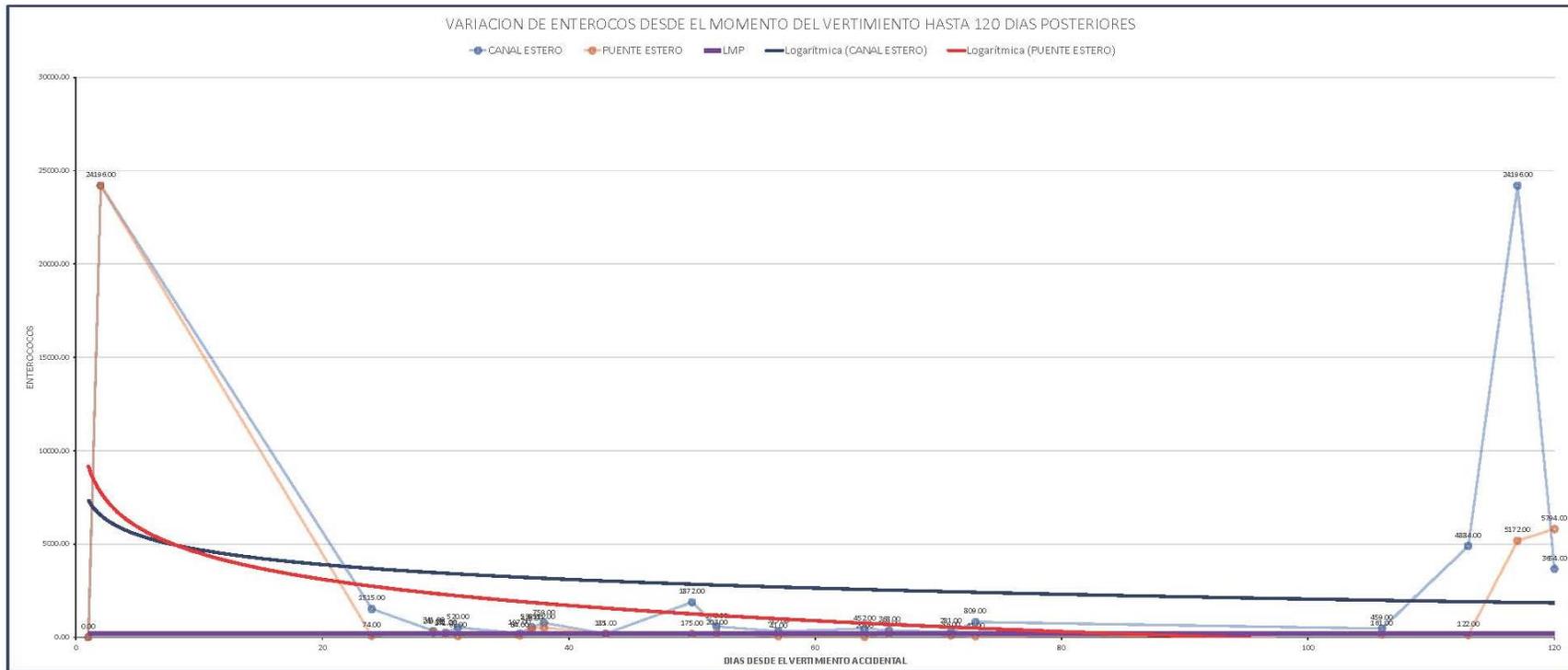


Ilustración 52. Variación de enterococos desde el momento del vertimiento hasta 120 días posteriores.

Los enterococos forman parte del microbiota normal del tracto gastrointestinal humano, también pueden estar presentes en suelo, alimentos, agua, plantas, animales e insectos (Köhler, 2007) y suelen considerarse buenos indicadores de contaminación fecal debido a que son muy resistentes a condiciones adversas como altas o bajas temperaturas, deshidratación, salinidad, luz solar, etc. (Díaz, 2010; Yamahara *et al.*, 2009). Al respecto, Vergaray *et al.*, consideran al género *Enterococcus* como el indicador bacteriológico más eficiente para evaluar la calidad de agua de mar para uso recreativo, debido a que es muy resistente a las condiciones salinas de este medio.

Según Díaz *et al.*, la presencia de *E. faecalis* y *E. faecium* es usada frecuentemente para indicar contaminación de origen fecal, *E. faecalis* es considerado como un indicador de contaminación fecal de fuentes humanas, mientras que *E. faecium* y otras especies indican contaminación de otras fuentes. En el caso de las especies de *E. bovis* y *E. equinus* son utilizadas como indicadores de contaminación producida por animales de granja. Estas especies mueren rápidamente en el medio exterior, por tanto, su detección indica contaminación reciente.

Como se hizo mención con anterioridad, en México existen dos Dependencias encargadas del monitoreo agua de mar para uso recreativo que utilizan a los enterococos como indicador; la SEMARNAT de acuerdo con la norma mexicana NMX-AA-120-SCFI-2016 establece que la calidad

bacteriológica del agua en la playa debe ubicarse dentro del límite de 100 Enterococos NMP/100 ml (Número Más Probable/ 100 ml), mientras que la Secretaría de Salud del Gobierno de la República, a través de la Cofepris, establece el criterio de playa apta o no apta siempre que un nivel de enterococos sea de 200 NMP/100ml con base en los estudios presentados por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Con respecto a lo anterior, la gráfica muestra la presencia de enterococos en las aguas superficiales del canal y bajo el puente de forma continua. Los dos picos al inicio y al final son indicativos del vertimiento accidental y del aporte de agua pluvial por los afluentes al estero durante lluvias, el resto del tiempo se mantienen justo por encima de la norma. Un control sobre establos y zonas de ganado pueden ayudar a bajar estos números.

Evaluación ambiental y caracterización de afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada del colapso del colector centro norte.

CEA

La CEA, como ya se mencionó llevo a cabo el análisis de 18 parámetros en 6 sitios por un periodo (entregados para su evaluación) de 4 días posteriores al vertimiento, A su vez, de los 18 parámetros 12 fueron graficados. Los puntos de muestreo para la CEA en el estero se localizaron en el canal del estero donde se bifurca (casi al centro del ANP), bajo el puente de la Av. Fco. Medina Ascencio en el canal de salida, en este mismo sitio, pero a 1 metro de profundidad, en la dársena portuaria frente al Club de Yates y al efluente de la PTAR Norte I.

No se cita la generalidad e información específica del parámetro analizado si está ya fue descrita en las gráficas de SEAPAL del capítulo anterior, solo de aquellos parámetros que no evaluó SEAPAL y si la CEA.

Se recuerda que la CEA realizó los estudios puntuales durante el tiempo que duró la emergencia para ofrecer a la autoridad información necesaria para la toma de decisiones al igual que los demás laboratorios. Razón de ello es que la CEA solo nos hizo entrega de resultados del 5 al 8 de marzo, estableciéndose que para el 8 de marzo el vertimiento estaba siendo contenido en un vaso regulador y ya no se vertía agua al estero.

Hubiese sido de alto valor informativo el que los estudios de calidad de las aguas realizados por la CEA se hubieran continuado por mas tiempo desde el vertimiento, ya que el corto tiempo de ellos no permitió un análisis completo en relaciona al tiempo – efecto.

Así mismo, en el Anexo 4 - Apartado 2 se pueden apreciar los gráficos del monitoreo realizado por la CEA durante cuatro días de la contingencia en los siguientes puntos de muestreo: Descarga Norte I, Canal del Estero, Puente del Estero y Dársena Marina Vallarta para los parámetros de DQO, DBO, fosforo total, nitrógeno total, N-NH₃ y grasas y aceites; donde mediante barras se muestra la razón del valor de cada parámetro con respecto al LMP de aguas costeras: estuarios de acuerdo con la NOM-001-SEMARNAT-1996.

A continuación, se muestran las gráficas de resultados de laboratorio en relación al espacio tiempo y nivel presente del parámetro.

Evaluación ambiental y caracterización de afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada del colapso del colector centro norte.

A.- Cloruros:

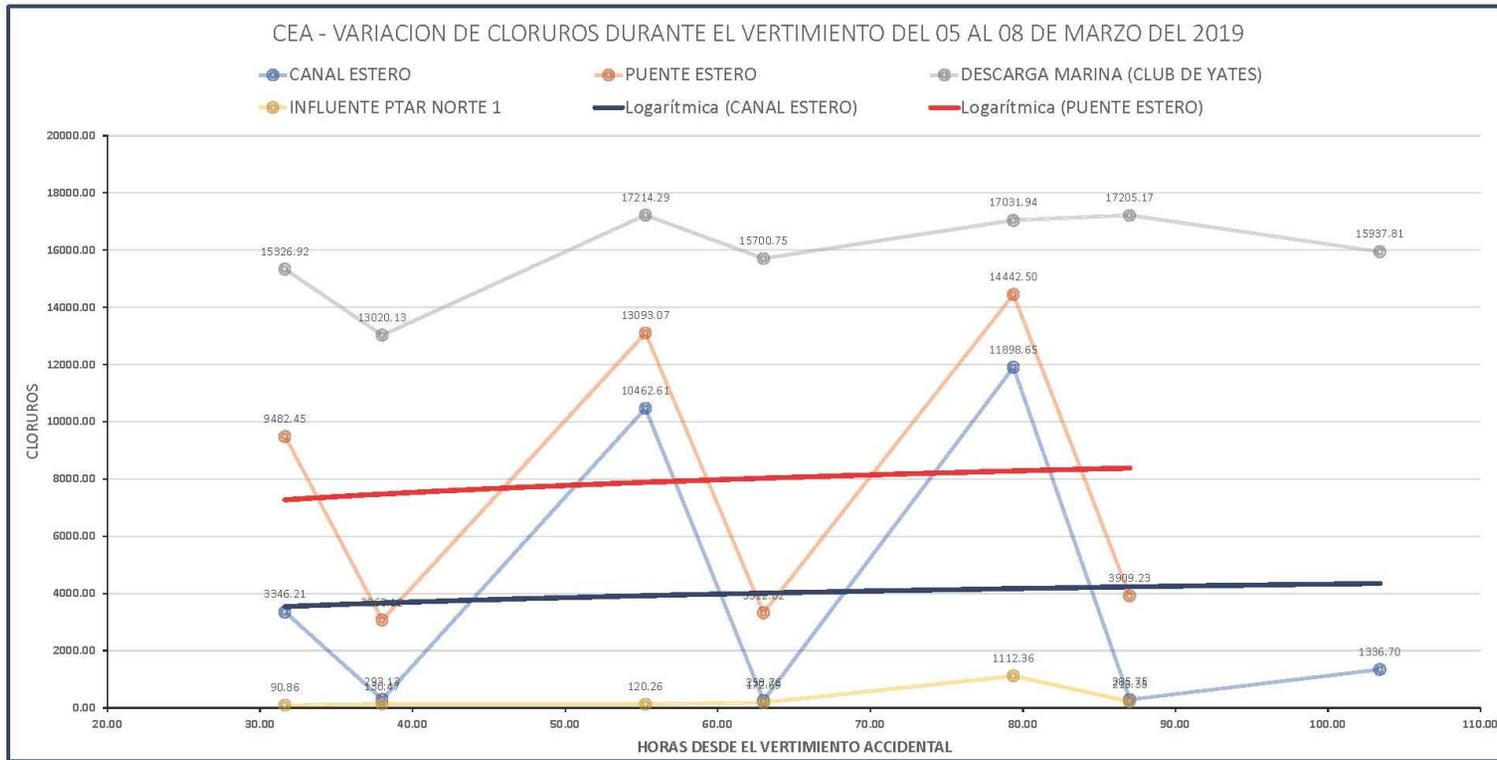


Ilustración 53. Variación de cloruros durante el vertimiento del 05 al 08 de marzo 2019.

Los análisis de laboratorio muestran niveles continuos por el periodo corto analizado. Cabe denotar de este gráfico que, la descarga de agua en la dársena portuaria contiene un mayor nivel de cloruros que las propias aguas del estero razón por la cual es indicativo que las aguas de la dársena portuaria contienen una mayor concentración de cloruros disueltos. Este parámetro no es establecido por la Ley Federal de Derechos para verter aguas tratadas a un cuerpo receptor tipo B (estuarios y humedales) ni por la NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los LMP de contaminantes en las descargas de residuales en aguas y bienes nacionales.

B.- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):

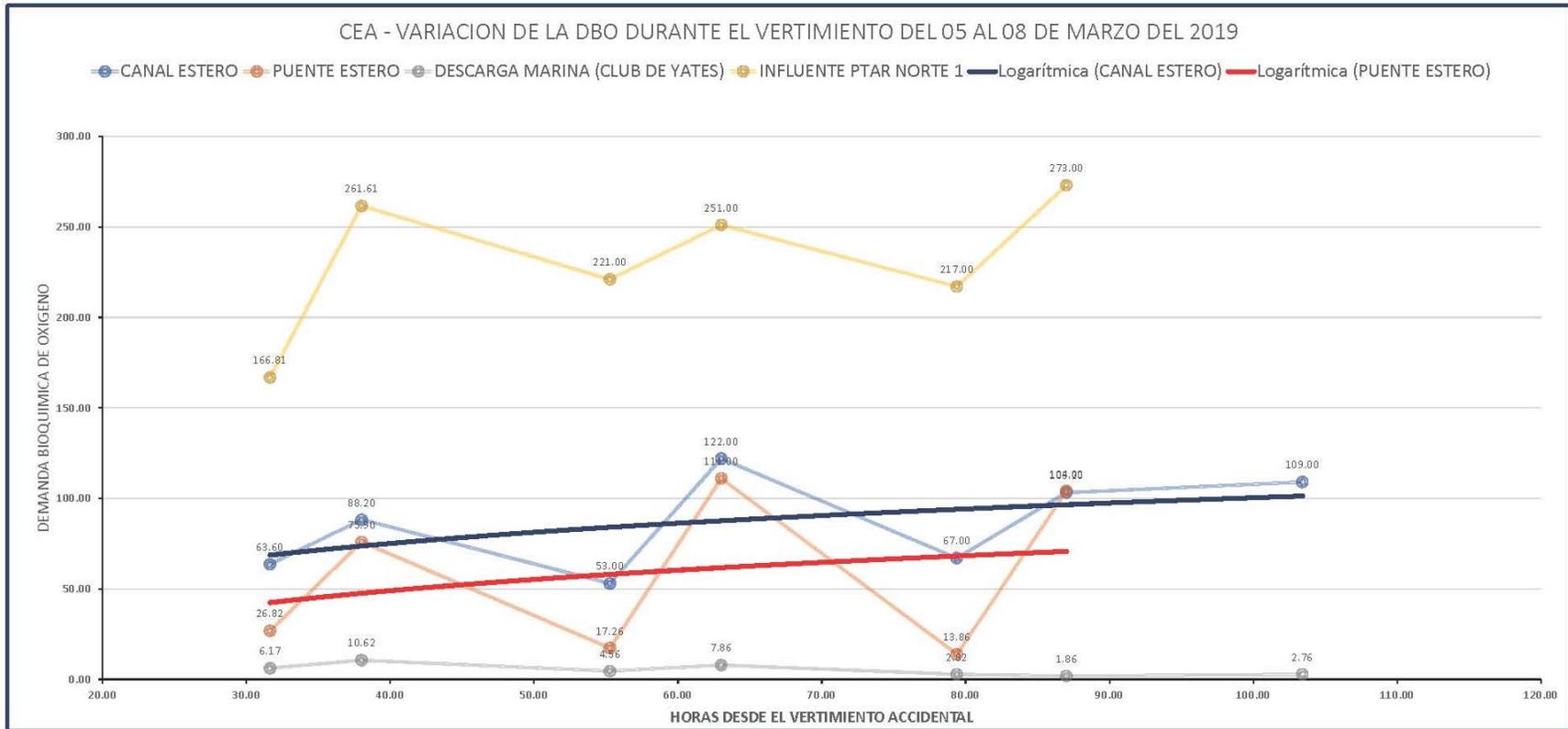


Ilustración 54. Variación de DBO durante el vertimiento del 05 al 08 de marzo 2019.

Permite determinar la materia orgánica biodegradable. Es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer la materia orgánica presente, por la acción bioquímica aerobia. Esta transformación biológica precisa un tiempo superior a los 20 días, por lo que se ha aceptado, como norma, realizar una incubación durante 5 días, a 20°C, en la oscuridad y fuera del contacto del aire, a un pH de 7-7.5 y en presencia de nutrientes y oligoelementos que permitan el crecimiento de los microorganismos. A este parámetro se le denomina DBO (Universidad Politécnica de Cartagena, 2007).

Los análisis de laboratorio muestran niveles ascendentes en estos primeros días del vertimiento en el periodo de tiempo corto analizado. Como se informó en los parámetros de SEAPAL, los niveles presentaron una tendencia a nivelarse hasta 15 días posteriores al vertimiento. La muestra de la dársena presentó bajos niveles de DBO y las aguas del vertimiento presentaron un nivel normal de DBO para aguas residuales crudas.

C.- Demanda Química de Oxígeno (DQO):

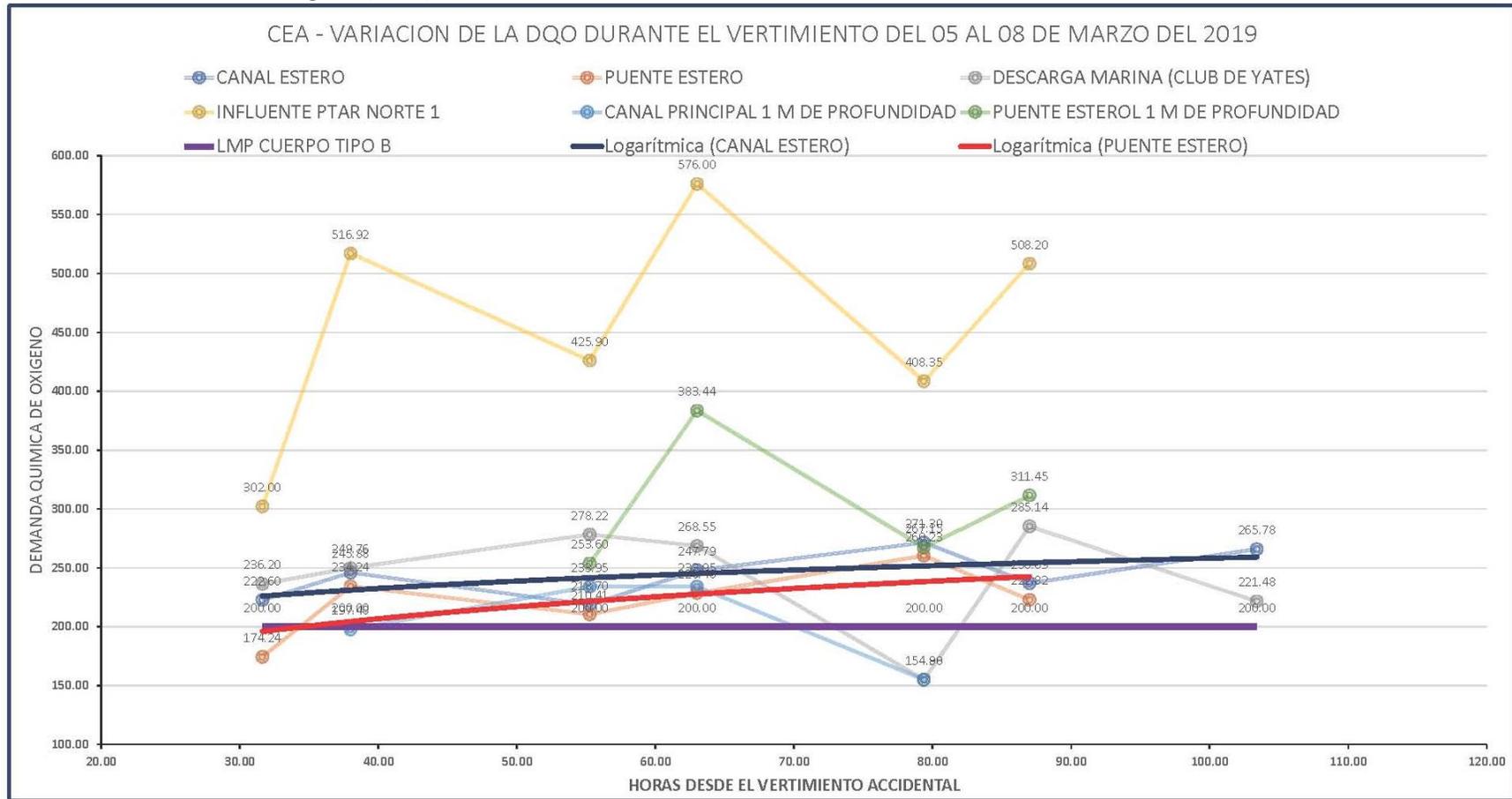


Ilustración 55. Variación de DQO durante el vertimiento del 05 al 08 de marzo 2019.

Los análisis de laboratorio muestran niveles ascendentes en estos primeros días del vertimiento en el periodo de tiempo corto analizado. Como se informó en los parámetros de SEAPAL, los niveles presentaron una tendencia a nivelarse hasta 15 días posteriores al vertimiento. Todas las descargas presentaron niveles de DQO por encima de la Ley. Las aguas del vertimiento presentaron un nivel normal de DQO para aguas residuales crudas. El valor máximo de DQO que la Ley Federal de Derechos acepta para verter aguas tratadas a un cuerpo receptor tipo B (Estuarios y Humedales) es 200 mg/L, misma que como se observa, los rangos estuvieron justos al principio bajo el puente del salado con tendencia al alza al final del mismo, en donde todas las muestras presentan niveles superiores a lo permitido.

D.-Fosforo total (PT):

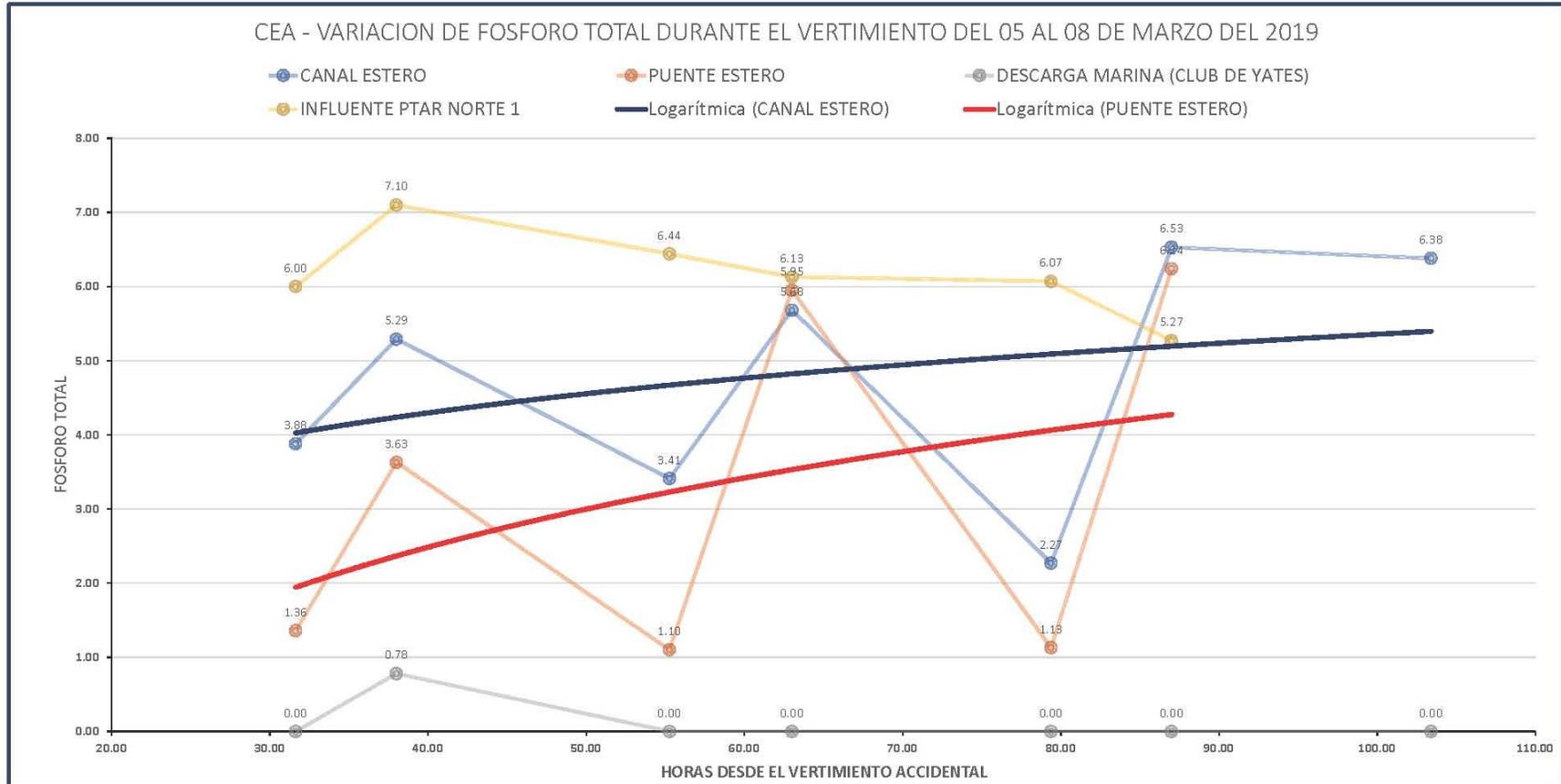


Ilustración 56. Variación de fosforo total durante el vertimiento del 05 al 08 de marzo 2019.

Para el caso de los análisis de agua del estero, los niveles se presentaron por debajo de los valores máximos que permite la Ley Federal de Derechos acepta para verter aguas tratadas a un cuerpo receptor tipo B (Estuarios y Humedales) es 40 mg/L, indicando que el agua residual no aporta fosforo. Se observa que, aun así, es el agua residual cruda la que mayores niveles de fosforo presenta. Como en todos los parámetros analizados, el canal presenta un mayor nivel del parámetro y este por efecto de dilución con el agua salada del canal principal del estero baja para cuando llaga al puente de la avenida.

E.- Grasas y aceites:

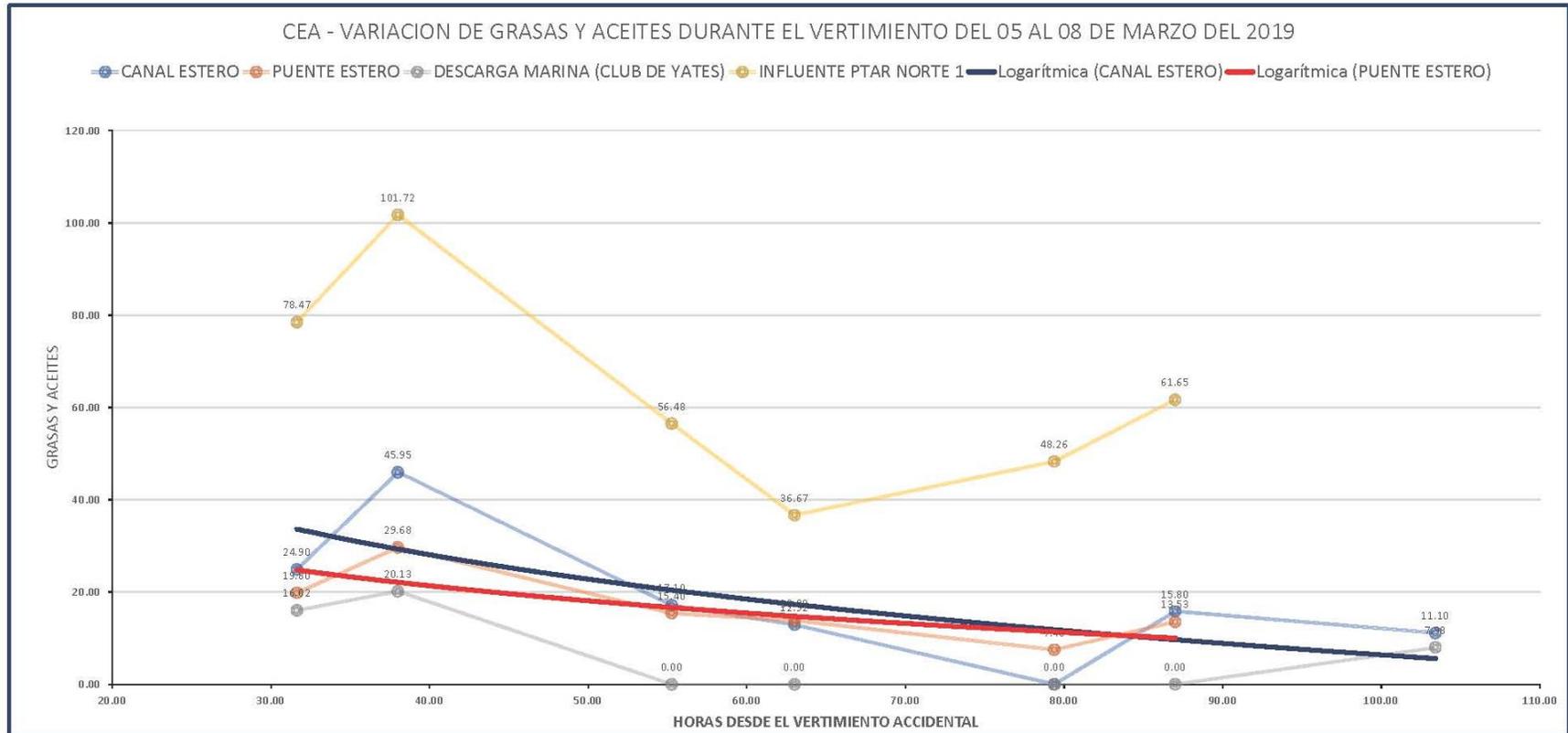


Ilustración 57. Variación de grasas y aceites durante el vertimiento del 05 al 08 de marzo 2019.

En este grupo se incluyen los aceites y las grasas que se encuentren en estado libre, ya sean de origen animal, vegetal o mineral, destacando entre estos últimos por su especial importancia los derivados del petróleo. La mayoría de estos productos son insolubles en el agua, pero pueden existir en forma emulsionada o saponificada. Según su mezcla con los hidrocarburos, dan un aspecto irisado al agua, así como un sabor y un olor particulares (Universidad Politécnica de Cartagena, 2007).

Este parámetro es importante como indicador de contaminación directa al estero no solo por el efecto del vertimiento sino por la aportación de los afluentes que llegan a él. SEAPAL no establece este parámetro dentro de sus análisis, pero al menos en el corto periodo que la CEA lo analizó se observa que el aporte de grasas y aceites son producto del vertimiento y que el afluente a la dársena no los trae consigo y que su tendencia es a la baja.

F.- Nitrógeno amoniacal (N-NH₃):

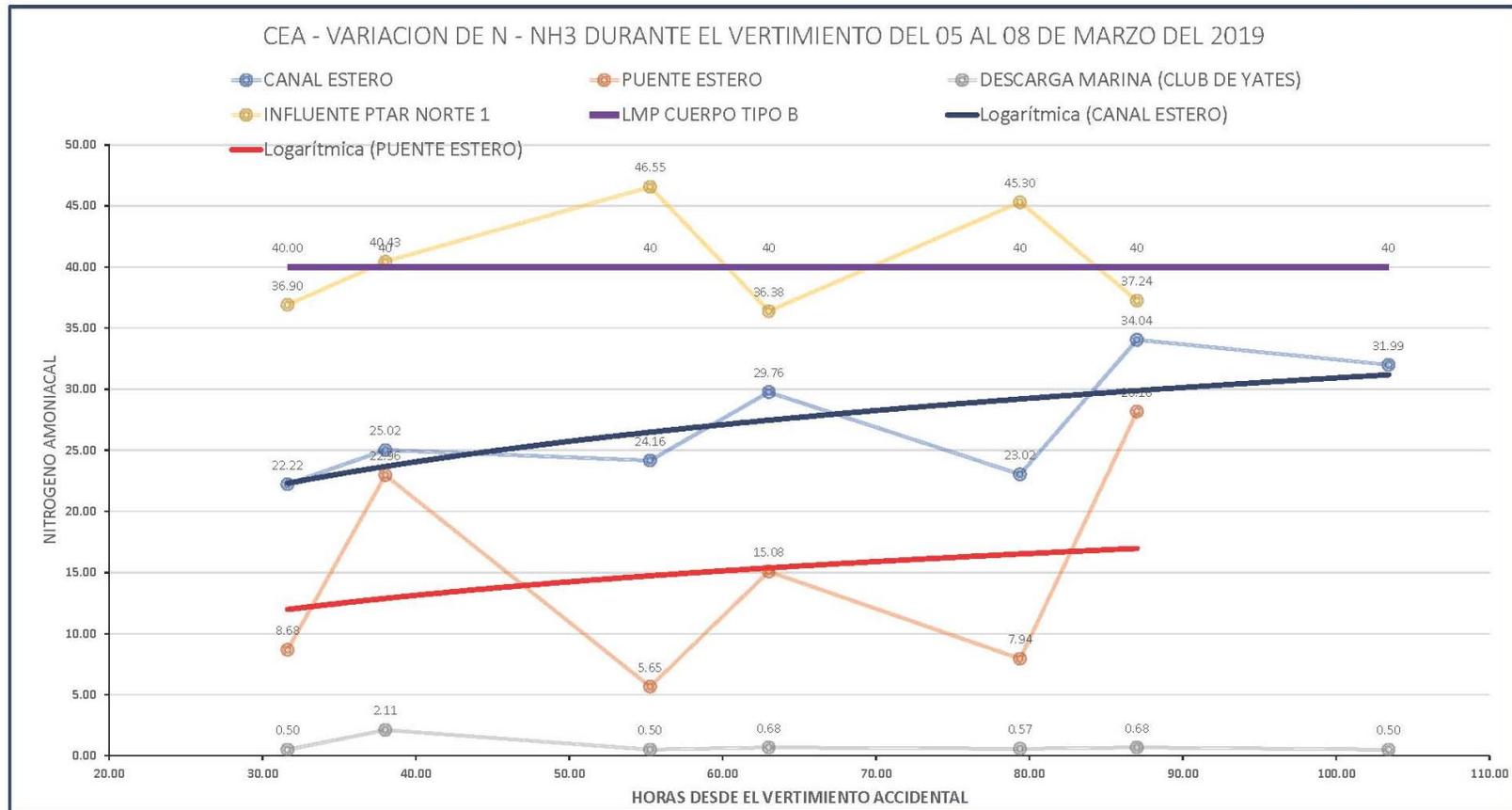


Ilustración 58. Variación de nitrógeno amoniacal durante el vertimiento del 05 al 08 de marzo 2019.

Durante la digestión, el carbono y el hidrógeno son oxidados a dióxido de carbono y agua, mientras el sulfato es reducido a dióxido de azufre y el grupo amino es liberado como amoniacal, el cual no puede escapar del medio ácido y permanece como una sal de amonio (Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales, 2007)

Como se mencionó anteriormente al igual que para el Fosforo Total (PT), los niveles se presentaron por debajo de los valores máximos que permite la Ley Federal de Derechos acepta para verter aguas tratadas a un cuerpo receptor tipo B (Estuarios y Humedales) es 40 mg/L, indicando que el agua residual aporta nitrógeno en valores justo por encima de la Norma.

El valor presente de Nitrógeno Amoniacal es producido solamente por la descomposición de materia orgánica de procesos biológicos propios del estero, mas sin embargo debido al alto nivel de recambios de aguas por el efecto de las mareas sus niveles se mantienen por debajo de la Norma con una tendencia de ascenso.

G.- Nitrógeno orgánico:

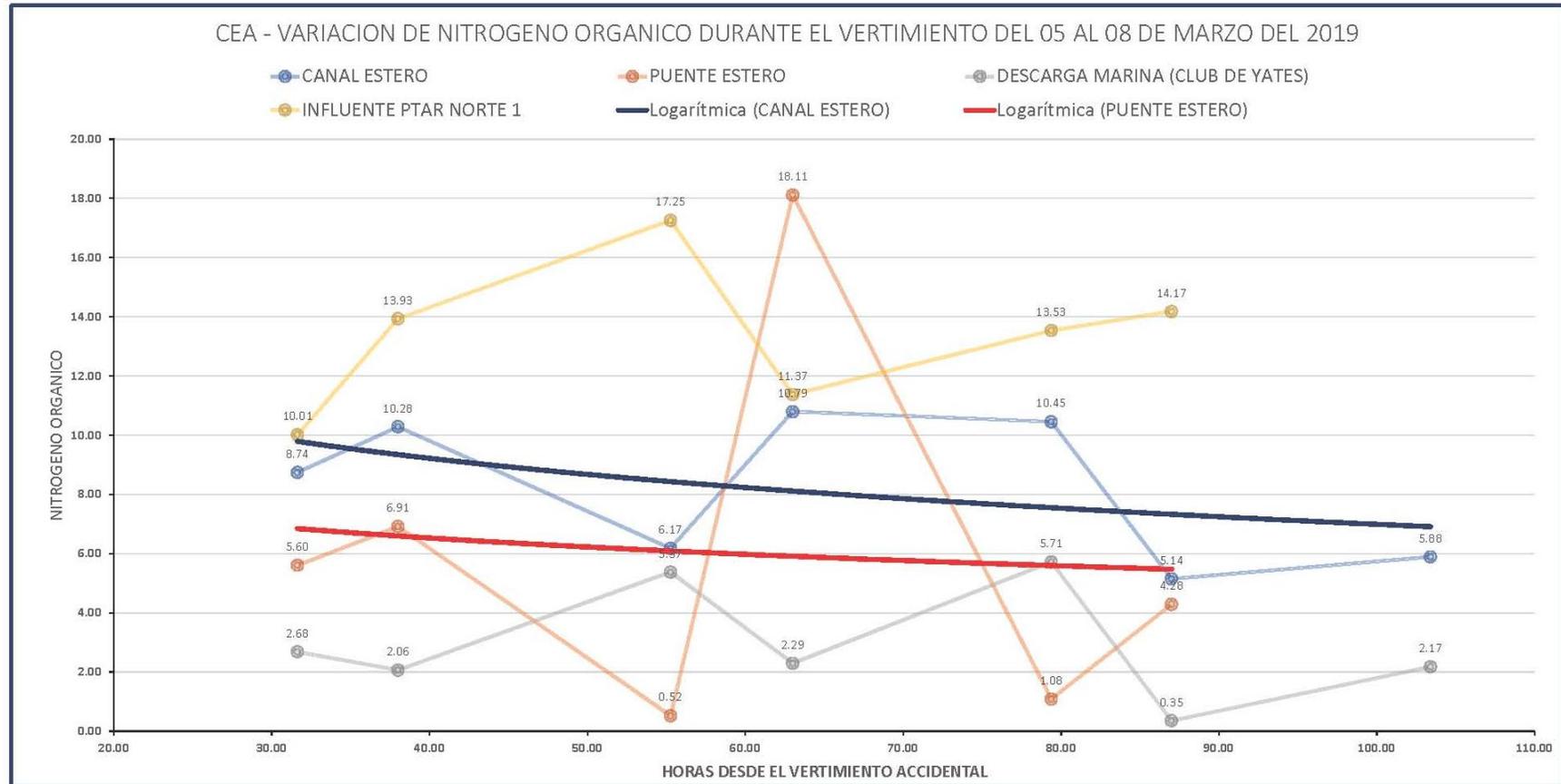


Ilustración 59. Variación de nitrógeno orgánico durante el vertimiento del 05 al 08 de marzo 2019.

De acuerdo con el ciclo del Nitrógeno, una concentración alta de Nitrógeno orgánico es característica de una contaminación fresca o reciente, y por consiguiente de gran peligro potencial. Todo el Nitrógeno presente en compuestos orgánicos puede considerarse Nitrógeno orgánico. El contenido de Nitrógeno orgánico en un agua incluye el Nitrógeno de aminoácidos, aminas, polipéptidos, proteínas y otros compuestos orgánicos del Nitrógeno (Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales, 2007).

Los valores presentes de Nitrógeno orgánico es producto del vertimiento, indica que una gran cantidad de compuestos orgánicos están presentes en el agua. A diferencia del Nitrógeno amoniacal, este parámetro presentó una tendencia a la baja conforme al tiempo transcurrido, lo que indica un descenso de componentes orgánicos, lo mas probable por dilución de aguas.

H.- Nitrógeno total:

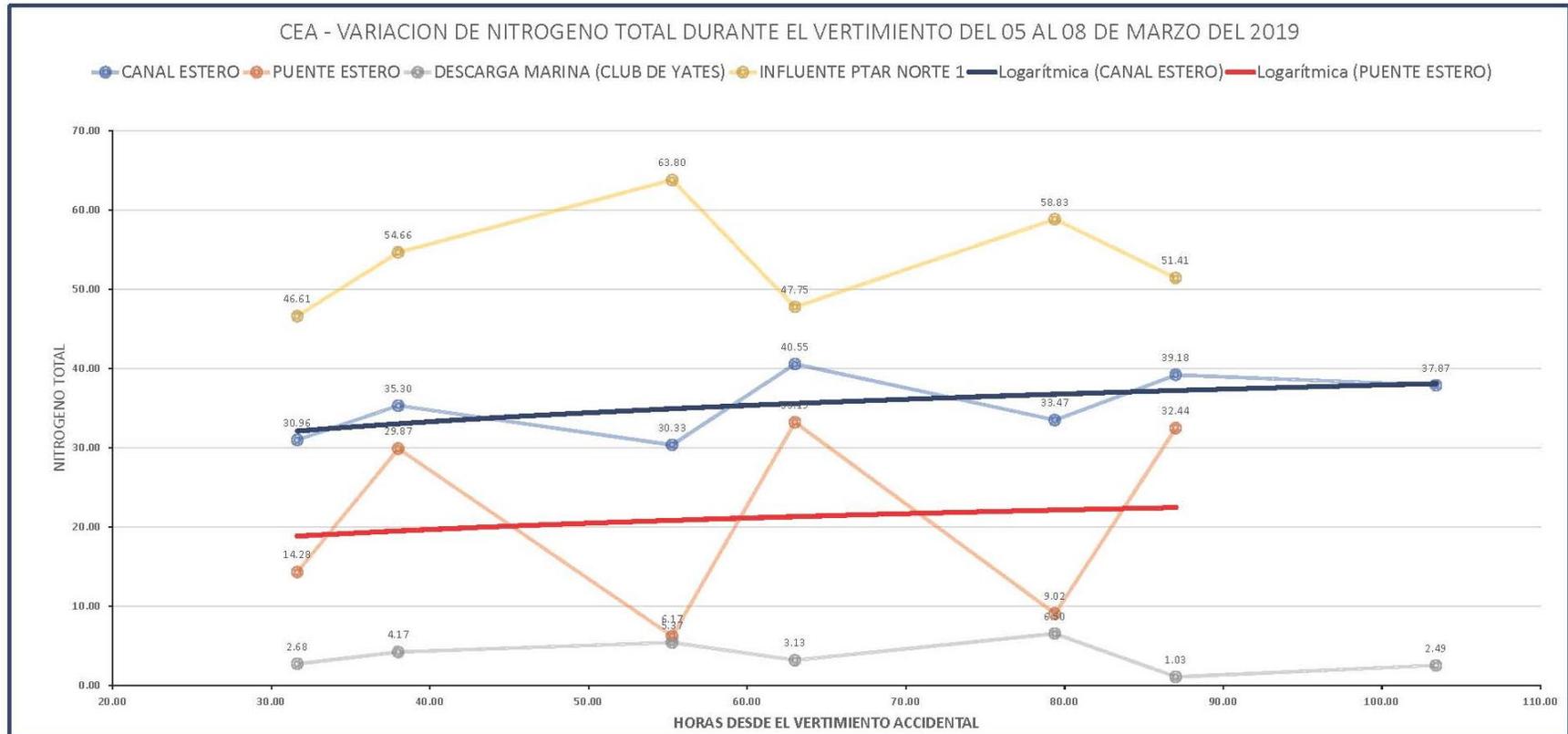


Ilustración 60. Variación de nitrógeno total durante el vertimiento del 05 al 08 de marzo 2019.

El valor presente de Nitrógeno total (que incluye todos los tipos de nitrógenos) presenta una tendencia en ascenso. Como en todas las gráficas, los niveles del parámetro son mayores en el punto de muestreo del canal principal que en el punto de muestreo abajo del puente de la avenida. El agua residual vertida presenta mayores niveles de nitrógeno total y la muestra de la dársena mínimos, lo que indica que la presencia de este parámetro se debe al vertimiento accidental.

I.- SAAM:

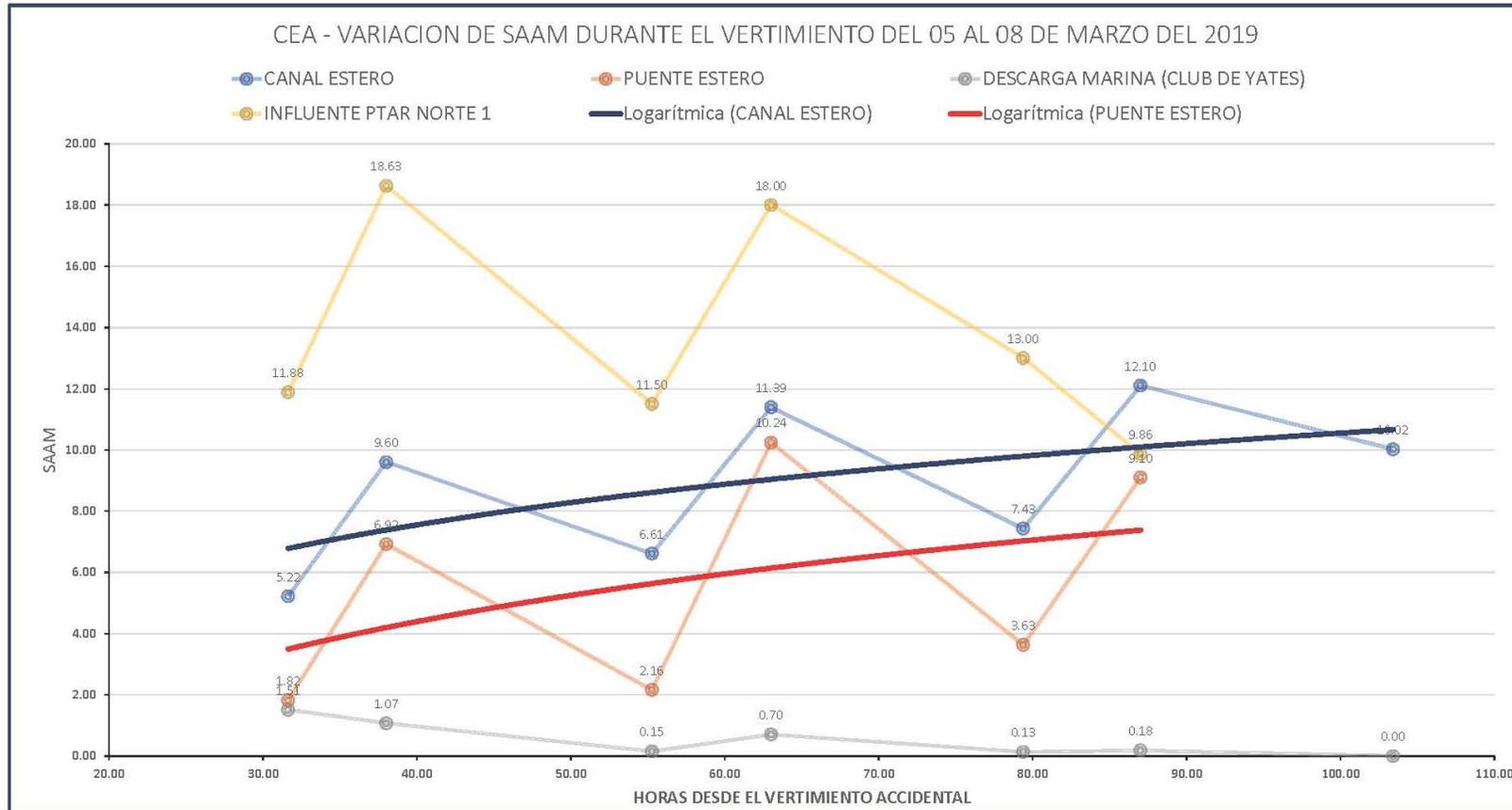


Ilustración 61. Variación de SAAM durante el vertimiento del 05 al 08 de marzo 2019.

Como detergentes se designan a las sustancias que poseen unas importantes propiedades limpiadoras. Se trata de productos complejos constituidos por uno o varios agentes surfactantes, compuestos minerales (carbonatos, fosfatos, polifosfatos, perboratos), frecuentemente asociados a materias orgánicas mejorantes, a enzimas y a secuestrantes. De todos ellos, los más característicos son los surfactantes, productos químicos orgánicos que reducen la tensión superficial del agua y de otros líquidos (Universidad Politécnica de Cartagena, 2007). El azul de metileno es una tintura de color azul, cuya molécula tiene afinidad por compuestos tensoactivos y puede usarse para cuantificarlos mediante la Determinación de Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM).

El valor presente para detergentes presenta una tendencia en ascenso. El agua residual vertida presenta mayores niveles de detergentes y la muestra de la dársena mínimos, lo que indica que la presencia de este parámetro se debe al vertimiento accidental.

J.- Sólidos sedimentables:

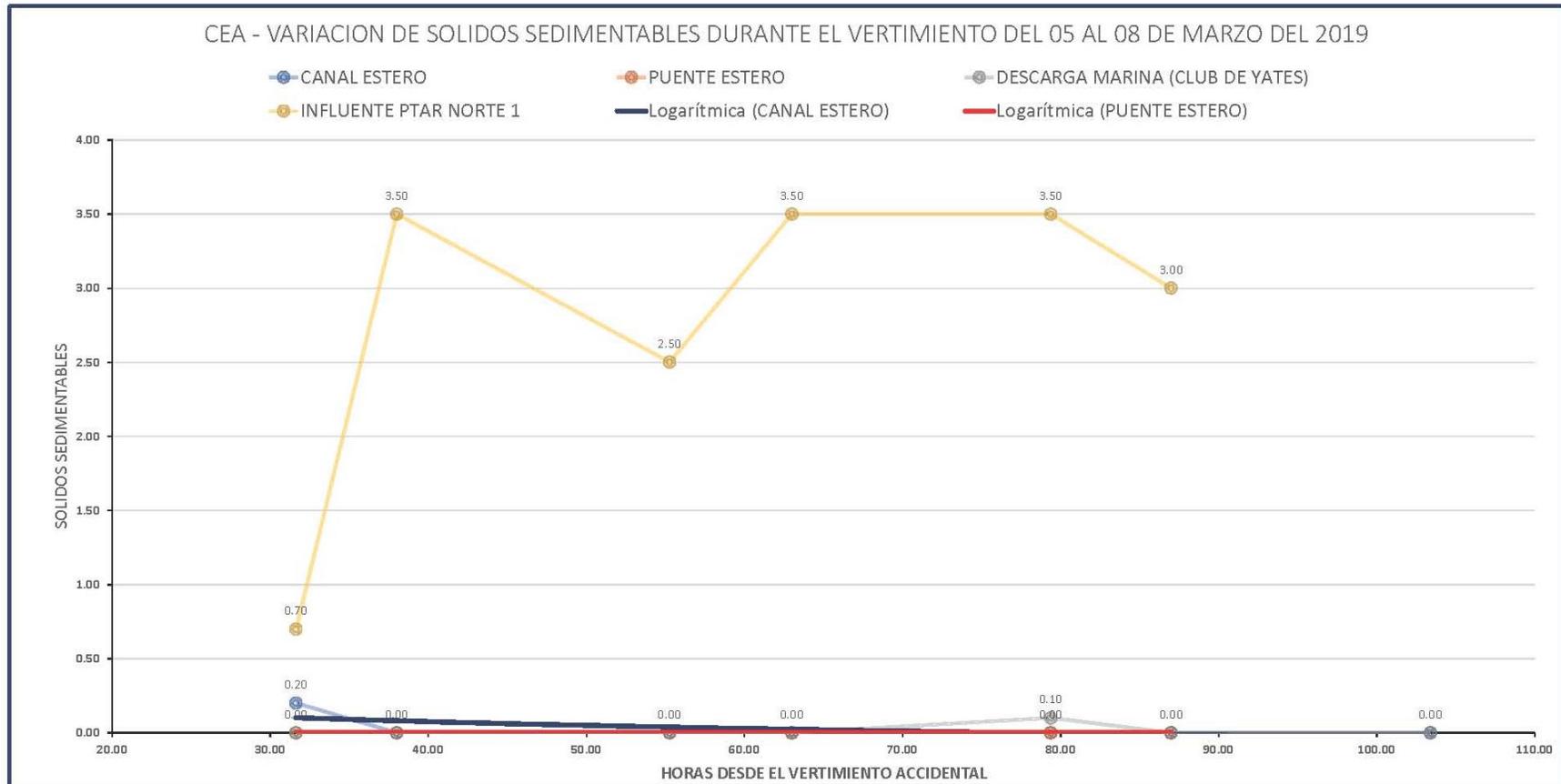


Ilustración 62. Variación de sólidos sedimentables durante el vertimiento del 05 al 08 de marzo 2019.

De forma genérica se puede denominar sólidos a todos aquellos elementos o compuestos presentes en el agua que no son agua ni gases. Atendiendo a esta definición se pueden clasificar en dos grupos: disueltos y en suspensión (sedimentables). En cada uno de ellos, a su vez, se pueden diferenciar los sólidos volátiles y los no volátiles. La presencia de sólidos en suspensión participa en el desarrollo de la turbidez y el color del agua, mientras que la de sólidos disueltos determina la salinidad del medio, y en consecuencia la conductividad del mismo (Universidad Politécnica de Cartagena, 2007).

El valor presente para sólidos sedimentables presenta una tendencia en descenso. El agua residual vertida presenta mayores niveles de sólidos sedimentables y la descarga de la dársena mínimos, lo que indica que la presencia de este parámetro se debe al vertimiento accidental. La dilución con el agua salada entrante establece su reducción, considerando que el vertimiento sucedió en la época de estiaje.

K.- Sulfatos:

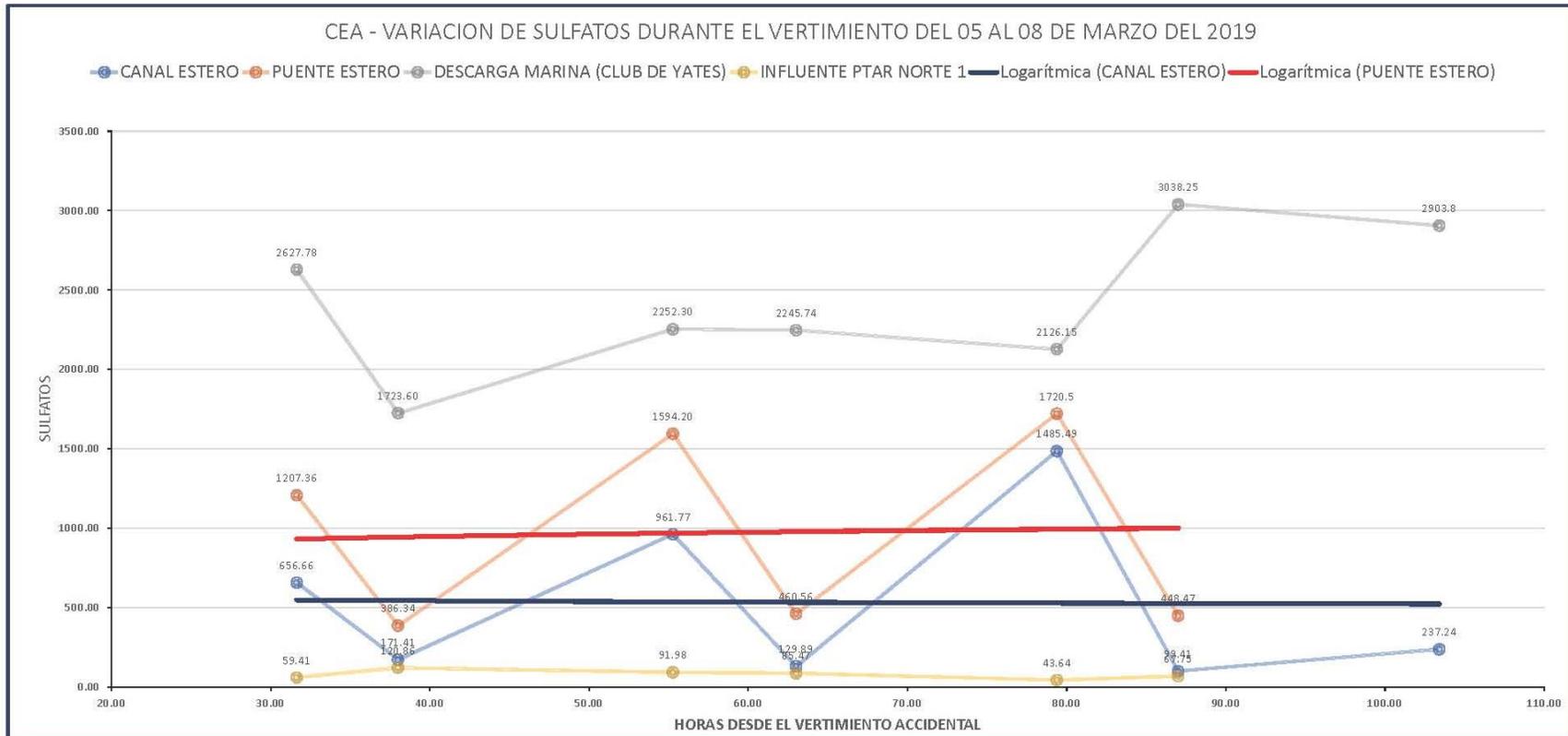


Ilustración 63. Variación de sulfatos durante el vertimiento del 05 al 08 de marzo 2019.

El ión sulfato (SO_4^{2-}) es la forma oxidada estable del azufre, siendo muy soluble en agua. Sin embargo, los sulfatos de plomo, bario y estroncio son insolubles. El sulfato disuelto puede ser reducido a sulfito y volatilizado a la atmósfera como H_2S , precipitado como sales insolubles o incorporado a organismos vivos. Los sulfatos sirven como fuente de oxígeno a las bacterias en condiciones anaeróbicas, convirtiéndose en sulfuro de hidrógeno. Pueden ser producidos por oxidación bacteriana de los compuestos azufrados reducidos, incluyendo sulfuros metálicos y compuestos orgánicos (Universidad Politécnica de Cartagena, 2007).

Para el análisis de este parámetro junto a la turbiedad, son los primeros en presentar datos opuestos a los demás. El mayor valor está presente en la descarga de aguas a la dársena y el menor está presente en el agua del vertimiento accidental. La tendencia de la presencia en el agua es constante. El valor de la descarga de la dársena se relaciona con el importante reservorio de sedimentos marinos que hay en la zona, relacionado a su vez con el agua estancada por la temporada de estiaje, con una gran cantidad de carga orgánica en el suelo de la dársena susceptible a la oxidación anaerobia.

L.- Turbiedad:

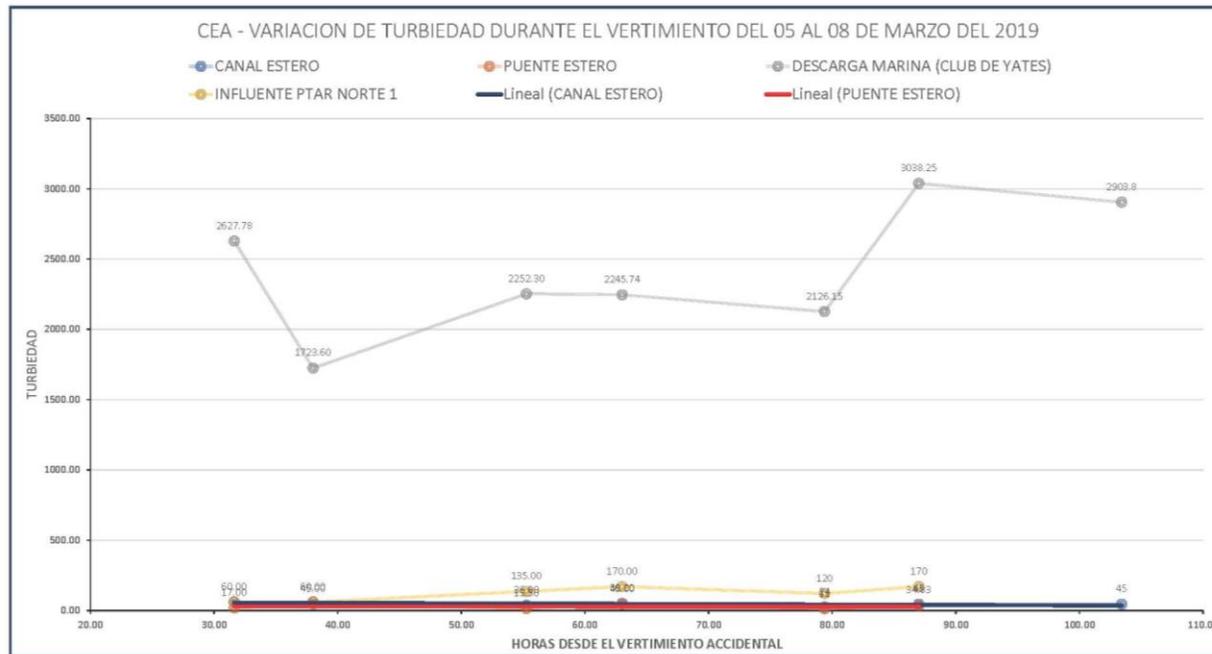


Ilustración 64. Variación de turbiedad durante el vertimiento del 05 al 08 de marzo 2019.

Es una medida de la dispersión de la luz por el agua como consecuencia de la presencia en la misma de materiales suspendidos coloidales y/o particulados. La presencia de materia suspendida en el agua puede indicar un cambio en su calidad (por ejemplo, contaminación por microorganismos) y/o la presencia de sustancias inorgánicas finamente divididas (arena, fango, arcilla) o de materiales orgánicos. La turbidez es un factor ambiental importante en las aguas naturales, y afecta al ecosistema ya que la actividad fotosintética depende en gran medida de la penetración de la luz. Las aguas turbias tienen, por supuesto, una actividad fotosintética más débil, lo que afecta a la producción de fitoplancton y también a la dinámica del sistema (Universidad Politécnica de Cartagena, 2007).

El mayor valor está presente en la descarga de aguas a la dársena y el menor está presente en el agua del vertimiento accidental. La tendencia de la presencia en el agua es constante. El valor de la descarga de la dársena se presupone en que es agua estancada por la temporada de estiaje, con carga orgánica elevada susceptible a la oxidación anaerobia y donde se sedimentan sólidos por periodos.

Evaluación ambiental y caracterización de afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada del colapso del colector centro norte.

Con base en los límites establecidos por la NOM-001-SEMARNAT-1996, se realizó el análisis de los muestreos realizados durante el proceso del vertimiento por el Consejo Estatal del Agua (CEA), los días 05 al 08 de marzo. Basados en los promedios diarios de los parámetros de interés, en todos los puntos de muestreo el pH, temperatura, fosforo total y contaminación por parásitos estuvieron dentro de los LMP. No obstante en el punto de muestreo “Influyente PTAR Norte 1” se presentó un excedente en los LMP de grasas, aceites, sólidos sedimentales, DBO y nitrógeno total, esto se debe a que esta zona fue el punto de entrada de las aguas vertidas al cuerpo receptor, siendo que otro punto de muestreo donde se superaron los LMP fue el “Canal principal”, siendo este el segundo punto de muestreo, por lo que se puede determinar que las aguas vertidas a través de su trayecto se fueron diluyendo, razón por la cual los valores se redujeron.

Tabla 27. Clasificación de la calidad de agua los días del vertimiento en el estero El Salado.

PUNTO DE MUESTREO	Fecha de muestreo	PARÁMETROS – PROMEDIO DIARIO							
		pH	Temperatura (°C)	Grasas y aceites	Sólidos sedimentales (ml/L)	DBO	Fosforo total	Nitrógeno total	Huevos de Helmito
Canal principal	2019/03/05	7.10	24.00	35.43	0.15	75.90	4.59	33.13	1
	2019/03/06	7.10	24.50	15.01	<0.10	87.50	4.55	35.44	
	2019/03/07	7.20	24.50	10.47	<0.10	85.10	4.40	36.33	
	2019/03/08	7.20	23.00	11.10	<0.10	109.00	6.38	37.87	
Descarga Marina (club de yates)	2019/03/05	7.80	26.50	18.08	<0.10	8.40	0.54	3.43	<1
	2019/03/06	7.55	26.00	<5.14	<0.10	6.21	<0.30	4.25	
	2019/03/07	7.35	26.00	<5.14	<0.10	2.34	<0.30	3.77	
	2019/03/08	7.60	28.00	7.98	<0.10	2.76	<0.30	2.49	
Puente estero	2019/03/05	7.20	24.00	24.74	<0.10	51.36	2.50	22.08	1
	2019/03/06	7.40	24.50	14.60	<0.10	64.13	3.53	19.68	
	2019/03/07	7.15	24.00	10.51	<0.10	58.93	3.69	20.73	
Influyente PTAR Norte 1	2019/03/05	7.05	27.50	90.10	2.10	214.21	6.55	50.64	1
	2019/03/06	7.10	27.50	46.58	3.00	236.00	6.29	55.78	
	2019/03/07	7.30	27.50	54.96	3.25	245	5.67	55.12	

En rojo se muestran los promedios diarios que sobrepasan el Límite Máximo Permisible (LMP) de acuerdo con la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Laboratorios ABC Química Investigación y Análisis, S.A. de C.V

Un tercer laboratorio de análisis de aguas participo en el proceso para determinar la calidad de las aguas vertidas y su mezcla con las aguas del estero de El Salado y los posibles daños a este por los contaminantes que están presentes en estas aguas residuales de origen doméstico. Laboratorios ABC Química Investigación y Análisis, S.A. de C.V., es el único laboratorio en México que tiene todas las acreditaciones de la EMA y las aprobaciones de la CONAGUA para evaluar la conformidad de los parámetros sancionados en las normas: NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996, NOM-003-SEMARNAT-1997, Criterios ecológicos de calidad del agua y Ley Federal de Derechos en Materia de Agua (Art. 224). Este laboratorio es además el que evalúa semanalmente los niveles de parámetros físico químicos y bacteriológicos del agua tratada que el SEAPAL envía para uso recreativo de la PTAR Norte I y la demasia se vierte al estero. El análisis para el vertimiento accidental, fue registrado solamente para el 14 de marzo del 2019, al cual al ser comprobado con los parámetros de SEAPAL y la CEA coinciden solo en dos sitios por un total de 24 parámetros, fue el más completo, pero de menor duración.

Así mismo, en el Anexo 4 - Apartado 3 se pueden apreciar el resumen de resultados y comparativo contra los LMP de la NOM-001-SEMARNAT-1996 así como el informe de pruebas del monitoreo realizado por Laboratorios

ABC Química Investigación y Análisis, S.A. de C.V. el día 14 de marzo en los siguientes puntos de muestreo: Canal del Estero y Puente del Estero para 24 parámetros.

En dichos resultados se puede apreciar que solo 4 parámetros fueron obtenidos por las dos entidades, y estos presentan diferencias idénticas y ligeramente diferentes. La diferente es el valor de DQO para la muestra del puente, ya que el valor difiere en 473.4 mg/L. Aun así, la Ley Federal de Derechos establece que el nivel máximo de DQO para ser vertido a cuerpos de aguas Federales no debe de pasar de 200 mg/L, razón por la cual ambos valores de las 2 muestras sobrepasan los valores máximos. De los valores de metales pesados, se establece que estos no existieron en las aguas del vertimiento o al menos a 10 días del mismo no estaban presentes en significativos.

Tabla 28. Comparativo de parámetros analizados entre SEAPAL y el Laboratorio ABC el día 14 de marzo del 2019

PARAMETRO	CANAL		PUENTE		LMP RIEGO AGRICOLA NOM-001	LMP LEY FEDERAL DE DERECHOS
	SEAPAL	LABORATORIO ABC	SEAPAL	LABORATORIO ABC		
	14/03/2019 18:00 HRS	14/03/2019 18:00 HRS	14/03/2019 18:21 HRS	14/03/2019 18:00 HRS		
pH	7.31	7.5	7.49	7.7	5 - 10	
CND	57900	-	64100	-	NA	
TEMPERATURA	24.6	25	25.9	26	NA	
OXIGENO DISUELTO	0.64	-	2.67	-	NA	
DQO	605	693	950	1423.4	NA	200
PT	< 1.0	0.9752	< 1.0	0.9444	20	
N-NH3	4	-	2.25	-	NA	
CLORUROS	98551	-	91652.43	-	NA	
COLIFORME TOTAL	-	> 24000.0	-	11000.00	NA	
MATERIA FLOTANTE EN CAMPO	-	AUSENTE	-	AUSENTE	NA	
SOLIDOS SEDIMENTABLES	-	ND	-	ND	1	
SOLIDOS SUSPENDI TOTALES	-	20	-	17	150	
DBO	-	ND	-	ND	150	
NITROGENO TOTAL	-	5.705	-	4.296	40	
N-NO3	-	0.0198	-	0.051	NA	
N-NO2	-	0.0644	-	0.0705	NA	
N-TOTAL KJELDAHL	-	5.621	-	4.174	NA	
GRASAS Y ACEITES	-	ND	-	ND	25	
HUEVOS DE HELMINTO	-	< 0.2	-	< 0.2	1	
MERCURIO TOTAL	-	ND	-	ND	0.01	
CIANUROS TOTALES	-	0.0018	-	ND	1	
ARSENICO TOTAL	-	ND	-	ND	0.2	
CADMIO TOTAL	-	ND	-	ND	0.2	
CROMO TOTAL	-	0.0026	-	ND	1	
COBRE TOTAL	-	ND	-	ND	4	
NIQUEL TOTAL	-	ND	-	ND	2	
PLOMO TOTAL	-	ND	-	ND	0.5	
ZINC TOTAL	-	0.0218	-	0.00095	10	

Recordemos como fue explicado en el inicio de este capítulo, que el efecto de las mareas asistió a la depuración de las aguas vertidas durante este evento, pero que también asiste a todos los demás contaminantes que entran al sistema estuarino.

Análisis histórico 2013-2017 del monitoreo realizado por SEAPAL

SEAPAL Vallarta ha venido asistiendo al estero El Salado desde el mes de noviembre del 2013 a diciembre del año 2017, con análisis de 12 estaciones de muestreo para 11 parámetros. Se procesaron y analizaron 226 muestras para un total de 2,136 mediciones de parámetros. Las estaciones y cantidad de muestras son:

Tabla 29. Relación de muestreos realizados por año para los 11 parámetros en 12 estaciones por SEAPAL

RESUMEN GENERAL						
PARAMETRO	2013	2014	2015	2016	2017	TOTAL
pH	1	11	6	0	0	218
CND	1	11	6	0	0	218
TEMPERATURA	1	11	6	0	0	218
DBO	1	8	0	0	0	103
DQO	1	11	6	0	0	226
OXIGENO DISUELTO	0	4	0	0	0	59
PT	1	11	6	0	0	225
N-NH3	1	11	3	0	0	192
SST	1	11	6	0	0	225
COLIFORME TOTAL	1	11	6	0	0	226
COLIFORME FECAL	1	11	6	0	0	226
ENTEROCOCOS	0	0	0	0	0	0
	53	467	621	382	613	2136
	2136					

Tabla 30. Nombre de las 12 estaciones de muestreo por SEAPAL para los años 2013 a 2017

1	MIRADOR
2	CANAL GUADALUPE
3	ARROYO EL CONTENTILLO
4	FRENTE RASTRO MUNICIPAL
5	MOJONERAS NORTE 1
6	VENA SAN CARLOS
7	AFLUENTE DEL VILLAR
8	POETAS
9	CANAL ESTERO
10	VIRGEN
11	CANAL PUENTE
12	CANAL TORRE

De las 12 estaciones, cabe mencionar que 9 son escorrentías y 3 son el cuerpo de agua del estero. De ellas, se puede citar que, del análisis de las escorrentías, en su mayoría presentan niveles de DQO y Coliformes fecales por encima de la Ley casi todo el año, con menores resultados dentro de la Ley para las épocas de estiaje.

El año con mas muestras procesadas fue 2015 y el año de menor cantidad de muestras fue el año 2013. A su vez, los parámetros que se lograron en todas las muestras procesadas fueron el DQO y Coliformes y el de menor cantidad fue O₂.

En las siguientes dos gráficas se podrá observar todo el período del 2013 al 2019 graficado para los parámetros DQO y coliformes fecales. En la primera se observan los paquetes de muestras analizadas que se observa no fueron continuas para todas las zonas de muestreo, por lo que se ven 4 grupos. Las estaciones presentes en esta gráfica son Canal Estero, Puente Estero, Canal Guadalupe y Canal Mirador. Prácticamente todos los valores analizados del año 2015 del canal mirador (línea verde) están por encima de la Ley, lo mismo sucede con el canal Guadalupe (línea morada) del año 2016 están por encima del valor LMP.

Para lograr el comparativo de los valores del canal estero y puente estero previos al vertimiento, se obtuvieron datos de febrero a diciembre del año 2017, mismos que se graficaron junto con los de marzo a julio del 2019.

Como parte del resultado obtenido, se puede observar en la siguiente que, ambos niveles tanto del 2017 y los del 2019 se encuentran por encima del LMP para la Ley Federal de Derechos. Existen algunas muestras que se localizan por debajo, mismas que corresponden a los meses de febrero a mayo del 2017 (estiaje). El mayor pico que se localiza esta el mismo día 4 de marzo al inicio del vertimiento para luego descender a valores menores mas aun sobre Ley. Tambien se puede denotar que los valores en el canal son mayores que bajo el puente.

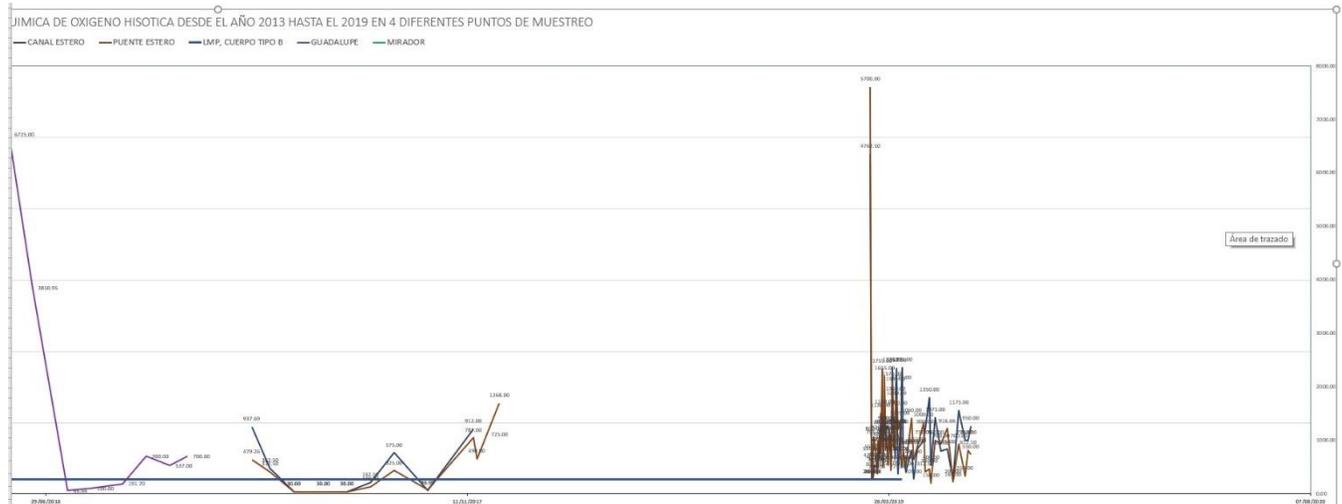


Ilustración 65. Detalle de la la DQO entre el canal y puentes del estero de los años 2017 y 2019

Es por ello que se solicita en conclusiones completar un ciclo anual de muestreos para poder definir con una mayor precisión el comportamiento de los parámetros dentro del estero El Salado, con ello se tendrá una mayor claridad la dinámica de contaminantes que son aportados al estero por el núcleo urbano y que claramente se muestran en las graficas (Ilustraciones) 66 y 67, en donde se muestran el DQO y Coliformes no solo del canal y bajo el puente sino también, de escorrentías que llegan al estero. En la grafica (ilustración) 66, se observa que los valores de DQO para el canal Guadalupe (localizado en Ixtapa a un costado de la Colonia Tamarindos) (ver página 18), presenta valores altos de DQO (recordemos que un valor alto es indicativo de una alta concentración de componentes orgánicos en el agua) al igual que el arroyo mirador. Estos son solo dos ejemplos.

Lo mismo se aprecia en la gráfica (ilustración) 67, donde se observan los valores de Coliformes Fecales para el canal y bajo el puente, pero también para 3 escorrentías que llegan al estero (Rastro, Virgen y Contentillo). Como se puede apreciar, la gran mayoría de las muestras sobrepasan los valores de la NOM-001, bajo la leyenda "incontables o superiores al máximo contable", lo que indica que la aportación de contaminantes orgánicos con contenido de coliformes fecales son altos a lo largo del año en la temporada de lluvias y repitiéndose año con año los bajos niveles dentro de los meses de febrero a mayo. Estos coliformes pueden ser de heces de animales y/o humanos, donde se presume que la presencia de ganjas ganaderas en la nano cuenca hacen que las aguas aporten estos contaminantes al igual que posibles vertimientos de aguas negras por saturación de líneas de drenaje debido a la aportación de aguas pluviales al sistema de drenaje sanitario. Un mayor análisis de este tema es necesario, ahora que habrá datos por un ciclo anual ininterrumpido para determinar las fuentes de aportación de contaminantes orgánicos al estero e iniciar un proceso de restauración.

Finalmente, la gráfica (ilustración) 68, nos ofrece un análisis de 7 puntos de muestreo para los parámetros DQO y Coliformes, 5 de ellos son escorrentías y 2 son dentro del estero. Su resultado muestra una alta concentración de coliformes para el arroyo del contentillo y frente al rastro y para DQO el arroyo los Poetas. De igual manera los valores del canal estero y bajo el puente mantienen valores por encima de la NOM-001.

Sobre el tema de contaminantes de metales pesados, el único análisis realizado el 14 de marzo no aportó evidencia de ellos, lo que significa que o están en agua subterráneas o son acumulados en suelos del estero. Este punto será contestado por el estudio de la UNAM que se nos ha informado realizó sobre la biocumulación de metales pesados en especies de cangrejos terrestres dentro del estero El Salado.

Evaluación ambiental y caracterización de afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada del colapso del colector centro norte.

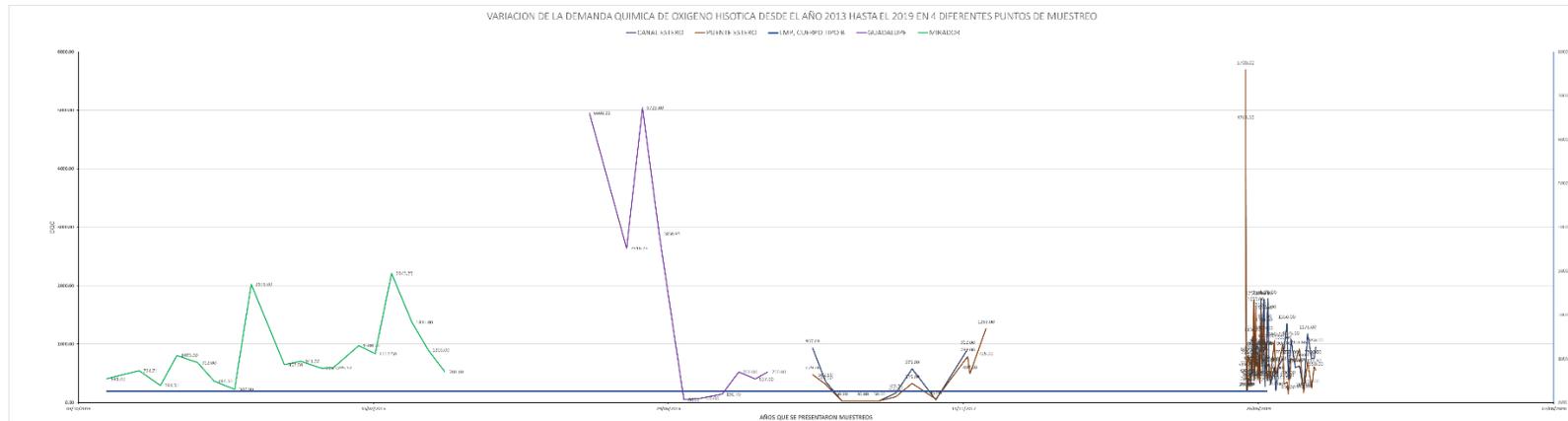


Ilustración 66. DQO histórica en muestras de 2 afluentes al estero (Guadalupe y Mirador) y canal y puente estero del año 2013 al 2019

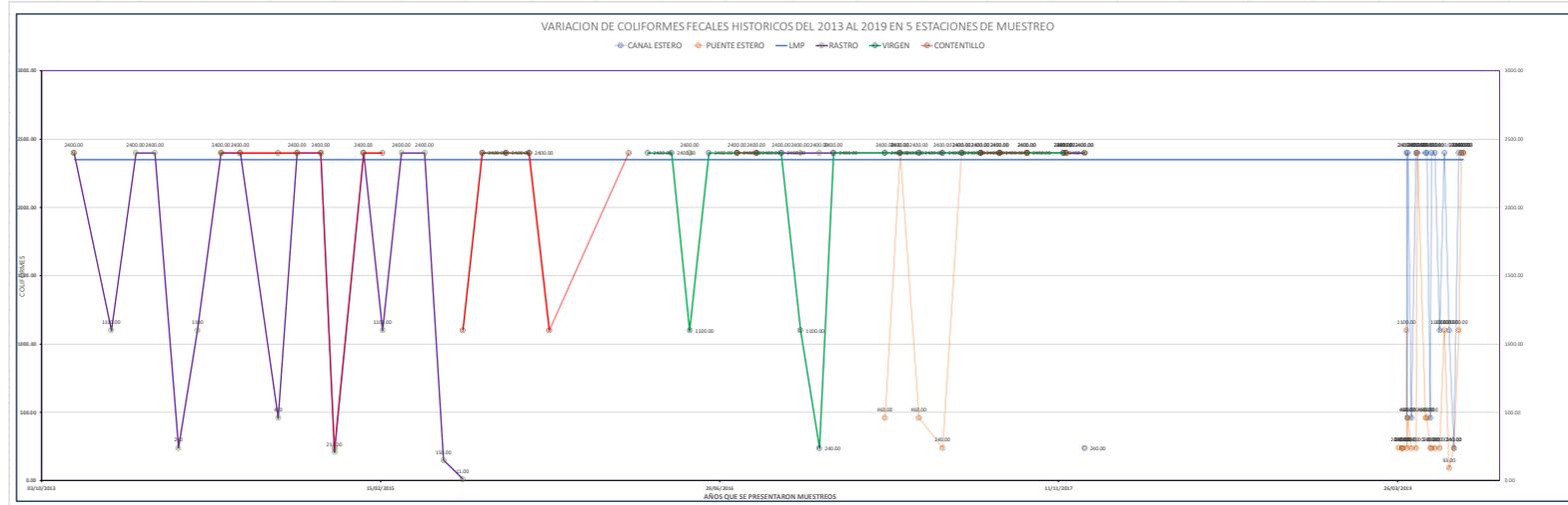


Ilustración 67. Coliformes fecales históricos en muestras de 3 afluentes al estero (Rastro, Virgen y Contentillo) y canal y puente estero del año 2013 al 2019

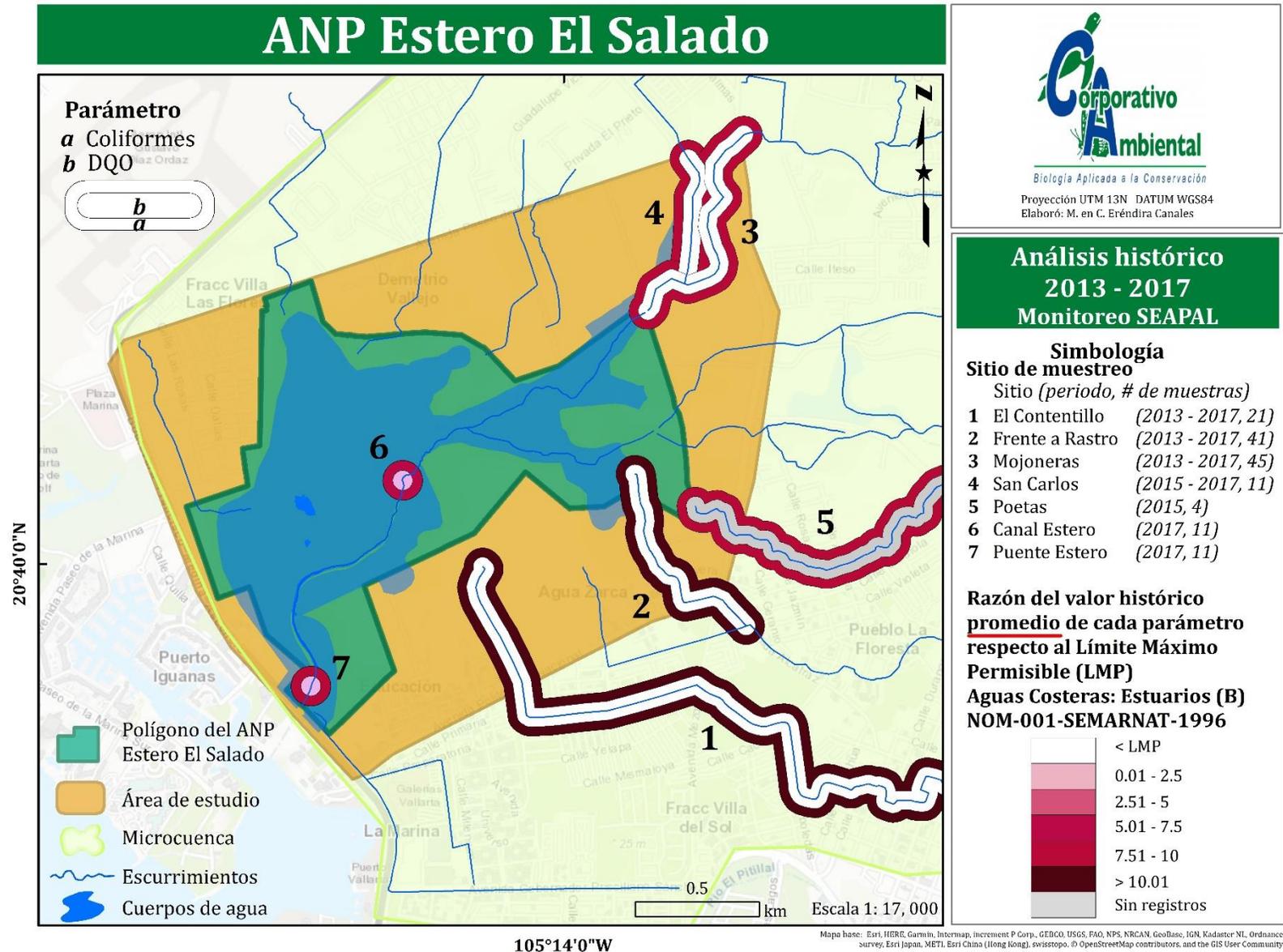


Ilustración 68. Análisis del muestreo histórico realizado por SEAPAL (2013-2017).

Evaluación ambiental y caracterización de afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada del colapso del colector centro norte.

IX. Marco Jurídico

ANÁLISIS JURÍDICO EN MATERIA DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL.

Incumplimiento del artículo 4º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, a los tratados internacionales en materia ambiental de los que México es parte, de la Ley General del Equilibrio y la Protección al Ambiente (LGEEPA), de la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental, pues se ve vulnerado el derecho de toda persona a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, además del daño al ambiente y los recursos naturales, así como desequilibrio ecológico, sin descartar la posibilidad de conductas tipificadas como delito culposo por acción u omisión.

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS.

El artículo 4º Constitucional, consagra el derecho que tiene toda persona a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, regulando la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al medio ambiente en el territorio nacional¹, derecho que se encuentra reconocido, además, en el artículo 11 del Protocolo Adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos en materia de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (Protocolo de San Salvador)².

El artículo 27º Constitucional establece en su quinto párrafo cuales son las aguas propiedad de la Nación, y en consecuencia de Jurisdicción Federal.³

LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE.

Se contravienen diversas disposiciones de la LGEEPA, pues ésta señala que es de orden público y de interés social, garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar, preservar, restaurar y mejorar el ambiente y la biodiversidad, lo que en el presente caso se ve violentado.

De acuerdo con el Capítulo III del Título Cuarto de la LGEEPA, se debe prevenir y controlar la contaminación del agua y de los ecosistemas acuáticos, pues es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y, para proteger los ecosistemas del país, siendo, de acuerdo al artículo 117 una responsabilidad compartida del Estado y de la sociedad, prevenir la contaminación de ríos, cuencas, depósitos y corrientes de agua, aguas del subsuelo, etc., de conformidad con los criterios establecidos en el mismo numeral⁴.

¹ **Art. 4º.-...**Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.

² Entre los derechos de segunda generación que se reconocen se encuentran: el derecho al trabajo (art. 6); igualdad en las condiciones de trabajo (art. 7); derecho a la huelga y a la libertad sindical (art. 8); derecho a la seguridad social (art. 9); derecho a la salud (art. 10); derecho a un medio ambiente sano (art. 11); derecho a la alimentación (art. 12); derecho a la educación (art. 13); derecho a la constitución y protección de la familia (art. 15). El Protocolo protege a colectivos específicos como los niños, los ancianos y los minusválidos (artículos 16, 17 y 18).

³ **Art. 27º.-...** Son propiedad de la Nación las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fije el Derecho Internacional; las aguas marinas interiores; las de las lagunas y esteros que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar.

⁴ **ARTÍCULO 117.-** Para la prevención y control de la contaminación del agua se considerarán los siguientes criterios:

- I. La prevención y control de la contaminación del agua, es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas del país;
- II. Corresponde al Estado y la sociedad prevenir la contaminación de ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos y corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo;
- III. El aprovechamiento del agua en actividades productivas susceptibles de producir su contaminación, conlleva la responsabilidad del tratamiento de las descargas, para reintegrarla en condiciones adecuadas para su utilización en otras actividades y para mantener el equilibrio de los ecosistemas;
- IV. Las aguas residuales de origen urbano deben recibir tratamiento previo a su descarga en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo; y

Por otro lado, y respecto de lo que aquí interesa, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, emitió la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996 o NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.⁵

Igualmente, se infringe el numeral 121 de la LGEEPA que prohíbe expresamente descargar Aguas Residuales que contengan contaminantes, en el suelo o subsuelo, o en cualquier corriente o cuerpo de agua, SIN PREVIO TRATAMIENTO, estableciéndose en el artículo siguiente, que TODAS LAS AGUAS provenientes de USOS PÚBLICOS URBANOS, que se derramen, deben reunir las condiciones para prevenir la contaminación de los cuerpos receptores, para que no interfieran en los procesos de depuración de las aguas, no se causen trastornos o alteraciones en el correcto aprovechamiento, o en el funcionamiento adecuado de los sistemas, y en la capacidad hidráulica en las cuencas, cauces, y demás depósitos de propiedad nacional.

LEY FEDERAL DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL

La Ley Federal de Responsabilidad Ambiental, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de junio de 2013, establece en su Título Primero "De la Responsabilidad Ambiental", Capítulo Primero, que es de orden público y de interés social, reglamentaria del artículo 4° Constitucional, y tiene por objeto regular la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos judiciales federales previstos por el artículo 17 constitucional,⁶ los mecanismos alternativos de solución de controversias, los procedimientos administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental.

Se establece además, en el Capítulo Segundo "Obligaciones derivadas de los daños ocasionados al ambiente", artículo 10°, que toda persona física o moral que con su acción u omisión ocasione directa o indirectamente un daño al ambiente, será responsable y estará obligada a la reparación de los daños, o bien, cuando la reparación no sea posible a la compensación ambiental que proceda, además de la obligación de realizar las acciones necesarias para evitar que se incremente el daño ocasionado al ambiente.

En ese sentido los artículos 11° y 12° clasifican la responsabilidad como Subjetiva⁷ y Objetiva⁸:

"Artículo 11.- La responsabilidad por daños ocasionados al ambiente será subjetiva, y nacerá de actos u omisiones ilícitos con las excepciones y supuestos previstos en este Título.

En adición al cumplimiento de las obligaciones previstas en el artículo anterior, cuando el daño sea ocasionado por un acto u omisión ilícitos dolosos, la persona responsable estará obligada a pagar una sanción económica.

V. La participación y corresponsabilidad de la sociedad es condición indispensable para evitar la contaminación del agua.

⁵ Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 1997.

⁶ **Artículo 17.** Ninguna persona podrá hacerse justicia por sí misma, ni ejercer violencia para reclamar su derecho.

Toda persona tiene derecho a que se le administre justicia por tribunales que estarán expeditos para impartirla en los plazos y términos que fijen las leyes, emitiendo sus resoluciones de manera pronta, completa e imparcial. Su servicio será gratuito, quedando, en consecuencia, prohibidas las costas judiciales.

Siempre que no se afecte la igualdad entre las partes, el debido proceso u otros derechos en los juicios o procedimientos seguidos en forma de juicio, las autoridades deberán privilegiar la solución del conflicto sobre los formalismos procedimentales.

El Congreso de la Unión expedirá las leyes que regulen las acciones colectivas. Tales leyes determinarán las materias de aplicación, los procedimientos judiciales y los mecanismos de reparación del daño. Los jueces federales conocerán de forma exclusiva sobre estos procedimientos y mecanismos.

Las leyes preverán mecanismos alternativos de solución de controversias. En la materia penal regularán su aplicación, asegurarán la reparación del daño y establecerán los casos en los que se requerirá supervisión judicial.

⁷ En este tipo de responsabilidad la característica principal es la conducta, siendo la culpa del autor de la conducta la determinante para la imputación de la responsabilidad.

⁸ Es también conocida como responsabilidad de riesgo creado, e implica cualquier situación que genere, por su propia naturaleza, un riesgo para los terceros, sin que sea necesario determinar el grado de culpa o la conducta del causante del daño.

Para los efectos de esta Ley, se entenderá que obra ilícitamente el que realiza una conducta activa u omisiva en contravención a las disposiciones legales, reglamentarias, a las normas oficiales mexicanas, o a las autorizaciones, licencias, permisos o concesiones expedidas por la Secretaría u otras autoridades."

"Artículo 12.- Será objetiva la responsabilidad ambiental, cuando los daños ocasionados al ambiente devengan directa o indirectamente de:

- I. Cualquier acción u omisión relacionada con materiales o residuos peligrosos;*
- II. El uso u operación de embarcaciones en arrecifes de coral;*
- III. La realización de las actividades consideradas como Altamente Riesgosas, y*
- IV. Aquellos supuestos y conductas previstos por el artículo 1913 del Código Civil Federal.⁹"*

La acción para demandar la responsabilidad ambiental, prescribe en 12 años, contados a partir del día siguiente en que se produzca el daño al ambiente y sus efectos, y puede ser ejercitada por; I. Las personas físicas habitantes de la comunidad adyacente al daño ocasionado al ambiente; II. Las personas morales privadas mexicanas, sin fines de lucro, cuyo objeto social sea la protección al ambiente en general, o de alguno de sus elementos, cuando actúen en representación de algún habitante de las comunidades previstas en la fracción I; III. La Federación a través de la procuraduría; y IV. Las Procuradurías o instituciones que ejerzan funciones de protección ambiental de las entidades federativas y del Distrito Federal en el ámbito de su circunscripción territorial, conjuntamente con la procuraduría.

Se establece en su artículo 13°, que la reparación de los daños ocasionados al ambiente, consiste en restituir a su Estado Base¹⁰ los hábitats, los ecosistemas, los elementos y recursos naturales, sus condiciones químicas, físicas o biológicas y las relaciones de interacción que se dan entre estos, así como los servicios ambientales que proporcionan, mediante la restauración, restablecimiento, tratamiento, recuperación o remediación, que se realice en el lugar en el que fue producido el daño.

Existen dentro de la misma Ley, la posibilidad, bajo ciertos condicionantes establecidos por su artículo 14°¹¹, la figura de la COMPENSACIÓN AMBIENTAL, que puede ser total o parcial, y consistirá en la inversión o las acciones que el responsable haga a su cargo, que generen una mejora ambiental, sustitutiva de la reparación total o parcial del daño ocasionado al ambiente, según corresponda, y equivalente a los efectos adversos ocasionados por el daño, que al igual que la reparación prevista por el artículo decimo tercio de la Ley, deberán hacerse en el ecosistema o región ecológica en donde se hubiese ocasionado el daño, salvo que resulte materialmente imposible, en cuyo caso la inversión o las acciones se llevarán a cabo en un lugar alternativo, vinculado ecológica y geográficamente al sitio dañado y en beneficio de la comunidad afectada, atendiendo los criterios sobre sitios prioritarios de reparación de daños, que en su caso expida la SEMADET.

⁹ **Artículo 1913.-** Cuando una persona hace uso de mecanismos, instrumentos, aparatos o sustancias peligrosas por sí mismos, por la velocidad que desarrollen, por su naturaleza explosiva o inflamable, por la energía de la corriente eléctrica que conduzcan o por otras causas análogas, está obligada a responder del daño que cause, aunque no obre ilícitamente, a no ser que demuestre que ese daño se produjo por culpa o negligencia inexcusable de la víctima.

¹⁰ Condición en la que se habrían hallado los hábitats, los ecosistemas, los elementos y recursos naturales, las relaciones de interacción y los servicios ambientales, en el momento previo inmediato al daño y de no haber sido éste producido.

¹¹ **Artículo 14.-** La compensación ambiental procederá por excepción en los siguientes casos:

- I. Cuando resulte material o técnicamente imposible la reparación total o parcial del daño, o
- II. Cuando se actualicen los tres supuestos siguientes:
 - a) Que los daños al ambiente hayan sido producidos por una obra o actividad ilícita que debió haber sido objeto de evaluación y autorización previa en materia de impacto ambiental o cambio de uso de suelo en terrenos forestales;
 - b) Que la Secretaría haya evaluado posteriormente en su conjunto los daños producidos ilícitamente, y las obras y actividades asociadas a esos daños que se encuentren aún pendientes de realizar en el futuro, y
 - c) Que la Secretaría expida una autorización posterior al daño, al acreditarse plenamente que tanto las obras y las actividades ilícitas, como las que se realizarán en el futuro, resultan en su conjunto sustentables, y jurídica y ambientalmente procedentes en términos de lo dispuesto por las Leyes ambientales y los instrumentos de política ambiental.

CÓDIGO PENAL FEDERAL

Previamente determinada la competencia federal (artículo 27 Constitucional, Párrafo Quinto), por tratarse de un estero que se comunica permanentemente con el mar, es conveniente analizar la aplicabilidad establecida en el artículo primero del ordenamiento, que fija la totalidad de la República, respecto de los delitos del orden federal, definiéndose en su artículo 7° al delito como todo acto u omisión que sancionan las leyes penales.

En ese orden de ideas, el artículo 420 Bis, establece lo siguiente;

“Artículo 420 Bis. - Se impondrá pena de dos a diez años de prisión y por el equivalente de trescientos a tres mil días multa, a quien ilícitamente:

I. Dañe, desaque o rellene humedales, manglares, lagunas, esteros o pantanos;

II. Dañe arrecifes;

III. Introduzca o libere en el medio natural, algún ejemplar de flora o fauna exótica que perjudique a un ecosistema, o que dificulte, altere o afecte las especies nativas o migratorias en los ciclos naturales de su reproducción o migración, o

IV. Provoque un incendio en un bosque, selva, vegetación natural o terrenos forestales, que dañe elementos naturales, flora, fauna, los ecosistemas o al ambiente.

Se aplicará una pena adicional hasta de dos años de prisión y hasta mil días multa adicionales, cuando las conductas descritas en el presente artículo se realicen en o afecten un área natural protegida, o el autor o partícipe del delito previsto en la fracción IV, realice la conducta para obtener un lucro o beneficio económico”.

Lo anterior sin menoscabo de la reparación y, en su caso, la compensación del daño al ambiente, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental, previamente analizada.

Normatividad aplicable a especies de flora y fauna

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS.

La constitución política considera la protección y conservación de los ecosistemas, establecidos en los siguientes artículos.

ARTÍCULO 4º (párrafo cuarto). Toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar.

ARTÍCULO 25º (párrafo sexto). -Bajo criterios de equidad social y productividad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente.

LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE.

Se atiende lo dispuesto en el Artículo 4º de dicha Ley que establece que “Es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación...”.

NOM-022-SEMARNAT-2003.

Norma Oficial Mexicana, que establece las Especificaciones para la Preservación, Conservación, Aprovechamiento Sustentable y Restauración de los Humedales Costeros en Zonas de Manglar (publicada en el D.O.F. de fecha 10 de abril de 2003).

Que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales a través de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de impacto ambiental, establece que para la realización de obras o actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, se requiere una autorización previa de la SEMARNAT.

Que es urgente instrumentar medidas y programas que protejan la integridad de los humedales costeros, protegiendo y, en su caso, restaurando sus funciones hidrológicas, de contigüidad, de mantenimiento de la biodiversidad, y de estabilización costera, con medidas que restablezcan su cobertura vegetal y flujo hidrológico evitando su deterioro por el cambio de uso de suelo, canalización indiscriminada, apertura de bocas en lagunas y esteros, e interrupción o desvío de agua dulce o circulación en el humedal costero que incrementa el asolvamiento, el aumento en la salinidad, la reducción de la productividad, la pérdida de hábitat de reproducción y crianza de larvas de especies marinas, y el asolvamiento.

Que los humedales costeros regulados por esta Norma que se encuentran en las riberas de lagunas, ríos, esteros, estuarios y otros cuerpos de agua, cuya escorrentía proviene de una cuenca a la que se vierten contaminantes de origen urbano, industrial, agropecuario y ante las experiencias negativas de otros países, es necesario orientar adecuadamente el desarrollo industrial, urbano y turístico de alto impacto, con una visión integral, que comprenda la cuenca hidrológica para evitar que se pongan en riesgo las condiciones naturales de los humedales costeros.

4.1: Toda obra de canalización, interrupción de flujo o desvío de agua que ponga en riesgo la dinámica e integridad ecológica de los humedales costeros, quedará prohibida, excepto en los casos en los que las obras descritas sean diseñadas para restaurar la circulación y así promover la regeneración del humedal costero.

4.7: La persona física o moral que utilice o vierta agua proveniente de la cuenca que alimenta a los humedales costeros, deberá restituirla al cuerpo de agua y asegurarse de que el volumen, pH, salinidad, oxígeno disuelto, temperatura y la calidad del agua que llega al humedal costero garanticen la viabilidad del mismo.

4.8: Se deberá prevenir que el vertimiento de agua que contenga contaminantes orgánicos y químicos, sedimentos, carbón metales pesados, solventes, grasas, aceites combustibles o modifiquen la temperatura del cuerpo de agua; alteren el equilibrio ecológico, dañen el ecosistema o a sus componentes vivos. Las descargas provenientes de granjas acuícolas, centros pecuarios, industrias, centros urbanos, desarrollos turísticos y otras actividades productivas que se vierten a los humedales costeros deberán ser tratadas y cumplir cabalmente con las normas establecidas según el caso.

4.9: El permiso de vertimiento de aguas residuales a la unidad hidrológica debe ser solicitado directamente a la autoridad competente, quien le fijará las condiciones de calidad de la descarga y el monitoreo que deberá realizar

4.18: Queda prohibido el relleno, desmonte, quema y desecación de vegetación de humedal costero, para ser transformado en potreros, rellenos sanitarios, asentamientos humanos, bordos, o cualquier otra obra que

implique pérdida de vegetación, que no haya sido autorizada por medio de un cambio de utilización de terrenos forestales y especificada en el informe preventivo o, en su caso, el estudio de impacto ambiental.

NOM-059-SEMARNAT-2010.

Se refiere a la protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, o cambio-lista de especies en riesgo.

Que el día trece del mes de junio del año de mil novecientos noventa y dos, el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos firmó, ad referendum, el Convenio sobre la Diversidad Biológica, adoptado en Río de Janeiro, Brasil, el día cinco del mes de junio del propio año. Que el Convenio sobre la Diversidad Biológica en su Artículo 7 inciso a) determina que cada Parte Contratante, en la medida de lo posible y según proceda, identificará los componentes de la diversidad biológica que sean importantes para su conservación y utilización sostenible, teniendo en consideración la lista indicativa de categorías que figura en el anexo I, el cual se refiere a la identificación y seguimiento de Ecosistemas y hábitat que: contengan una gran diversidad, un gran número de especies endémicas o en peligro, o vida silvestre; sean necesarios para las especies migratorias; tengan importancia social, económica, cultural o científica; o sean representativos o singulares o estén vinculados a procesos de evolución u otros procesos biológicos de importancia esencial.

Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones, mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción y es de observancia obligatoria en todo el Territorio Nacional, para las personas físicas o morales que promuevan la inclusión, exclusión o cambio de las especies o poblaciones silvestres en alguna de las categorías de riesgo, establecidas por esta Norma.

La norma en referencia presenta una clasificación de categorías en riesgo, de las especies de acuerdo a la conservación de su hábitat, y a la calidad de sus poblaciones, la cual se indica a continuación:

- Probablemente extinta en el medio silvestre (E); Aquella especie nativa de México cuyos ejemplares en vida libre dentro del Territorio Nacional han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueban, y de la cual se conoce la existencia de ejemplares vivos, en confinamiento o fuera del Territorio Mexicano.
- En peligro de extinción (P); Aquellas cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el Territorio Nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.
- Amenazadas (A); Aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.
- Sujetas a protección especial (Pr); Aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.

X. Servicios ecosistémicos

X.1. Humedales

Los humedales constituyen zonas húmedas e inundables de los continentes, que se conocen como ciénegas y pantanos. El término "humedal" es de uso reciente, y se refiere a este gran conjunto de ecosistemas en los que el agua es el factor principal que determina el tipo de plantas y animales que ahí habitan y por lo cual su funcionamiento es muy característico. Estos ecosistemas conjuntan una gran variedad de tipos de vegetación distintos (Wheeler *et al.*, 2002; Moreno-Casasola e Infante-Mata, 2009). Se presentan en todos los climas y en todos los continentes abarcando desde una hectárea hasta miles, desde sistemas sumamente productivos hasta los muy pobres. Varían en función de su origen, tamaño, ubicación geográfica, régimen hidrológico, química del agua, características de la vegetación, del suelo y de los sedimentos. En México se ha perdido el 62% de los humedales (Landgrave y Moreno-Casasola, 2012).

Factores ambientales de los humedales

La hidrología es el principal factor ambiental que determina el tipo de humedal, que lo mantiene y que lo transforma y cuando están cerca de la costa, la salinidad es otro factor que produce heterogeneidad ambiental. Ello resulta en humedales herbáceos y arbóreos, temporales y permanentes, de aguas dulces, salobres e hipersalinos. Los humedales de México ocupan una extensión mayor a lo largo de la costa que tierra adentro (Olmsted, 1993). Incluyen lagunas costeras someras, las praderas de pastos marinos, las marismas y los manglares, los oasis en los desiertos, los petenes del sureste, los humedales herbáceos de agua dulce (popales, tulares, carrizales, vegetación flotante y sumergida), los palmares y selvas inundables. Esta gran variabilidad conjunta una enorme cantidad de especies de flora y fauna, viviendo bajo muy distintas condiciones de inundación y salinidad que resultan en una alta biodiversidad (Ramsar Convention Secretariat, 2014).

El uso de los bienes y servicios que proveen los humedales a la sociedad implica la conservación de la integridad ecológica de estos ecosistemas, definida como la capacidad para soportar o mantener un sistema biológico natural y equilibrado (Karr, 1996). Es necesario trabajar en opciones y estrategias para asegurar que bajo el panorama de crecimiento y desarrollo de la zona costera se conserva la biodiversidad de los humedales, su funcionamiento y la fuente de agua de la cual se alimentan.

Manglares

Los manglares son bosques densos, arbóreos o arbustivos que miden entre uno y 30 metros de altura. En México predominan cuatro especies de manglar: el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle negro (*Avicennia germinans*), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y el botoncillo (*Conocarpus erectus*). Además de estas especies, en las zonas más salinas crecen individuos de árboles o palmas comunes a las selvas inundables. El manglar es el tipo de humedal más apreciado por la sociedad y se le reconoce valor como criadero de juveniles de especies pesqueras importantes, por la protección que brinda a la costa, y por su almacenamiento de carbono. La importancia de los manglares recae principalmente en la alta productividad primaria que presentan estos ecosistemas. Esto se debe principalmente a la disponibilidad de nutrientes provenientes de los ríos y escurrimientos terrestres y al efectivo reciclamiento de los mismos durante los procesos de mineralización microbiana (Mee, 1978 y Nixon, 1981), manteniendo así una elevada fertilidad de los estuarios y una rica y compleja cadena alimenticia caracterizada por una elevada producción pesquera. Funcionan también como filtros biológicos de aguas, trampas de sedimentos, nutrientes, pesticidas, metales pesados, entre otras. La importancia del manglar como componente principal de la vegetación costera, va más allá de la producción de materia orgánica, ya que controla el flujo y reflujo de las aguas estuarinas, controla la erosión y estabilización costera, retiene sedimentos y nutrientes; ofrece protección contra fenómenos meteorológicos, estabiliza el clima, actúa como amortiguador de los contaminantes de sistemas vecinos,

interviene en el equilibrio hidrológico y funciona como refugio y reclutamiento biológico de numerosas especies comerciales (Yáñez y Lara, 1999).

A pesar de su importancia, su extensión se ha reducido notablemente, tanto en México como a nivel global. Se estima que en las últimas dos décadas se ha perdido aproximadamente el 35% de los manglares del mundo (Valiela *et al.*, 2001). A nivel mundial, México se ubica en el cuarto país con mayor superficie de manglar representando el 4.5 % de la cubierta de este ecosistema en el mundo (Giri *et al.*, 2011), con 856,308 ha, y con una pérdida de 82,218 ha en el periodo entre 1981 y 2005 y una tasa ponderada de transformación anual de dicha cobertura a nivel nacional con pérdida de 0.38% de la superficie cada año.

X.2. Servicios ambientales de los humedales

Los humedales prestan innumerables beneficios para la sociedad. Dichos beneficios se denominan servicios ecosistémicos y pueden variar de acuerdo al grado de conservación y características propias como ubicación, clase y tamaño, con los factores tan determinantes como la apropiación de la comunidad (Ramsar Convention Secretariat, 2014). Entre los servicios ecosistémicos se encuentran en la regulación hídrica (superficial y subterránea), la cual permite la provisión en épocas de estiaje y la mitigación de impactos en la temporada de lluvias. Así como el control de la erosión y el transporte de sedimentos, aportando directamente a los procesos de adaptación al cambio climático.

X.3. Servicios ecosistémicos del estero El Salado

Control de inundaciones

En el control de inundaciones ocurren tres fenómenos, en ellos son la ralentización del flujo, los depósitos naturales de recogida de agua de las crecidas y la protección contra las tormentas (Ramsar Convention Secretariat, 2014). El área de inundación del ANP estero El Salado presenta un perímetro de 7.5 km y una superficie de 69 hectáreas.

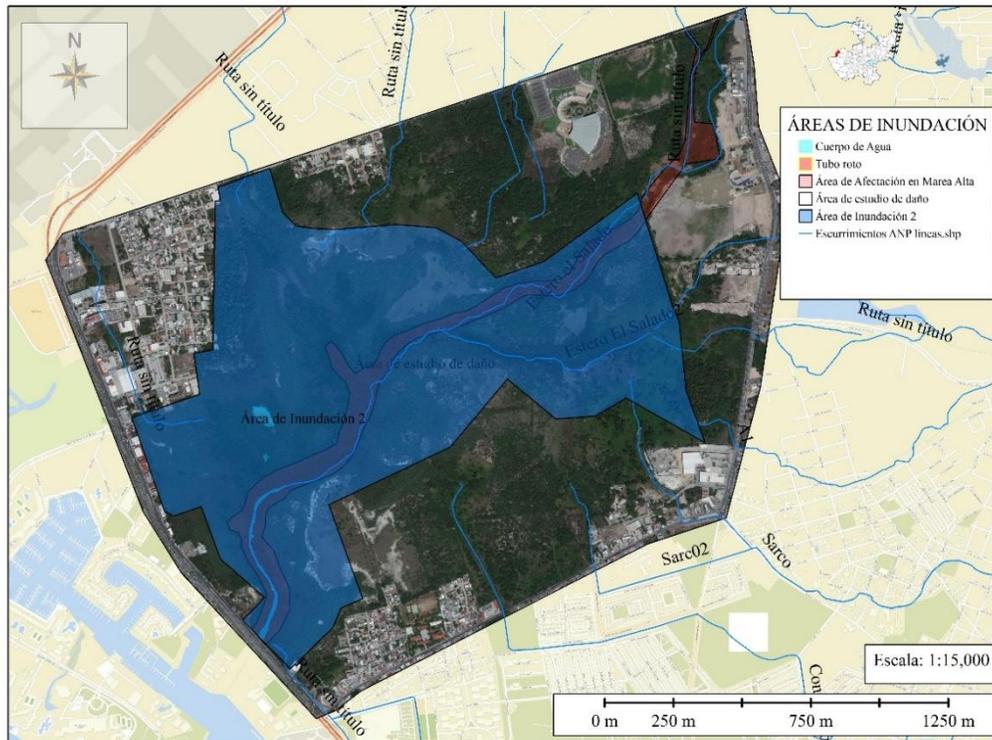


Ilustración 69. Área de inundación del ANP.

La vegetación de manglar presenta un sistema radicular que permite la ralentización del flujo del agua.

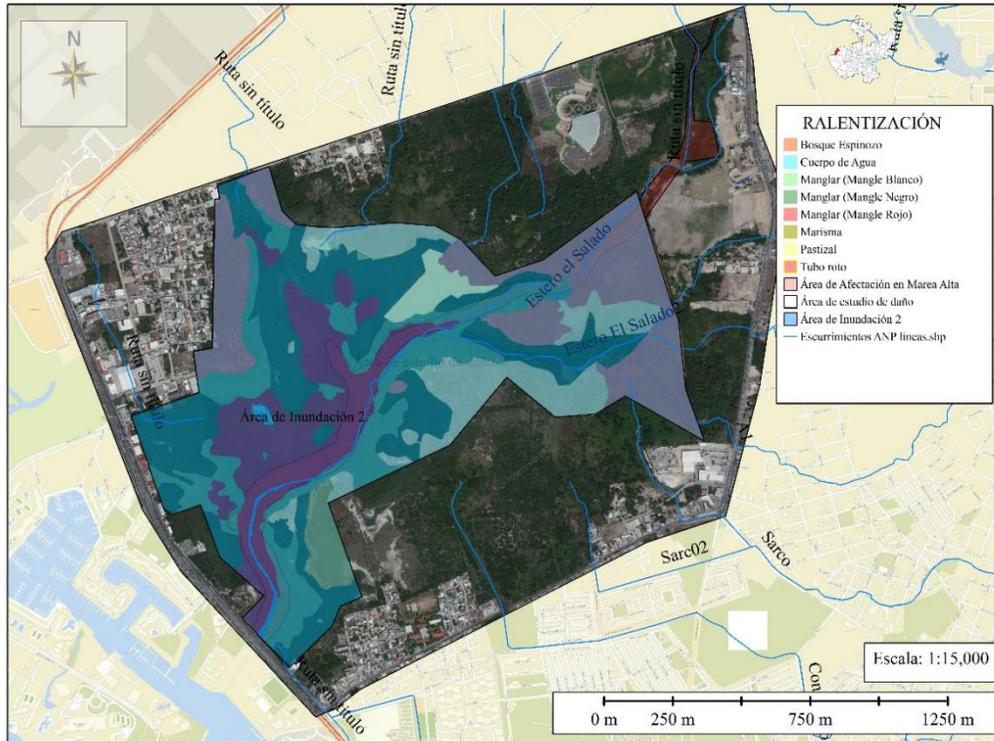


Ilustración 70. Ralentización del agua

Reposición de aguas subterráneas

Gran cantidad de humedales existentes tienen una estrecha relación con el nivel freático, las aguas subterráneas y los acuíferos. Los humedales permiten la filtración de agua en caso de que el nivel freático se encuentre bajo y liberan agua hacia la superficie cuando los acuíferos se encuentran sobresaturados (Ramsar Convention Secretariat, 2014).

Retención y exportación de sedimentos y nutrientes

La vegetación de los humedales juega un papel muy importante al momento de retener sedimentos y los nutrientes que son transportados por agua de ríos, arroyos, etc. Dicha vegetación extrae los nutrientes provenientes del suelo o del agua y los dejan fijos en su estructura hasta que sean liberados al ambiente nuevamente, ya sea porque la vegetación muere o porque es cosechada para obtener alimentos o materiales de construcción, o porque es lavada por la corriente de agua de las fuertes tormentas (Ramsar Convention Secretariat, 2014).

El estero El Salado presenta una superficie de 169 has que presentan vegetación que funcionan como filtros para contener materia orgánica, sedimentos y residuos sólidos provenientes de la parte alta de la microcuenca.

Evaluación ambiental y caracterización de posible afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada de la ruptura del colector centro norte en su línea de impulsión de 48"

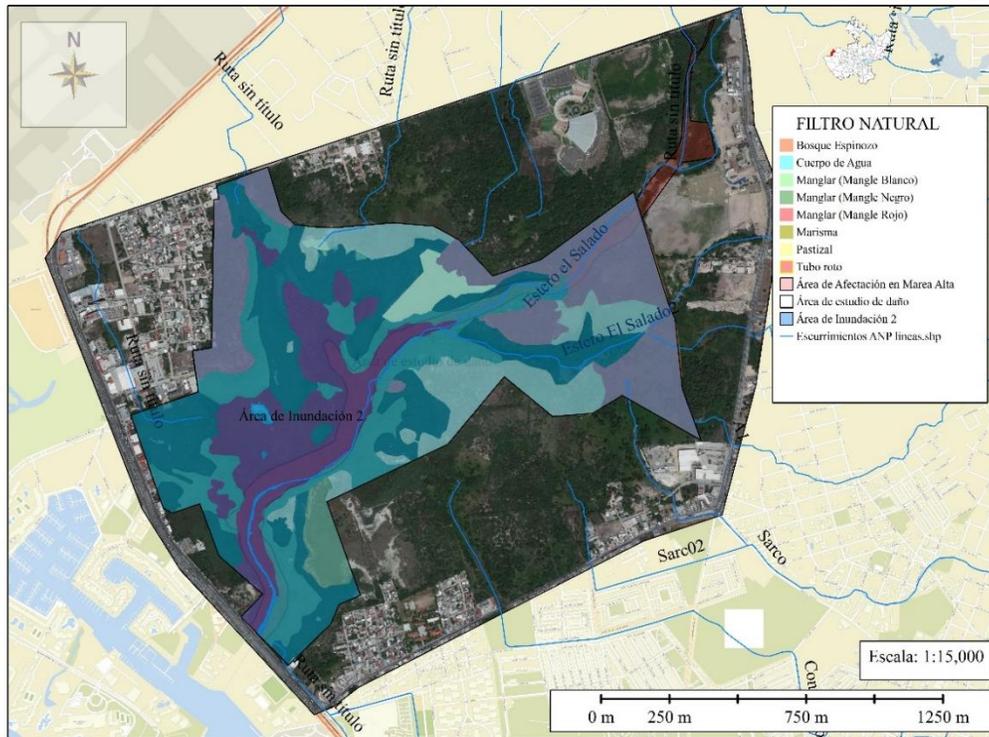


Ilustración 71. Área que funciona como filtro.

El canal principal del estero el sitio que presenta mayor interacción por sedimentación durante el temporal de lluvias. Presenta un perímetro de 7.2 km y una superficie de 22 hectáreas.

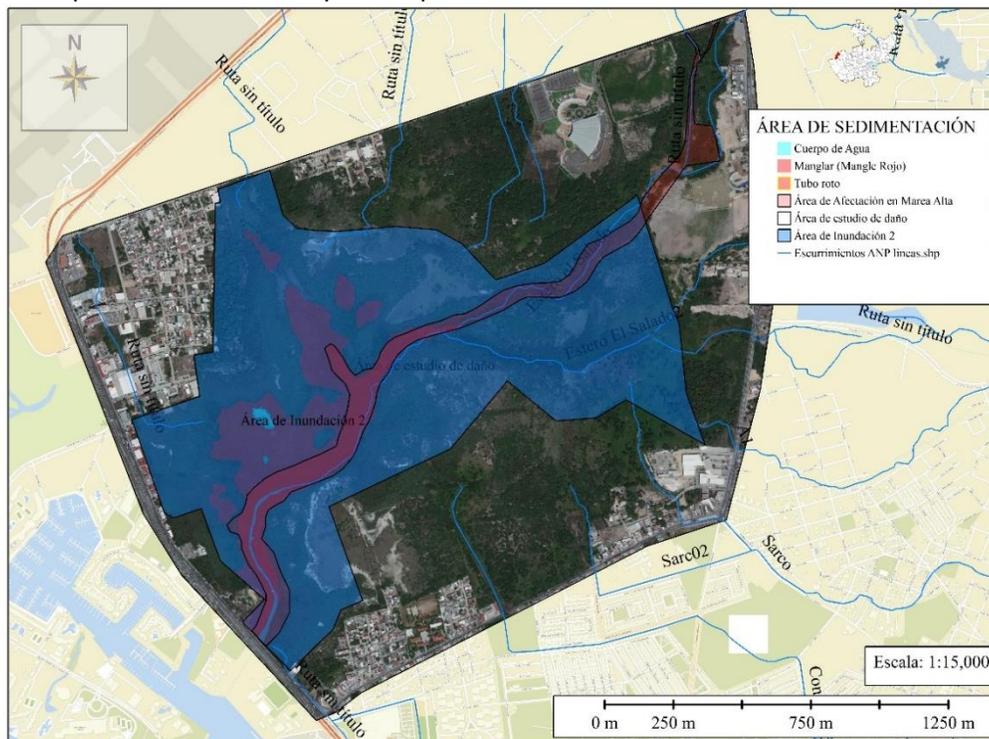


Ilustración 72. Área de mayor sedimentación dentro del ANP.

Depuración de aguas

Este servicio ecosistémico es similar al de retención de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo provenientes de las actividades agrícolas, especialmente de los fertilizantes utilizados. En este caso, las raíces de la vegetación, los sedimentos y los suelos de los humedales, bloquean los contaminantes depurando eficazmente el recurso hídrico. Igualmente, la retención de nutrientes en los tallos y raíces de la vegetación impide que estos alcancen niveles tóxicos y se filtren a aguas subterráneas (Ramsar Convention Secretariat, 2014).

El estero El Salado presenta una superficie de 179 hectáreas que son inundables y presenta vegetación de manglar, semiacuática y marismas.

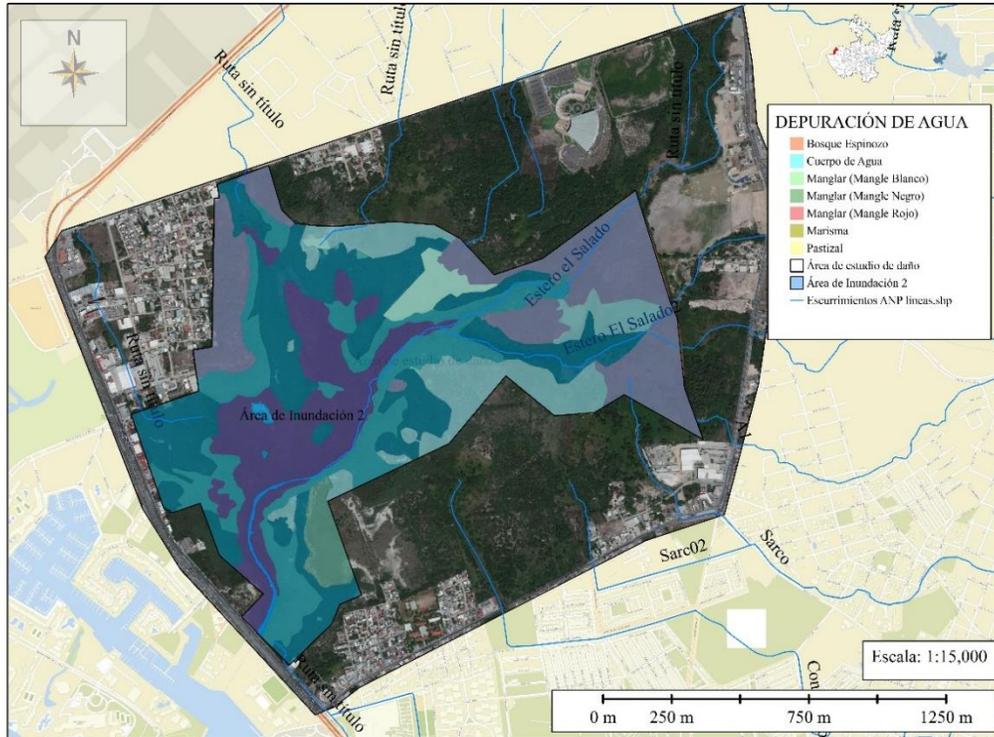


Ilustración 73. Superficie de depuración de agua

Reservorios de biodiversidad

Uno de los principales servicios ecosistémicos de los humedales es la cantidad y calidad de flora y fauna, denominada diversidad biológica o biodiversidad, que estos pueden albergar (Ramsar Convention Secretariat, 2014).

De acuerdo al libro titulado "Biodiversidad del estero El Salado", el ANP presenta una gran diversidad de especies (772), de las cuales 38 de ellas se encuentran dentro de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 31. Número de especies dentro del ANP

GRUPO TAXONÓMICO	NUM. DE ESPECIES	NUM. DE ESPECIES NOM-059-SEMARNAT-2010
Peces	43	1
Anfibios	5	2
Reptiles	23	10

Aves	135	18
Mamíferos	29	3
Hormigas	49	0
Abejas	8	0
Coleópteros	44	0
Lepidópteros	162	0
Flora	224	4
Total	772	38

Productos de los humedales

Seguridad alimentaria, el mantenimiento de la vida y suministro de hábitat para las especies, entre otros (Ramsar Convention Secretariat, 2014).

El estero el salado es de suma importancia para la bahía de Bandereas, debido a que una cantidad considerable de especies de peces y crustáceos, se reproducen a su interior, funcionando como un espacio de reproducción, las cuales tienen además un valor comercial para el humano. Es importante destacar que una especie de pez está considerado dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 32. Número de especies de peces que se reproducen en el ANP.

GRUPO TAXONOMICO	NUM. DE ESPECIES	NUM. DE ESPECIES NOM-059-SEMARNAT-2010
Peces	43	1

Otros ejemplares que utilizar el cuerpo de agua para realizar sus funciones biológicas es el cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*), siendo el estero el salado, el único cuerpo de agua protegido como hábitat para darle protección y refugio a esta especie. Es importante destacar que dentro del ANP se han ubicado 3 nidos de cocodrilo, y otros 4 en el exterior.

Tabla 33. Número de especies de reptiles que se reproducen dentro del ANP.

GRUPO TAXONOMICO	NUM. DE ESPECIES	NUM. DE ESPECIES NOM-059-SEMARNAT-2010
Reptiles	23	10

Los reptiles, son el segundo grupo que presenta más ejemplares dentro de la norma NOM-059-SEMARNAT-2010; destacando el cocodrilo (*Crocodylus acutus*), la iguana verde (*Iguana iguana*) y la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*); especies que utilizan el estero como hábitat y zona de reproducción.

Tabla 34. Número de especies de aves que se reproducen dentro del ANP

GRUPO TAXONOMICO	NUM. DE ESPECIES	NUM. DE ESPECIES NOM-059-SEMARNAT-2010
Aves	135	18

Al interior del ANP se han registrado 135 especies de aves que realizan sus funciones biológicas, de las cuales, 18 de ellas se encuentran dentro de la norma NOM-059-SEMARNAT-2010.

Valores culturales

Debido a que la abundancia del recurso agua, se traduce en grandes asentamientos humanos alrededor de ella; por décadas los humedales han sido parte de la cultura de diferentes grupos religiosos o civilizaciones reconocidas (Ramsar Convention Secretariat, 2014).

El estero forma parte de un ecosistema de humedal, el cual esta interconectado con diferentes cuerpos de agua. Actualmente en Puerto Vallarta solo quedan dos esteros, el salado y boca negra-boca de tomates, siendo el ANP Estero El Salado, el único con decreto de protección.

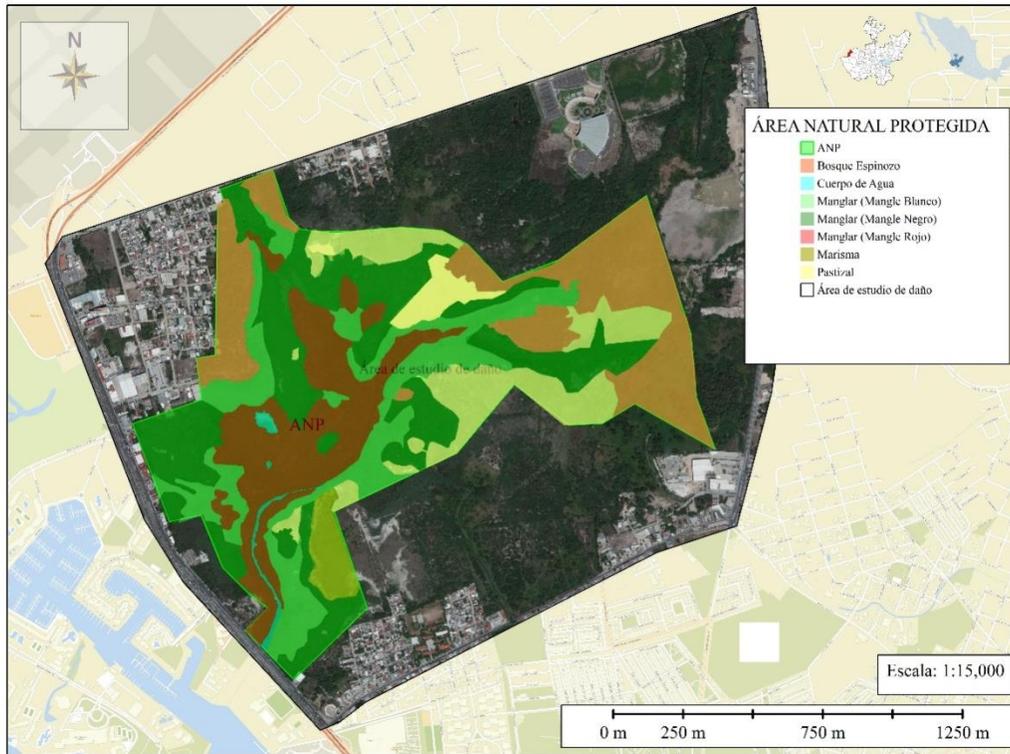


Ilustración 74. Área Natural Protegida Estero EL Salado.

Recreación y turismo

Debido a que los humedales son de alto interés ambiental por su biodiversidad y otros servicios ecosistémicos mencionados anteriormente, los gobiernos de algunos países le apuestan a un turismo sostenible haciendo grandes inversiones para ello (Ramsar Convention Secretariat, 2014).

El estero El Salado es un sitio importante para realizar actividades de educación ambiental y ecoturismo; desde el año 2011 se han venido realizando actividades de concientización acerca de la protección y conservación de los ecosistemas de humedal y todos sus componentes físicos químicos y abióticos.

Mitigación y adaptación al cambio climático

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas, indica que evidentemente el calentamiento global está ocurriendo y que este es debido a la presencia de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Las turberas, por ejemplo, son sumideros de carbono cuando estas son tratadas adecuadamente; pero cuando son extraídas y queman sin ningún control, contribuyen a la producción de carbono y por consiguiente gases de efecto invernadero. Como se mencionó en uno de los servicios

ecosistémicos anteriores, los humedales aminoran la fuerza de las tormentas estabilizando las costas y protegiendo a las poblaciones cercanas (Ramsar Convention Secretariat, 2014).

El estero El Salado funciona como un sumidero de carbono, al captar los gases que se generan en la ciudad de Puerto Vallarta y convertirlos en masa maderable, la cual se encuentra en protección, además de proporcionarle una humedad y una temperatura agradable a los habitantes colindantes al mismo, al ayudar en la disminución de la temperatura, generando un microclima dentro de la ciudad.

El ecosistema de manglar del Área Natural Protegida Estero El Salado, es de gran importancia para la ciudad de Puerto Vallarta, como un regulador del clima y como un cuerpo regulador de los pulsos de inundación generados por las tormentas, contribuyendo a la prevención y disminución de inundaciones. Sin duda la gran diversidad de microambientes que presenta condiciones adecuadas para el correcto desarrollo de 224 especies de flora, y que, a la vez, estos dan cobijo a más de 584 especies de fauna, lo establece como el ecosistema más importante dentro de la ciudad de Puerto Vallarta.

Por consiguiente, en la mayoría de los países las áreas aledañas a las costas constituyen zonas muy activas de desarrollo económico y social, siendo que los servicios ecosistémicos de las áreas costeras son muy amplios ya que representan una efectiva defensa natural que regula muchas alteraciones (ver la siguiente Tabla).

Tabla 35. Servicios ambientales producidos por los ecosistemas acuáticos costeros, ordenados según su valor.

ORDEN	SERVICIO ECOSISTÉMICO	FUNCIÓN ECOSISTÉMICA	EJEMPLOS
1	Ciclo de nutriente	Almacenamiento y procesamiento de nutrientes	Fijación de N, ciclo de nutrientes
2	Ciclo de nutriente	Remoción y rompimiento del exceso de nutrientes y contaminantes	Control de la contaminación, detoxificación
3	Regulación de las alteraciones	Amortiguación del impacto producido por alteraciones climáticas	Protección de tormentas, control de avenidas, recuperación de sequías
4	Recreación	Ninguno	Pesca deportiva, baño, etc.
5	Alimentación	Porción de PP extraíble como alimento	Acuicultura costera
6	Refugio	Hábitat, biodiversidad	Especies migratorias, crecimiento y reproducción
7	Cultural	Ninguno	Estético, artístico, espiritual, investigación
8	Control biológico	Dinámica trófica, biodiversidad	Predadores claves, control de pestes
9	Materiales de desecho	Porción de PP extraíble como material de desecho	Petróleo y madera combustible
10	Control de gases	Composición química de la atmósfera	CO ₂ , CO ₃ , SO _x

Consecuentemente, los servicios y productos ambientales que el medio natural ofrece a la comunidad humana del área de estudio, deben ser identificados y considerados como atributos ambientales de particular importancia, con el objeto de que, en primer término, se consideren los estudios, programas y acciones necesarios para que se siga contando con tales beneficios y, en segundo lugar, evitar caer en el frecuente error de no tenerlos en cuenta y con ello propiciar problemas ambientales.

X.4. Evaluación de impacto

Para establecer un nivel de impacto ambiental por la actividad ocurrida en forma adversa sobre los servicios ecosistémicos del estero, se presenta el análisis del componente Hidrológico, considerando que los demás componentes (aire, Geología, Suelo, Fauna, Flora, Paisaje y Socioeconómicos) no presentaron daño visible o valorable posterior al vertimiento.

Para ello, la valoración y la cuantificación de los impactos ambientales del vertimiento se basó en la metodología ajustada de **matriz de importancia cualitativa** propuesta por Vicente Conesa Fernandez-Vitora (1997), la cual a través de una matriz de interacción considerando solo un componente que es el vertimiento de aguas residuales sobre un cuerpo receptor, cuantifica y define el nivel de impacto.

Importancia del Impacto:

Ya se ha apuntado que la Importancia del Impacto, o sea, la importancia del efecto de una acción sobre un factor ambiental es la estimación del impacto en base al grado de manifestación cualitativa del efecto. No debe confundirse con la importancia del factor ambiental afectado.

La importancia del impacto viene representada por un número que se deduce mediante el modelo propuesto, en función al valor asignado a los símbolos considerados.

$$I = \pm [3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

En resumen, el modelo de la valoración de impactos de acuerdo a la Metodología ajustada de Conesa Fernández Vitora (1997) se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 36. Escala de importancia de Impactos Ambientales

IMPORTANCIA	
Irrelevantes	<13
Bajo	13 a 24
Moderado	25 a 50
Crítico	>50

Tabla 37. Valoración de Impactos Ambientales

Signo		Intensidad (i)	
Benéfico	+	Baja	1
		Media	2
Perjudicial	-	Alta	4
		Muy alta	8
Extensión (EX)		Momento (MO)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Mediano plazo	2
Extenso	4	Inmediato-corto plazo	4
Crítico	8	Crítico	+ 1 ò
Persistencia (PE)		Reversibilidad (RV)	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Mediano plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
Sinergia (SI)		Acumulación (AC)	
Sin sinergismo	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
Efecto (EF)		Periodicidad (PR)	
Indirecto	1	Irregular	1

Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
Recuperabilidad (MC)			
Recuperable Inmediato	1		
Recuperable	2		
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		

Criterios:

Los criterios del modelo de valoración del impacto de acuerdo con Conesa Fernández Vitora (1997) se muestran a continuación:

- **Carácter**

El signo del efecto o del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que actúan sobre los distintos factores ambientales (naturaleza del impacto). Se estudian principalmente los impactos perjudiciales para tratar de prevenirlos o mitigarlos.

- **Intensidad (i)**

Se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el componente ambiental (grado de destrucción).

La valoración está comprendida entre 1 y 12, donde 12 expresa una destrucción total del componente y 1 una afectación mínima (o bajo). Los valores comprendidos entre esos dos términos reflejarán situación intermedia: Media (valor 2), Alta (valor 4) y Muy Alta (valor 8).

- **Extensión (EX)**

Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad.

Si la acción produce un efecto muy localizado se considera que el impacto tiene un carácter puntual (valor 1). Si, por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno, teniendo una influencia generalizada, el impacto será total (valor 8), considerando las situaciones intermedias como impacto parcial (valor 2) y extenso (valor 4).

- **Momento (MO)**

Alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado. Cuando el tiempo transcurrido es nulo o inferior a 1 año, el momento será inmediato a corto plazo (valor 4), de 1 a 5 años, Medio Plazo (Valor 2) y más de 5 años, Largos Plazo (Valor 1). Si ocurriese alguna circunstancia que hiciera crítico el momento del impacto se le atribuye un valor de 1 a 4 unidades por encima de las especificadas.

- **Persistencia (PE)**

Tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medio naturales o mediante la introducción de medidas correctoras (grado de permanencias). Cuando la permanencia es menor de 1 año el efecto es fugaz (valor 1), si dura entre 1 a 10 años, Temporal (valor 2) y si es superior a 10 años, permanente (valor 4). La persistencia es independiente de la reversibilidad. Los efectos fugaces y temporales son siempre reversibles o recuperables. Los efectos permanentes pueden ser reversibles, recuperables, irreversibles o irrecuperables.

- Reversibilidad (RV)

Posibilidad de reconstrucción del factor afectado como consecuencia de la acción producida, o sea, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales por medios naturales, una vez que está acción deja de actuar sobre el medio.

Si es a corto plazo (valor 1), a medio plazo (valor 2) y si el efecto es irreversible (valor 4).

- Sinergia (SI)

La sinergia se refiere a la acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales. Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. El componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea.

Cuando una acción actuando sobre un factor no es sinérgica contra otra acción sobre el mismo factor el valor es 1, si presenta sinergismo moderado (valor 2) y si es altamente sinérgico (valor 4).

- Acumulación (AC)

Da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.

Cuando una acción no produce efectos acumulativos, el efecto se valora como 1 (simple), si es acumulativo el valor es 4.

- Efecto (EF)

Se evalúa a la relación causa-efecto, o sea la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de la acción.

El efecto puede ser: directo o primario siendo la recuperación de la acción una consecuencia directa de la misma (valor 4). Indirecto o secundario cuando su manifestación no es consecuencia directa de la acción, si no que tienen lugar a partir de un efecto secundario (valor 1).

- Periodicidad (PR)

Regularidad de la manifestación del efecto.

Puede ser de forma impredecible en el tiempo, efecto irregular o periódico y discontinua (valor 1); de manera cíclica o recurrente, efecto periódico (valor 2); o constante en el tiempo, efecto continuo (valor 4).

- Recuperabilidad (MC)

Posibilidad de reconstrucción (total o parcial) del factor afectado como consecuencia de la acción producida, o sea, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales por medio de la acción entrópica (aplicación de medidas correctoras).

Si es recuperable a corto plazo, (valor 1), recuperable a medio plazo (valor 2), si el efecto parcialmente recuperable se lo considera Mitigable (valor 4) y si es irrecuperable (valor 8).

Por lo anterior el factor hidrológico se evaluó de la siguiente manera: intensidad alta, de extensión parcial, momento inmediato, persistencia temporal, reversibilidad a corto plazo, sin sinergismo, acumulación simple, efecto directo, periodicidad irregular y recuperabilidad inmediata. Por lo anterior, el impacto se clasificó como moderado al obtener una ponderación absoluta de 38.

X.5. Contexto urbano

El estero El Salado se considera un Estero Urbano, debido a que se encuentra rodeado por la mancha urbana de la ciudad; el conjunto parque-ciudad, mediante sus interacciones ejercen influencias entre sí, pues al afectar un componente del sistema, se perjudican inmediatamente otros o todos los componentes que lo integran. El estero El Salado, es de los principales reguladores de los compuestos bióticos de Bahía de Banderas y un irremplazable pulmón verde de la ciudad de Puerto Vallarta. Sin embargo, el rápido e intenso desarrollo de Puerto Vallarta y Bahía de Banderas durante las últimas cinco décadas, fue creando la necesidad de realizar acciones de infraestructura y urbanización para satisfacer las crecientes demandas turísticas y comerciales. A partir de la construcción de la carretera Tepic-Puerto Vallarta, del aeropuerto internacional y de la dársena del puerto, se aceleró el proceso de urbanización de la zona norte, propiciando el deterioro de importantes zonas, como la desembocadura del río Ameca y el Pitillal, y el estero El Salado (Chavoya et Rodríguez, 2018); mismo deterioro que hoy día continua.

Las franjas costeras son en general un mosaico complejo e interactivo de ecosistemas compuestos y además son receptoras de material, agua dulce, sólidos disueltos, partículas y recursos vivos provenientes de los continentes. Actualmente, este humedal se ha visto afectado por la presión a la que está siendo sometido constantemente. Al encontrarse dentro de la mancha urbana de Puerto Vallarta, Jalisco, a través de los años ha originado su deterioro por contaminación con hidrocarburos y desechos sólidos, actividades pecuarias, contaminación doméstica, lixiviados de relleno sanitario y pérdida de la cobertura vegetal de manglar. Siendo que de acuerdo con el Plan Operativo Estero Anual El Salado 2018 (POA), se identificaron los siguientes problemas a tres escalas espaciales:

Tabla 38. Problemas identificados a tres escalas espaciales

ESCALA	PROBLEMAS
<p>Sistemas estuario en Bahía de Banderas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fragmentación del sistema • Aumento en la distancia de los fragmentos • Disminución de la cobertura vegetal y diversidad de hábitat • Pérdida de conectividad biológica y corredores faunísticos • Rellenos de vasos reguladores y afluentes • Cambios de uso de suelo • Modificación de componentes ambientales
<p>Microcuenca</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Geomorfología <ul style="list-style-type: none"> ○ Proliferación de bancos de material • Suelo <ul style="list-style-type: none"> ○ Eliminación de la cubierta vegetal • Hidrología <ul style="list-style-type: none"> ○ Desvió de escurrimientos ○ Eliminación y/o relleno de vasos bioreguladores ○ Contaminación por vertimientos de aguas domésticas ○ Contaminación por lavado de suelo de establos • Vegetación <ul style="list-style-type: none"> ○ Cambios de uso de suelo • Actividades extractivas <ul style="list-style-type: none"> ○ Desarrollo urbano acelerado y desordenado ○ Actividades agrícolas y pecuarias ○ Contaminación doméstica ○ Erosión hídrica

Área Natural Protegida

- Afectación histórica de hábitat
- Contaminación por hidrocarburos y sólidos
- Pérdida de biodiversidad
- Desconocimiento del ecosistema
 - De sus componentes
 - Flora y fauna
 - De su función
 - Biológico-Ecológico
 - Hidrológico
 - De su potencial
 - Servicios ambientales

Los parques urbanos son un conjunto de recursos renovables limitados que requieren una atención sistemática y especializada a fin de garantizar su desarrollo sustentable. Como se muestra en la tabla anterior, la interdependencia ecológica de los ecosistemas estuarios con sistemas externos, obliga a ampliar el panorama de enfoque y atender los aspectos externos a distintos niveles y escalas; analizando un marco de referencia más amplio. Por ello, a continuación, se analizan y desarrollan algunas de las problemáticas que el contexto urbano a originado el deterioro del estero El Salado.

Zonas de influencia

De manera general, en los alrededores del polígono de expropiación del estero, las principales áreas de influencia están constituidas por dos clasificaciones de características particulares: las áreas habitacionales y las correspondientes a equipamiento e instalaciones especiales.

Al primer grupo, pertenecen las siguientes:

- En la zona norte, las colonias Guadalupe Victoria, una extensa zona habitacional que se desarrolla entre la prolongación del Blvd. Francisco Medina Ascencio y la Av. las Flores. La colonia Aeropuerto (3.7 ha), de menores dimensiones pero que se ubica dentro del polígono de expropiación y la colonia Villa de las Flores, otra extensa zona habitacional popular, que ocupa el ángulo en que se entronca la Av. de las Flores con el Blvd. Media Ascencio.
- En la zona sur, la colonia Educación, zona habitacional delimitada al norte por la futura Av. Mangle y que es cruzada por la Av. Politécnico Nacional, así como el conjunto habitacional denominado Villas del Mar, que su alta densidad representa un núcleo de población considerable.
- Al poniente, las colonias Alegres II, que se extiende al oriente del cruce de las avenidas Politécnico Nacional y México y Las Mojoneras, asentamiento de mayor antigüedad en el extremo nororiental.

El segundo grupo se compone de los siguientes elementos principales:

- En primer lugar, el Aeropuerto Internacional de Puerto Vallarta, rodeado por la prolongación del Blvd. Francisco Medina Ascencio y la Central Camionera ubicada entre las avenidas Las Palmas y Palma Real. En un sitio próximo a esta última, se encuentran las instalaciones de la Cervecería Modelo, establecimiento industrial de importancia y en el entronque de las avenidas De las Flores y México-Las Mojoneras, la planta de tratamiento de agua potable.
- Al norte de la Av. de las Flores, colindando con la colonia Guadalupe Victoria, se encuentran los depósitos de combustible que dan servicio al aeropuerto.
- En la zona sur, sobre la Av. Politécnico Nacional, está ubicada la subestación Muelle de la C.F.E., que abastece de electricidad esta zona de la ciudad. La línea de conducción de electricidad cruza el polígono desde el oriente hacia el sur y cuenta con varias torres de soporte que se asientan sobre el borde del ANP y el área de amortiguamiento sur, obligando a respetar una franja de servidumbre de aproximadamente 1,800 metros.

- Al poniente del estero, cruzando el Blvd. Medina Ascencio, se encuentra la zona turística y habitacional de lujo, denominada Marina Vallarta, desarrollo que ocupa el área entre el estero propiamente dicho y la línea de costa.

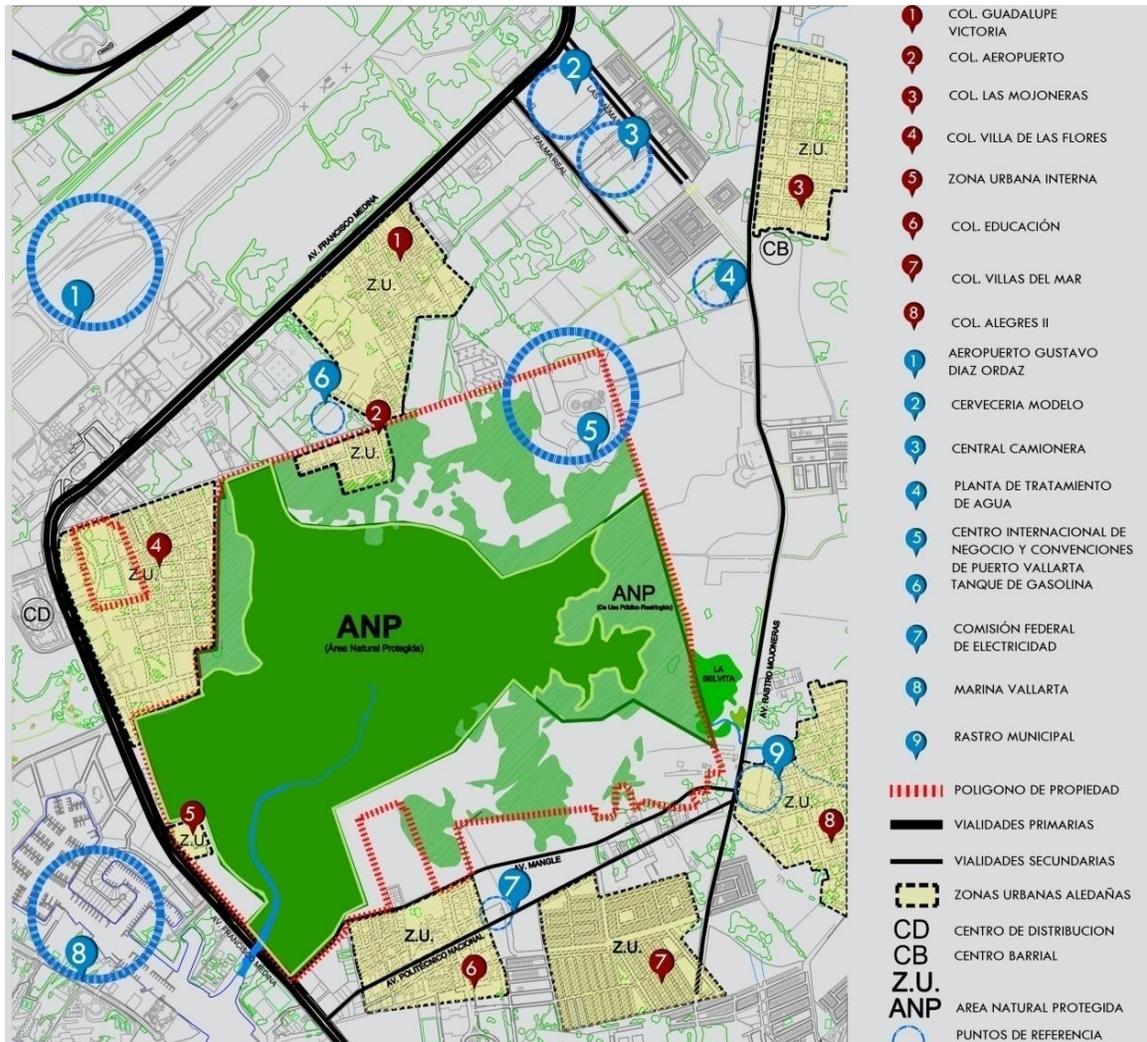


Ilustración 75. Áreas de influencia colindantes al ANP El Salado

Yendo a lo particular, de acuerdo con el "Atlas de riesgo de la microcuenca del estero El Salado" dentro de los límites de la hidrología de arroyos y escurrimientos que desembocan en la Microcuenca del Estero el Salado, se encuentran alrededor de 72 establecimientos que representan un riesgo de contaminación y para la vida acuática y terrestre que habitan en la misma. Estos pueden ser ocasionados por acciones consientes o inconscientes humanas o por causas naturales. Entre los principales establecimientos de riesgo se encuentran:

- Chatarreras
- Establecimientos que manejan cemento
- Depósitos de autos
- Distribuidoras de diésel
- Gasolineras
- Granjas avícolas
- Granjas ganaderas
- Ladrillera

- Llantera
- Residuos peligrosos de la CFE
- Servicios LTH
- Servicios de mofles y radiadores
- Servicios de frenos y clutch
- Instalaciones de ASA
- Talleres de lanchas
- Talleres mecánicos
- Tiraderos clandestinos de basura
- Planta de tratamiento de aguas residuales
- Rastro municipal
- Antiguo basurero El Magisterio

Estos establecimientos se encuentran ubicados a lo largo y ancho de toda la cuenca hidrológica de arroyos y escurrimientos que cubren el área de la Microcuenca del Estero el Salado.

Tabla 39. Establecimientos presentes en la microcuenca del estero El Salado y tipo de material que manejan.

Establecimientos de riesgo	Tipo de desecho contaminante
Antiguo basurero	Lixiviados
Chatarreras	Metales pesados
Cementeras	Polvos de cemento
Depósitos de autos	Metales pesados, aceites con cadmio, plomo, compuestos de cloro, zinc, fosforo y azufre, así como combustibles.
Distribuidora de diésel	Diesel
Granjas avícolas	Excremento avícola
Granjas ganaderas	Excremento vacuno
Gasolineras	Gasolina y diésel
Gasolinera náutica	Diesel marino
Instalaciones de ASA	Turbosina y gas avión
Ladrilleras	Arcilla
Planta de tratamiento de agua residuales	Coliformes totales y fecales
Rastro municipal	Desechos animales
Residuos peligrosos de la CFE	Aceites de transformador con bifenilos policlorados.
Servicios de LTH	Aceites con plomo y ácido sulfúrico.
Servicios de mofles y radiadores	Aceites con cadmio, plomo, compuestos de cloro, zinc, fosforo, azufre.
Servicios de frenos y clutch	Aceites con cadmio, plomo, compuestos de cloro, zinc, fosforo, azufre.
Tiraderos clandestinos de basura	Residuos sólidos
Talleres mecánicos	Aceites con cadmio, plomo, compuestos de cloro, zinc, fosforo y azufre, así como combustibles.
Talleres de lanchas	Aceites con cadmio, plomo, compuestos de cloro, zinc, fosforo y azufre, así como combustibles, resina y fibras de vidrio.

Tabla 40. Especificación del estado de la materia en el que se encuentran los agentes contaminantes de los distintos establecimientos.

Contaminantes Sólidos	Contaminantes Líquidos
Residuos Sólidos	Lixiviados
Metales Pesados	Aceites con Cadmio
Polvo de Cemento	Aceites con Plomo
Excremento avícola	Aceites compuestos por cloro, zinc, fosforo y azufre.
Excremento vacuno	Gasolina
Arcilla	Diesel Marino
	Diesel
	Turbosina
	Gasavión
	Coliformes fecales y totales
	Desechos e animales del rastro mpal.
	Aceites con BifenilosPoliclorados
	Aceites con plomo y acido sulfúrico

La influencia de las zonas aledañas, presenta un rol crítico en la preservación del estero El Salado. La mayoría de las áreas habitacionales que colindan con la zona de interés son de alta densidad, siendo que las zonas de equipamiento e instalaciones especiales representan riesgos latentes, motivo por el cual la correcta regulación de estas zonas debería ser del orden prioritario, ya que acabará por acentuarse la escasez de un bien público limitado como es el estero El Salado. Adicionalmente, gran parte de este contexto urbano carece de una morfología arquitectónica clara siendo que las diversas influencias y mala regulación han ocasionado la carencia en la calidad de las propuestas y por ende del deterioro de la imagen urbana de la zona, directamente vinculada con el área del estero. Es por ello, que en los planes de ordenamiento territorial es importante distinguir las diferencias entre franjas costeras (interfase entre tierra y mar), borde costero (zona adyacente a la franja costera) y áreas o zonas costeras (superficie terrestre ocupable para establecer asentamientos humanos e industrias, de ancho variable, a lo largo de las costas).

Modificación del hábitat

El estero ha sufrido importantes modificaciones en los últimos 40 años debido a la presión que ejerce la zona urbana y turística de Puerto Vallarta, una de las modificaciones mayores sucedió en los años ochenta cuando alrededor del 50% de la cobertura original de manglar que se tenía hasta 1958 fue desmontada para construir "Marina Vallarta" y cerca de 25.00 ha fueron utilizadas como terrenos de cultivo, lo que representó fragmentar un sistema estuario que durante siglos había dado soporte biótico a la bahía.

El éxito económico fue incuestionable y como parte de este proyecto a finales de los años ochenta, la segunda etapa conocida como Marina II sobre lo que quedó del estero El Salado, impulsó a civiles independientes y grupos ambientalistas a desarrollar distintas acciones a favor de la protección del estero. Este movimiento impidió la implementación del proyecto y a partir de ahí se genera una especie de competencia entre intereses económicos, socioambientales y políticos, presentándose diferentes propuestas. Son diversas las condicionantes y distintas las fuerzas que han provocado que El Salado se haya convertido en una bandera de protección a la naturaleza en la región de la Costa norte de Jalisco.

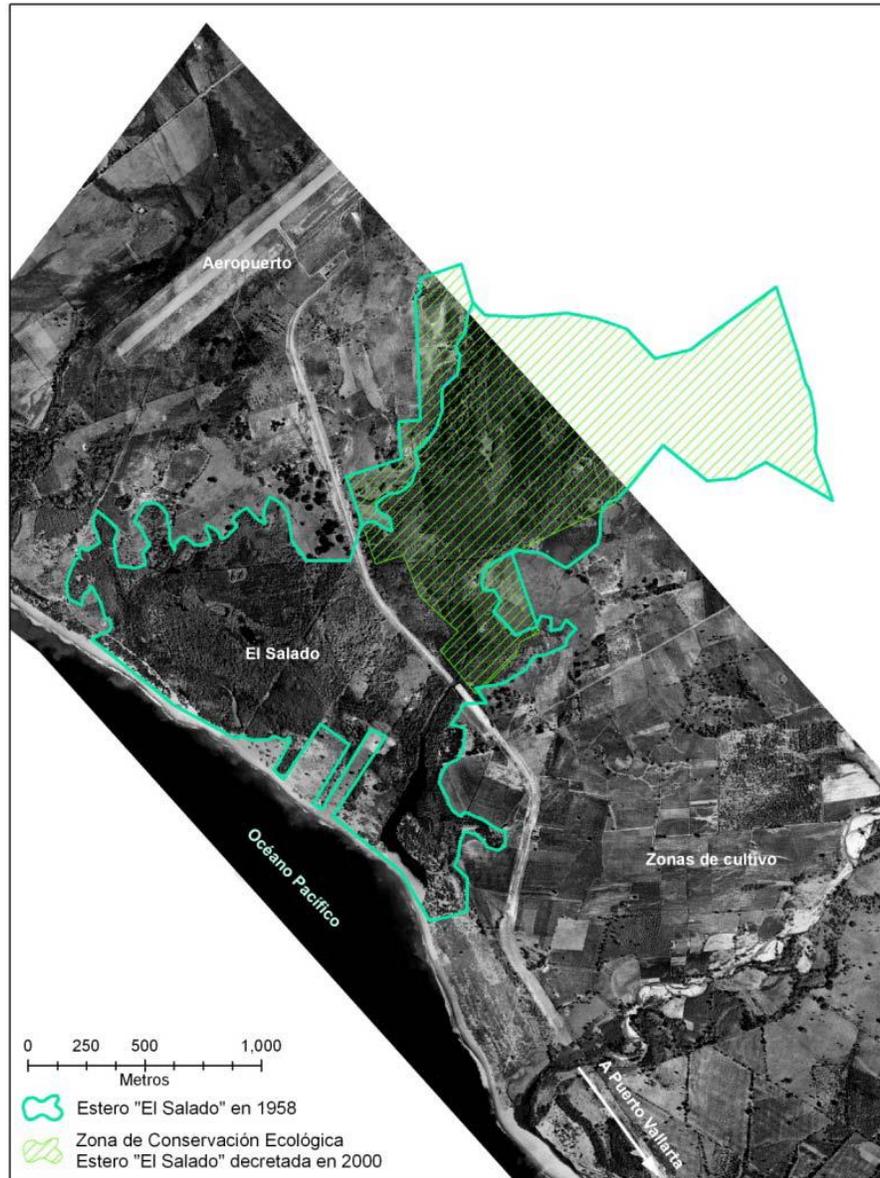


Ilustración 76. Imagen área que se considera la superficie original del estero para el año 1958.

Fuente: Elaboración propia Instituto de Información Territorial.

Originalmente, el estero se conectaba al océano a través del sistema denominado “Barra”, que consiste en un estero principalmente de agua dulce - salobre que forma una barra de arena hacia el océano en época de estiaje y rompe la barra en época de lluvias a través de un canal de aproximadamente 20 metros de anchura, 3 metros de profundidad y 2 kilómetros de largo, que fue modificado durante los años sesenta para la conformación de la dársena portuaria y la marina. Otro cambio significativo, producto de las obras mencionadas anteriormente, fue la pérdida de la boca del estero, la cual se modificó en su totalidad al dragarla dejando solo un canal sujeto al proceso de mareas diurnas todo el año, de aproximadamente 70 metros que se conecta con la dársena portuaria. Por otro lado, en la línea de costa se modificaron al menos 2 km de frente de playa que correspondían al frente del estero y que ahora es parte de la marina y zona hotelera. A continuación, se muestran imágenes de 1966 donde se muestra el área del estero original, incluyendo su conexión al océano, así como una comparativa del desarrollo urbano entre 1966 y el 2019.



Ilustración 77. Fotografías de lo que se consideraba el área del estero en 1966.

Actualmente el estero se encuentra totalmente circulado por infraestructura urbana (Ilustración 79. Estero "El Salado" en el año 2012. - Ilustración 81. Ubicación de la zona de estudio en la mancha urbana y aislamiento de zonas silvestres), lo que hace aún más difícil su conservación.

Evaluación ambiental y caracterización de posible afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada de la ruptura del colector centro norte en su línea de impulsión de 48"



Ilustración 78. Comparación de la boca del estero 1966 - 2019

Evaluación ambiental y caracterización de posible afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada de la ruptura del colector centro norte en su línea de impulsión de 48"



Ilustración 79. Estero "El Salado" en el año 2012.

Fuente: Elaboración propia Instituto de Información Territorial, con base en la Imagen de Satélite Spot 2012.

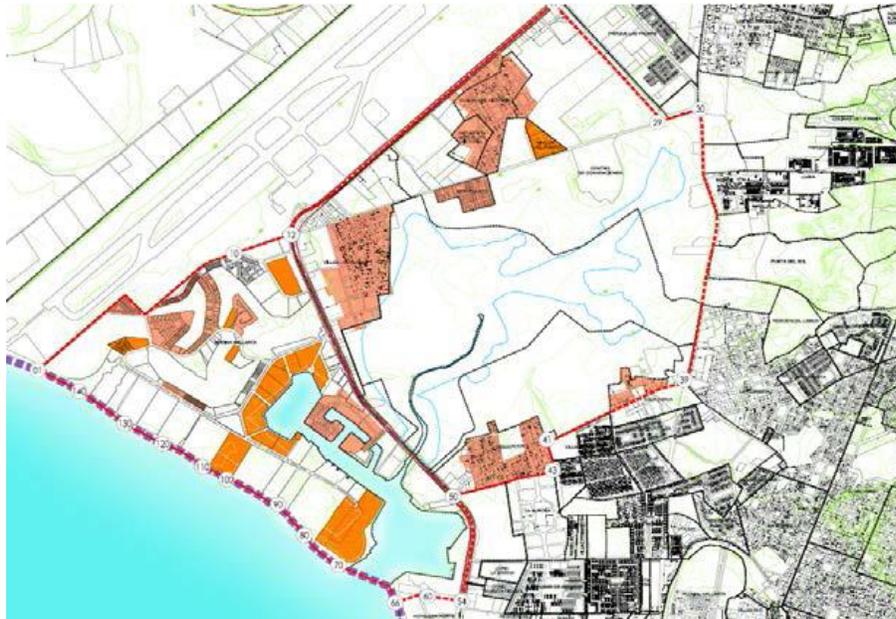


Ilustración 80. Viviendas circundantes al Estero El Salado

Son distintas las condicionantes y las fuerzas que han provocado que “El Salado” se haya convertido en una bandera de protección a la naturaleza en la región de la costa norte de Jalisco. En la Ilustración anterior se muestra el área del estero que fue modificada, el área decretada y como se modificó la boca del estero, siendo claramente observable el aislamiento del sistema, por lo que actualmente los máximos aportes acuíferos se obtienen durante la época de lluvias (junio a noviembre), principalmente por escorrentía y los flujos de los arroyos "Contentillo" y "Agua Zarca”.

Fragmentación

Como se mencionó con anterioridad, para 1958, el estero ya se había fragmentado al pasar sobre este importante cuerpo de agua, el ahora Boulevard Medina Ascencio – Carretera Pto Vallarta /GDL, la cual solo llegaba a lo que ahora es el Aeropuerto Internacional Gustavo Díaz Ordaz, misma que en ese entonces era una pista regular de aterrizaje –terracería-, donde prestaba sus servicios Transportes Aéreos de Jalisco. La carretera no inicio su construcción hasta 1958 y termino en los años 70's.

En la actualidad, una de las mayores problemáticas que enfrenta el Estero el Salado es el crecimiento de la mancha urbana que en este momento lo tiene totalmente rodeado y constreñido, además del aprovechamiento de recursos por parte de la población, tales como extracción de leña y colecta de Cajos (*Cardisoma crassum*) para consumo y para la venta, esta condición de encontrarse dentro de la mancha urbana también produce un efecto barrera y fragmentación del hábitat, impidiendo el tránsito de algunos organismos entre el estero y zonas silvestres aledañas, esta situación, además de impedir el flujo genético ocasiona desequilibrio en la población de algunas especies al interferir en el control biológico, observándose una abundante población de mapaches que por su condición de carnívoros podría afectar otras especies, como anfibios y crustáceos por mencionar algunas.



Ilustración 81. Ubicación de la zona de estudio en la mancha urbana y aislamiento de zonas silvestres

Modificación de la hidrología

A través del tiempo ha sido modificada la hidrología superficial, por ejemplo, rectificando el cauce natural de la corriente principal y de otros cauces, en algunos casos modificando su trayectoria o haciéndolo más ancho.



2003



2018

Ingreso de la Corriente Principal



2003



2018

Ingreso de corriente por la calle Politécnico Nacional al sur del polígono

Ilustración 82. Ingreso de la Corriente Principal

Durante los recorridos se observó que se construyeron una serie de canales de mampostería, de paredes totalmente verticales para el control de inundaciones, tanto de los vasos reguladores internos como para evitar la inundación del centro de conversiones, esto además de alterar el ciclo natural del agua superficial, provoca el efecto barrera dentro del área de estudio, dificultando el tránsito de pequeños mamíferos y crustáceos entre otros.



Ilustración 83. Canales de mampostería para el control de inundaciones

Asentamientos humanos irregulares

Aproximadamente hasta el año 2005 se encontraba dentro del área de estudio la colonia Demetrio Vallejo, este asentamiento humano irregular que fue desalojado.



Ilustración 84. Ubicación de la Colonia Demetrio Vallejo dentro del área de estudio

En la zona hay múltiples indicios de la anterior presencia de una colonia, principalmente de escombros y basura, la presencia humana provoco el cambio de uso de suelo con la apertura de áreas para la agricultura, algunas de estas permanecen hasta el día de hoy como pastizales.



Poste de concreto para electrificación



Retrete y tubería de PVC que encausaba las aguas negras al estero



Areas desmontada para agricultura actualmente ocupada por pastizal



Basura y escombros comunes en la zona de antiguos asentamientos irregulares

Ilustración 85. Indicios de la presencia de antiguos asentamientos irregulares

Lixiviados

La Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 y la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos en su artículo 5 fracción XVI, definen a los lixiviados como el *“líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos”*; siendo que las aguas de lluvia que atraviesan las capas de basura aumentan su volumen en una porción mucho mayor, por ello es importante interceptarlas y desviarlas para evitar el incremento de lixiviado; de lo contrario podría haber problemas en la operación del relleno, contaminación en las corrientes, nacimientos de agua y pozos vecinos (M., 2013).

Las características fisicoquímicas y biológicas de los lixiviados generados en un relleno sanitario son específicas para cada sitio, ya que dependen de la composición de los desechos depositados y de las condiciones reinantes en el, como clima, temperatura, contenido de humedad, edad del relleno, régimen de precipitación pluvial, tipo de cobertura y densidad de la masa de vertido; resaltando que su caracterización varía incluso en la estación seca y en la estación de lluvia. En la siguiente tabla se resumen las principales características de los lixiviados jóvenes y viejos en un relleno sanitario.

Tabla 41. Comparación de características típicas de los lixiviados de rellenos sanitarios (Giraldo, 1997)

Característica	Lixiviado Joven	Lixiviado Viejo
DBO	Muy alto	Bajo
DQO	Muy alto	Alto
Amoniaco	Muy alto	Alto
Fósforo	Usualmente deficiente	Suficiente
pH	Muy bajos	Bajo
Detergentes	Muy altos	Bajos
Sales disueltas	Muy altas	Bajas (relativamente)
Agentes incrustantes (Fe, Ca, Mg)	Muy altos	Bajos
Metales Pesados	Muy altos	Bajos

Como se puede observar por las características de la tabla anterior el tipo de problema del tratamiento que se enfrenta con un lixiviado joven y uno viejo es muy diferente. No obstante, los lixiviados de los rellenos sanitarios de los países en desarrollo presentan concentraciones mucho mayores de DBO, amoníaco, metales y sustancias precipitables que aquellos países desarrollados; las diferencias se originan principalmente en los altos contenidos de materia orgánica fácilmente biodegradable (MOFBD) que produce a su vez altas concentraciones de ácidos grasos volátiles y de amoníaco. A su vez, estos ácidos se diluyen fácilmente en el lixiviado del relleno sanitario, le bajan el pH y contribuyen a la solubilización de los metales presentes en los residuos dispuestos en el relleno. Sin embargo, son numerosos los estudios que demuestran la pérdida del recurso agua (superficial o subterránea), ya sea para consumo humano, recreación o mantenimiento y preservación de flora y fauna acuática a causa de los lixiviados que se generan en los vertederos; La recuperación de este bien acarrea grandes inversiones, considerando que un vertedero puede continuar produciendo lixiviado hasta 50 años después de su clausura y cese de actividades (Kurniawan et al., 2005).

De acuerdo con Martha Ruth del Toro Gaytán, titular de la SEMADES en el 2007, el ex vertedero a cielo abierto "El Magisterio", localizado entre las coordenadas 20°40'33.68"N de latitud y 105°12'44.01"O de longitud (el cual se encuentra a aproximadamente 1,500 metros lineales del estero El Salado), por los años 80 era una gran cañada, una barranca que tenía por lo menos de 20 a 30 metros de profundidad, siendo que para el 2007 dicha barranca no solamente fue cubierta a la superficie natural, sino que por encima tenía una altura que llega a los 30 metros, calculándose que el número de residuos que se depositó en este lugar asciendo a los dos millones 830 mil toneladas acumuladas de desperdicios de todo tipo (incluyendo residuos peligrosos), sobrepasando su vida útil.

Siendo que el 5 de agosto de 2004 se inició la acta de investigación 129/2004/III por parte de la Comisión Estatal de Derechos Humanos Jalisco (CEDHJ), derivada de la publicación de la nota periodística titulada: "El basurero de Vallarta es 'una bomba de tiempo'", publicada en el diario El Informador, cuyo contenido daba cuenta de las condiciones en las cuales venía operando el basurero municipal de Puerto Vallarta sin ningún control sobre el lixiviado y biogás que se produce por la descomposición de la basura, lo cual generaba un riesgo para la salud y la seguridad de los vecinos del lugar, y particularmente los escurrimientos de lixiviado contaminaban el ANP y ZCE estero El Salado.

No obstante, ya se contaba con antecedentes de dichos sucesos, puesto que el 6 de septiembre de 2001 el Fideicomiso Estero El Salado (FIDEES) mediante el oficio ZCEES-PV-005-04, se presentó ante el Departamento de Ecología Municipal la denuncia en materia ambiental correspondiente a las descargas de lixiviados contaminantes provenientes del basurero municipal Magisterio, hacia el estero por las escorrentías que bajan, por un costado del camino que conduce a la colonia Mojoneras, a través de la micro cuenca. Así mismo, el 15 de julio de 2002, el FIDEES solicitó al Sistema Operador de Agua Potable y Alcantarillado de Puerto Vallarta, el apoyo para analizar muestras de agua de 6 puntos del Estero El Salado, provenientes de áreas en las que se

encontraba el ex basurero municipal El Magisterio, que se consideraron indicadores para detectar entrada y presencia de contaminantes. Los resultados observados de estos análisis a partir de enero de 2003 al 2004, mostraron que existe contaminación por coliformes fecales, sobre todo en época de lluvias, oscilando entre los meses de junio, julio, agosto y septiembre, rebasando en varias ocasiones límites de más de 2,000 UFC (Unidades Formadoras de Colonias), por cada 100 mililitros de agua; dichos resultados fueron notificados a la Comisión Nacional del Agua (CNA), por lo que se solicitó que giraran instrucciones para determinar las fuentes de contaminación y se actuara legalmente contra quien resultara responsable.

Posteriormente, mediante oficio sin número del 6 de septiembre de 2004, el director en rigor del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, manifestó que de acuerdo a las características topográficas y de relieve de la subcuenca hidrológica en la que se encuentra el ANP estero El Salado (ANPES), se identificaron, fuera del ANPES, dos escurrimientos de agua provenientes del basurero municipal y que de acuerdo a observaciones directas, aparentemente llevaban lixiviados de basura doméstica contaminantes. La referida podría haber llegado al ANPES, ya sea por vía superficial o a través de escurrimientos subterráneos. Para identificar la presencia de contaminantes por lixiviado del basurero municipal, la dirección del ANP realizó muestreos de calidad del agua y de calidad de sedimentos, con respecto a dos ciclos anuales a partir de agosto 2002, además de un proyecto, en coordinación con la Universidad de Guadalajara, para identificar también malformaciones y parasitosis en peces. Los resultados indicaron contaminación intermitente en los escurrimientos, principalmente por presencia de bacterias coliformes fecales en rangos que se encontraban fuera de la Norma Oficial Mexicana. Presumiendo que una parte de esta contaminación provenía de aguas residuales de tipo doméstico de viviendas asentadas en la parte alta de la subcuenca hidrológica, otra parte probablemente de la marina de Puerto Vallarta y otra parte del basurero municipal. Ante dichos resultados, a finales de 2003, la FIDEES contrato a un laboratorio certificado y se realizaron análisis de calidad de sedimentos en la boca del estero y se encontró que de acuerdo a esos resultados, no existían ni metales pesados, que son característicos en el lixiviado de basureros, ni sustancias agroquímicas fuera de los límites máximos permisibles por la normatividad, siendo que en el proyecto de peces no se encontraron malformaciones ni parasitosis en peces, encontrándose hasta el momento 17 diferentes especies de peces en buen estado de salud. **Por lo que se determino de acuerdo a integrantes del consejo científico, que para determinar científicamente si el lixiviado del basurero municipal estaba llegando al ANPES, sería necesario realizar estudios hidrológicos y de los mantos freáticos para rastrear los contaminantes en el subsuelo. Tales estudios son costosos y de mediano y largo plazo.**

Todo lo anterior llevó a que el 07 de enero de 2005 la SEMADES, mediante el oficio DCCA-026/0105/0118/2005 estableciera la necesidad de la construcción de cárcamos para la captación de lixiviado, canales de conducción de los mismos hacia una fosa construida con todas las medidas de seguridad para evitar infiltraciones al subsuelo, así como canales pluviales, remoción, bandeado y compactación de los residuos sólidos diarios y construcción, adecuación y afinación de los taludes e instalación de pozos para la extracción de biogás. De igual manera, el 11 de julio de 2005, la misma secretaría mediante el oficio DGVN-0015/DG-3443/1988/05 hizo mención que en la última verificación al vertedero realizada personal técnico de la SEMADES, se comprobó que continuaba la infiltración de los lixiviados al subsuelo, situación que se repitió de acuerdo con la acta de inspección del 19 de julio de 2005 donde se consignó que el lixiviado bombeado era vertido a un canal de aguas pluviales que bajaba a la misma colonia Magisterio y predios colindantes pasando por casas aledañas al canal y que el lixiviado era depositado en una fosa que se ubicaba en la parte norte, se extraía por medio de una zanja y eran vertidos en los predios colindantes, lo cual generaba contaminación directa; así mismo, en el mismo reporte se establecía que se observó una zanja para tubería de PVC para la conducción del lixiviado vertido en los terrenos colindantes y arroyos en el lado sur, con ello contaminando arroyos, mantos freáticos y zonas urbanas, con daños previsible para la salud pública.

Siendo que en el 2007, de acuerdo con el informe de resultados del monitoreo que se hizo a los escurrimientos que llegan al estero El Salado, y del mismo canal del estero, practicados por el laboratorio del Sistema de Servicios de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Puerto Vallarta, se estableció nuevamente que la gran mayoría de los parámetros excedían la NOM-001-Semarnat-1996, que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Así mismo, de acuerdo con la prueba documental pública consistente en acta circunstanciada suscrita por personal de la CEDHJ el 27 de marzo de 2008, al hacer una inspección ocular al basurero conocido como El Magisterio, de cuyo contenido se rescata: *“se aprecia la existencia de un canal de lixiviados, pudiendo apreciar fugas en distintos puntos, pero las fugas no alcanzan a salir de la propiedad en esta temporada que no llueve. Asimismo, se tuvo a la vista tres fosas para la captura de lixiviados, las cuales no están impermeabilizadas debido a la ausencia en su interior del material plástico denominado geomembrana”. Al carecer de geomembrana tanto las fosas como el canal de lixiviado, aunado a la existencia de escorrentías que fueron documentadas, la filtración de éstos al subsuelo y las fugas de lixiviado que en tiempos de lluvia llegan hasta el estero El Salado, contaminan el entorno ecológico y afectan la vida de seres humanos, mamíferos, aves, peces y reptiles entre otros*”. En dicha inspección también se hizo mención que el canal perimetral de lixiviados y sus fosas resultarían insuficientes en época de lluvias, pues en su momento ya se registraban fugas y los escurrimientos podrían llegar como en otros años a salir del vertedero y desembocar a una cañada cercana que los conduce al estero El Salado.

Finalmente, la SEMADES anuncio que el 29 de mayo del 2009 que se daría paso a la clausura total del basurero El Magisterio. No obstante, previo al evento de cierre la titular de la SEMADES, Martha Ruth del Toro Gaytán dijo que el cierre no era el fin sino el inicio en el cumplimiento de toda una serie de normas ambientales, antes de que fuera abandonado.

Los hechos descritos con anterioridad sirven de evidencia ante las múltiples ocasiones en que fue reportado el vertimiento de lixiviados, así como su filtración al subsuelo. Aunque no se encontró la presencia de metales pesados, característicos de lixiviados, se ha manifestado a lo largo de años la necesidad de necesario realizar estudios hidrológicos y de los mantos freáticos para rastrear los contaminantes en el subsuelo. Lo anterior, también resalta el alto valor e importancia de la obtención de estudios ya realizados como es el de bioacumulación de metales pesado en carne de crustáceos realizado por la Universidad Autónoma de México (UNAM), para así determinar su presencia en el ecosistema del ANP El Salado.

Para la elaboración de la presente evaluación a fecha de Julio 2019, se realizó una visita al ex vertedero El Magisterio. A diez años de su clausura, en la zona inferior del montículo de desechos, se pudo observar la presencia de lixiviados en lo que algún momento supuso ser una fosa, misma que al sobrepasar su capacidad drena hacia un canal que tiene como destino final el estero El Salado; en esta zona no se observó evidencia de algún monitoreo ni verificación en el cumplimiento de toda una serie de normas ambientales.

Así mismo, en la zona se encontraron bastantes residuos sólidos no compactados y no hubo ninguna malla perimetral que delimitara el acceso, siendo que esta fosa se encuentra a escasos 82 metros de viviendas.

Evaluación ambiental y caracterización de posible afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada de la ruptura del colector centro norte en su línea de impulsión de 48"

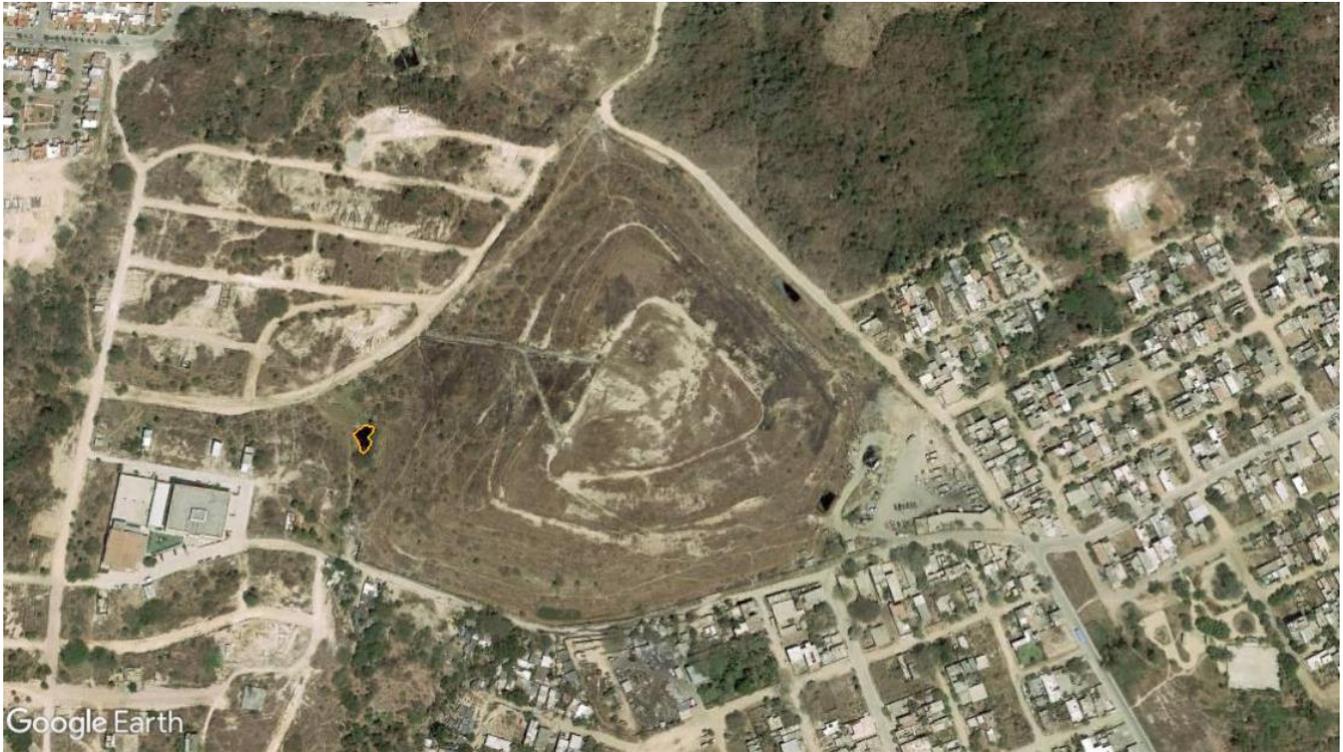


Ilustración 86. Imagen aérea de la localización de la fosa de lixiviados (2019).



Ilustración 87. Fosa de lixiviados en ex vertedero El Magisterio.



Ilustración 88. Fosa de lixiviados en ex vertedero El Magisterio.



Ilustración 89. Residuos sólidos presentes en el ex vertedero El Magisterio.

Los vertederos localizados cerca de cursos de agua tienen una mayor probabilidad de liberar sus contaminantes químicos en ellas; siendo el principal efecto potencial de un lixiviado liberado en aguas superficiales la depleción del oxígeno en partes de la superficie de los cuerpos de agua, cambios en la flora y la fauna en el fondo de los riachuelos y toxicidad por amoníaco. Eventualmente, los contaminantes transportados a través de los lixiviados se dispersan en el agua de los arroyos, pero una parte puede también ser adsorbidos por los sedimentos. La contaminación por patógenos microbiológicos ha sido observado en el análisis de lixiviados. Otros problemas relacionados con la presencia de los lixiviados en las aguas, los parámetros químicos afectados y el efecto que causan se observan en el siguiente cuadro:

Tabla 42. Problemas producidos por la presencia de lixiviados en las aguas, parámetros afectados y efectos que causan.

PROBLEMAS	PARÁMETROS AFECTADOS	EFFECTO PRODUCIDO
Condiciones sépticas	DBO	Agotamiento del oxígeno
Problemas de olor y gusto	Hierro	Coloración de herrumbre
Coloración de herrumbre	Alteración pH	Incremento de toxicidad
Elevado contenido de sólidos disueltos		Precipitación de metales
Aspecto desagradable	Nitrógeno	Incremento de toxicidad
Presencia de floculados		Aumento de algas
Toxicidad para los seres vivos		Eutrofización
Moteado en los dientes	Metales	Incremento de toxicidad (nocivos e incluso cancerígenos)
Obstrucción de acuíferos	Materia orgánica	Incremento de toxicidad
Problemas para uso doméstico y riego	Sólidos totales	Atenuación, obstrucción de acuíferos
Inutilidad para usos recreativos	Calcio	Incremento en la dureza
	Magnesio	Incremento en la dureza
	Fosforo	Aumento de algas
	Fluoruro	Toxicidad
	Amonio	Ambiente reductor
	Selenio	Toxicidad

Adicionalmente a los efectos producidos, se debe tener en cuenta que algunos compuestos presentes en los lixiviados de los vertederos como el cloruro de vinilo, cloruro de metilo, tetracloruro de carbono, clorobenceno y arsénico son sustancias cancerígenas, al igual que el resto de sustancias organocloradas, las cuales son persistentes y bioacumulativas en todos los eslabones de la cadena trófica. El plomo, cadmio y el mercurio son metales pesados presentes en los lixiviados de los vertederos provenientes de baterías de coches (en el caso del plomo), aparatos electrónicos, cerámica, pigmentos, pilas, plásticos, etc., siendo que en el basurero El Magisterio de igual manera se depositaban residuos peligrosos, por lo que estos lixiviados afectan tanto al ambiente como a las poblaciones humanas.

Hidrocarburos

La turbosina es una mezcla de hidrocarburos parafínicos y aromáticos, que se obtienen del petróleo y se utiliza como combustible en motores de aviación a turbina (ASA, 2012). La exposición extrema a esta sustancia deprime el sistema nervioso central; los efectos pueden incluir somnolencia, anestesia, coma, paro respiratorio y arritmia cardíaca.

Como se hizo mención con anterioridad, dentro de los establecimientos que se encuentran ubicados en las inmediaciones del estero El Salado, se encuentran las instalaciones especiales (IE) de Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), que de acuerdo con el Plan Parcial de Desarrollo Urbano Subdistrito Urbano 58 "Estero El Salado" esta área de restricción de IE corresponde a los tanques de almacenamiento de turbosina en las instalaciones ASA con una superficie aproximada de 8.28 Ha, ubicándose a 200 metros lineales aproximadamente del estero El Salado.



Ilustración 90. Imagen aérea de la localización de los tanques de almacenamiento de turbosina en las Instalaciones ASA.

El 22 de octubre de 2012 tuvo lugar un vertimiento de turbosina cuando personal adscrito a la terminar aérea llevaba a cabo obras de mantenimiento y conducción de tuberías y rompió un tramo ya inhabilitado más no purgado. De acuerdo con el reporte de Greenpeace, nncMx y Primero Noticias, Cadena Televisa, conductor Carlos Loret De Mola, la contingencia represento un alto grado en el riesgo de combustión y se condujo a través de un canal de aguas pluviales que conduce al estero El Salado, en tanto que la mayor concentración de hidrocarburo se concentró en la parcela de un particular. No fue posible determinar la cantidad de hidrocarburo derramado, pero sí se pudo estimar que el hidrocarburo se propagó a una distancia de 700 metros. Este hecho llevó a que el gobierno municipal de Puerto Vallarta a través de la Dirección General de Ecología Municipal y Ordenamiento Territorial interpusiera una denuncia ante la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). Sin embargo, de acuerdo con la hoja de datos de seguridad de substancias según PEMEX, no hay información disponible oficial que determine la ecotoxicidad de turbosina en organismos acuáticos y terrestres.

Tabla 43. Ecotoxicidad de turbosina

Ecotoxicidad

:

Organismos	Aguda	Crónica
Acuáticos	: No disponible	: No disponible
Terrestres	: No disponible	: No disponible

No obstante, de acuerdo con las imágenes que se proporcionan a continuación se puede observar como la contingencia generó severos daños a la flora.

Evaluación ambiental y caracterización de posible afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada de la ruptura del colector centro norte en su línea de impulsión de 48"

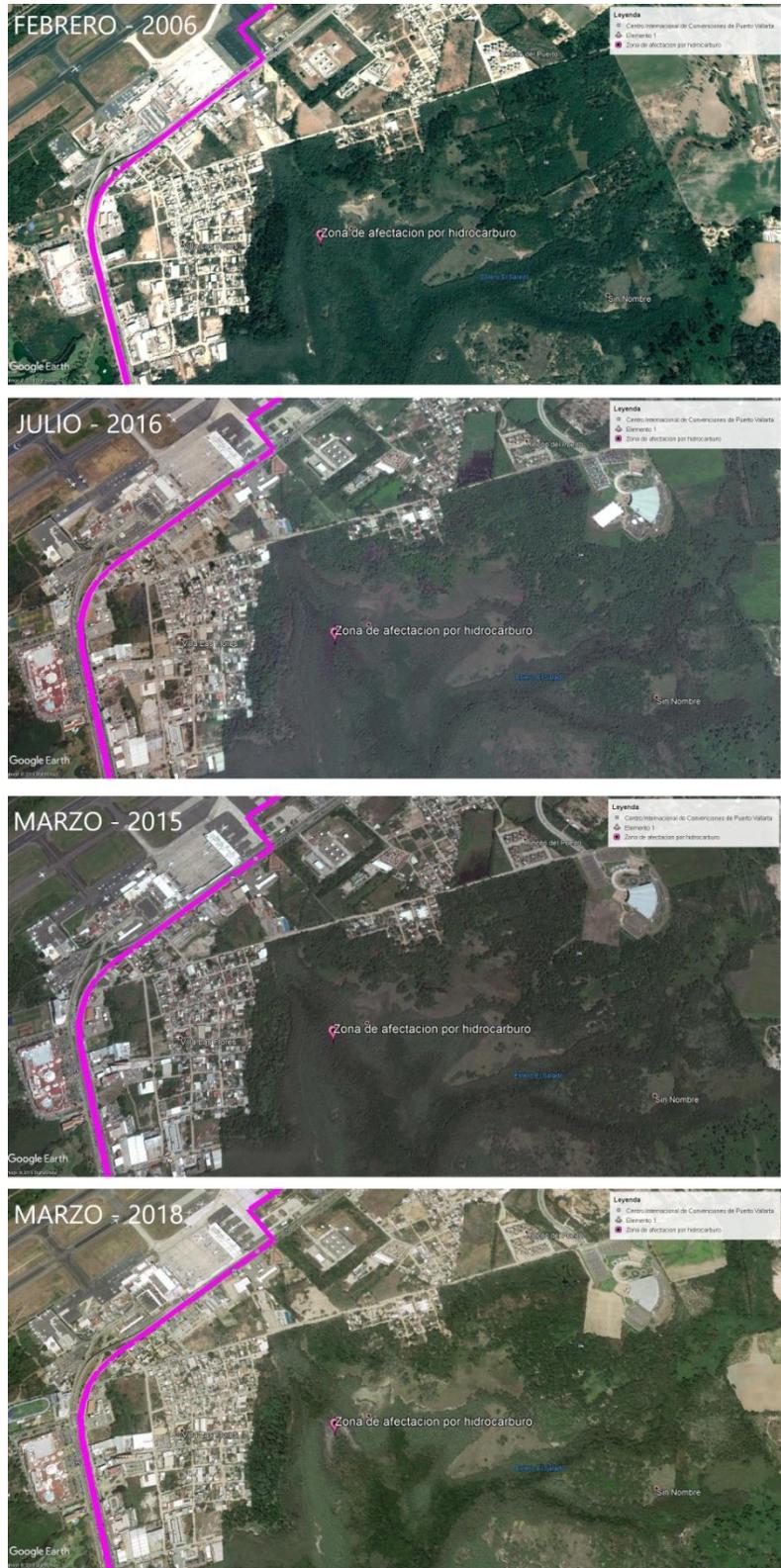


Ilustración 91. Evolución cronológica debido al vertimiento de turbosina en octubre del 2012.

Evaluación ambiental y caracterización de posible afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada de la ruptura del colector centro norte en su línea de impulsión de 48"



Ilustración 92. Afectación a la flora debido al vertimiento de turbosina en octubre del 2012.



Ilustración 93. Fotografías del día de la contingencia de turbosina

(Fuente: nncMX)

De acuerdo con Avilés (2018), desde hace 40 años que ASA, tiene bajo su responsabilidad el almacenaje, distribución y venta de este combustible en prácticamente todas las terminales aéreas del país, 62 aeropuertos de toda la República en los cuales se suministran cada día 13.8 millones de litros, para lo cual este organismo

tiene una amplia red de almacenes. No obstante, el 84% de este insumo se concentra en 10 estaciones de combustible siendo una de ellas Puerto Vallarta. Los derrames de hidrocarburos generan un impacto ambiental sobre los seres vivos y el ecosistema en general, lo que ha desencadenado en impacto negativo en las características físicas, químicas, biológicas del aire, tierra y el agua, afectando la vida de las comunidades.

La cercanía de las IE de almacenaje de turbosina al estero El Salado, debería establecer zonas de contención de al menos el 5% de la capacidad de las tuberías y zonas de almacenamiento, evitando así que en futuros accidentes el hidrocarburo sea canalizado nuevamente dentro del ANP. Así mismo, de acuerdo con el "*Atlas de riesgo de la microcuenca del estero El Salado*" se establece que en contingencias como estas algunas de las medidas de acción es la construcción de diques más adelante del derrame líquido y posteriormente absorber con tierra seca, arena y otro material absorbente no combustible y transferirlo a contenedores. La aplicación de medidas como estas ayudaría a minimizar el impacto ambiental sobre el ecosistema.

Fuentes agrícolas

De acuerdo al diagnóstico del Plan de Manejo El Salado, 1999, la contaminación agropecuaria fue considerada como el cuarto problema ambiental del estero El Salado, ya que como se hizo mención durante la década de los ochenta, alrededor del 50% de la cobertura original de manglar fue desmontada para construir "Marina Vallarta" y cerca de 25 has fueron utilizadas como terrenos de cultivo, esta área es considerada como "Zona de Restauración" donde se reforesta con plantas de mangle para incrementar la disponibilidad de hábitat de especies acuáticas y terrestres. No obstante, la contaminación por la actividad agropecuaria a lo largo de toda la nanocuenca, continúa siendo hoy día un problema ambiental puesto que el uso agrícola representa el 4.04% (142.82 has).

Aunque la disminución de la cobertura vegetal es la mayor amenaza presente en el estero, las tierras inundables han sido usadas como terrenos agrícolas, para la extracción de madera y leñas, además del pastoreo. Ambos ecosistemas, agrarios y naturales, intercambian materias y organismos intentando de este modo crear un equilibrio a través de una interrelación entre uno y otro, por lo tanto, las actuaciones que soporte uno de los ecosistemas y los cambios que sucedan en el mismo terminará afectando en mayor o menor grado al segundo; siendo que mayoritariamente las consecuencias negativas se ejercen sobre los ecosistemas naturales.

La actividad agropecuaria es una fuente de contaminación en crecimiento por la descarga de contaminantes agrícolas y sedimentos a aguas superficiales y subterráneas por efecto de la escorrentía que erosiona y causa pérdidas del suelo, siendo responsable de la introducción de fertilizantes (nutrientes), pesticidas y sedimentos a las aguas costeras a través de los ríos y esteros.

Tabla 44. Actividades agrícolas e impactos en la contaminación.

ACTIVIDAD AGRÍCOLA	IMPACTOS EN LAS AGUAS SUPERFICIALES
Labranza / arado	Sedimentación /turbidez: los sedimentos transportan fósforos y pesticidas absorbidos a las partículas de sedimentos, alteración de cauces y lechos, pérdida de hábitats, etc.
Fertilización	La escorrentía que transporta nutrientes, especialmente de fósforo, lleva a la eutrofización y causan olores y sabores en los sitios de captación de agua para consumo humano. Los excesos en el crecimiento de las algas llevan a una reducción del oxígeno disuelto en el agua y la mortandad de peces.
Esparcimiento de abonos	Llevado a cabo como una actividad de fertilización, en suelos poco permeables resulta en altos niveles de contaminación de las aguas receptoras con metales, nitrógeno y fósforo y microorganismos patógenos. Inducen la eutrofización.
Pesticidas	La escorrentía con pesticidas resulta en contaminación de las aguas superficiales y de la biota, disfunción de los sistemas ecológicos por pérdida de los grandes predadores por daños en la presa y en la velocidad de crecimiento, impactos en la salud pública por el consumo de organismos acuáticos contaminados, los pesticidas pueden ser transportados como aerosoles a distancias mayores de 1000 km. de los sitios de aplicación.

Pérdida de piensos y alimentos / corrales de animales	Contaminación de las aguas superficiales con organismos patógenos (virus y bacterias), creación de problemas crónicos de salud humana, también contaminación con metales contenidos en la orina y heces fecales de los animales de granja.
Riego y drenaje	Escorrentía con sales lleva a una salinización de las aguas superficiales, aporte de pesticidas y fertilizantes y elementos químicos, bioacumulación en especies acuáticas vulnerables. Niveles altos de trazas de elementos como el selenio, pueden originar serias alteraciones ecológicas y de salud humana.
Limpieza / desmonte	La erosión del suelo lleva los niveles de turbidez en las aguas superficiales, pérdida de fondo de cauces y lechos, pérdida de hábitat, disfunción y cambios en el régimen hidrológico (a menudo con pérdida de cauces de agua menores), problemas de salud humana y pérdida de fuentes de agua para consumo humano.

Escorrentías naturales hidrológicas

El Estero El Salado, como se ha mencionado, se encuentra dentro de un contexto urbanizado; siendo que, de acuerdo con el Plan Parcial de Desarrollo Urbano del municipio de Puerto Vallarta, el estero se encuentra dentro del Subdistrito Urbano 5-B, contándose numerosos escurrimientos que desembocan en el estero El Salado, mismos que provienen de la recolección pluvial del valle, como consecuencia de un cambio de relieve y permeabilidad. No obstante, las actividades sub-urbanas, se unen a las actividades que se desarrollan de manera general en los fraccionamientos habitacionales colindantes del área de estudio para provocar entre otros daños al medio ambiente: falta de ordenamiento de la cuenca; construcción desordenada, obstaculización de cauces naturales, rellenos de vasos biorreguladores, cambios de uso de suelo, erosión del suelo, contaminación de escurrimientos superficiales por descargas domésticas, por basura doméstica ya sea directamente en los escurrimientos o por arrastre desde las vialidades, contaminación de escurrimientos por lixiviados, sedimentación, azolves en afluentes y descargas sin tratamiento sobre escurrimientos y canales pluviales con destino en el estero y finalmente al mar y playas: dando como resultado un registro histórico de parámetros por encima de los criterios y LMP como se muestra en el Capítulo VIII. Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, Análisis histórico 2013-2017 del monitoreo realizado por SEAPAL.

Según la definición dada por el Grupo GESAMP, y adoptada por la comunidad internacional en la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (Art.1.4), por *“contaminación del medio marino se entiende la introducción por el hombre, directa o indirectamente, de sustancias o de energía en el medio marino incluidos los estuarios, que produzca o pueda producir efectos nocivos tales como daños a los recursos vivos y a la vida marina...”* (Naciones Unidas, 1984). Este concepto de contaminación puede ser reformulado al hecho de que la precipitación no limpia la contaminación, sino que redistribuye un alto contenido de contaminantes que arrastra el agua pluvial hacia el estero y el mar, aumentando las variadas fuentes puntuales y no puntuales que contribuyen con la contaminación y los contaminantes que son transportados. A continuación, se muestran las escorrentías que tienen como destino el estero.

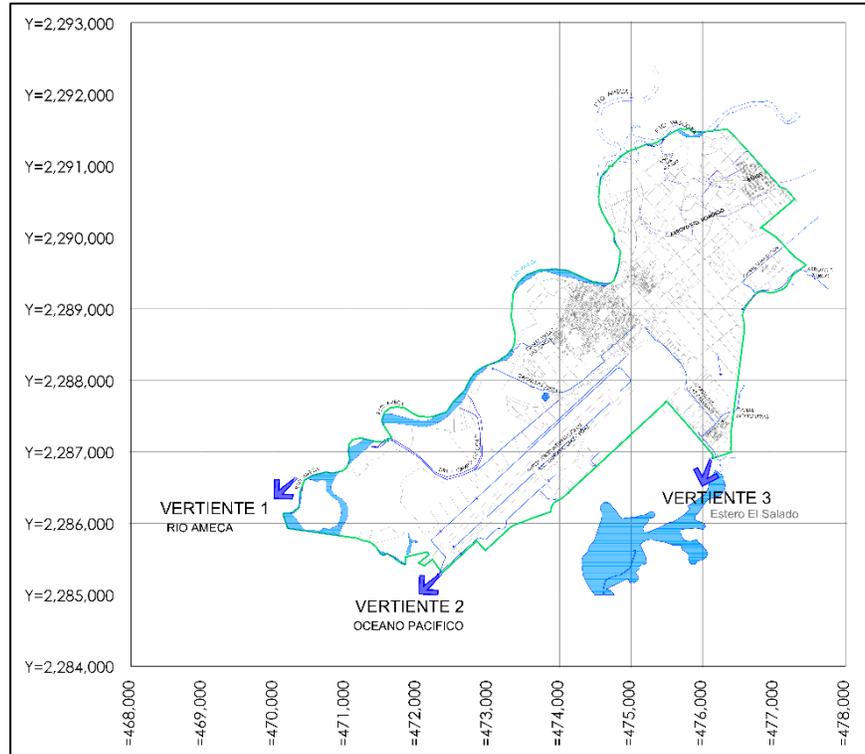


Ilustración 95. Vertientes de salidas de escurrimientos, cuerpos de agua del Distrito 1

Como se hizo mención con anterioridad, la fuga de aguas negras del Colector Centro-Norte fue de manera superficial, iniciando por la calle las Palmas de la colonia Parque Las Palmas; el vertimiento por gravedad llegó al canal de aguas superficiales "San Carlos" que colinda con la calle Palma Areka para continuar colindante a la calle Palma Real, este canal se comunica directamente con el ANP Estero El Salado, canales y drenes pertenecientes a esta vertiente. A continuación, se describen cada una de las vertientes mencionadas del Distrito 1 que drenan hacia El Estero El Salado, así como su tabla de gasto.

Arroyo el Zarco Este escurrimiento de tipo intermitente está indicado en la carta del INEGI de Puerto Vallarta Jalisco. En todo su trayecto las condiciones del canal son de terreno natural, así como vegetación densa teniendo ancho variable. Los cruces vehiculares que atraviesan el arroyo el Zarco y que sirven para el paso de los habitantes de las colonias colindantes, disminuyen el área hidráulica existente del cauce, ocasionando que los taludes del arroyo se socaven y que el mismo paso sea dañado estructuralmente por la gran cantidad de agua que este aporta.

Este canal se une con el Arroyo el Tamarindo atravesando propiedades privadas y provocando áreas de inundación ya que no se tiene un cauce propiamente definido para desalojar sus aguas superficiales de una forma adecuada y dirigir estas al estero del salado que es su punto final de descarga.



Ilustración 96. Canal Tamarindos y arroyo Zarco.

Tabla 45. Tabla de gasto de diseño de la cuenca arroyo Zarco

CUENCA ARROYO ZARCO								
GASTOS m ³ /s								
METODOS HIDROLOGICOS	PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)							
	2	5	10	20	25	50	100	500
DONALD M. GREY	32.83	47.16	58.58	86.23	92.16	104.83	141.00	166.34
HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR DEL U.S.B.R.	20.59	37.79	47.24	71.00	77.18	94.97	123.62	162.48
VEN TE CHOW	5.89	8.46	10.50	15.46	16.52	18.79	22.51	27.69
GASTO ADOPTADO	20.59	37.79	47.24	71.00	77.18	94.97	123.62	162.48

GASTOS m ³ /s								
METODOS EMPIRICOS	PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)							
	2	5	10	20	25	50	100	500
CRITERIO DE MC MATH	30.70	39.79	46.85	63.61	67.17	74.72	87.03	132.48
RACIONAL	56.26	72.93	85.87	116.58	123.10	136.96	159.50	242.82

GASTO DE DISEÑO m ³ /s								
GASTO ADOPTADO	PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)							
	2	5	10	20	25	50	100	500
HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR DEL U.S.B.R.	20.59	37.79	47.24	71.00	77.18	94.97	123.62	162.48

Canal Tamarindos. Este escurrimiento no es natural, se construyó para ayudar a drenar las zonas urbanas de la Delegación de Ixtapa se conformó en terrenos bajos por lo que la pendiente del canal es mínima. Este canal a partir del límite del Distrito Urbano 1, hacia aguas arriba, está conformado por un canal de tipo trapezoidal revestido de concreto con un ancho promedio de 10 metros de ancho de la corona.

En la parte media y colindando con el Centro Universitario de la Costa, el canal deja de ser revestido, por lo que cada temporada de lluvias o un evento extraordinario, existe un problema de inundación debido a que no existe una salida (aguas abajo) definida.

Evaluación ambiental y caracterización de posible afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada de la ruptura del colector centro norte en su línea de impulsión de 48"



Ilustración 97. Canal tamarindo no revestido a partir del Centro Universitario de la Costa.

Tabla 46. Tabla de gasto de diseño del canal Tamarindos

CANAL TAMARINDOS								
GASTOS m ³ /s								
METODOS HIDROLOGICOS	PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)							
	2	5	10	20	25	50	100	500
DONALD M. GREY	20.31	30.22	38.24	57.91	62.16	71.27	96.83	115.41
HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR DEL U.S.B.R.	10.99	21.72	27.79	43.38	47.49	59.40	78.79	105.36
VEN TE CHOW	3.70	5.50	6.96	10.55	11.32	12.98	15.70	19.52
GASTO ADOPTADO	10.99	21.72	27.79	43.38	47.49	59.40	78.79	105.36

GASTOS m ³ /s								
METODOS EMPIRICOS	PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)							
	2	5	10	20	25	50	100	500
CRITERIO DE MC MATH	17.31	22.43	26.41	35.86	37.87	42.13	49.06	74.69
RACIONAL	25.01	32.42	38.17	51.82	54.72	60.88	70.90	107.94

GASTO DE DISEÑO m ³ /s								
GASTO ADOPTADO	PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)							
	2	5	10	20	25	50	100	500
HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR DEL U.S.B.R.	10.99	21.72	27.79	43.38	47.49	59.40	78.79	105.36

Canal mojoneras Este escurrimiento de tipo intermitente está indicado en la carta del INEGI de Puerto Vallarta Jalisco sus escurrimientos inician desde la colonia campo verde, siguiendo su cauce paralelo a la Av. Guadalajara conformado por un canal de concreto de 2.5 m de ancho para posteriormente pasar entre la colonia mojoneras por un canal rectangular de concreto y descargar, continuando por el canal de Palma Areka donde su sección cambia a tipo trapezoidal de 10 m de ancho aproximadamente para llegar a su destino final que es el estero del salado.

Tabla 47. Tabla de gasto de diseño del canal Mojoneras

CANAL MOJONERAS								
GASTOS m ³ /s								
METODOS HIDROLOGICOS	PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)							
	2	5	10	20	25	50	100	500
DONALD M. GREY	12.60	21.55	29.29	49.44	53.95	63.74	90.00	111.58
HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR DEL U.S.B.R.	3.92	11.24	15.92	29.07	32.73	43.69	62.36	89.10
VEN TE CHOW	2.41	4.12	5.59	9.44	10.30	12.17	15.31	19.79
GASTO ADOPTADO	3.92	11.24	15.92	29.07	32.73	43.69	62.36	89.10

GASTOS m ³ /s								
METODOS EMPIRICOS	PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)							
	2	5	10	20	25	50	100	500
CRITERIO DE MC MATH	1283.41	1663.50	1958.73	2659.36	2808.09	3124.16	3638.45	5539.03
RACIONAL	1900.53	2463.38	2900.58	3938.09	4158.35	4626.39	5387.97	8202.43

GASTO DE DISEÑO m ³ /s								
GASTO ADOPTADO	PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)							
	2	5	10	20	25	50	100	500
HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR DEL U.S.B.R.	3.92	11.24	15.92	29.07	32.73	43.69	62.36	89.10

Canal Palma Areka Este canal sirve como transición y capta escurrimientos procedentes del Canal Tamarindos, Arroyo el Zarco, Canal Mojoneras, así como un colector pluvial que capta el agua del fraccionamiento denominado "Hacienda San Javier" ubicado entre la Av. Francisco Medina Ascencio y Calle Camino a las Mojoneras. Este canal está conformado en forma trapezoidal de concreto con un ancho de 10 metros aproximadamente y una pendiente mínima. Cabe mencionar que al momento de conectar los drenes y a su gran volumen o gasto de descarga, la capacidad hidráulica existente no es suficiente y por lo tanto existirá un gran riesgo de inundación en el área.



Ilustración 98. Canal Palma Areka

Canal Av. Las Palmas Este dren no natural es creado por la urbanización del área, sin embargo, en él, drenan aguas pluviales captadas tanto de la carretera 200 a Ixtapa, así como de las instalaciones de la empresa Home Depot estas ubicadas aguas arriba.



Ilustración 99. Canal Av. Las Palmas

El área de aporte de los colindantes hacia el dren es mínima, por lo que la dimensión del canal es suficiente para drenar el volumen de agua. Este canal se incorpora al canal de Palma Areka siguiendo su trayectoria y drenar al estero el salado.

Tabla 48. Tabla de gasto de diseño Canal Av. Palma Real

CANAL AV. PALMA REAL								
GASTOS m ³ /s								
METODOS HIDROLOGICOS	PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)							
	2	5	10	20	25	50	100	500
DONALD M. GREY	2.89	4.03	4.94	7.10	7.57	8.55	13.48	15.78
HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR DEL U.S.B.R.	2.28	3.88	4.73	6.83	7.37	8.91	11.36	14.66
VEN TE CHOW	0.67	0.93	1.14	1.64	1.75	1.97	2.35	2.86
GASTO ADOPTADO	2.28	3.88	4.73	6.83	7.37	8.91	11.36	14.66

GASTOS m ³ /s								
METODOS EMPIRICOS	PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)							
	2	5	10	20	25	50	100	500
CRITERIO DE MC MATH	1.92	2.49	2.93	3.98	4.21	4.68	5.45	8.30
RACIONAL	2.62	3.39	3.99	5.42	5.73	6.37	7.42	11.29

GASTO DE DISEÑO m ³ /s								
GASTO ADOPTADO	PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)							
	2	5	10	20	25	50	100	500
HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR DEL U.S.B.R.	2.28	3.88	4.73	6.83	7.37	8.91	11.36	14.66

Canal Palma Real. No es de forma natural es una alternativa para ayudar a desalojar las aguas pluviales del área, sin embargo, la capacidad hidráulica de dicho canal *no es suficiente* ya que se le han agregado otras aportaciones provenientes de la avenida que va al centro de convenciones.



Ilustración 100. Canal Palma Real

Tabla 49. Tabla de gasto de diseño Canal Palma Real

CANAL PALMA REAL								
GASTOS m ³ /s								
METODOS HIDROLOGICOS	PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)							
	2	5	10	20	25	50	100	500
DONALD M. GREY	2.89	4.03	4.94	7.10	7.57	8.55	13.48	15.78
HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR DEL U.S.B.R.	2.28	3.88	4.73	6.83	7.37	8.91	11.36	14.66
VEN TE CHOW	0.67	0.93	1.14	1.64	1.75	1.97	2.35	2.86
GASTO ADOPTADO	2.28	3.88	4.73	6.83	7.37	8.91	11.36	14.66

GASTOS m ³ /s								
METODOS EMPIRICOS	PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)							
	2	5	10	20	25	50	100	500
CRITERIO DE MC MATH	1.92	2.49	2.93	3.98	4.21	4.68	5.45	8.30
RACIONAL	2.62	3.39	3.99	5.42	5.73	6.37	7.42	11.29

GASTO DE DISEÑO m ³ /s								
GASTO ADOPTADO	PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)							
	2	5	10	20	25	50	100	500
HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR DEL U.S.B.R.	2.28	3.88	4.73	6.83	7.370683385	8.909236628	11.361508	14.6573331

A continuación, se muestra a manera de resumen la tabla de gasto de salida cada uno de los canales y arroyos del Distrito 1 que drenan en El Estero El Salado, así como un resumen de las características, condiciones y consideraciones de cada uno de estos.

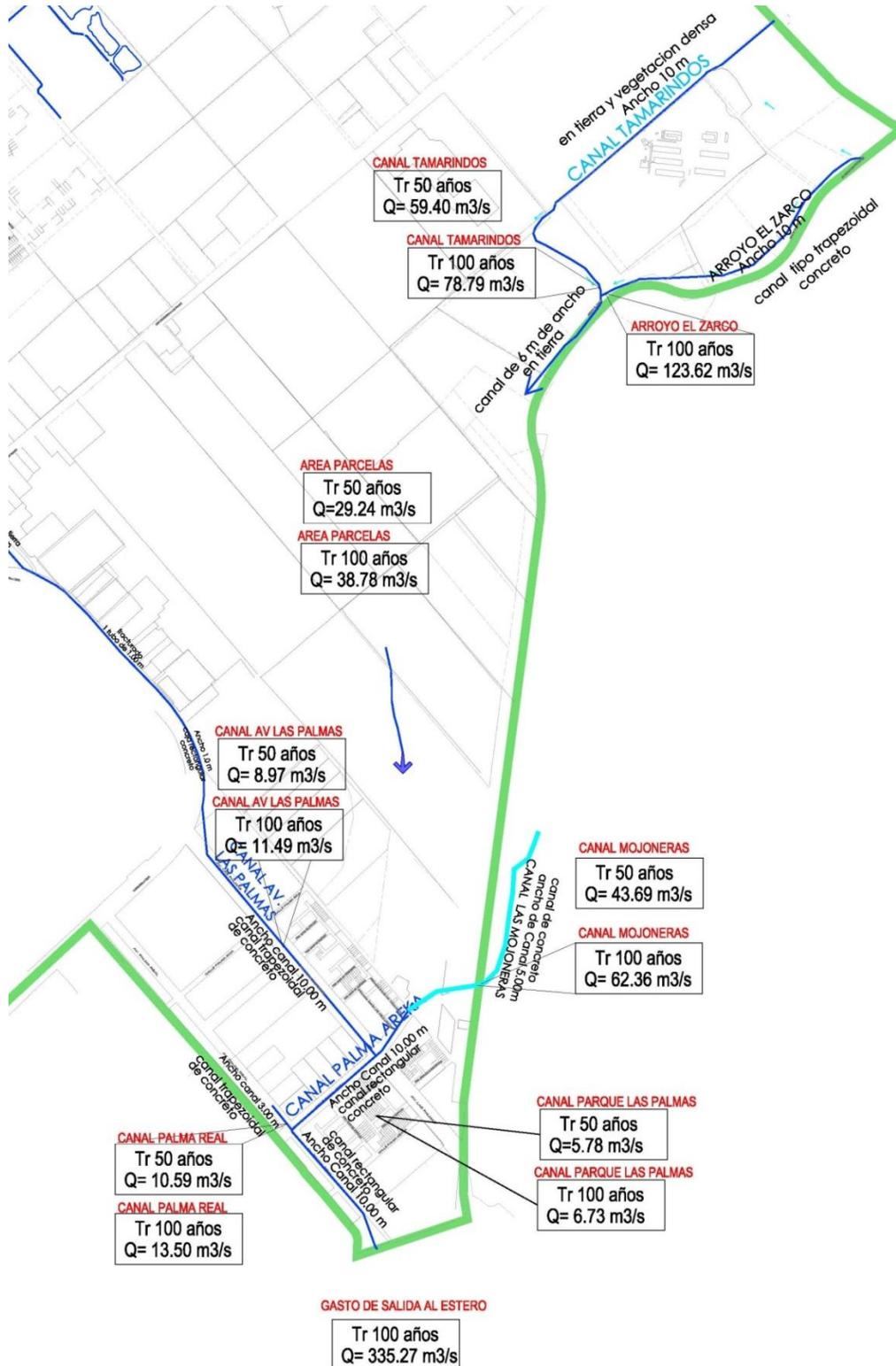


Ilustración 101. Gasto de salida al estero de los canales y arroyos Distrito 1

Evaluación ambiental y caracterización de afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada del colapso del colector centro norte.

Tabla 50. Características de los escurrimientos de la vertiente 3 del Distrito 1

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESCURRIMIENTOS EN LA VERTIENTE 3						
CUENCAS	TIPO DE FLUJO	CONDICIONES ACTUALES	SECCION HIDRAULICA EXISTENTE	MATERIAL	ANCHO DE SECCION EXISTENTE	CONSIDERAR
ARROYO EL ZARCO	INTERMITENTE	LA MAYOR PARTE AGUAS ARRIBA DE LA AV. AGAPITO MEDINA NO TIENE SECCION DEFINIDA Y MUCHA VEGETACION EN EL CAUCE. AGUAS ABAJO TIENE SECCION CONSOLIDADA CON APROXIMADAMENTE 600 METROS	TRAPEZOIDAL	CONCRETO	10 METROS	1.- RECUPERAR ZONAS FEDERALES EN LOS MARGENES DEL RIO 2.- MANTENER EL AREA HIDRAULICA EXISTENTE COMO MINIMO. 3.- NO ENCOFRAR PARA FACIL LIMPIEZA. 4.-LIMPIEZA CONTINUA ANTES Y DESPUES DE EVENTOS CLIMATOLOGICOS
CANAL AV. LAS PALMAS	INTERMITENTE	CANAL CONSOLIDADO Y EXISTENCIA DE VEGETACION / BASURA EN EL CANAL	TRAPEZOIDAL	CONCRETO	8 METROS	1.- NO ENCOFRAR PARA FACIL LIMPIEZA. 2.-LIMPIEZA CONTINUA ANTES Y DESPUES DE EVENTOS CLIMATOLOGICOS. 3.- CRECER LAS AREAS DE LOS LAVADEROS PLUVIALES DEL CANAL PARA MAYOR DESALOJO PLUVIAL DE LAS VIALIDADES.
CANAL MOJONERAS	INTERMITENTE	CANAL CONSOLIDADO Y EXISTENCIA DE VEGETACION / BASURA EN EL CANAL	RECTANGULAR	CONCRETO	6 METROS	1.- NO ENCOFRAR PARA FACIL LIMPIEZA. 2.-LIMPIEZA CONTINUA ANTES Y DESPUES DE EVENTOS CLIMATOLOGICOS
CANAL PALMA REAL	INTERMITENTE	CANAL CONSOLIDADO Y EXISTENCIA DE VEGETACION / BASURA EN EL CANAL	TRAPEZOIDAL	CONCRETO	1.30 METROS	1.-LIMPIEZA CONTINUA ANTES Y DESPUES DE EVENTOS CLIMATOLOGICOS 2.-REDIMENSIONAR LA SECCION HIDRAULICA YA QUE ES INADECUADA. 3.- CRECER LAS AREAS DE LOS LAVADEROS PLUVIALES DEL CANAL PARA MAYOR DESALOJO PLUVIAL DE LAS VIALIDADES.
CANAL TAMARINDOS	INTERMITENTE	CANAL CONSOLIDADO CON UNA LONGITUD DE 900 MTS DESDE LA CALLE GAVIOTA HASTA EL LIMITE CENTRO UNIVERSITARIO DE LA COSTA.	TRAPEZOIDAL	CONCRETO	10 METROS	1.- MANTENER EL AREA HIDRAULICA EXISTENTE COMO MINIMO. 2.- NO ENCOFRAR PARA FACIL LIMPIEZA. 3.-LIMPIEZA CONTINUA ANTES Y DESPUES DE EVENTOS CLIMATOLOGICOS. 4.-CRECER LAS AREAS DE LOS LAVADEROS PLUVIALES DEL CANAL PARA MAYOR DESALOJO PLUVIAL DE LAS VIALIDADES.
PARCELAS	INTERMITENTE	DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE LA COSTA HASTA EL ENTRONQUE CON EL CANAL PALMA AREKA NO TIENE SECCION DEFINIDA	IRREGULAR	TIERRA / VEGETACION	NO EXISTE SECCION DEFINIDA	1.- REALIZAR EL TRAZO DE CONEXION HIDRAULICA DEL CANAL ARROYO ZARCO CON EL CANAL DE PALMA AREKA. 2.- VERIFICAR EL AREA HIDRAULICA OPTIMA DEL CANAL A PROYECTAR CONSIDERANDO LOS GASTOS DE LOS ESCURRIMIENTOS QUE DRENAN AL TRAZO. 3.- CONSIDERAR EL GASTO DE UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS PARA EL CALUCLIO DE LA SECCION HIDRAULICA.
PARQUE LAS PALMAS	INTERMITENTE	EL AGUA PLUVIAL DRENA POR LAS VIALIDADES HASTA INCORPORARSE AL CANAL PALMA LAS AREKAS	LAS VIALIDADES SE USAN COMO DRENES PLUVIALES	CONCRETO	VARIABLE	1.- GENERAR ESPACIOS EN LOS TOPES LONGITUDINALES CON EL FIN DE QUE EL AGUA FLUYA Y NO GENERE PEQUEÑAS REPRESAS. 2.- CRECER LAS AREAS DE LOS LAVADEROS PLUVIALES DEL CANAL PARA MAYOR DESALOJO PLUVIAL DE LAS VIALIDADES. 3.- LIMPIEZA CONTINUA ANTES Y DESPUES DE EVENTOS CLIMATOLOGICOS
CANAL PALMA AREKA	INTERMITENTE		TRAPEZOIDAL	CONCRETO	10 METROS	1.- GENERAR ESPACIOS EN LOS TOPES LONGITUDINALES CON EL FIN DE QUE EL AGUA FLUYA Y NO GENERE PEQUEÑAS REPRESAS. 2.- CRECER LAS AREAS DE LOS LAVADEROS PLUVIALES DEL CANAL PARA MAYOR DESALOJO PLUVIAL DE LAS VIALIDADES. 3.- LIMPIEZA CONTINUA ANTES Y DESPUES DE EVENTOS CLIMATOLOGICOS. 4.-CONSIDERAR REDIMENSIONAR EL AREA HIDRAULICA DEL CANAL EXISTENTE, CUANDO SEA CONECTADO EL CANAL DEL ARROYO ZARCO Y TAMARINDOS Y OTROS AFLUENTES

Evaluación ambiental y caracterización de afectación del Área Natural Protegida, Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, en la localidad de Puerto Vallarta, por contingencia ambiental derivada del colapso del colector centro norte.

Aunque el estero El Saldo recibe la aportación de mas drenes, en el presente estudio se ejemplificaron las condiciones en las que ese encuentra solo una de sus vertientes, demostrando el incremento en la movilización de sedimentos, nutrientes y material particulado. En períodos de lluvias intensas, la compactación de los suelos y su lavado generan más escorrentía y permite que algunos contaminantes presentes en el suelo pasen a las corrientes receptoras. En condiciones de inundación, la contaminación diluye, pero también activa la captación de sedimentos y depósitos de basura y todo tipo de residuos, si los hubiere, los cuales se depositan en el mismo estero, las playas y fondos marinos adyacentes a la desembocadura. Produce un “lavado” de cuanto depósito exista. En períodos de “*aguas bajas*”, con un menor poder de dilución, y la mayoría de contaminantes presentes en las aguas mantienen su identidad química y su capacidad reactiva con el medio ambiente y tienden a concentrarse. El control de caudales con estructuras hidráulicas y su captación para diferentes usos tiene, por lo tanto, un efecto importante en la concentración y distribución de los contaminantes presentes en las aguas que llegan al estero.

Es por ello que es necesario que los propietarios de las parcelas realicen los estudios correspondientes en cuanto al manejo de agua pluviales o fluviales (cauces) cuando pretendan modificar el uso de suelo ya sea a corto, mediano y largo plazo. Así mismo, es necesario darle continuidad a los canales y a cuerpos de aguas cercanos con el fin de darle salida al flujo pluvial y evitar que continúen contaminando.

En síntesis, ha sido el uso agropecuario, la extracción de recursos, la explotación de materiales geológicos, la presencia de asentamientos irregulares y el interés comercial por ampliar los espacios para el desarrollo turístico y urbano en el estero, los que han provocado un proceso contrario a lo que es el desarrollo sustentable, conduciéndolo a su degradación ambiental, acentuada por la combinación de todos y cada uno de los agentes identificados que la provocan. Asimismo, esta problemática prevalece en casi la totalidad de la cuenca que alimenta al estero.

XI. Propuesta de acciones

Dada la importancia que los espacios de valor ambiental tienen para la ciudad, ponen en manifiesto la necesidad de conciliar esquemas de gestión que garanticen su restauración, protección, conservación, mejoramiento y manejo. Con respecto a la contingencia registrada el día 4 de marzo, se recomienda lo siguiente:

1. Continuar con el monitoreo y análisis de calidad de agua hasta generar información de un ciclo completo, y así evaluar cualitativa y cuantitativamente los problemas por contaminación de agua, detectando concentraciones así, como fuentes de contaminación.
R: Sobre este tema el organismo SEAPAL ya autorizo una partida de \$ 68,407.68 para 64 muestreos que concluyan el 31 de marzo del año 2020.
2. Construcción de una segunda línea de impulsión, la cual ayudaría a tener una alternativa en caso de otra contingencia, y permitiría darle mantenimiento a la primera línea.
R: Sobre este tema el organismo SEAPAL Vallarta informo que se encuentra en el proceso de una licitación pública para la adquisición de la tubería y posteriormente licitar la instalación y ejecución de la obra.
3. Participación ciudadana: en caso de acontecer otra contingencia similar, se recomienda coadyuvar a la reducción del efecto adverso de la emergencia mediante la solicitud de ayuda a la sociedad. Para el caso del vertimiento, si se hubiera solicitado a la población una reducción en el consumo de agua hubiera sido menor el volumen derramado al estero.

A la fecha se cuenta con herramientas clave como es el "Atlas de riesgo de la microcuenca del estero El Salado", "Plan de Manejo del Área de Conservación Ecológica Estero el Salado", "Plan Parcial de Desarrollo Urbano Subdistrito Urbano 58 "Esteros El Salado"" y el "Programa de Operación Anual" donde se definen estrategias de planeación en el corto, mediano y largo plazo, programando, organizando, detallando y evaluando los programas, componentes y acciones suficientes para abordar y cumplir los objetivos sustantivos de las categorías de protección en que fueron formulados. Sin embargo, estas herramientas clave por diversos motivos muchas veces han quedado en papel y sin ejecución; siendo que para lograr los objetivos de los programas y planes se requiere la solución de sus amenazas y problemáticas identificadas en el "Atlas de riesgo de la microcuenca del estero El Salado", para así lograr su desarrollo sustentable.

De acuerdo con el Plan Operativo Anual del Estero El Salado, la interdependencia ecológica de los ecosistemas estuarios con sistemas externos, obliga a definir estrategias de protección atendiendo los aspectos externos a distintos niveles y escalas. No es posible resolver los problemas del estero El Salado de manera independiente, sin la definición de acciones en el área de influencia directa como es la microcuenca a la que pertenece, incluyendo la influencia de la parte marina. Es por ello que es necesario establecer acciones sobre el área natural protegida, y la microcuenca, además de proponer y apoyar la conservación del resto de la zona de humedales de Bahía de Banderas. A continuación, se muestra una tabla donde se identifican los problemas identificados en las diversas escalas, así como diversas acciones de solución, para su elaboración se tomó como base el POA 2018 del estero El Salado, siendo complementado con propuestas de otros programas y documentos.

Tabla 51. Acciones de solución a problemas identificados

PROBLEMAS	ACCIONES DE SOLUCIÓN
<p>Sistemas estuario en Bahía de Banderas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fragmentación del sistema • Aumento en la distancia de los fragmentos • Disminución de la cobertura vegetal y diversidad de hábitat • Pérdida de conectividad biológica y corredores faunísticos 	<p>Corredor biológico</p> <p>Realizar un análisis de la fragmentación y sus efectos sobre los factores bióticos, dando sustento a la interconexión de corredores y soporte a una propuesta de conservación en red.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecimiento de otras ANP • Inspección y vigilancia

- Rellenos de vasos reguladores y afluentes
- Cambios de uso de suelo
- Modificación de componentes ambientales

Microcuenca

- Geomorfología
 - Proliferación de bancos de material
- Suelo
 - Eliminación de la cubierta vegetal
- Hidrología
 - Desvío de escurrimientos
 - Eliminación y/o relleno de vasos bioreguladores
 - Contaminación por vertimientos de aguas domésticas
 - Contaminación por lavado de suelo de establos
- Vegetación
 - Cambios de uso de suelo
- Actividades extractivas
 - Desarrollo urbano acelerado y desordenado
 - Actividades agrícolas y pecuarias
 - Contaminación doméstica
 - Erosión hídrica

- Investigación y monitoreo

Apoyar propuestas de proyección de los remanentes

Plan Parcial de Desarrollo Urbano y Ambiental

La última actualización del Plan Parcial de Desarrollo Urbano Subdistrito Urbano 58 "Estero El Salado" se realizó en el 2012.

Implementar a través de procesos de planificación e interacción con autoridades un Plan Parcial de Desarrollo Urbano y Ambiental que establezca las bases del futuro crecimiento urbano y la restauración del área urbana y natural, tomando como directriz:

- Detener rellenos y remediar daños
- Ordenamiento, regulación y control estricto del desarrollo urbano de la microcuenca y áreas colindantes, tomando como pauta la conservación de suelos y la disposición y densidad urbana; así como los objetivos
- Definición de zonas de protección
- Restauración y protección de:
 - Geoforma
 - Suelo. Monitoreo de erosión para conocer el comportamiento anual de pérdida de suelo como indicador en la eficiencia de las prácticas de manejo en la cuenca.
 - Cuerpos y red hidráulica: cuidado de los aportes hidráulicos en cantidad y calidad.
 - Vegetación
- Regulación de actividades agropecuarias y ladrilleras
- Infraestructura para reducir la contaminación y preservación de áreas verdes.
- Infraestructura para que las aguas pluviales no sean incorporadas al sistema de drenaje y alcantarillado.
- Establecer modelos de desarrollo urbano con criterios ambientales
 - Determinar los usos del suelo en función de los ordenamientos ecológicos.
- Mantener un acercamiento con la comunidad académica y científica, a fin de elaborar diagnósticos coherentes y, establecer una

Área Natural Protegida

- Afectación histórica de hábitat
- Contaminación por hidrocarburos y sólidos
- Pérdida de biodiversidad
- Desconocimiento del ecosistema
 - De sus componentes
 - Flora y fauna
 - De su función
 - Biológico-Ecológico
 - Hidrológico
 - De su potencial
 - Servicios ambientales

agenda técnica jerarquizada de problemas para su atención que permitan, en consecuencia, una asignación eficaz y consistente de recursos públicos.

Sujetar a lineamientos del Reglamento Municipal actividades agrícolas, porcícolas y ladrilleras.

Ejecución del Plan de Manejo y POA's

- Planificación, evaluación y seguimiento
- Inspección y vigilancia del ANP
- Reglamento de uso del ANP
- Señalización
- Restauración de hábitat
- Restauración hidrológica
- Reforestación
- Manejo de hábitat y de especies claves
- Investigación – divulgación científica
 - Inventarios biológicos
 - Ecología de poblaciones y comunidades
 - Uso de hábitat, manejo y conservación
- Monitoreo
 - Biológico especies indicadoras
 - Vigilancia para la prevención de daños a los recursos naturales.
 - Investigación y monitoreo básico sobre el área de influencia en forma permanente.
- Elaborar una estrategia de educación y cultura ambiental. Fortalecer el sentido de identidad y pertenencia en la población local.
- Formación y capacitación
- Extensión y uso público; organización de eventos públicos.
- Generación de infraestructura básica en las cinco principales fuentes de entrada de agua hacia el canal con el fin de impedir la entrada de residuos sólidos que son arrastrados por los canales durante la temporada de lluvias.

Elaboración de proyectos específicos de manejo de recursos acorde a las necesidades del estero bajo el objetivo de restauración y saneamiento.

- Reintegrar zonas degradadas

Ampliar mecanismos de cooperación y participación de los distintos sectores de la sociedad.

Análisis de la influencia de las actividades humanas en la cuenca alta del estero y la zona circundante a la ANP sobre los ecosistemas del estero.

Ampliar los factores que forman parte de los servicios ecosistémicos del estero el salado e iniciar un monitoreo sistemático para cuantificar su importancia y el grado de mejoramiento o deterioro.

De igual manera, es trascendental dar continuidad a las acciones operativas ya existentes y en ejecución, que permitan abordar y resolver problemas y necesidades e identificar la obtención y la canalización de recursos financieros, humanos e institucionales para cubrir la ejecución de las acciones a llevar a cabo.

Dada la ubicación estratégica del terreno donde se ubica el estuario, a la fecha se han realizado otros estudios como el concurso convocado en el 2002 para el proyecto urbano arquitectónico para el desarrollo de las áreas colindantes al estero; la propuesta del concurso se rigió según las bases establecidas y según su programa pactado, el jurado eligió la propuesta marcada con el seudónimo 431101 de Ares Arquitectos S.A. de C.V. y que en acta de fallo con fecha 11 de julio de 2002, se manifestó como el ganador del 1er. Lugar. El anteproyecto dentro de su diagrama urbano contemplo la inserción de clubs sociales deportivos, unidades deportivas, centros culturales, centros de investigación de humedales, centros de educación ambiental, etc. Posteriormente, se realizaron diversos Planes Maestros como PROVIVIR en el 2010 y ESTUDIO 3.14 en el 2016. Todos los proyectos mencionados han tenido por objetivo mejorar las condiciones de la zona y permitir la conservación permanente del Área Natural Protegida, sin embargo, por diversas razones estos no han llegado a ser ejecutados.

Un parque urbano requiere para el cuidado de su capital ecológico de acciones sistemáticas, integrales y permanentes y no sólo acciones coyunturales, de no ser así, todo esfuerzo colectivo siempre resultará insuficiente para el rescate y conservación de estos importantes espacios naturales. Es por ello que a continuación se realizan una serie de recomendaciones por entidad a fin de establecer que todo proceso ambiental, requiere de un constante reexamen de direcciones y tendencias, a fin de obtener resultados que mejoren las condiciones y calidad de los sistemas.

Tabla 52. Recomendación de acciones por entidad

ENTIDAD	ACCIONES A REALIZAR
GOBIERNO FEDERAL SCT	El aeropuerto es una entidad operada por el Gobierno Federal en concesión al Grupo Aeroportuario del Pacífico. El manejo de los combustibles sigue estando en control de Aeropuerto y Servicios Auxiliares (ASA), el cual a través de su Programa Institucional de ASA: 2013-2018 publicado en el DOF establece: <p>1.3.2.4 Sistemas de control y de seguridad industrial</p> Las estaciones de combustibles deben contar con estos sistemas de control y de seguridad industrial, a fin de dar cumplimiento normativo y minimizar los posibles riesgos de operación: <ul style="list-style-type: none"> • Sistema contra incendio. • Sistema de drenaje industrial.

	<p>que son aportados, se recomienda completar los pagos económicos a la UdeG y UNAM sobre estudios realizados terminados y pendientes por entregar, como es el caso del estudio de bioacumulación de metales pesado en carne de crustáceos.</p>
<p>GOBIERNO MUNICIPAL Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología</p>	<p>El ayuntamiento de Puerto Vallarta se convierte en el principal administrador del área urbana de la nano-cuenca del estero El Salado, razón por la cual a este le corresponde llevar a cabo el trabajo <i>in situ</i> dentro de las 1,729 hectáreas urbanizadas y de uso de infraestructura. Estas hectáreas son las principales generadoras de contaminantes al estero y dentro de ellas está el éxito de reducir o eliminar este contaminante.</p> <p>Por ello, se recomienda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Completar el proceso de manejo de las 3 tinas de lixiviados del relleno sanitario del Magisterio, colocando protección contra su acceso a personas y evitando el vertimiento de estos líquidos en arroyos que generan su infiltración al subsuelo. 2. Llevar a cabo el censo de actividades con materiales peligrosos, en especial aceites quemados de uso vehicular para establecer que estos se entreguen a empresas autorizadas y se le emita el manifiesto correspondiente sobre su recolección, buscando que previo a la renovación de las licencias de operación anual, estos giros demuestren su cumplimiento. 3. Llevar a cabo el censo de actividades ganaderas para establecer que las heces fecales del ganado no terminen en los afluentes del estero, ya que los niveles de enterococos y coliformes en gran medida son de actividades agropecuarias. 4. Coordinarse con el SEAPAL para establecer un mecanismo para que previo a la emisión de la Licencia de construcción se valide el plano de manejo de aguas pluviales de futuros desarrollos habitacionales. 5. Llevar a cabo campañas de educación ambiental sobre todas las colonias que colindan con los arroyos y afluentes de la nano-cuenca del estero, para lograr una cultura de conservación en materia de desechos sólidos, buscando que los mismos no se conviertan en basureros y receptores de desechos. 6. Colocar señalamientos en los afluentes y escorrentías alusivos a mantenerlos limpios y libres de contaminantes en las colonias por donde estos cruzan con leyendas que liguen estas acciones con el estero El Salado.
<p>SECTOR SOCIAL</p>	<p>La población que habita dentro de la nano-cuenca del estero El Salado, debe comprender la importancia de tener este sistema estuarino dentro de nuestra Ciudad. A ellos les corresponde en mayor grado su conservación. Por ello se requiere de este sector:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Colaborar con autoridades de los tres niveles de gobierno para encontrar los mecanismos de conservación necesarios a manera de preservar este ecosistema dentro de nuestra Ciudad.

XII. Conclusiones

1. Para el caso de la contingencia registrada en día 4 de marzo por la ruptura del colector centro norte en su línea de impulsión de 48" el cual se extendió por un periodo de 70 horas, durante las cuales se derramaron aproximadamente 120,852 m³. Los volúmenes fueron descendiendo paulatinamente debido a la construcción de un bordo y al almacenaje de las aguas en una parcela agrícola aledaña a la planta de tratamiento. El vertimiento de aguas residuales por la ruptura de la línea de impulsión de la PTAR Norte I a la PTAR Norte II, fue un proceso ocurrido por el desgaste de una línea que ha operado en forma ininterrumpidamente desde su construcción y entrada en operación hace 24 años.
2. Durante la emergencia diversas entidades entre ellas SEAPAL, la CEA, la Secretaría de Salud, el ANP-ZCE estero El Salado y los Laboratorios ABC Química Investigación y Análisis, S.A. de C.V., llevaron a cabo análisis de laboratorio de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos para determinar los niveles de contaminantes vertidos y tener información para la toma de decisiones como el cierre de playas públicas o la definición de políticas públicas para el cuidado del Área Natural Protegida, mismo proceso que operó y generó la información a las autoridades.
3. A la fecha, SEAPAL ha continuado realizando análisis de laboratorio de dos sitios del estero para el continuo monitoreo de la calidad del agua. Desde el 4 de marzo se han llevado a cabo 162 tomas de muestras a las cuales abran de sumarse 64 más para completar un ciclo anual desde el vertimiento. A su vez, desde al año 2013 y hasta el 2017, el SEAPAL llevo a cabo 226 análisis de laboratorio de aguas en 12 estaciones de muestreo de arroyos y cauces que llegan al estero para determinar los niveles de contaminantes aportados por las actividades urbanas.

Tabla 53. Gatos económico histórico del SEAPAL

GASTO ECONOMICO HISTORICO DEL SEAPAL EN MUESTREOS DE AGUAS DE AFLUETES Y MISMAS DEL ESTERO EL SALADO			
ETAPA	CANTIDAD DE MUESTREOS	COSTO POR MUESTREO	TOTAL INVERTIDO
Análisis histórico 2013-2017	226	\$1,068.87	\$241,564.62
Muestreos desde el 04 de marzo	162	\$1,068.87	\$173,156.94
Muestreos para concluir el ciclo anual	64	\$1,068.87	\$68,407.68
			\$483,129.24

4. Con base en los resultados de laboratorio procesados, se establece que los contaminantes estuvieron presentes en la columna de agua por un periodo máximo de 15 días. La marea viva de la fase de luna nueva favoreció para diluir y depurar contaminantes aportados, a su vez la marea muerta de la fase de luna creciente no ayudo mucho al intercambio de aguas interiores, pero al llegar la segunda marea viva de luna llena para el 21 de marzo, el estero regreso a parámetros habituales estableciéndose que la afectación por el vertimiento por un lapso de 70 horas, tuvo una duración dentro de las aguas del estero de 15 días aproximadamente. Así mismo, de acuerdo a los datos contenidos en los resultados de laboratorios, se indica que las aguas negras vertidas se componían en su mayoría de materia orgánica que establecían altos valores de DQO y DBO, incluyendo además la presencia de grasas y aceites, detergentes y niveles altos de enterococos y coliformes fecales. En todos los casos, los valores descendieron a sus niveles habituales posteriormente a los 15 días, sin embargo, quedaron por encima de los límites máximos permisibles (LMP) para vertimiento en cuerpos receptores tipo B (Aguas Costeras, Estuarios y Humedales Naturales) para los parámetros: DQO, Enterococos y Coliformes. Cabe mencionarse que en base a los análisis históricos de

aguas del estero de El Salado realizados por el SEAPAL para las dos estaciones de muestreo que no han cambiado desde el año 2013 que son "Canal Estero" y "Puente Estero", se aprecia que las aguas del estero mantienen los parámetros de DQO y Coliformes sobre los niveles que establece las Leyes mexicanas. Esto es indicativo que los niveles de contaminantes entran por las escorrentías de la nano cuenca del estero o por aguas contaminadas de la dársena portaria. Se establece que mas estudios deben ser realizados para determinar la fuente de contaminación, en especial de Coliformes. Los estuarios producen gran cantidad de materia orgánica mas sin embargo los niveles presentes en el agua, así como en las escorrentías son indicativos de contaminación urbana. Una serie de recomendaciones son aportadas para tratar de reducir este proceso ya que aun faltan 1,036 hectáreas sujetas a ser urbanizadas y si no se hace algo, el problema de podría duplicar en los próximos 15 años.

5. Con base en la valoración de impactos ambientales según la matriz de importancia cualitativa, el valor de Impacto por el vertimiento accidental de aguas residuales presento un valor de 38 puntos que lo clasifica como Impacto Moderado dentro del rango 25 al 50.
6. Con base en los resultados históricos del 2013 a la fecha, realizados por SEAPAL, se pueden concluir:
 - Los niveles de Coliformes Fecales presentes en las aguas del estero presentan niveles superiores a la Norma Oficial Mexicana todo el año y su presencia es continua, con menores valores en la época de estiaje y mayores en la temporada de lluvias.
 - En relación a la gráfica de oxígeno disuelto de los análisis del SEAPAL y su relación a las mareas, se concluye que en etapas de mareas muertas (en fase lunar cuarto creciente y cuarto menguante) los niveles de oxígeno caen por debajo de 3.2 mg/L, lo que establece que los procesos de descomposición de materia orgánica agotan los niveles de oxígeno disuelto. Es gracias a las mareas vivas que el recambio de agua logra mantener niveles de parámetros fisicoquímicos aptos para el desarrollo de vida acuática.
 - Las aguas vertidas de la zona urbana de la cuenca del estero, traen contaminantes consigo en especial de tipo bacteriológico y químicos que alteran y afectan los procesos biológicos y ambientales del estero.
7. Las instalaciones de infraestructura de servicios como son: Tanques de combustibles, de gas licuado, gas cloro, de tratamiento de aguas, de eliminación de fierro y manganeso, talleres mecánicos, rellenos sanitarios y cualquiera que maneje sustancias peligrosas, está obligada a cumplir con verificaciones, manifiestos de entrega de residuos peligrosos, planes de manejo y hacer pública esta información para garantía de la conservación del Área Natural Protegida y evitar el ingreso de contaminantes por acciones negligentes por falta de control en estas instalaciones.
8. Con base en los estudios de flora y fauna, este evento, fue de una afectación directa y puntual a la vegetación de manglar al interior del Área Natural Protegida Estero El Salado, con afectación en un 29.97% del total de la ANP. Durante los recorridos al interior del ANP en los diferentes tipos de vegetación, no se observaron ejemplares de flora muertos por el vertimiento de aguas negras, por lo que se considera un daño menor que no compromete la integridad del bosque de manglar del ANP. Por lo cual la recuperación de este tipo de descargas (considerando que solo fueron aguas con carga orgánica habitacionales) es a corto plazo.
9. Así mismo, durante los recorridos se evidencio la presencia de las aguas negras y los olores fétidos propios de este tipo de aguas, no encontrándose animales muertos ni visiblemente dañados, a excepción de 5 ejemplares de peces de la especie *Diodon nictemerus*, los cuales es común que mueran atrapados entre las raíces de los mangles al bajar la marea por lo que no puede ser atribuido a efectos de la contingencia. Es

importante mencionar que desde el vertimiento hasta el día que se concluyen los trabajos (30 mayo 2019) han pasado 81 días y no se encontró evidencia de daño a la fauna, no se encontraron cadáveres o animales visiblemente enfermos, la cantidad de especies observadas es relativamente importante, así mismo los índices de diversidad presentan índices superiores al 79% de la H máx. Inclusive el medio abiótico no presenta rastros visibles de las aguas negras vertidas.

10. Otro parámetro positivo son los eventos reproductivos que actualmente se realizan en la zona de estudio específicamente con la ubicación de dos áreas de concentración de nidos de aves sobre la zona determinada como de afectación y que a la fecha se llevan con total normalidad.
11. Como se menciona anteriormente las aguas negras vertidas en el Estero El Salado son de origen doméstico, por lo que de contener otro tipo de sustancias podrían tener manifestaciones en la fauna silvestre a largo plazo, sin embargo, dada la resistencia y resiliencia de la fauna silvestre en general y en particular de la fauna acuática esto es poco probable, tomando en cuenta además el periodo corto de exposición de la fauna y con la consideración de que se trate de solo aguas negras de origen doméstico, especies como el cocodrilo que tuvieron la exposición directa de los efectos de esta contingencia se ha observado que como especie tienen una alta tolerancia a las aguas negras en donde pueden subsistir e inclusive reproducirse, para el caso de El Salado y posterior a la contingencia se han registrado hasta 45 avistamientos de la especie de la Clase II (rango de longitud de 0.5 a 1m, correspondiente a un estado juvenil de entre 3 a 5 años) según clasificación propuesta de *Sigler et al., 2002*, sin embargo es recomendable mantener la vigilancia constante de las especies de fauna silvestre en aspectos como presencia-ausencia, riqueza y abundancia, así mismo de aspectos reproductivos.
12. El estero El Salado, cuenta con un alto valor de importancia biológica y social en función de su contribución al sistema regional por ser el único de los cuerpos costeros que presenta tres de las cuatro especies de manglar de la región, así como especies en categoría de amenazada. No obstante, al encontrarse en un contexto urbano por años se han presentado problemas ambientales, por más de una causa. A la fecha la nano-cuenca presenta problemas en términos de la alteración y destrucción del hábitat, contaminación, aporte de sedimentos, falta de red de drenaje sanitario, vialidades pavimentadas, filtración de lixiviados al subsuelo, cambios en el flujo de sedimentos, etc., los cuales son aspectos vinculados a las fuentes fijas y difusas de la contaminación producida por actividades que tienen lugar en tierra y que por el efecto de captación de agua que tienen las cuencas hidrográficas, generan efectos concentrados en las desembocaduras de los ríos y las zonas costeras aledañas como es el estero en cuestión. Es por ello que las fuentes terrestres de contaminación de las franjas costeras deberían ocupar hoy una posición tan destacada en la temática ambiental como la tiene la preocupación por el cambio climático. Sin embargo, en la práctica esto aún no ocurre, consecuentemente se debe poner un mayor énfasis en el cuidado ambiental ya que la tendencia al desarrollo que se presenta en la nano-cuenca preestablece un riesgo en el deterioro del sistema estuarino por su continua interacción con sus inmediaciones urbanizadas, así como un aumento en el desabasto de servicios y por ende contaminación directa al sistema por diversas fuentes. De igual manera la falta de conciencia y cuidado de instalaciones sanitarias en casas y fraccionamientos de la nano-cuenca, establecen que durante las temporadas de lluvia el agua pluvial que es incorporada al sistema de drenaje sanitario hace que este se desborde en vialidades que a su vez llegan al estero, sin tener el conocimiento de estos volúmenes, pero podrían ser cantidades de aguas residuales similares al agua vertida durante la contingencia presentada en la presente evaluación, pero mas diluidas.
13. Sin embargo, de acuerdo con el artículo 117º de la Ley General del Equilibrio y la Protección al Ambiente **es una responsabilidad compartida del Estado y de la sociedad**, prevenir la contaminación de ríos, cuencas, depósitos y corrientes de agua, aguas del subsuelo, etc., de conformidad con los criterios establecidos en el

mismo numeral. Así mismo, con base en el artículo 4º de la NOM-022-SEMARNAT-2003 incisos 4.7, 4.8, 4.9 y 4.18; el manglar deberá preservarse como comunidad vegetal, asegurándose de que el volumen, pH, salinidad, oxígeno disuelto, temperatura y la calidad del agua que llega al humedal costero garanticen la viabilidad del mismo y no alteren el equilibrio ecológico, dañen el ecosistema o a sus componentes vivos; siendo que el humedal costero regulado por esta Norma cuenta con escorrentías que provienen de una cuenca urbanizada a la que se vierten constantemente contaminantes de origen urbano, industrial y agropecuario. Por ello, es necesario orientar adecuadamente el desarrollo industrial, urbano, y turístico de alto impacto, con una visión integral, que comprenda la nano-cuenca hidrológica para evitar que se pongan en riesgo las condiciones naturales del estero el Salado, debido a como se establece en la NOM-022-SEMARNAT-2003.

14. El único análisis de laboratorio certificado para el proceso de vertimiento el 14 de marzo del 2019 indicador de la presencia de metales pesados, establece que no existe la presencia de estos en las aguas del estero de El Salado a 10 días posteriores al vertimiento. De igual forma los resultados del mismo laboratorio que realiza el análisis a las aguas tratadas que la PTAR Norte I envía para riego en zonas recreativas y la demasia es vertida al estero El Salado, no presentan niveles por encima de las Leyes mexicanas de ningún parámetro.
15. Se debe buscar la corrección de aquellos desequilibrios que deterioren la calidad de vida de la población y, a la vez, prever y dirigir las tendencias de crecimiento de los asentamientos humanos, para mantener una relación adecuada entre los recursos naturales existentes y la población, cuidando de los factores ambientales que son parte integral de la calidad de vida. En este contexto se debe promover un desarrollo sostenible y ambientalmente racional para mantener la calidad del medio ambiente.
16. Se deberá dar seguimiento a las recomendaciones hacia los tres niveles de gobierno para dar paso al proceso de saneamiento, control y mejoramiento de las aguas pluviales de los afluentes que desembocan al estero el Salado, mismos que a la fecha aportan contaminantes sólidos, líquidos y químicos al Estero el Salado.

XIII. Bibliografía

- Abarca y Herzig (Editores). 1999. Manual para el Manejo y la Conservación de los Humedales en México. Segunda edición.
- Álvarez A. & Suárez J. 2006. Tratamiento biológico del lixiviado generado en el relleno sanitario "El Guayabal" de la ciudad San José de Cúcuta. Ingeniería y Desarrollo, julio – diciembre, número 20, San José de Cúcuta, Colombia.
- Aranda, M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Segunda edición. Instituto de Ecología, A.C./Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Arismendi, M. et al. 1990. Avifauna de la Región de Chamela, Jalisco Universidad Nacional Autónoma de México.
- Arizmendi, M.C. y H. Berlanga. 2014. Colibríes de México y Norteamérica. CONABIO, México. 160pp
- Avilés R., 2018. ¿Qué pasará con la turbosina? A21. Obtenido de <https://a21.com.mx/despegues-y-aterrizajes/2018/12/11/que-pasara-con-la-turbosina>.
- Chavoya G. Jorge Ignacio y Rodríguez Á. Macedonio León. 2018. La gestión de parques urbanos en zonas metropolitanas: El Estero El Salado en Puerto Vallarta, Jalisco, México. Puerto Vallarta ante el siglo XXI, 15-39pp
- Ceballos G. y Miranda A., Los Mamíferos de Chámela, Jalisco. manual de Campo., 1986. México, UNAM.
- Ceballos, G. y García, A. 1994. Guía de Campo de los Reptiles y Anfibios de la Costa de Jalisco, México. Fundación Ecológica de Cuixmala A.C.-Instituto de Biología, UNAM. México, D.F.
- Citrón G. y Schaeffer, N.Y. 1993. Introducción a la ecología de los humedales costeros. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe. Montevideo, Uruguay.
- CONABIO, Guía de Aves Canoras y de ornato, INE, México 1997.
- Contreras, E.F. 1993. Ecosistemas Costeros Mexicanos. Primera edición. Edit. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa.
- Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, en: El Derecho del Mar Naciones Unidas, Nueva York, USA. 1984.
- Cruz R., Et al, Actividades de manejo de la UMA "Vivero de mangle El Salado" en el ANP estero El Salado, Puerto Vallarta, Jalisco, México. Memorias del II Taller sobre la Problemática de los Ecosistemas de Manglar. Puerto Vallarta, Jalisco. 26-29 de octubre del 2005
- Díaz M, Rodríguez C, Zhurbenko R., 2010. Aspectos fundamentales sobre el género *Enterococcus* como patógeno de elevada importancia en la actualidad. Rev Cubana Hig Epidemiol; 48(2):47-161.
- Delgado Y, Miravet ME, Núñez R., 2008. Indicadores microbiológicos de calidad del agua en la costa oeste de la Ciudad de La Habana. Hig San Ambient. 8; 8:387-391.
- FIDEES. Atlas de riesgo de la microciencia del estero El Salado
- Flores, V.F. 1989. Algunos aspectos de la Ecología, Uso e importancia de los Ecosistemas Humedales costeros. Temas de Oceanografía Biológica en México. Universidad Autónoma de Baja California. 21-56 pp.
- Frank Mc Cann, Salvador Hernández Vázquez, Jaime Torres Guerrero. (2014). Guía de las Aves más comunes del Estero. Puerto Vallarta, Jalisco: ANP zona de conservación ecológica Estero El Salado.
- Giraldo, E. 1997. *Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios: Avances recientes*. Obtenido de Universidad de los Andes: <https://revistaing.uniandes.edu.co/pdf/Rv14-A8.pdf>
- Giri, G., Ochieng, E., Tieszen, L. L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., Masek, J., & Duke, N. (2011). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1), 154–159
- Historia de Puerto Vallarta, Plan Municipal de desarrollo 2030. Puerto Vallarta Jalisco.
- Imagen Satelital Spot 2012, CNES 2011-2012, producida por ERMEXS-INEGI, bajo licencia de SPOT IMAGE, S.A.
- Infante Mata D., Peralta–Peláez L.A. y Arrocha A.A. 2009. Obtención de datos de salinidad, conductividad y pH del agua. En: Moreno–Casasola P. y Warner B. Eds. *Breviario para describir, observar y manejar humedales*, pp. 31–42. Serie Costa Sustentable 1. RAMSAR, Instituto de Ecología A.C., CONANP, US Fish and Wildlife Service, US State Department. Xalapa.

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2007. NITROGENO TOTAL EN AGUA POR EL METODO SEMI-MICRO KJELDAHL - ELECTRODO DE AMONIACO. *Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia*
- Karr, J.R. 1996. "Ecological integrity and ecological health are not the same". En: P.C. Schulze (Ed.). *Engineering within ecological constraints*. National Academic Press: Washington DC, pp. 97–109.
- Köhler W., 2007. The present state of species within the genera *Streptococcus* and *Enterococcus*. *Intern J Med Microbiol*; 297(3):133-50.
- Kurniawan et al., 2005 citado por Primo M. "Mejoras en el Tratamiento de lixiviados de vertedero de RSU mediante procesos de oxidación avanzada. Tesis Doctoral. 2008.
- Landgrave, R. y Moreno-Casasola, P. 2012. "Cuantificación de la pérdida de humedales en México". En: *Investigación Ambiental* 4(1), pp. 35-51.
- Liceo La Rita, 2013. Análisis físico, químico y biológico de la cuenca hidrológica del Río San Rafael y su posible relación con el impacto ecológico ocasionado por la actividad piñera aledaña al río, durante el periodo de marzo a octubre del año 2013 en Guápiles, Pococí, Limón. Obtenido de <http://www.fod.ac.cr/globe/wp-content/uploads/2014/03/Liceo-La-Rita-GLOBE-2013.pdf>
- M., D. J. 2013. *Estudio para el aprovechamiento de gas combustible a partir de rellenos sanitarios*. Obtenido de Universidad Valentina: <http://bibliovirtualujap.files.wordpress.com/2013/05/teg-david-lopez.pdf>
- Marín-Gavin, R. Características físicas, químicas y biológicas de las Aguas. 1 ed. E.M.A.C.S.A., Córdoba 200. Obtenido de http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099.pdf.
- Mee, L. D. 1978. Coastal lagoons. En: J.P. Riley y R. Chester (eds.). *Chemical Oceanography*. Academic Press. Vol. 7.
- Moreno-Casasola P, López-Rosas H., Infante-Mata D., Peralta L.A., Travieso-Bello A.C. y Warner B.G. 2009. Environmental and anthropogenic factors associated with coastal wetland differentiation in La Mancha, Veracruz, Mexico. *Plant Ecology* 200:37–52.
- Montoya D., 2012. De Jalisco a Yucatán, la ruta del derrame del día. Greenpeace. Obtenido de <https://www.greenpeace.org/archive-mexico/es/Campanas/Energia-y-cambio-climatico/Impactos/Derrames-petroleros-en-Mexico/El-derrame-del-dia/de-jalisco-a-yucatn-la-ruta-del-derrame-del-d/blog/42749/>
- Montoya Y., Aguirre N., 2009. Cambios nictemerales de variables físicas y químicas en la Ciénaga de Paticos, complejo cenagoso de Ayapel, Colombia. *Rev. Biol. Trop*; 57(3)635-646.
- National Geographic "National Geographic Field Guide to Birds of North America", 1999. National Geographic Society.
- Nixon, S.W., 1981. Remineralization and nutrient cycling in coastal marine ecosystems. En: B. J. Nelson y L. E. Cronin (eds.). *Estuaries and nutrients*. Humana Press, Nueva Jersey, pp. 111-138.
- Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003. Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros de zonas de manglar.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Que establece Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.
- Noticiero: Primero Noticias, Cadena Televisa, conductor Carlos Loret De Mola, 24 de octubre de 2012
- Ortofoto 1958, Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco.
- Pemex. 2008. *Hoja de datos de seguridad de sustancias Turbosina*. Obtenido de Refinación: http://www.pemex.com/productos/gasolinas_refinados/Documents/Productos/turbosina_110201.pdf
- Patricia Moreno. (2016). *Servicios Ecosistémicos de las Selvas y Bosques Costeros de Veracruz*.
- Peterson Roger Tory. Chalif Edward L. *Aves de México. Guía de campo*. -Editorial. Diana. México
- Petr Myska. (2013). *Viva Natura guía de campo de anfibios, reptiles, aves y mamíferos de México occidental*. Puerto Vallarta, Jalisco: CONABIO.
- Plan de Manejo del Área de Conservación Ecológica Estero el Salado
- Plan Parcial de Desarrollo Urbano Subdistrito Urbano 58 "Estero El Salado", 2012.
- Programa de Operación Anual 2018 Estero El Salado.
- Ramírez A., Viña G., 1998. *Limnología colombiana*. BP Exploration Company (Colombia) Ltd. 293 p.

- Ramírez P.; López W. R.; Mudespacher C.; Lira I., Catalogo de los Mamíferos terrestres nativos de México, Trillas, México 1982.
- Ramsar Convention. 2014. Gland, Switzerland.
- Roldán Pérez G., 1992. Guía para el estudio de los macroinvertebrados en el Departamento de Antioquia.
- Sáenz, D.C. 2008. Guía de Reptiles y Anfibios de Arcediano. CEA-Jalisco.
- Santiago-Rodríguez TM, Tremblay RL, Toledo-Hernandez C, Gonzalez-Nieves JE, Ryu H, Santo Domingo JW, Toranzos GA., 2012. Microbial quality of tropical inland waters and effects of rainfall events. *Appl and Environ Microbiol*; 78(15):5160-5169.
- Sergio Guerrero, José Luis Navarrete-Heredia, Sergio Honorio Contreras Rodríguez. (2014). Biodiversidad del Estero El Salado. Guadalajara, Jalisco: Universidad de Guadalajara.
- Servicios Integrales Hidrológicos (SIHID). Octubre 20017. Estudio Hidrológico – Hidráulico del Distrito 1 en el Municipio de Puerto Vallarta.
- Tovilla, H.C. 1994. Mangles. En: Lagunas costeras y el litoral mexicano, De la Lanza Espino, G. y C. Cáceres-Martínez (Eds.). Universidad Autónoma de Baja California Sur, 371-425 pp.
- Universidad Politécnica de Cartagena (UPCA), 2007. Análisis de Agua. Obtenido de https://www.upct.es/analisis_aguas.pdf
- Valiela I, JL Bowen y JK York 2001. Mangrove forests: one of the World's threatened major tropical environments. *BioScience* 51, 10: 807-815
- Vergaray G, Méndez CR, Morante HY, Heredia VI, Béjar VR., 2007. Enterococcus y Escherichia coli como indicadores de contaminación fecal en playas costeras de Lima. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*; 10(20):6-82.
- Wheeler B.D., Money R.P. y Shaw S.C. 2002. Freshwater wetlands. En: Perrow M.R. y Davy A.J. Eds. *Handbook of Ecological restoration*, pp. 325–354. Vol. 2. Restoration in practice. Cambridge University Press. Cambridge.
- Yamahara, Ç KM, Walters, SP, Boehm, AB., 2009. Growth of enterococci in unaltered, unseeded beach sands subjected to tidal wetting. *Appl Environ. Microbiol*; 75:1517-1524.
- Yañez-Arancibia, A. 1978. Patrones ecológicos y variación cíclica de la estructura trófica de las comunidades neotónicas en lagunas costeras del Pacífico de México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología* 5: 287-306

PÁGINAS WEB

- maps.iucnredlist.org/index.html
- www.itis.gov
- <https://www.naturalista.mx>
- <http://enciclovida.mx/>
- <https://www.nnc.mx/>