

MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE FACTORES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS PARA CUMPLIR CON EL “PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE COMPROMISOS DE LA ADMINISTRACIÓN PORTUARIA INTEGRAL MANZANILLO S.A. DE C.V. (API MANZANILLO) DE LAS MEDIDAS CORRECTIVAS ORDENADAS POR LA PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE (PROFEPA) EN LA RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NO. PFFPA13.5/2C.27.5/0028/17/0110” PARA LOGRAR LA RESTAURACIÓN AMBIENTAL DE LAS LAGUNAS: VALLE DE LAS GARZAS Y CUYUTLÁN, COLIMA.

DELIMITACIÓN DEL HUMEDAL DE LA LAGUNA VALLE DE LAS GARZAS BAJO CRITERIOS EDAFOLÓGICOS, HIDROLÓGICOS Y BIÓTICOS.



Responsable: Dr. Mauricio Bretón González

Grupo de Trabajo Delimitación del Humedal: M.C. Imelda Plascencia Manzo, M.C. Zoraida Soledad León Paz, Dr. Mauricio Bretón González

Revisó: Dr. Manuel Patiño Barragán



INFORME ANUAL AGOSTO 2019 - AGOSTO 2020

Índice de contenido

I	Introducción.....	13
I.1	Antecedentes	13
I.2	Objetivos del programa.	20
I.2.1	Objetivo General.....	20
I.2.2	Objetivos particulares	20
II	Indicadores ambientales y metas del programa.....	20
III	Descripción de trabajos-Metodología empleada.	21
III.1	Área de estudio.	21
III.2	Metodología	22
III.3	Criterios de delimitación de humedales.....	24
III.3.1	Lineamientos técnicos	24
III.4	Actividades de campo	28
III.5	Actividades de Gabinete	29
IV	Resultados	29
IV.1	Generalidades.....	36
IV.1.1	Información Base	36
IV.1.2	Población.....	37
IV.1.3	Clima	39
IV.1.4	Criterios hidrológicos	52
IV.1.5	Criterios bióticos.....	88
IV.1.6	Criterios edafológicos.....	97
IV.1.7	Infraestructura urbana	106
IV.1.8	Zona federal y terrenos ganados a la laguna	112
V	Interpretación de resultados.....	114

V.1	Evolución del espejo de agua de la Laguna Valle de las Garzas	114
V.1.1	Espejo de agua de Laguna Valle de las Garzas 2020	124
V.2	Evolución del espejo de agua de Laguna de Tapeixtles	126
V.3	Delimitación del humedal de Laguna Valle de las Garzas	132
V.4	Clasificación del humedal de la Laguna Valle de las Garzas	139
V.5	Caracterización del humedal de la Laguna Valle de las Garzas	141
V.6	Tendencia de la Calidad ambiental	154
V.7	Rehabilitación del espejo de agua	154
V.7.1	Propuesta de rehabilitación.	155
V.7.2	Condiciones	157
V.7.3	Proyecciones	158
V.7.4	Consideraciones	162
V.8	Riesgo hidrometeorológico.....	163
VI	Conclusiones.....	172
VII	Referencias	177

Índice de Figuras

Figura 1.	El puerto de Çalagua. Descripción de las Indias. Cardona, 1632.	13
Figura 2.	Plano del puerto de Manzanillo en 1824. E Mole y J. Gray.....	14
Figura 3.	Laguna de San Pedrito en 1882. Survey by USS Ranger. Department of the Navy.	15
Figura 4.	Plano de las obras de saneamiento de los terrenos adyacentes al Puerto de Manzanillo, 1897.	16
Figura 5.	Mapa del estado de Colima en 1913. M. Guillot.....	17
Figura 6.	Bahía de Manzanillo, SEMAR, 1972.	18
Figura 7.	Ubicación de la Laguna Valle de las Garzas.....	21

Figura 8. Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Puerto Interior de Manzanillo, Colima. <i>Google Earth</i> , 2020.	22
Figura 9. Zonas del humedal.	23
Figura 10. Categorías de la organización de la vegetación (CONAGUA, 2013).	27
Figura 11. Flora y fauna en el área de estudio.	32
Figura 12. Imágenes aéreas del área de estudio tomadas desde el Dron.	35
Figura 13. División Política Municipal. Imagen de <i>World Imagery Esri</i> , 2017.	36
Figura 14. Relación hombres - mujeres en el municipio de Manzanillo.	37
Figura 15. Proyecciones de población en el municipio de manzanillo 2019-2030.	38
Figura 16. Mancha urbana y espejos de agua de la Laguna Valle de las Garzas para los años 2003 y 2010 (Imagen de <i>World Imagery Esri</i> , 2017).	38
Figura 17. Tipo de clima en la Laguna Valle de las Garzas. (Mapa elaborado con datos de INEGI).	39
Figura 18. Estaciones Meteorológicas de CONAGUA ubicadas alrededor de la Laguna Valle de las Garzas.	40
Figura 19. Temperatura media (°C) en la Laguna Valle de las Garzas.	41
Figura 20. Temperatura promedio (°C).	43
Figura 21. Temperatura máxima en la zona aledaña a la Laguna Valle de las Garzas (°C).	44
Figura 22. Temperatura mínima (CONAGUA, 2020).	45
Figura 23. Temperatura mínima (°C).	46
Figura 24. Lluvia total anual en la zona de estudio (mm).	47
Figura 25. Precipitación máxima en 24 horas en la Laguna Valle de las Garzas (CONAGUA, 2020).	49
Figura 26. Evaporación media anual (elaborada con datos de CONAGUA, 2020). .	51
Figura 27. Datos relevantes de la región hidrológico-administrativa VIII Lerma-Santiago-Pacífico.	52
Figura 28. Regiones hidrológicas a las que pertenece el municipio de Manzanillo. Imagen de <i>World Imagery Esri</i> , 2017.	53

Figura 29. Cuencas a las que pertenece el municipio de Manzanillo. Imagen de <i>World Imagery Esri</i> , 2017.....	54
Figura 30. Subcuencas a las que pertenece el municipio de Manzanillo. Imagen de <i>World Imagery Esri</i> , 2017.....	55
Figura 31. Localización del acuífero Jalipa-Tapeixtles (Imagen de <i>World Imagery Esri</i> , 2017).....	55
Figura 32. Profundidad al nivel estático en m (2013) del acuífero Jalipa-Tapeixtles (CONAGUA, 2019).....	59
Figura 33. Elevación al nivel estático en m s. n. m. 2013 del acuífero Jalipa-Tapeixtles.....	60
Figura 34. Configuración de elevación del nivel estático para el año 2013, para acuífero Jalipa-Tapeixtles (datos obtenidos de (CONAGUA, 2019)).....	61
Figura 35. Evolución del nivel estático 2007-2013 en el acuífero Jalipa-Tapeixtles. (Datos obtenidos de (CONAGUA, 2019)).....	63
Figura 36. Aprovechamientos al acuífero Jalipa Tapeixtles (gráfica elaborada con datos del REPDA del 15 junio 2020).	65
Figura 37. Localización del acuífero Santiago-Salagua. (Imagen de <i>World Imagery Esri</i> , 2017).....	66
Figura 38. Profundidad al nivel estático en m (2013) del acuífero Santiago-Salagua (CONAGUA, 2020).....	70
Figura 39. Elevación al nivel estático en m s. n. m. 2013 del acuífero Santiago-Salagua.	71
Figura 40. Configuración de elevación del nivel estático para el año 2013, para acuífero Santiago-Salagua (datos obtenidos de (CONAGUA, 2020).	72
Figura 41. Configuración de elevación del nivel estático para el año 2013 (salidas), para acuífero Santiago-Salagua (datos obtenidos de (CONAGUA, 2020).	74
Figura 42. Evolución del nivel estático 2007-2013. (Datos obtenidos de (CONAGUA, 2020).	76
Figura 43. Aprovechamientos al acuífero Santiago-Salagua (gráfica elaborada con datos del REPDA de 15 de junio 2020).	78

Figura 44. Descargas en los acuíferos Jalipa-Tapeixtles y Santiago Salagua actualizados a 15 de junio de 2020 con datos REPDA.	79
Figura 45. Puntos y canales de descargas de aguas residuales que afecta a la Laguna Valle de las Garzas.	82
Figura 46. Descarga de agua residual punto 1, Laguna Valle de Las Garzas.	83
Figura 47. Descarga de aguas residuales con procedencia de la PTAR Salagua, punto 2.	84
Figura 48. Descargas de aguas residuales a la Laguna Valle de las Garzas, punto 4.	84
Figura 49. Descargas de aguas residuales a Laguna Valle de las Garzas, puntos 5 y 6.	85
Figura 50. Descarga de aguas residuales a Laguna Valle de las Garzas, punto 7.	86
Figura 51. Descarga de aguas residuales a Laguna Valle de las Garzas, punto 8.	86
Figura 52. Descarga de aguas residuales a Laguna Valle de las Garzas, punto 9.	87
Figura 53. Usos y aprovechamientos de los acuíferos Jalipa-Tapeixtles y Santiago-Salagua hasta junio 2020 elaborado con datos REPDA).	88
Figura 54. Uso de suelo y vegetación, CONABIO 2016. Imagen Satelital RGB 2019.	89
Figura 55. Clases y su descripción para el mapa de cobertura vegetal y/o uso de suelo presentes en las áreas adyacentes al manglar (Valderrama Landeros, y otros, 2017).	90
Figura 56. Uso de suelo y vegetación, 2019. Imagen Satelital RGB 2019.	91
Figura 57. Cambios en la cobertura de uso de suelo y vegetación en el periodo 2015-2019 por clase.	94
Figura 58. Distribución espacial de las zonas de cambio y zonas estables del uso de suelo y vegetación del periodo 2015-2019.	95
Figura 59. Uso de suelo y vegetación, 2019, en el cuerpo lagunar hasta el límite de la zona federal. Imagen Satelital RGB 2019.	97
Figura 60. Edafología en la zona de estudio, sobre Imagen Satelital RGB 2019.	98

Figura 61. Edafología en el cuerpo lagunar hasta el límite de la zona federal. Imagen Satelital RGB 2019.....	100
Figura 62. Geología en la zona de estudio, sobre Imagen Satelital RGB 2019.	101
Figura 63. Geología en el cuerpo lagunar hasta el límite de la zona federal, sobre Imagen Satelital RGB 2019.....	102
Figura 64. Sistema de topoformas, sobre Imagen Satelital RGB 2019.....	103
Figura 65. Modelo digital de elevación de la Laguna Valle de las Garzas. (INEGI, 2011).....	104
Figura 66. Curvas de nivel a 50 cm sobre el MDE de la Laguna Valle de las Garzas.	105
Figura 67. Curvas de Nivel a 50 cm sobre Imagen Satelital RGB 2019 de la Laguna Valle de las Garzas.	106
Figura 68. Zonificación en el área de estudio, según PDU Manzanillo.	107
Figura 69. Uso de suelo en el área de estudio, según PDU Manzanillo.....	108
Figura 70. Infraestructura de servicios según el DENUE 2019 de INEGI. Imagen de <i>World Imagery Esri, 2017</i>	109
Figura 71. Infraestructura vial según INEGI. Imagen de <i>World Imagery Esri, 2017</i>	110
Figura 72. Infraestructura hidro-sanitario. INPLAN 2018.....	111
Figura 73. Infraestructura eléctrica. INPLAN2018.....	111
Figura 74. Zona Federal Estero del Valle de las Garzas. Imagen Satelital RGB 2019.	112
Figura 75. Terrenos ganados a la laguna. Imagen Satelital RGB 2019.	113
Figura 76. Cuerpo lagunar hasta el límite de la zona federal de la Laguna Valle de las Garzas.	114
Figura 77. Comparación de espejo de agua del año 1996, 27 de marzo de 2003 y el 30 de mayo del 2020, sobre una Imagen de <i>Google Earth</i>	115
Figura 78. Áreas del espejo de agua de la Laguna Valle de las Garzas de 1996 a 2020.	116
Figura 79. Comparación de espejos de agua de la Laguna Valle de las Garzas de los años 2013-2020 (<i>Google Earth</i>).	117

Figura 80. Comparación de espejos de agua de la Laguna Valle de las Garzas de los años 2015-2020(<i>Google Earth</i>).	118
Figura 81. Comparación de espejos de agua de la Laguna Valle de las Garzas de los años 2016-2020 (<i>Google Earth</i>).	119
Figura 82. Comparación de espejos de agua de la Laguna Valle de las Garzas de los años 2017-2020 (<i>Google Earth</i>).	120
Figura 83. Comparación de espejos de agua de la Laguna Valle de las Garzas de los años 2018-2020 (<i>Google Earth</i>).	121
Figura 84. Espejos de agua de la Laguna Valle de las Garzas de los años 1996 y 2020.	122
Figura 85. Evolución del espejo de agua de la Laguna Valle de las Garzas del 2007-2020.	123
Figura 86. Porcentaje del área de espejo de agua de laguna Valle de las Garzas de 1996 al 2020.	123
Figura 87. Espejo de agua de la Laguna Valle de las Garzas del 6 de marzo del 2020.	124
Figura 88. Comparación del espejo de agua de 2019-2020 de la Laguna Valle de las Garzas.	125
Figura 89. Áreas del espejo de agua de la Laguna Valle de las Garzas 2019 y 2020.	126
Figura 90. Laguna Tapeixtles (<i>Google Earth</i> , 2019).....	127
Figura 91. Comparación del espejo de agua de la Laguna de Tapeixtles periodo 2009-2013.	128
Figura 92. Comparación del espejo de agua de la Laguna de Tapeixtles periodo 2009-2015.	129
Figura 93. Comparación del espejo de agua de la Laguna de Tapeixtles periodo 2009-2016.	129
Figura 94. Comparación del espejo de agua de la Laguna de Tapeixtles periodo 2009-2017.	130

Figura 95. Comparación del espejo de agua de la Laguna de Tapeixtles periodo 2009-2018.....	130
Figura 96. Comparación del espejo de agua de la Laguna de Tapeixtles periodo 2009-2019.....	131
Figura 97. Evolución del espejo de agua de la Laguna de Tapeixtles.....	132
Figura 98. Punto 1 de muestreo o validación para determinar el límite del humedal de la Laguna Valle de las Garzas, usando una imagen aérea georreferenciada (IAG 44).....	133
Figura 99. Punto 4 de muestreo o validación para determinar el límite del humedal de la Laguna Valle de las Garzas, usando una imagen aérea georreferenciada (IAG 91).....	134
Figura 100. Punto 15 de muestreo o validación para determinar el límite del humedal de la Laguna Valle de las Garzas, usando una imagen aérea georreferenciada (IAG 28).....	135
Figura 101. Punto 9 de muestreo o validación para determinar el límite del humedal de la Laguna Valle de las Garzas, usando una imagen aérea georreferenciada (IAG 28).....	136
Figura 102. Punto 6 de muestreo o validación para determinar el límite del humedal de la Laguna Valle de las Garzas, usando una imagen aérea georreferenciada (IAG 18).....	137
Figura 103. Delimitación del Humedal de la Laguna Valle de las Garzas.....	138
Figura 104. Caracterización del humedal de la Laguna Valle de Las Garzas.....	143
Figura 105. Caracterización de la Laguna Valle de las Garzas. Punto de verificación 1 y zonas del humedal, están señaladas las zona de inundación permanente (IP) y la zona de saturación estacional (Imagen 10 de febrero del 2020).....	144
Figura 106. Caracterización de la Laguna Valle de las Garzas. Punto de verificación 1 y zonas del humedal, están señaladas las zona de inundación permanente (IP) y la zona de saturación estacional para época de secas (Imagen junio 2020.).....	145

Figura 107. Caracterización de la Laguna Valle de las Garzas. Punto de verificación 2 y 3 y zonas del humedal, están señaladas las zona de inundación permanente (IP) y la zona de saturación estacional (Imagen 10 de febrero del 2020).	146
Figura 108. Caracterización de la Laguna Valle de las Garzas. Puntos de verificación 4, 5 y 6 las zonas del humedal; están señaladas las zona de inundación permanente (IP) y la zona de saturación estacional (Imagen 10 de febrero del 2020).	147
Figura 109. Caracterización de la Laguna Valle de las Garzas. Punto de verificación 7 y 8 y zonas del humedal, están señaladas las zona de inundación permanente (IP) y la zona de inundación estacional (Imagen 10 de febrero del 2020).	148
Figura 110. Caracterización de la Laguna Valle de las Garzas. Puntos de verificación 9 y 10 y zonas del humedal. Están señaladas las zonas de inundación permanente (IP) y la zona de inundación estacional (Imagen 10 de febrero del 2020).....	149
Figura 111. Caracterización de Laguna Valle de las Garzas. Punto de verificación 10 y zonas del humedal. Están señaladas las zonas de inundación permanente (IP) y la zona de inundación estacional (Imagen julio 2020).....	150
Figura 112. Caracterización de Laguna Valle de las Garzas. Puntos de verificación 7 y 9 zonas del humedal. Están señaladas las zonas de inundación permanente (IP) y la zona de inundación estacional (Imagen junio 2020).....	151
Figura 113. Caracterización de Laguna Valle de las Garzas. Puntos de verificación 11 y 12 y están señaladas las zonas de Inundación Estacional (IE), saturación estacional (SE) e inundación permanente (IP) (Imagen 10 de febrero del 2020)....	152

Índice de Tablas

Tabla 1. Relación entre las escalas usadas en el INH-UNAM y los niveles jerárquicos de la clasificación (CONAGUA, 2013).....	24
Tabla 2. Tamaño del humedal según el marco de referencia (CONAGUA, 2013). ...	26
Tabla 3. Algunas categorías de forma de los humedales (CONAGUA, 2013).	26
Tabla 4. Estaciones meteorológicas de CONAGUA cercanas a la Laguna Valle de las Garzas.	40

Tabla 5. Temperatura media mensual registrada en las estaciones de Manzanillo, Punta de Agua y Armería (Fuente INEGI y CONAGUA, 2020).	42
Tabla 6. Temperatura máxima mensual para las Estaciones de CONAGUA ubicadas alrededor de Laguna Valle de las Garzas (INEGI y CONAGUA, 2020).	44
Tabla 7. Temperatura mínima mensual para las Estaciones de CONAGUA ubicadas alrededor de Laguna Valle de las Garzas.	46
Tabla 8. Registros de la lluvia total anual de las estaciones meteorológicas de CONAGUA cercanas Laguna Valle de las Garzas.	47
Tabla 9. Precipitación total anual (mm) (CONAGUA, 2020).	48
Tabla 10. Lluvia media mensual (mm) (CONAGUA, 2020).	48
Tabla 11. Precipitación máxima en 24 h para estaciones cercanas a la Laguna Valle de las Garzas.	50
Tabla 12. Características de las regiones hidrológicas a las que pertenece el municipio de Manzanillo.	53
Tabla 13. Clasificación de terrenos por su transmisividad T (IGME, 2020).	57
Tabla 14. Valores de la permeabilidad K (IGME, 2020).	58
Tabla 15. Cálculo de las entradas para flujo subterráneo horizontal en el acuífero Jalipa-Tapeixtles (CONAGUA, 2020).	61
Tabla 16. Cálculo de las salidas para flujo subterráneo horizontal en el acuífero Jalipa-Tapeixtles (CONAGUA, 2019).	62
Tabla 17. Cálculo del volumen de cambio de almacenamiento (2006-2013).	64
Tabla 18. Disponibilidad media anual del acuífero Jalipa-Tapeixtles.	66
Tabla 19. Cálculo de las entradas para flujo subterráneo horizontal en el acuífero Santiago-Salagua (CONAGUA, 2020).	73
Tabla 20. Cálculo de las salidas para flujo subterráneo horizontal en el acuífero Santiago-Salagua (CONAGUA, 2020).	74
Tabla 21. Cálculo del volumen de cambio de almacenamiento (2007-2013).	77
Tabla 22. Disponibilidad media anual del acuífero Santiago-Salagua.	78
Tabla 23. Procedencia y volumen de descarga al acuífero Jalipa-Tapeixtles (Elaborado con datos del REPDA 15 de junio 2020).	80

Tabla 24. Procedencia y volumen de descarga al acuífero Jalipa-Tapeixtles (Elaborado con datos del REPDA 15 de junio 2020).....	81
Tabla 25. Ubicación de puntos de descarga de aguas residuales a la Laguna Valle de las Garzas.	82
Tabla 26. Tasa de transformación de superficie de uso de suelo y vegetación en el periodo 2015-2019.	92
Tabla 27. Matriz de transición de uso de suelo y vegetación para el año 2015 y 2019, mostrando las pérdidas y ganancias por clase en hectáreas.	93
Tabla 28. Superficie (ha) y porcentaje de pérdidas, ganancias, cambio neto, intercambio y cambio total para los diferentes usos de suelo y vegetación en el periodo 2015-2019.	95
Tabla 29. Cobertura de uso de suelo y vegetación hasta el límite de zona federal...	96
Tabla 30. Cobertura de uso de suelo y vegetación hasta el límite de zona federal.	102
Tabla 31. Puntos para delimitar el humedal de la Laguna Valle de las Garzas.	138
Tabla 32. Zonas del humedal de la Laguna Valle de las Garzas.	142
Tabla 33. Puntos de verificación para la caracterización del humedal de la Laguna Valle de las Garzas.	153

I Introducción

La delimitación del Humedal de la Laguna Valle de las Garzas permitirá establecer una línea base de la zona de estudio que posibilitará a otras disciplinas la realización de estudios con mayor nivel de detalle, dejando además un antecedente del estado actual de la Laguna Valle de las Garzas y permitiendo la obtención de una evaluación prospectiva del comportamiento tendencial de este humedal para el año 2050.

I.1 Antecedentes

La actual ciudad y puerto de Manzanillo fue fundada en 1530 por el capitán Gonzalo de Sandoval con el nombre de Çalagua (Salagua). Inicialmente fue conocido por los españoles como puerto de Santiago y posteriormente como Salagua durante los siglos XVI y XVII. Hacia el 1700 se produjo un cambio en la designación del puerto de Salagua, de “Salagua-Santiago”, como era costumbre, a Salagua–Manzanillo, adquiriéndose poco a poco preeminencia el segundo término sobre el primero hasta quedar, ya a principios del siglo XIX, sólo Manzanillo como denominador general de la gran bahía colimense.



Figura 1. El puerto de Çalagua. Descripción de las Indias. Cardona, 1632.

El puerto de Manzanillo se abrió como puerto del Pacífico en el año 1824, a partir de este momento inició su desarrollo histórico como ciudad y puerto. La zona se compone de 9 localidades, El Naranjo, Miramar, Las Brisas, El Colomo, Tapeixtles, Salagua, Valle de las Garzas, Santiago y Manzanillo (Ahora conocido como Centro Histórico de Manzanillo). Gracias al desarrollo comercial de México, Manzanillo se proyecta como un puerto comercial y destino turístico por lo que ha experimentado un rápido crecimiento en infraestructura portuaria y turística.

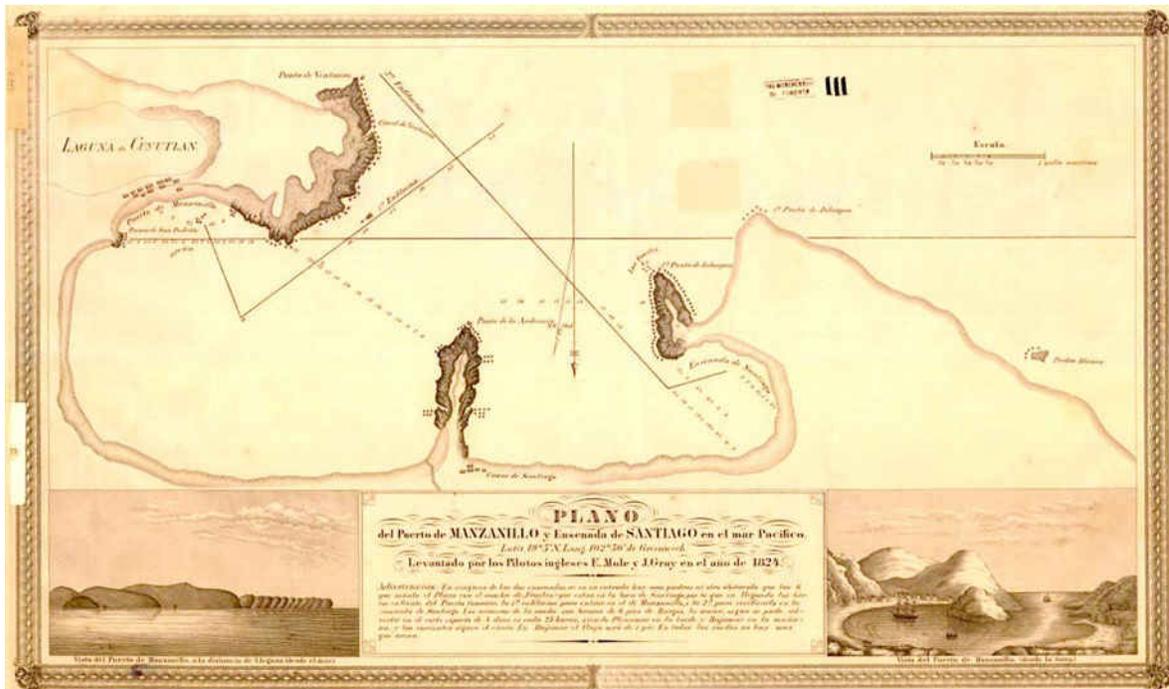


Figura 2. Plano del puerto de Manzanillo en 1824. E Mole y J. Gray.

Este desarrollo ha traído aparejado un incremento en la infraestructura, que a partir de 1980 provocó un crecimiento acelerado de la población (INEGI, 2000) que los ayuntamientos municipales no han podido organizar, otorgando concesiones de manera indiscriminada a las inmobiliarias.

La zona costera de Manzanillo consta de un puerto y tres bahías, Manzanillo-Salagua, Cenicero y la bahía de Santiago. Justo detrás de la bahía Manzanillo-Salagua se localizan dos lagunas costeras: la Laguna de San Pedrito y la Laguna del Valle de las Garzas. Originalmente era sólo una laguna llamada San Pedrito,

pero el crecimiento del puerto y la ciudad ocasionó cambios y divisiones de la laguna original hasta convertirlas en lo que hoy las conocemos.

La extensión de la Laguna de San Pedrito se ve a través de un mapa de la zona de 1882. En él pueden distinguirse en los márgenes de la laguna, pequeñas poblaciones como Salagua, Los Delgados, Los Cocales, Los Tapestes y San Pedrito.

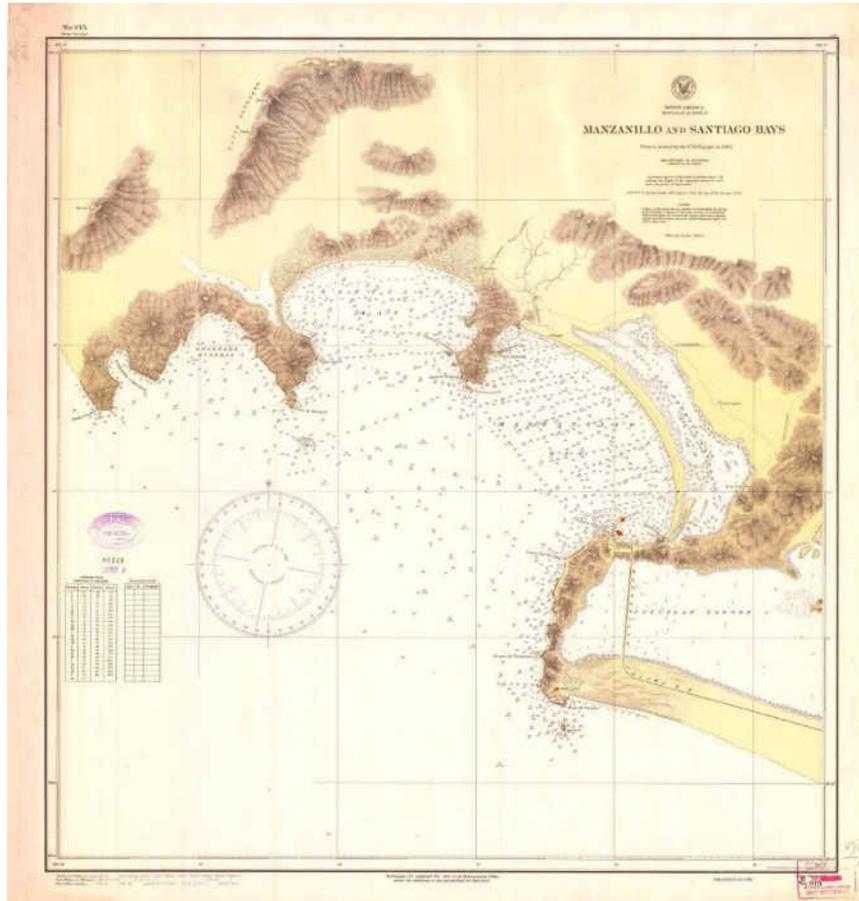


Figura 3. Laguna de San Pedrito en 1882. Survey by USS Ranger. Department of the Navy.

En un plano de 1899, correspondiente a las obras de saneamiento de los terrenos adyacentes al Puerto de Manzanillo, es posible visualizar a la Laguna de San Pedrito como un cuerpo de agua formado por manglares que se extendía casi hasta la ensenada de Salagua. En el interior de esta laguna se identifica un canal sanitario,

áreas de Mangle, islotes, e incluso un proyecto de canal para el saneamiento de la laguna.



Figura 4. Plano de las obras de saneamiento de los terrenos adyacentes al Puerto de Manzanillo, 1897.

En un mapa de 1913 es posible distinguir a la laguna de San Pedrito (San Pedro) y algunos puntos de la geografía colimense. Destaca la extensión de la Laguna de Cuyutlán hasta casi la desembocadura del río Armería.



Figura 5. Mapa del estado de Colima en 1913. M. Guillot.

Hacia 1932 la Laguna de San Pedrito se consideraba insalubre, pero en ese año, con el sismo del 21 de junio, se observó una importante salida del mar en la zona de San Pedrito, anegando la laguna, y abriéndose la boquita, comunicando la laguna con el mar. A partir de ese momento, la laguna se llenó de pesca, y claro está, de pescadores, creándose en su ribera sur algunas cooperativas pesqueras.

En julio de 1939, fue inaugurado el Hospital Civil de San Pedrito, que fue construido por la Junta de Mejoras Materiales. En el vaso de la laguna había una isla con una extensión de 6 hectáreas aproximadamente, con palmeras, mangos, ciruelas y marañones. En 1945, debido a fuertes marejadas, se abrió aún más la boca, con un canal como de veinte metros (Víctor Manuel Martínez).

En la década de los cuarenta del siglo pasado, la Laguna de San Pedrito se localizaba en una franja costera desde el barrio de San Pedrito ubicado en la zona del antiguo Hospital Civil (muy cerca del centro histórico) hasta la población de Salagua. La construcción del Puerto Interior de Manzanillo y el proceso de urbanización seccionaron la Laguna de San Pedrito en diferentes pedazos, iniciando un drástico deterioro ambiental y un progresivo deterioro. Uno de esos vasos se conoce ahora como la Laguna Valle de las Garzas donde la Planta de Tratamiento de aguas más importante del puerto vierte sus desechos.

En el año de 1971 se inauguró el Puerto Interior de San Pedrito con lo cual esta laguna se dividió en dos cuerpos, pasando el vaso situado más al norte a conocerse como Laguna del Valle de las Garzas.

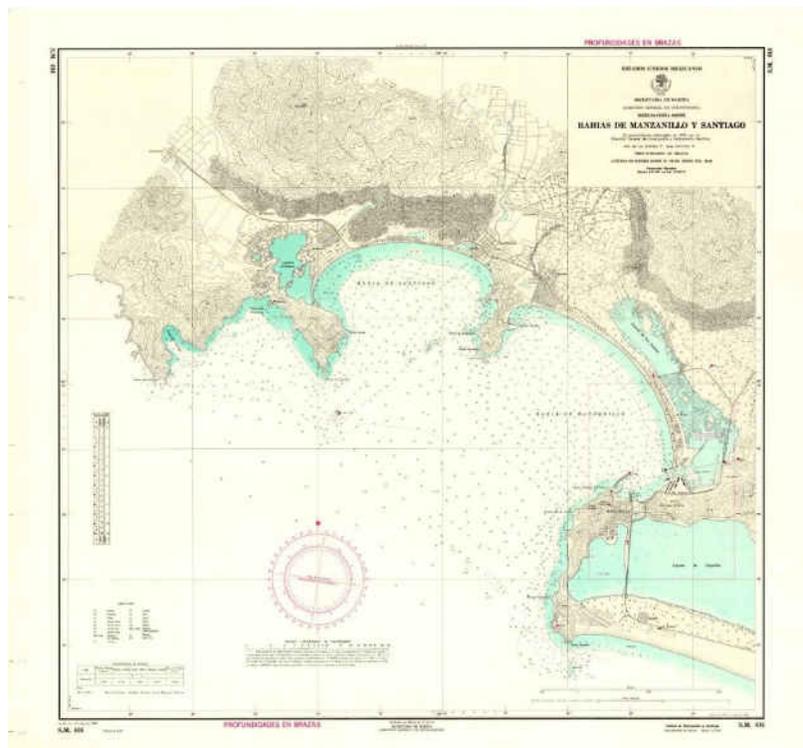


Figura 6. Bahía de Manzanillo, SEMAR, 1972.

La Laguna de las Garzas podía considerarse hace 40 años como un cuerpo poikilohalino, esto es, que regulaba su salinidad por medios externos (debido a la influencia de las mareas) pero actualmente como consecuencia de las

modificaciones antropogénicas se ha convertido en un cuerpo endohalino, o sea, que su salinidad está regulada internamente. Aun cuando existe una estructura para aislarla de la influencia de las mareas, el contenido que presenta es al menos parcialmente marino. El aporte de agua está dado únicamente por la precipitación pluvial y por los escurrimientos de la micro cuenca a la que pertenece; por consiguiente, cuando la precipitación es escasa y el medio adyacente no facilita el escurrimiento de las aguas de lluvia, el aporte es mínimo. (Patiño *et al*).

Se puede considerar también como una aportación de agua, los escurrimientos de drenajes (aguas fecales) de las casas que se encuentran en el margen de la laguna. La polución orgánica de esta agua provoca modificaciones importantes en el metabolismo del ecosistema. Por otra parte la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en la zona, vierte sus aguas a la laguna convirtiendo el cuerpo de agua en una laguna de oxidación (Meyer-Willerer *et al.*, 2008). La circulación del agua se lleva a cabo exclusivamente por la acción del viento y es mínima. La profundidad máxima que presentaba en 1982 era de 0.5 m con un promedio de 0.40 m.

“En octubre de 1983 la Maestra Griselda Álvarez, Gobernadora del Estado, comenzó las gestiones ante las Secretarías de la Reforma Agraria y de Desarrollo Urbano y Ecología y ante la Comisión Nacional de Avalúos para conseguir la expropiación de 244 hectáreas de los Ejidos Colonia del Pacífico y Salagua, habiéndose indemnizado a los campesinos afectados el 1 de marzo de 1984. Así, en noviembre de 1985 se constituyó el Fideicomiso Manzanillo-Las Garzas (FIMAGA), iniciándose el fraccionamiento en septiembre de 1986. Con la medida anterior, los tres niveles de gobierno tomaron una decisión de alto impacto social: Reubicaron a los habitantes de los Palafitos -viviendas insalubres construidas sobre zancos y posterías situadas en los márgenes de la laguna de Cuyutlán,¹ trasladando a sus pobladores en el contorno costero de la Laguna del Valle de las Garzas, con una

¹ Archundia, H. "El Valle de las Garzas, ejemplo de desarrollo urbano nacional. Su historia y formación". Inédito.

división de sectores llamados Barrios, del I al VI. Durante los siguientes años se han urbanizado y comercializado los seis Barrios y zonas de equipamiento regional y urbano, habiéndose desarrollado el 98% de la vivienda potencial con una población superior de 50,000 habitantes. Entre los servicios más importantes que se encuentran en el citado desarrollo urbano están la Central de Autobuses, el Complejo de Seguridad Pública y el Hospital Civil (Patiño, *et al.*, 2009).

I.2 Objetivos del programa.

I.2.1 Objetivo General

Delimitar el humedal bajo criterios edafológicos, hidrológicos y bióticos en función de las Consideraciones del Término Séptimo, Condicionante 7, inciso b) de la Resolución Administrativa No. PFPA13.5/2C.27.5/0028/17/0110 de PROFEPA.

I.2.2 Objetivos particulares

- Delimitar el humedal bajo criterios edafológicos.
- Delimitar el humedal bajo criterios hidrológicos.
- Delimitar el humedal bajo criterios bióticos

II Indicadores ambientales y metas del programa

Los indicadores de este programa son los avances mensuales en los criterios edafológicos, hidrológicos y bióticos para delimitar el humedal atendiendo la Condicionante 7 inciso b) de la Resolución Administrativa No. PFPA13.5/2C.27.5/0028/17/0110 de PROFEPA.

La meta del programa es la definición de las fronteras del humedal, basado en los lineamientos establecidos por el Inventario Nacional de Humedales (SEMARNAT, INEGI, CONABIO, CONANP, INE, CONAGUA, 2008).

III Descripción de trabajos-Metodología empleada.

III.1 Área de estudio.

La Laguna Valle de Las Garzas se localiza al Norte de la Laguna del puerto interior San Pedrito se encuentra aproximadamente dentro de las coordenadas $19^{\circ} 05' 05''$ y $19^{\circ} 06' 10''$, latitud Norte y $104^{\circ} 18' 00''$ $104^{\circ} 19' 20''$ de longitud Oeste. Colinda al Norte con la comunidad de Salagua al Este con la comunidad de Las Garzas y la carretera costera Manzanillo-Cihuatlán y al Sur con la carretera Manzanillo-Santiago y a 25 m aproximadamente el puerto interior de San Pedrito (Figura 7 y Figura 8).

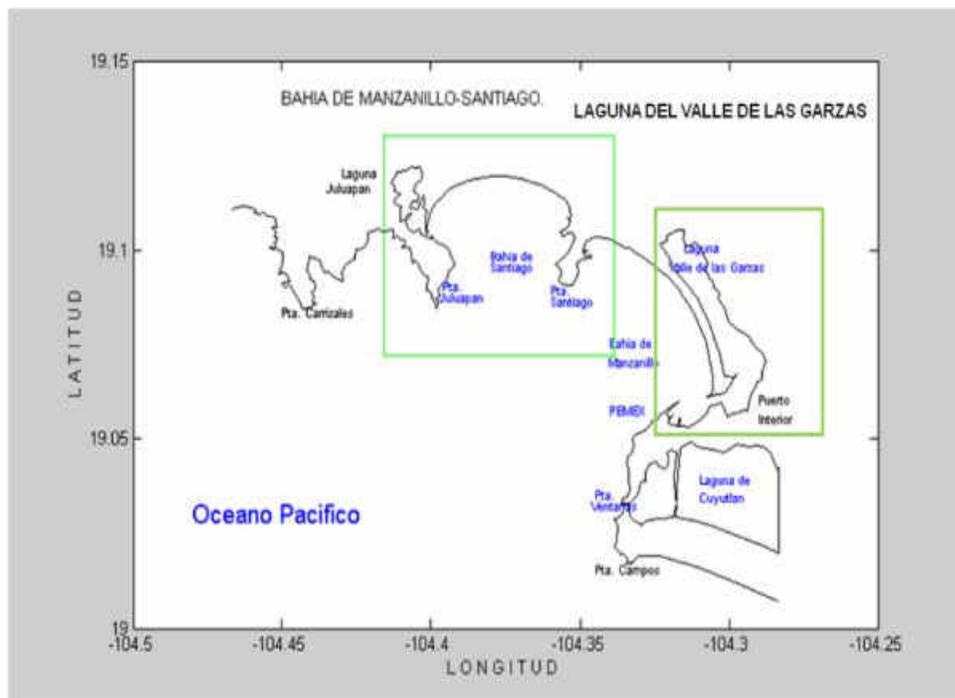


Figura 7. Ubicación de la Laguna Valle de las Garzas.



Figura 8. Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedro y Puerto Interior de Manzanillo, Colima. Google Earth, 2020.

III.2 Metodología

Los humedales son las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres, que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, tanto continentales como costeras, sujetas o no a la influencia de mareas (SEMARNAT, 2008).

Para delimitar hidrológicamente los humedales y establecer su perímetro de protección, se toman tres criterios básicos: hidrológicos, botánicos y edafológicos.

Para la delimitación hidrológica de los humedales propone un proceso sistemático de levantamiento, almacenamiento y procesamiento de información geográfica disponible o que se deba generar.

1. Recopilación y procesamiento de información cartográfica. Cartografía digital, fotografías aéreas, imágenes de satélite, levantamientos topográficos, etc.
2. Datos hidrológicos, hidrogeológicos y climáticos de la cuenca. Precipitación, Evaporación, Temperatura, registros históricos de las estaciones hidrométricas

3. Información base. Desarrollo de infraestructura urbana, industrial, agrícola, de comunicaciones, fuentes de abastecimiento de agua, plantas potabilizadoras y de tratamiento de agua y uso de suelo.
 - a. División territorial que incluye: Política, hidrológica, hidrológico administrativa. Superficie, población, infraestructura, etc. (SEMARNAT, CONAGUA, 2013).
4. Delimitación del humedal. Los humedales mantienen tres zonas generalmente, la de inundación permante, la de inundación estacional y la de saturación estacional, es en está última zona donde se encuentra la protección del humedal. En el caso de los humedales permanentes inundables se mantienen las trez zonas, los humedales estacionalmente inundables tienen dos zonas (inundación estacional y saturación estacional y los humedales estacionalmente saturados tienen una, la zona de saturación estacional (SEMARNAT, CONAGUA, 2013).

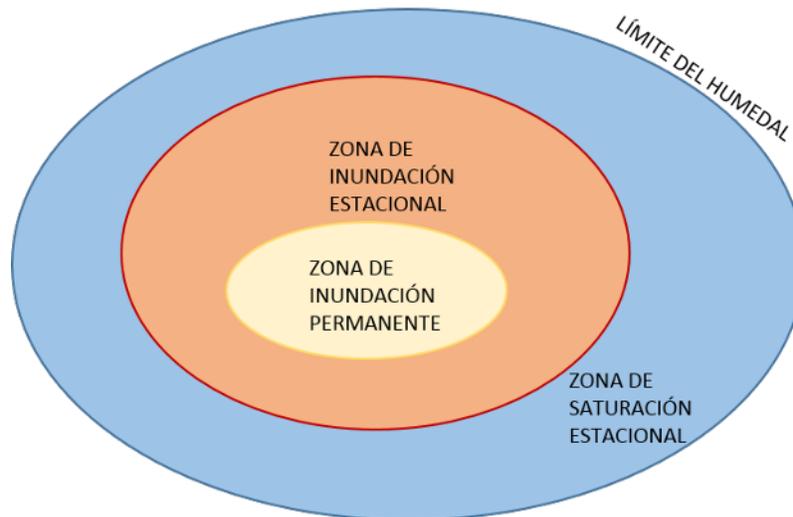


Figura 9. Zonas del humedal.

5. Delimitación del perímetro de protección de la zona del humedal sujeto a la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento. Una vez que se ha delimitado el humedal habrá que diferenciar que parte del mismo se encuentra dentro de la Zona Federal o el cauce, vaso, laguna o cuerpos de agua que son de propiedad nacional (SEMARNAT, CONAGUA, 2013).

III.3 Criterios de delimitación de humedales.

Las condiciones hídricas de un humedal constituyen el factor primordial que determina las características de estos ecosistemas. Las condiciones hídricas están definidas a su vez por la interrelación de los factores topográficos, climáticos y geológicos del área, así como de la cuenca en donde se ubica el humedal, y por los usos, estado de conservación y funcionalidad de la cuenca.

Las condiciones hídricas específicas de los humedales se reflejan en tres elementos clave que sirven como criterios para su delimitación:

- Inundación o saturación del suelo de forma permanente o temporal, lo cual origina condiciones anaeróbicas que ocasionan una reducción química en el suelo restringiendo así, los tipos de plantas que pueden crecer y los tipos de suelos que se desarrollan en el sitio (criterios hidrológicos)
- La aparición de vegetación hidrófila, que crece en el agua o en sustratos que al menos periódicamente, presentan condiciones anaeróbicas por un exceso de agua.
- La presencia de suelos hídricos (criterios edafológicos con base en tipos de suelos) (SEMARNAT, 2008).

III.3.1 Lineamientos técnicos

Según los *Lineamientos para la clasificación de humedales*, la clasificación tiene una estructura jerárquica que consta de cuatro niveles, identificadores y los descriptores, los cuales están divididos en tres escalas de trabajo; nivel nacional, escala 1:250 000; a nivel cuenca, escala 1:50 000; y nivel humedal escala 1:20 000. La relación entre escala y niveles se describe de forma gráfica en (CONAGUA, 2013).

Tabla 1. Relación entre las escalas usadas en el INH-UNAM y los niveles jerárquicos de la clasificación (CONAGUA, 2013).

Escala			Niveles	Jerarquías
1:250 000	1:50 000	1:20 000	Nivel 1	Sistema
			Nivel 2	Subsistema
			Nivel 3	Clase

			Nivel 4	Subclase
			Descriptorios	

El primer nivel **Sistema**, agrupa a los hábitats con condiciones similares hidrológicas, geomorfológicas, químicas o biológicas, siendo seis las opciones:

- Marino
- Estuarino
- Fluvial
- Lacustre
- Palustre
- Creados

El segundo nivel, nombrado **Subsistema**, considera las formas terrestres principales:

- Plataforma
- Depresión
- Planicie
- Ladera
- Montaña

El tercer nivel, con nombre **Clase**, contempla el régimen de marea y/o agua:

- Intermareal o submareal para los sistemas marino y estuarino.
- Régimen de agua permanente inundado, estacionalmente inundado.
- Intermisiblemente inundado, o estacionalmente saturados por los sistemas fluvial, palustre y lacustre.

El cuarto nivel, llamado **Subclase**, hace referencia a las unidades primarias, que se definen como áreas donde convergen varios humedales y/o humedales específicos que comparten una forma terrestre y un régimen de agua/marea dentro de un sistema dado. Después del cuarto nivel, se agrupan los descriptorios, los cuales dan información detallada para el humedal. Los aspectos que se consideran son: clima, tamaño, forma del humedal, organización y cobertura de la vegetación, modificado/cambio de uso de suelo, sustrato del humedal, tipo de sedimento (tamaño de partícula) salinidad, forma biológica y tipo de comunidad (CONAGUA, 2013).

III.3.1.1 Tamaño del humedal

El tamaño del humedal se obtiene a partir del polígono definido para el humedal en estudio, mediante el cálculo de la superficie. Los humedales por su tamaño se categorizaron en distintas escalas, variando dependiendo de la geoforma en la que están contenidos (CONAGUA, 2013). Para las depresiones, planicies, pendientes y montañas el tamaño está mostrado en Tabla 2.

Tabla 2. Tamaño del humedal según el marco de referencia (CONAGUA, 2013).

Tamaño del humedal	Marco de referencia
Megaescala	Mayores de 10 km x 10 km
Macroescala	1 km x 1 km a 10 km x 10 km
Mesoescala	500 m x 500 m a 1000 m x 1000 m
Microescala	100 m x 100 m a 500 m x 500 m
Leptoescala	Menores de 100 m x 100 m

III.3.1.2 Forma

La forma del humedal se obtiene a partir del polígono definido para el humedal en estudio, identificando la forma que presenta. La forma de los humedales corresponde a lineal, alargada, ovoide, redonda, forma de ventilador, sinuosa, recta, e irregular, etc. (CONAGUA, 2013). La categoría de forma de los humedales está mostrada en la Tabla 3.

Tabla 3. Algunas categorías de forma de los humedales (CONAGUA, 2013).

Forma del humedal	Descripción
Lineal	Largo y delgado como una línea
Alongado	Prolongado
Ovoide	En forma de huevo
Redondo	Forma circular o semejante a ella
Irregular	Forma asimétrica

III.3.1.3 Organización y Cobertura de la Vegetación

Se obtiene a partir de una imagen satelital, utilizando el polígono definido del humedal. Se realiza un análisis de la organización interna de la vegetación mediante la interpretación de la imagen. Se observa la cobertura de la vegetación - periférica, en mosaico o completa-; y si hay una o más comunidades acuáticas. La organización interna de la vegetación es la relación entre la cobertura con la

complejidad de la vegetación. Al conjugar estas dos variables se tienen nueve categorías de vegetación de humedales, las cuales son: Periforme, paniforme, latiforme, zoniforme, gradiforme, concetriforme, bacataforme, heteroforme y maculiforme; estas categorías son mostradas en Figura 10.

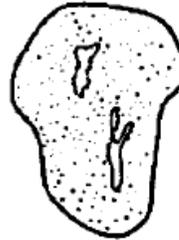
		Cobertura de la vegetación		
		Periférica	Mosaico	Completa
Organización interna de la vegetación	Homogénea	 Periforme	 Paniforme	 Latiforme
	Zonal	 Zoniforme	 Gradiforme	 Concentriforme
	Heterogénea	 Bacataforme	 Heteroforme	 Maculiforme

Figura 10. Categorías de la organización de la vegetación (CONAGUA, 2013).

III.3.1.4 Descripción a nivel de sitio

La descripción a nivel de sitio está compuesta con la información sobre las variables que son necesarias para caracterizar, delimitar y clasificar los humedales a nivel de sitio.

Como procedimiento general, el trabajo que se realiza en gabinete, el trabajo se verifica mediante trabajo de campo, orientado a generar y analizar información para determinar:

Las **generalidades** del sitio o humedal. Esta información se refiere básicamente a la ubicación del humedal, tanto a nivel de cuenca como de entidad federativa en la que se encuentra.

La **delineación**. Esta es la información sobre la extensión del humedal que se determina mediante la información cartográfica de la periferia o borde del humedal. La información se genera mediante cartografía e interpretación de imágenes de satélite.

La **caracterización** del humedal. Esta información se refiere a los criterios distintivos del ecosistema (hidrológicos, edafológicos y bióticos) que determinan el tipo de humedal y por tanto su clasificación.

Para realizar la delineación y caracterización son necesarios puntos de verificación y de caracterización (CONACyT-CONAGUA, 2012).

III.4 Actividades de campo

En el periodo agosto 2019- julio 2020, se realizaron 40 vuelos con Drones dentro del área de estudio considerando diferentes alturas. En estos recorridos se recolectaron fotografías y videos de la Laguna Valle de las Garzas y sus áreas vecinas. La distancia total recorrida con los drones fue de 159.75 km, con un alcance máximo de 1,887 metros y una altura máxima promedio de 117.95 metros sobre el nivel del mar. Asimismo, se han realizado 24 recorridos de campo en la zona de estudio.

III.5 Actividades de Gabinete

En el Laboratorio de Geomática se digitalizaron 11 espejos de agua pertenecientes a la Laguna Valle de las Garzas y siete más de la Laguna de Tapeixtles. Asimismo, se Georreferenció y recolectó información de distintas dependencias oficiales que proporcionan los datos de forma estadística y general de la zona de estudio.

IV Resultados

En las siguientes imágenes se muestra la flora y fauna en el área de estudio (Figura 11).









Figura 11. Flora y fauna en el área de estudio.

En la
Figura 12 se muestran algunos aspectos de la Laguna Valle de las Garzas, a diferentes ángulos y alturas capturadas con Dron.







Figura 12. Imágenes aéreas del área de estudio tomadas desde el Dron.

En el anexo fotográfico se muestran más imágenes de la zona.

IV.1 Generalidades

IV.1.1 Información Base

El área de estudio se localiza en el municipio de Manzanillo en el estado de Colima. Con coordenadas 19° 03' 11" Latitud norte y 104° 18' 58" Longitud oeste, tiene una altitud de 13 m s. n. m.²(

Figura 13). La superficie del municipio es de 1,337.83 km²,³ corresponde al 24% del territorio estatal.⁴

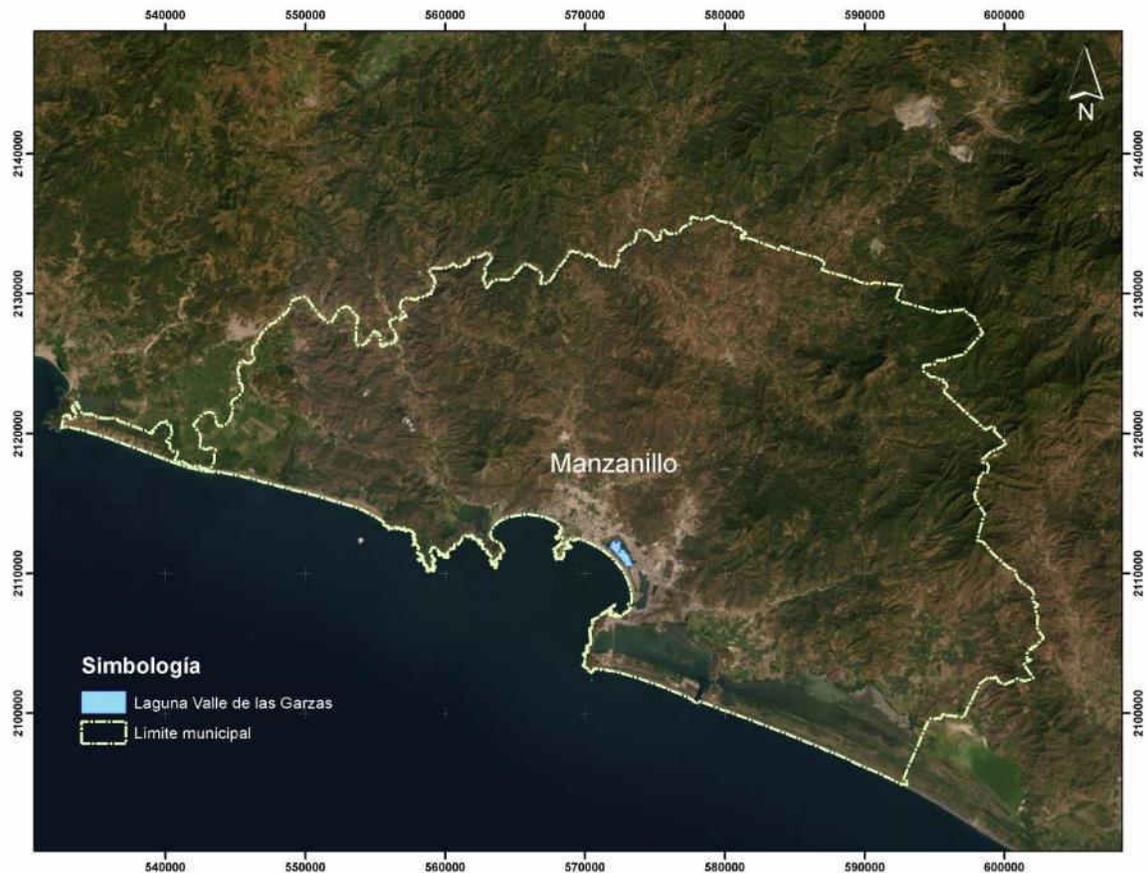


Figura 13. División Política Municipal. Imagen de *World Imagery Esri*, 2017.

² INEGI, 2017.

³ Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, Estado de Colima.

⁴ INEGI 2016.

IV.1.2 Población

Según la Encuesta Intercensal 2015 de INEGI el municipio de Manzanillo tiene una población total de 184,541, que representa el 25.9 % de la población estatal. La densidad de población es de 136.6 hab/km². La relación de hombres- mujeres es de 100.2, existen 100 hombres por cada 100 mujeres.

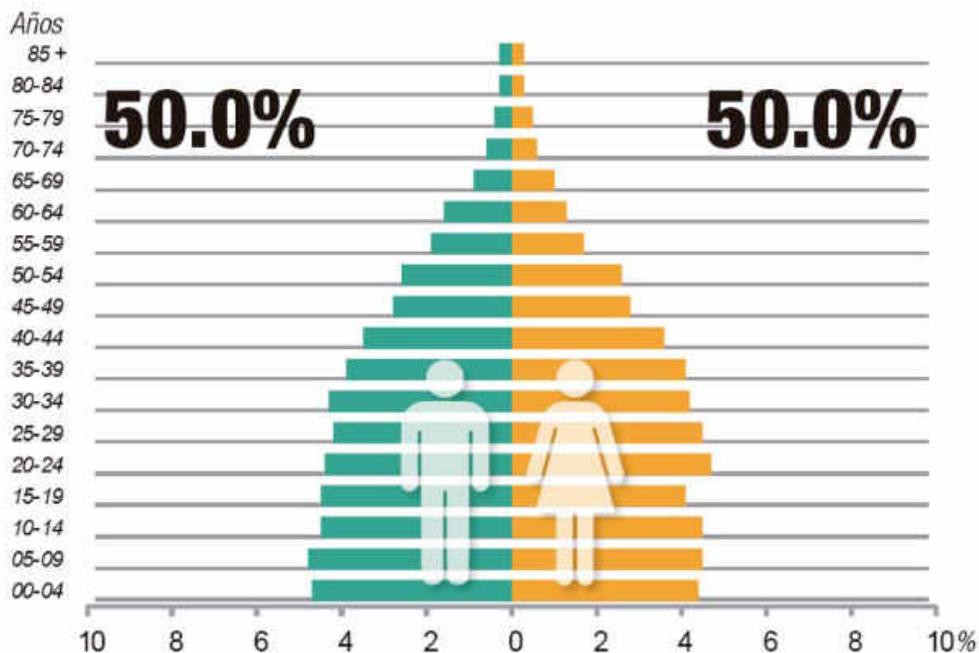


Figura 14. Relación hombres - mujeres en el municipio de Manzanillo.⁵

Según la CONAPO, las proyecciones de población para el municipio de manzanillo en el periodo 2019 - 2030 registran un aumento constante de la población, siendo la relación de hombres-mujeres muy similar al 50-50 (Figura 15), similar a lo registrado en la Encuesta Intercensal de 2015 de INEGI.

⁵ Idem.

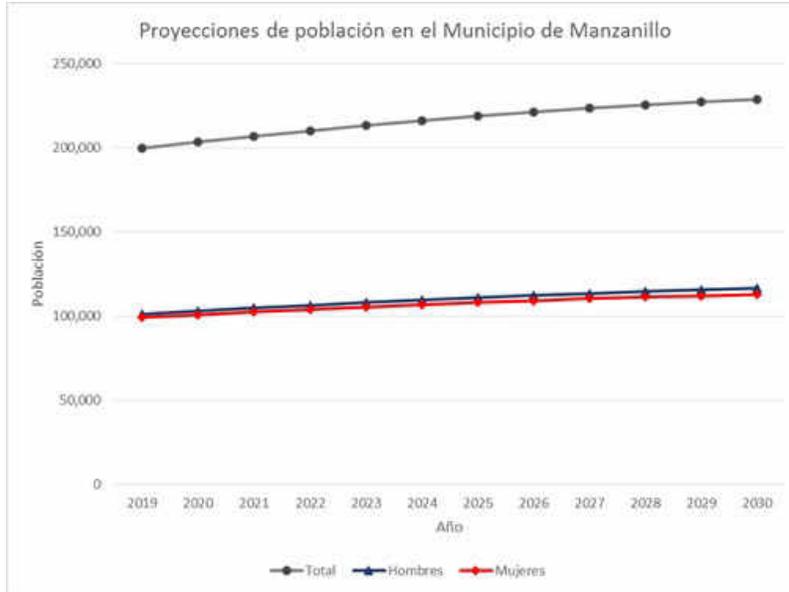


Figura 15. Proyecciones de población en el municipio de Manzanillo 2019-2030.⁶

En un comparativo entre los años 2003 y 2010 la mancha urbana en los alrededores de Laguna Valle de las Garzas se ha extendido rápidamente (Figura 16).



Figura 16. Mancha urbana y espejos de agua de la Laguna Valle de las Garzas para los años 2003 y 2010 (Imagen de World Imagery Esri, 2017).

⁶ Consejo Nacional de Población (CONAPO), 2019. Proyecciones de la Población de los Municipios de México, 2015-2030. En <https://www.gob.mx/conapo/documentos/proyecciones-de-la-poblacion-de-los-municipios-de-mexico-2015-2030>.

IV.1.3 Clima

El clima en la Laguna Valle de las Garzas es de tipo Aw0 (w) que atribuye al tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano, con la particularidad que es el menos húmedo de los cálidos subhúmedos, es decir, humedad muy baja (Figura 17).



Figura 17. Tipo de clima en la Laguna Valle de las Garzas. (Mapa elaborado con datos de INEGI).

Para describir las características climáticas de la Laguna Valle de las Garzas se tomó como referencia la base de datos de las Estaciones Meteorológicas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) que se encuentran ubicadas en las cercanías, las cuales son: Estación 06-095 (o 06-018) Manzanillo (Observatorio), Estación 06-001 Armería, Estación 06-069 Punta de Agua, Estación 06-063 Chandiablo, Estación 06-070 San José Lumber, Estación 06-004 Camotlán de Miraflores, y Estación 06-064 El Charco.

Tabla 4. Estaciones meteorológicas de CONAGUA cercanas a la Laguna Valle de las Garzas.

Estación	CLAVE	Municipio	Altura (m s. n. m.)	Coordenadas geográficas	
				Latitud	Longitud
Punta de Agua	06-069	Manzanillo	80.0	19°9'48.20" N	104°15'57.30" O
Manzanillo (Observatorio)	06-018	Manzanillo	80.0	19°2'39.23" N	104°19'6.36" O
Armería	06-001	Armería	37.0	19°2'39.23" N	104°19'6.36" O
Camotlán de Miraflores	06-004	Manzanillo	376.0	19°13'21.3" N	104°13'56.82" O
San José Lumber	06-070	Manzanillo	453.0	19°11'48.98" N	104°7'37.79" O
Chandiablo	06-069	Manzanillo	131.0	19°12'32.59" N	104°20'9.68" O
El Charco	06-064	Manzanillo	83	19°13'21.00" N	104°29'26.16" O

Los datos para describir las condiciones climatológicas incluyen registros desde 1961 hasta junio del año 2018.



Figura 18. Estaciones Meteorológicas de CONAGUA ubicadas alrededor de la Laguna Valle de las Garzas.

IV.1.3.1 Temperatura

Tomando en cuenta los registros de datos de las Estaciones de CONAGUA (2020) ubicadas alrededor de la zona de interés, fue realizada una interpolación de datos para determinar que la temperatura media anual es entre 26.5 a 27°C; la distribución geográfica es mostrada en

Figura 19.

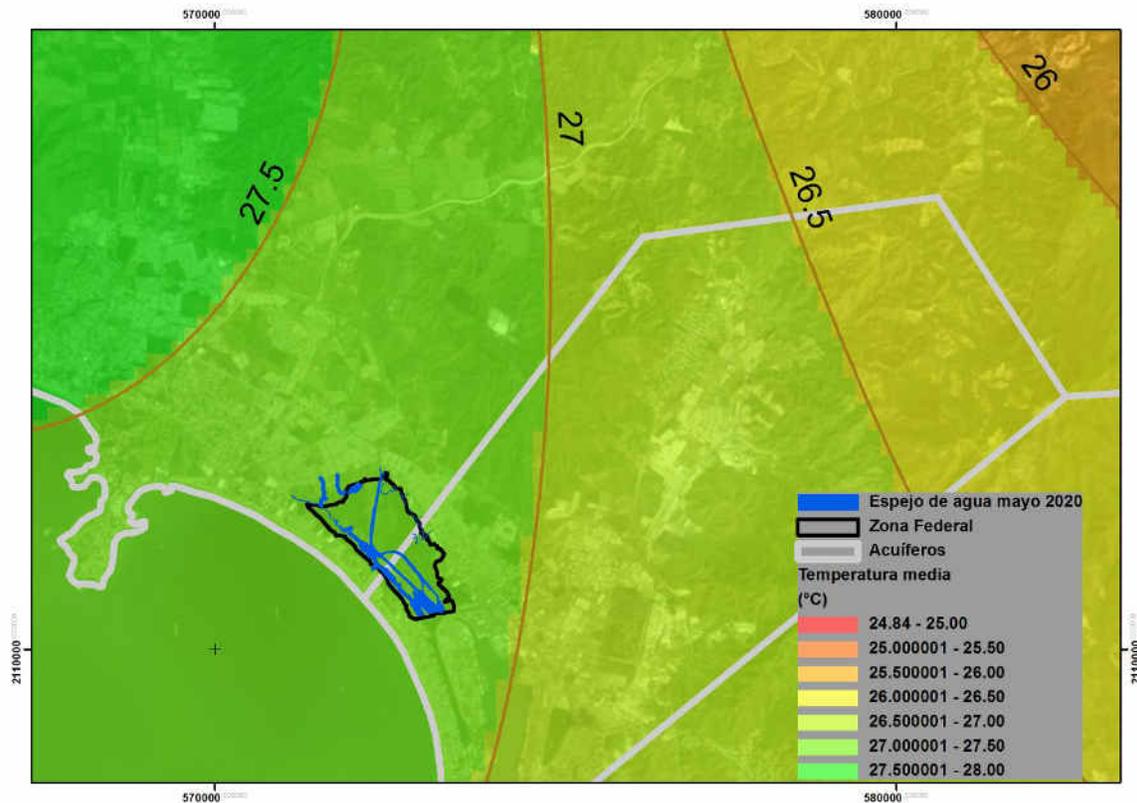


Figura 19. Temperatura media (°C) en la Laguna Valle de las Garzas.

La temperatura promedio anual en la estación 06-095 Manzanillo (Observatorio) es de 26.6°C, la temperatura del año más frío 20.3°C en 1971, y la temperatura del año más caluroso 25.5 en 2011. La temperatura promedio anual en la estación 06-069 Punta de Agua es de 26.5°C, la temperatura del año más frío 22.08°C en 2008, y la

temperatura del año más caluroso 30.5 en 2014. La temperatura promedio anual en la estación 06-001 Armería es de 26.6°C, la temperatura del año más frío 23.5°C en 1973 y la temperatura del año más caluroso 28.7 en el 2015 (Tabla 5).

Tabla 5. Temperatura media mensual registrada en las estaciones de Manzanillo, Punta de Agua y Armería (Fuente INEGI y CONAGUA, 2020).

Estación Concepto	Periodo	Mes											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Armería	2017	25.9	25.5	27.0	26.1	27.3	30.2	31.5	30.1	28.9	25.2	28.1	25.8
Promedio	1961 a 2017	22.2	22.0	21.7	21.6	21.8	23.0	23.7	23.5	23.4	23.0	23.5	23.4
Año más frío	1971	23.6	22.4	25.3	22.5	21.8	25.1	25.1	25.1	23.6	23.8	24.0	23.9
Año más caluroso	2015	27.4	25.0	26.7	27.4	29.6	30.6	30.6	31.1	29.8	29.7	29.1	28.4
Punta de Agua	2017	24.2	23.9	25.9	23.4	27.4	30.1	28.6	29.0	27.6	24.1	26.7	25.6
Promedio	1985 a 2017	26.6	26.6	26.7	27.9	30.5	30.9	30.5	30.5	29.5	30.1	29.0	27.0
Año más frío	2002	23.8	24.8	24.7	25.7	27.8	28.1	28.2	28.6	27.7	28.4	27.5	23.8
Año más caluroso	2014	25.9	26.6	26.7	27.9	30.5	30.4	30.5	27.6	26.9	28.6	27.7	26.2
Manzanillo (Obs)	2017	25.6	27.9	25.7	26.8	29.0	30.8	31.1	31.0	29.0	30.5	28.4	26.6
Promedio	1948 a 2017	24.9	24.6	24.3	24.8	26.4	28.2	28.7	28.5	28.0	28.0	26.8	25.5
Año más frío	1973	20.6	17.9	15.5	18.5	19.9	22.1	24.4	23.5	23.5	20.5	19.0	19.0
Año más caluroso	2015	31.9	30.7	31.5	32.2	34.8	36.2	33.6	34.2	33.8	33.7	32.8	30.8

La temperatura media mensual para cada periodo de registro de las tres estaciones meteorológicas más cercanas a la Laguna Valle de las Garzas se muestra en la Figura 20.

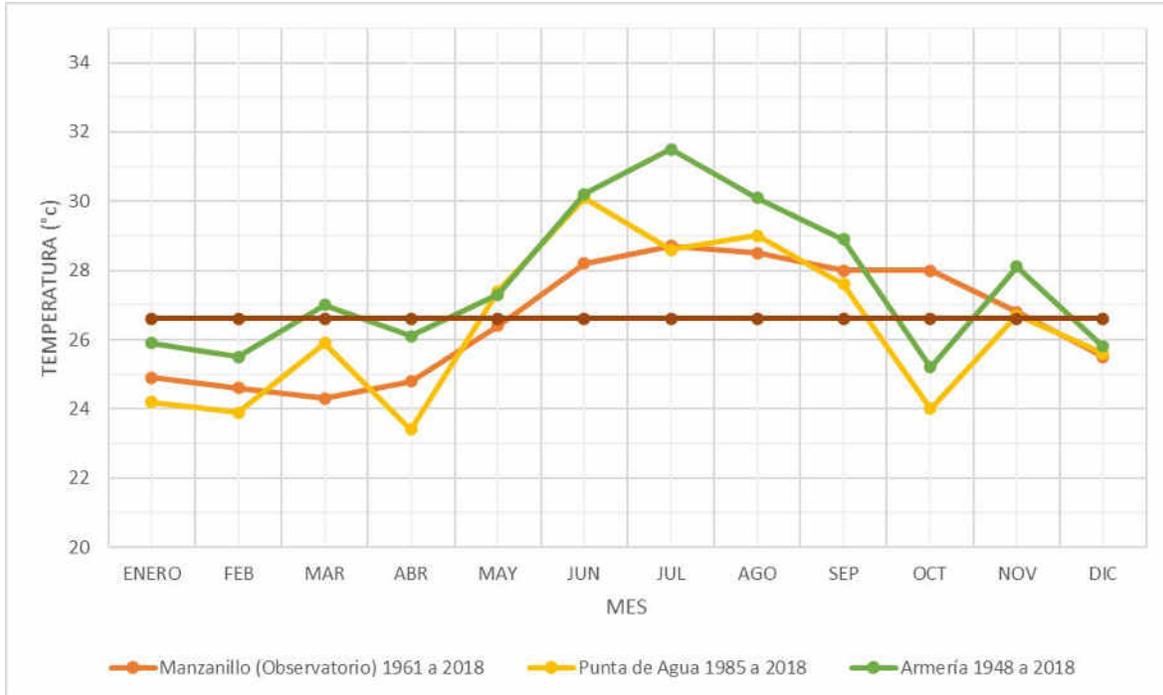


Figura 20. Temperatura promedio (°C).

IV.1.3.2 Temperatura extrema

Para calcular la distribución geográfica de temperatura máxima fueron interpolados datos de temperatura máxima (máxima anual en °C) de 7 estaciones meteorológicas de CONAGUA. La temperatura máxima en la Laguna Valle de las Garzas es de 40.5°C a 41°C (Figura 21).

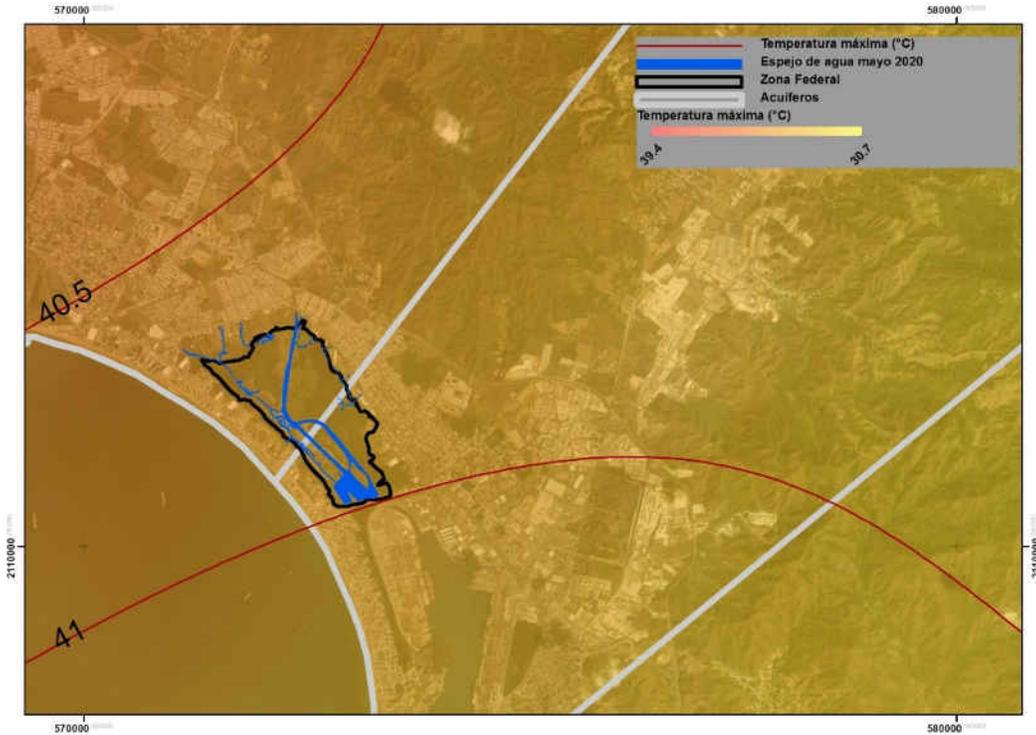


Figura 21. Temperatura máxima en la zona aledaña a la Laguna Valle de las Garzas (°C).

Los datos de temperatura máxima mensuales registrados por las estaciones meteorológicas 06-095, 06-069 y 06-001 son mostradas en la Tabla 6. La temperatura máxima registrada fue en la estación de Armería durante el mes de mayo con 43°C.

Tabla 6. Temperatura máxima mensual para las Estaciones de CONAGUA ubicadas alrededor de Laguna Valle de las Garzas (INEGI y CONAGUA, 2020).

Estación Concepto	Período	Mes											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Manzanillo (Observatorio) Promedio	1961 a 2017	41	40.0	41.0	39.5	41.5	40.5	40.0	39.6	41.0	39.0	41.0	40.0
Punta de Agua Promedio	1985 a 2017	39.0	37.0	39.0	40.0	40.0	40.0	39.0	38.0	37.0	38.0	38.0	38.0
Armería Promedio	1948 a 2017	37.9	38.3	36.7	37.6	38.1	38.3	38.7	38.3	39.2	40.5	39.4	39.2

La temperatura mínima en la Laguna Valle de las Garzas es de 8°C a 11°C, registradas alrededor de la zona del proyecto por las estaciones meteorológicas 06-

095, 06-069 y 06-001. La temperatura mínima es registrada al norte y aumenta hacia el sur, la distribución de la temperatura en la zona es mostrada en la Figura 22.

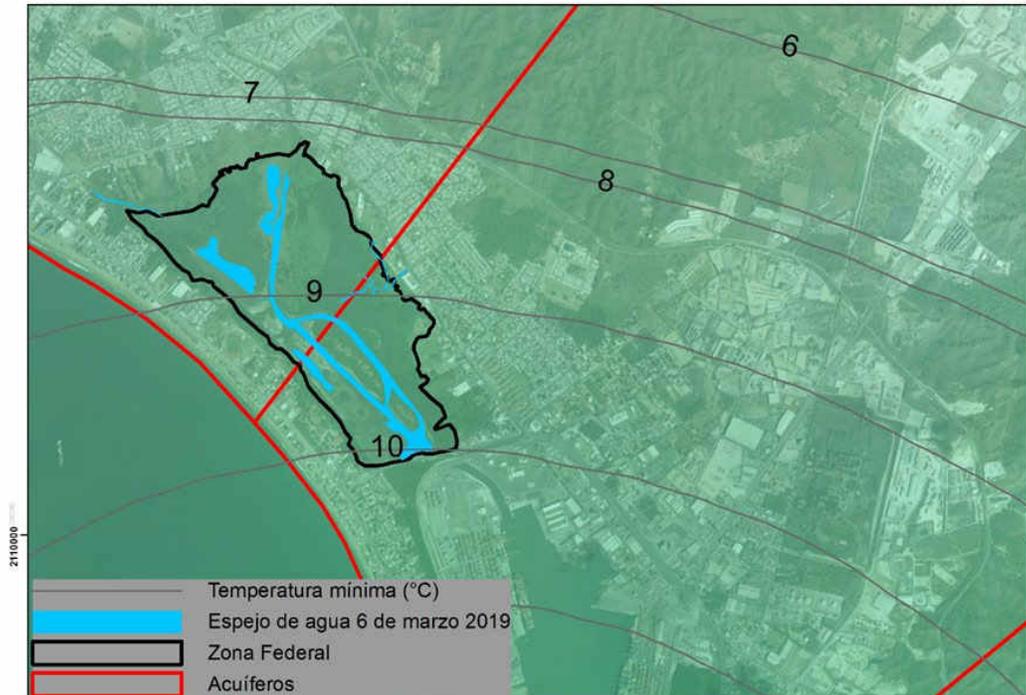


Figura 22. Temperatura mínima (CONAGUA, 2020).

La temperatura mínima registrada fue la estación de Armería durante el mes de junio de 2.5°C y le sigue enero con 7.5°C (Figura 23).

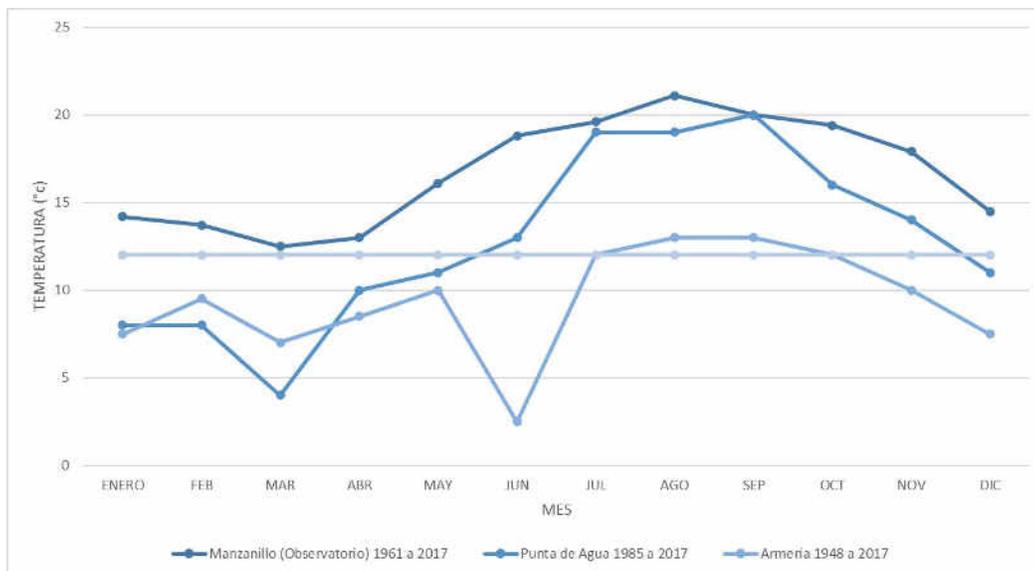


Figura 23. Temperatura mínima (°C).

Las temperaturas mínimas mensuales para cada estación son mostradas en la siguiente tabla.

Tabla 7. Temperatura mínima mensual para las Estaciones de CONAGUA ubicadas alrededor de Laguna Valle de las Garzas.

Estación Concepto	Periodo	Mes											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Manzanillo (Observatorio) Promedio	1961 a 2017	14.2	13.7	12.5	13	16.1	18.8	19.6	21.1	20	19.4	17.9	14.5
Punta de Agua Promedio	1985 a 2017	8.0	8.0	4.0	10.0	11.0	13.0	19.0	19.0	20.0	16.0	14.0	11.0
Armeria Promedio	1948 a 2016	7.5	9.5	7.0	8.5	10.0	2.5	12.0	13.0	13.0	12.0	10.0	7.5

IV.1.3.3 Lluvia

En la Laguna Valle de las Garzas la lluvia media anual es de 948.1 mm, el dato de lluvia total anual más bajo fue registrado por la estación Punta de Agua y el registro de la lluvia total anual más alta fue en la estación de Manzanillo (Observatorio) con 1143.9 mm (Tabla 8).

Tabla 8. Registros de la lluvia total anual de las estaciones meteorológicas de CONAGUA cercanas Laguna Valle de las Garzas.

Estación	Clave	Lluvia total anual (mm)
Punta de Agua	6069	766.2
Manzanillo (Observatorio)	6095	1011.18
Armería	6001	801.8
Camotlán de Miraflores	6004	895.29
San José Lumber	6070	1143.9
Chandiablo	6063	939.1
El algodónal	6075	1119.7

La lluvia total anual (mm) en la zona de estudio tiene una distribución geográfica de 950 a 1000 mm (Figura 24).

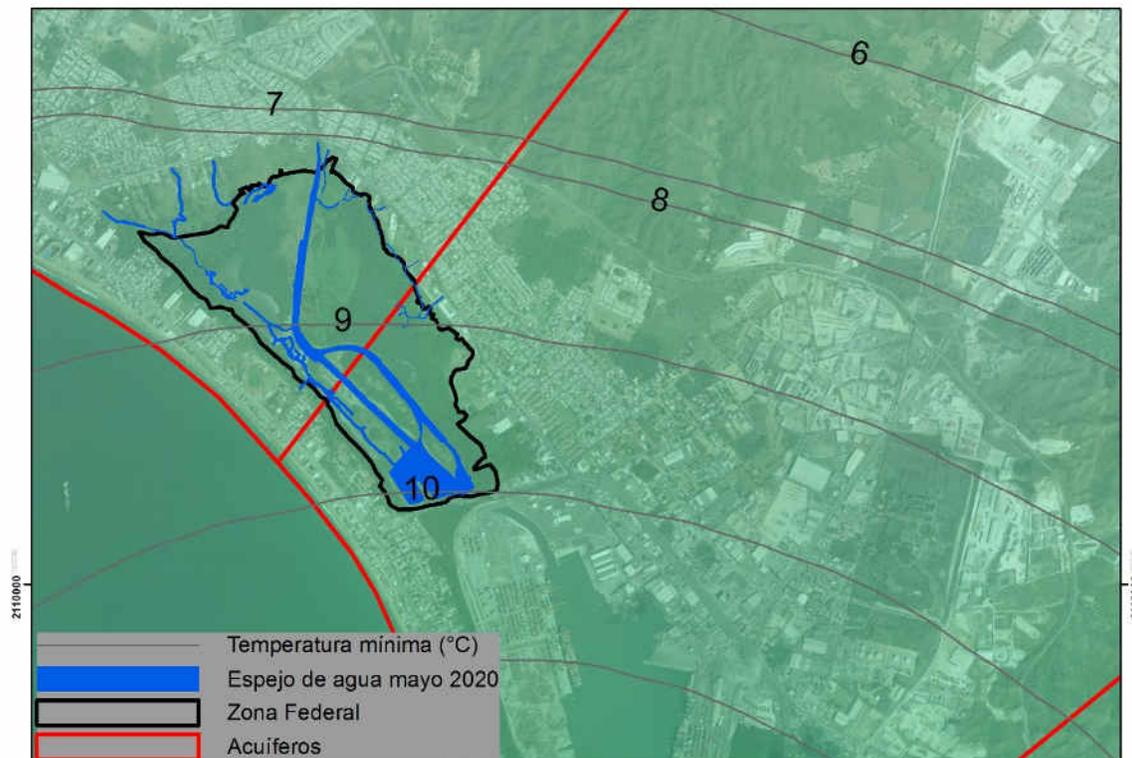


Figura 24. Lluvia total anual en la zona de estudio (mm).

En la Tabla 9 se muestra la lluvia total anual (mm) según los registros de tres estaciones de CONAGUA, también se muestran la precipitación total para el año más seco y el año que fue registrada más lluvia. En el año más seco la precipitación anual más baja fue de 236.3 mm y en el año más lluvioso la precipitación fue de 1619.5 mm.

Tabla 9. Precipitación total anual (mm) (CONAGUA, 2020).

Precipitación total anual (mm)				
Estación	Periodo	Precipitación promedio	Precipitación del año más seco	Precipitación del año más lluvioso
Manzanillo (Observatorio)	De 1961 a 2017	1 001.5	393.3	1 867.1
Punta de Agua	De 1975 a 2017	848.92	471.6	1619.5
Armería	De 1949 a 2017	827.3	236.3	1 502.6

La lluvia media mensual de las estaciones Armería, Manzanillo y Punta de Agua es mostrada en la Tabla 10.

Tabla 10. Lluvia media mensual (mm) (CONAGUA, 2020).

	Mes											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Manzanillo (Observatorio)												
Promedio	30.2	8.3	6.1	0.2	9.5	118.8	171.5	208.3	271.9	119.3	40.0	17.3
Año más seco 1995	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	113.6	0.0	0.0	270.7	0.0	8.8	0.2
Año más lluvioso 2014	2.7	0.0	0.0	0.0	107.2	292.1	72.7	332.0	500.4	75.6	474.5	9.9
Armería												
Promedio	24.1	7.0	7.5	2.1	8.6	105.4	156.8	157.6	202.2	108.1	36.2	11.8
Año más seco 1991	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.7	37.9	91.4	11.5	36.3	30.1	10.4
Año más lluvioso 1992	394.7	16.6	0.0	0.5	19.0	86.2	356.8	385.0	125.5	100.5	17.8	0.0
Punta de Agua												
Promedio	19.2	12.1	4.5	0.2	7.4	104.2	176.3	182.8	225.7	113.6	24.2	8.4
Año más seco 2001	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	148.0	97.0	154.6	69.0	0.0	0.0
Año más lluvioso 2015	4.0	183.0	215.5	0.0	0.0	25.0	85.0	110.0	376.0	496.0	0.0	125.0

IV.1.3.4 Lluvia máxima en 24 horas

La lluvia máxima en 24 h que se puede presentar en la Laguna Valle de las Garzas es de 180 a 190 mm. Esto fue calculado a partir de los datos registrados por las

estaciones meteorológicas de CONAGUA ubicadas alrededor de la zona, con un periodo de registro de 1981 a 2018.

La distribución geográfica de lluvia máxima en 24 horas promedio anual es mostrada en **Figura 25**.

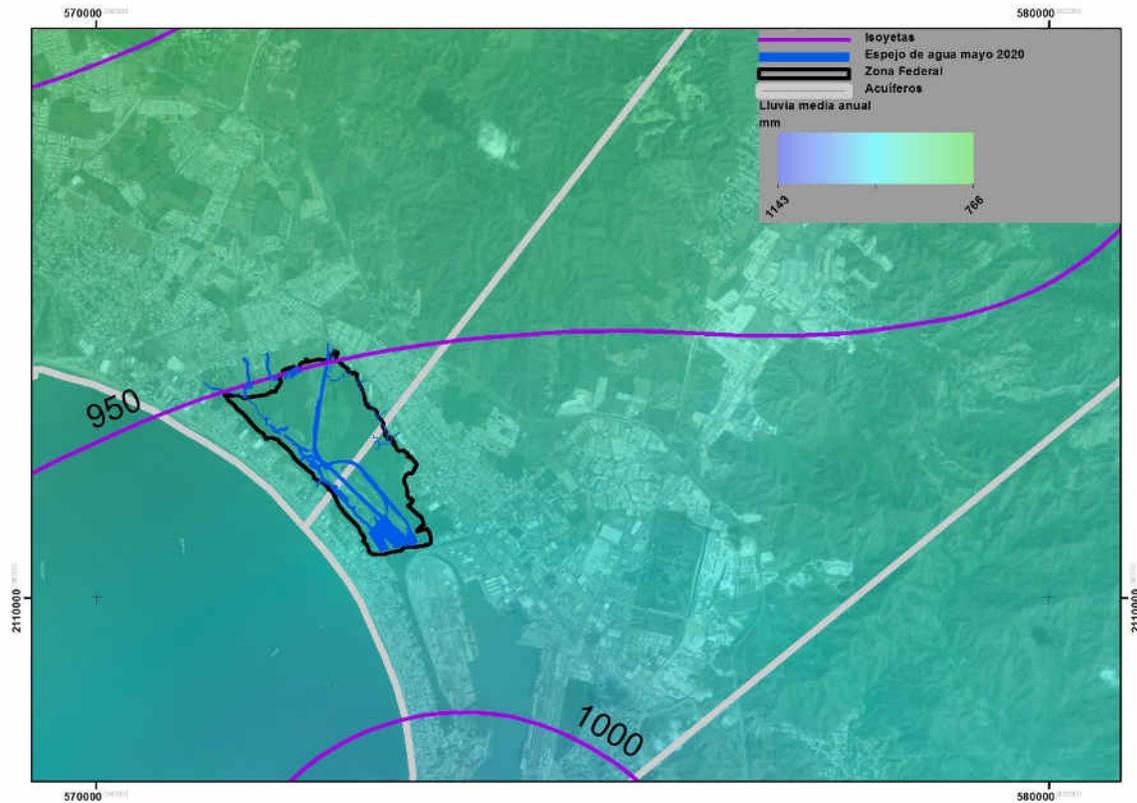


Figura 25. Precipitación máxima en 24 horas en la Laguna Valle de las Garzas (CONAGUA, 2020).

Los datos de precipitación máxima en 24 horas de las estaciones de CONAGUA en Manzanillo, Tecomán y Armería son mostrados en la siguiente tabla. Usando el “método por razones de distancias” fueron calculados los datos faltantes (marcados en azul). El método consiste en completar datos utilizando el registro de lluvia y la distancia entre las estaciones.⁷

⁷ Luna, R., Lavado, W.; (2015), Evaluación de métodos hidrológicos para la complementación de datos faltantes de precipitación en estaciones de la cuenca de Jetepeque, Perú.

Tabla 11. Precipitación máxima en 24 h para estaciones cercanas a la Laguna Valle de las Garzas.⁸

Año	Precipitación máxima (mm) en 24 horas		
	Manzanillo (Observatorio)	Armería	Punta de Agua
1981	9.7	154.60	132.0
1982	19.4	247.40	42.8
1983	18.6	128.70	56.3
1984	29.9	67.80	89.6
1985	7.8	135.30	48.2
1986	19.6	64.29	86.7
1987	13.0	112.11	157.7
1988	6.2	233.20	63.3
1989	26.7	97.00	52.1
1990	24.5	97.00	152.0
1991	28.1	34.20	20.0
1992	17.1	100.00	99.0
1993	13.4	202.30	265.0
1994	24.1	84.60	121.0
1995	15.7	120.20	101.3
1996	45.3	185.40	168.0
1997	26.8	62.60	191.7
1998	18.0	164.20	105.6
1999	338.7	371.00	439.0
2000	23.3	97.90	197.7
2001	65.9	45.20	80.0
2002	58.2	211.80	107.0
2003	78.6	178.50	127.0
2004	117.3	68.50	190.0
2005	114.0	64.20	62.0
2006	104.2	143.20	147.0
2007	98.7	142.80	105.0
2008	154.9	153.30	271.0
2009	94.9	96.30	63.0
2010	148.3	104.20	112.0
2011	285.5	310.00	349.0
2012	121.4	88.40	132.0
2013	519.2	122.30	129.0
2014	148.7	137.30	162.0
2015	445.0	242.70	220.0
2016	11.2	77.30	63.0
2017	10.7	320.50	322.0

⁸ Base de datos de estaciones meteorológicas de CONAGUA, actualizados hasta junio de 2018.

IV.1.3.5 Evaporación.

La Evaporación media anual en la Laguna Valle de las Garzas que se puede presentar es de 1600 a 1650 mm. Esto fue calculado a partir de los datos registrados por las estaciones meteorológicas de CONAGUA ubicadas alrededor de la zona (Figura 26).

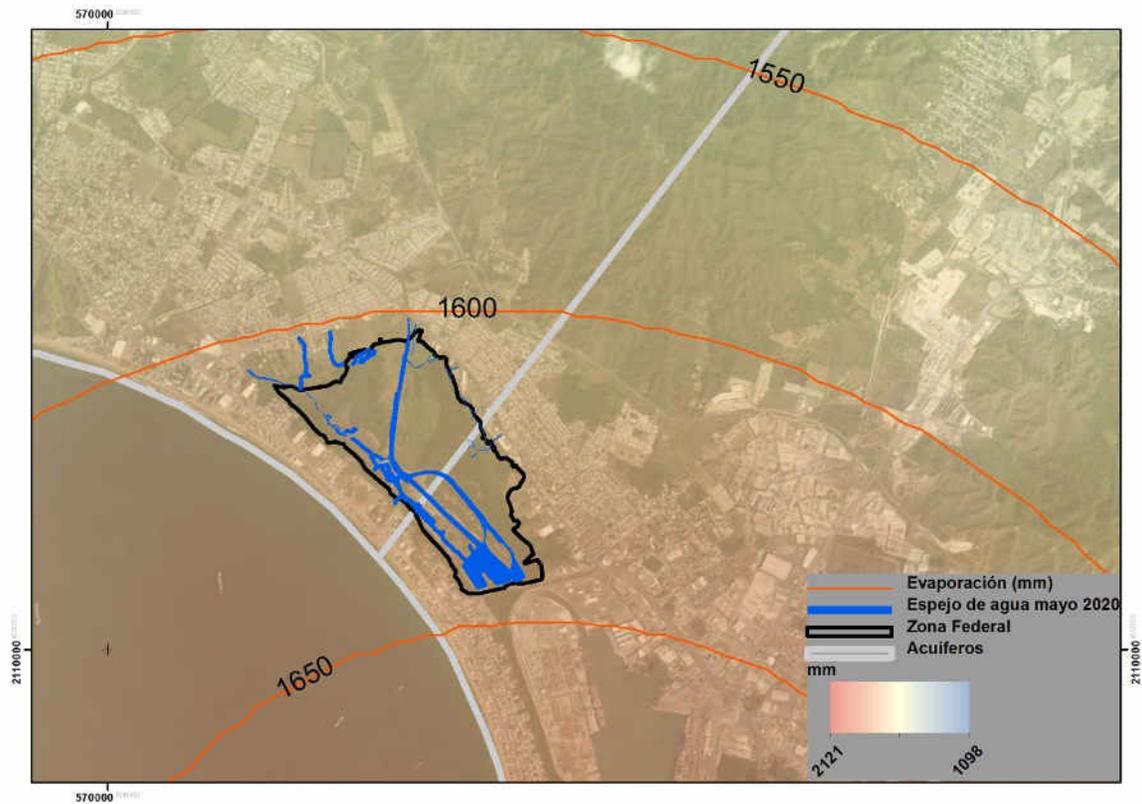


Figura 26. Evaporación media anual (elaborada con datos de CONAGUA, 2020).

Los datos de temperatura, lluvia y evaporación utilizados están actualizados con datos de CONAGUA 2020, y tales datos tienen registro hasta junio de 2018. Por lo cual en algunos lugares se muestran hasta 2017 o mediados del 2018.

región hidrológica número 16 (RH16) de nombre Armería – Coahuayana (Figura 28) con una superficie en el municipio de 0.68%.



Figura 28. Regiones hidrológicas a las que pertenece el municipio de Manzanillo. Imagen de *World Imagery Esri, 2017*.

En la Tabla 12 se presentan las características de las regiones hidrológicas a las que pertenece el municipio de Manzanillo. El área de estudio se concentra en la RH15.

Tabla 12. Características de las regiones hidrológicas a las que pertenece el municipio de Manzanillo.

Regiones hidrológicas (2017) ¹¹						
No.	Región hidrológica	Precipitación normal 1981-2010 (mm)	Escorrentamiento natural medio superficial interno (hm ³ /año)	Escorrentamiento natural medio superficial total (hm ³ /año)	Número de cuencas	Área (km ²)
15	Costa de Jalisco	1,144	3,591	3,591	11	12,967
16	Armería-Coahuayana	866	3,480	3,480	10	17,628
	Total	2,010	7,071	7,071	21	30,595

El municipio de Manzanillo se encuentra dentro de las cuencas R. Armería que pertenece a la RH15 y la de R. Chacala – Purificación que se encuentra en la RH16

¹¹ Sistema Nacional de Información del Agua (SINA), 2019.

(Figura 29). En el municipio de Manzanillo tiene cuatro subcuencas que son: L. Cuyutlán con cobertura municipal del 61.96%, R. Armería con superficie de 0.68% municipal, R. Chacala que tiene el 35.28% de cobertura en el municipio y R. Purificación con 2.08% de superficie municipal (Figura 30). El área de estudio pertenece a la Cuenca R. Chacala – Purificación y subcuenca L. Cuyutlán.^{12, 13}

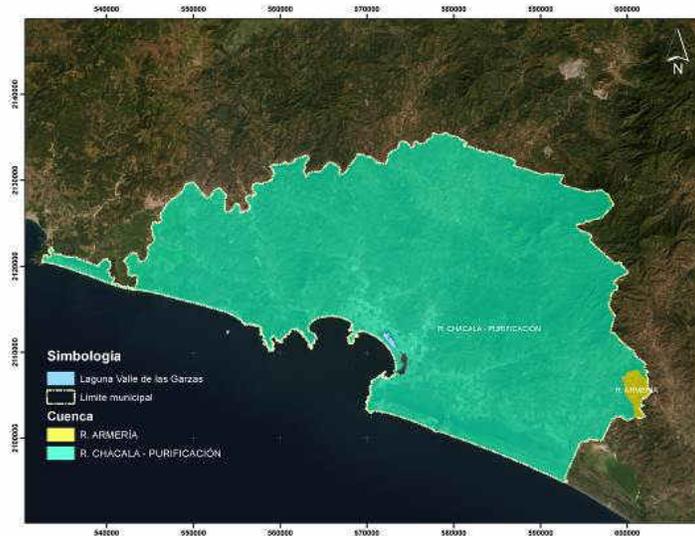
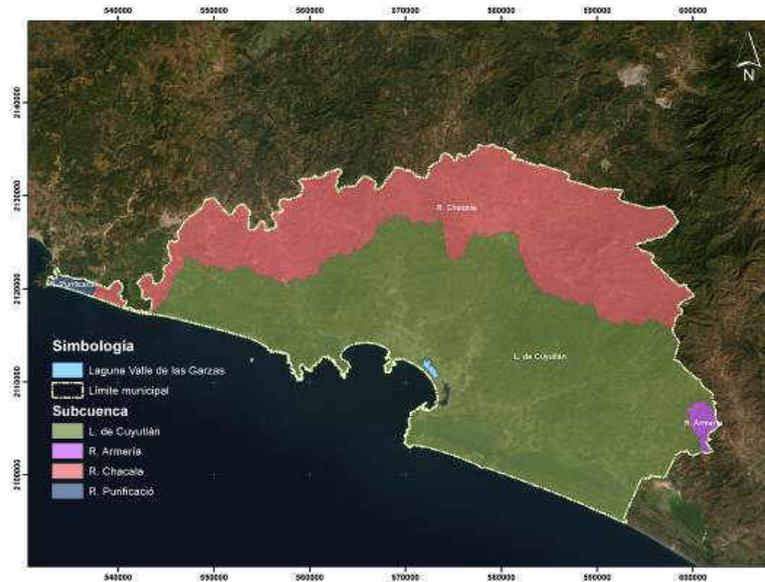


Figura 29. Cuencas a las que pertenece el municipio de Manzanillo. Imagen de *World Imagery Esri*, 2017.



¹² Información recopilada del Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL).

¹³ INEGI, 2009.

Figura 30. Subcuencas a las que pertenece el municipio de Manzanillo. Imagen de *World Imagery Esri*, 2017.

IV.1.4.1.1 Acuífero Jalipa-Tapeixtles.

La Laguna Valle de las Garzas pertenece a los acuíferos Jalipa-Tapeixtles y Santiago-Salagua, ubicados en el estado de Colima en la región hidrológica administrativa (RHA) VII Lerma-Santiago-Pacífico. En el diario oficial de la federación fue publicado el 4 de enero del 2018 la situación actual de estos dos acuíferos.

El Acuífero Jalipa-Tapeixtles, definido con la clave 0608 en el Sistema de Información Geográfica para el Manejo de Aguas Subterráneas (SIGMAS) de la CONAGUA, se localiza en la porción occidental del estado de Colima, entre los paralelos 19° 01' y 19° 09' de latitud Norte y entre los meridianos 104° 12' y 104° 21' de longitud Oeste, cubriendo una superficie aproximada de 60 km².

Limita al norte y oeste con el acuífero Santiago-Salagua, al sur y este con el acuífero El Colomo, pertenecientes al estado de Colima; y al suroeste su límite natural es el Océano Pacífico (Figura 31).



Figura 31. Localización del acuífero Jalipa-Tapeixtles (Imagen de *World Imagery Esri*, 2017).

El acuífero Jalipa-Tapeixtles es jurisdicción territorial de la Dirección Local Colima. Su territorio se encuentra totalmente vedado y sujeto a las disposiciones del “Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en la zona costera del Estado de Colima, controlándose las extracciones, uso o aprovechamiento de aguas del subsuelo de dicha zona” (DOF, 20 de agosto de 1973).

Esta veda es de tipo II, en la que la capacidad de los mantos acuíferos sólo permite extracciones para usos domésticos.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua (2014), el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 3. El uso principal del agua subterránea es el público-urbano.

IV.1.4.1.1.1 Hidrogeología del acuífero Jalipa-Tapeixtles

Basados en datos del informe de “Actualización de la disponibilidad media anual del agua en el acuífero Jalipa-Tapeixtles” realizado por CONAGUA, y publicado en el DOF el 4 de enero de 2018, fue revisada la hidrogeología para mostrar el tipo de acuífero, sus parámetros hidráulicos, profundidad de los niveles de agua subterránea (piezometría) y comportamiento hidráulico.

IV.1.4.1.1.1.1 Tipo de acuífero

Con base en los estudios hidrogeológicos realizados, los sondeos geofísicos y la información de la geología superficial, es posible establecer que el acuífero es de tipo libre, heterogéneo y anisotrópico, con presencia de condiciones locales de semiconfinamiento debido a la existencia de sedimentos lacustres en las zonas cercanas a las lagunas. Está integrado, en su porción superior, por un medio granular constituido por sedimentos clásticos de granulometría variada y conglomerados, cuyo espesor puede alcanzar más de cien metros en la porción centro-sur del acuífero; en su porción inferior por rocas volcánicas, sedimentarias y

vulcanosedimentarias que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento y alteración (CONAGUA, 2019).

IV.1.4.1.1.2 Parámetros hidráulicos

Como parte de las actividades del estudio realizado en el 2013, sólo se ejecutó una prueba de bombeo de corta duración, tanto en etapa de abatimiento como de recuperación. Adicionalmente, a los estudios llevados a cabo en 1974 y 1978, con 9 pruebas de bombeo más. De los resultados de su interpretación por métodos analíticos convencionales se observa que los valores de transmisividad varían de 12.0×10^{-3} a $8.6 \times 10^{-2} \text{m}^2/\text{s}$ (CONAGUA, 2019). Es decir $1.04 \times 10^3 \text{m}^2/\text{día}$ a $7.43 \times 10^3 \text{m}^2/\text{día}$. Por lo que según la Clasificación de terrenos por su transmisividad muestran que es un acuífero excelente y muy permeable (Tabla 13).

Tabla 13. Clasificación de terrenos por su transmisividad T (IGME, 2020).

T (m ² /día)		1	10	10 ²	10 ³
Calificación	Impermeables	Poco permeable	Algo permeable	Permeable	Muy permeable
Calificación del acuífero	Sin acuífero	Acuífero muy pobre	Acuífero pobre	Acuífero de regular a bueno	Acuífero excelente
Tipo de materiales	Arcilla compacta Pizarra Granito	Arena fina Arena limosa Caliza poco fracturada Basaltos	Arena limpia y arena Arena fina Caliza fracturada	Arena limpia y arena Arena fina Caliza fracturada	Grava limpia Dolomías Calizas muy fracturadas

En la conductividad o permeabilidad hidráulica se registraron valores que varían de 8.0×10^{-4} a $1.4 \times 10^{-3} \text{m/s}$ (69 a 121 m/d). Según la Tabla 14 tiene una permeabilidad hidráulica muy alta con posibilidad del acuífero para pozos de entre 50 y 100 l/s con 10 m de depresión teórica.

Tabla 14. Valores de la permeabilidad K (IGME, 2020).

K (m/día)	Calificación estimativa	Posibilidades del acuífero
$K < 10^{-2}$	Muy baja	Pozos de menos de 1 l/s con 10 m de depresión teórica
$10^{-2} < K < 1$	Baja	Pozos de entre 1 y 10 l/s con 10 m de depresión teórica
$1 < K < 10$	Media	Pozos de entre 10 y 50 l/s con 10 m de depresión teórica
$10 < K < 100$	Alta	Pozos de entre 50 y 100 l/s con 10 m de depresión teórica
$100 < K$	Muy alta	Pozos de más de 100 l/s con 10 m de depresión teórica

Los valores más altos se registran en la porción alta de la planicie costera y en las inmediaciones de los cauces principales, donde predominan los clásicos gruesos de alta permeabilidad; en tanto que los valores mínimos se asocian a sedimentos con mayor contenido de arcillas. De acuerdo con la constitución geológica del acuífero, fue establecido que el rendimiento específico varía de 0.1 a 0.25 (CONAGUA, 2019).

IV.1.4.1.1.1.3 *Piezometría.*

En geología, se entiende por cota, superficie o nivel piezométrico a la altitud o profundidad (en relación con la superficie del suelo) del límite entre la capa freática y la zona vadosa en un acuífero.

Para el análisis del comportamiento de los niveles del agua subterránea, se eligió la información piezométrica de los años 2006 y 2013.¹⁴

IV.1.4.1.1.1.4 Comportamiento hidráulico

Profundidad a nivel estático.

La profundidad al nivel estático para 2013 muestra que los valores varían de 5 a 35 m, los cuales se incrementan por efecto de la topografía hacia los flancos de las sierras que limitan la planicie costera. Los niveles estáticos más someros, de 1 a 5 m, se registran en los aprovechamientos más cercanos a la costa y entre fraccionamiento Valle de Las Garzas y Tapeixtles, desde donde se incrementan

¹⁴ Hasta ese año es la información más actualizada que tiene CONAGUA.

gradualmente hacia el noreste, hasta 35 m en el Ejido Jalipa. La zona en donde está ubicada la Laguna Valle de las Garzas la profundidad del nivel estático es a menos de un metro (Figura 32).

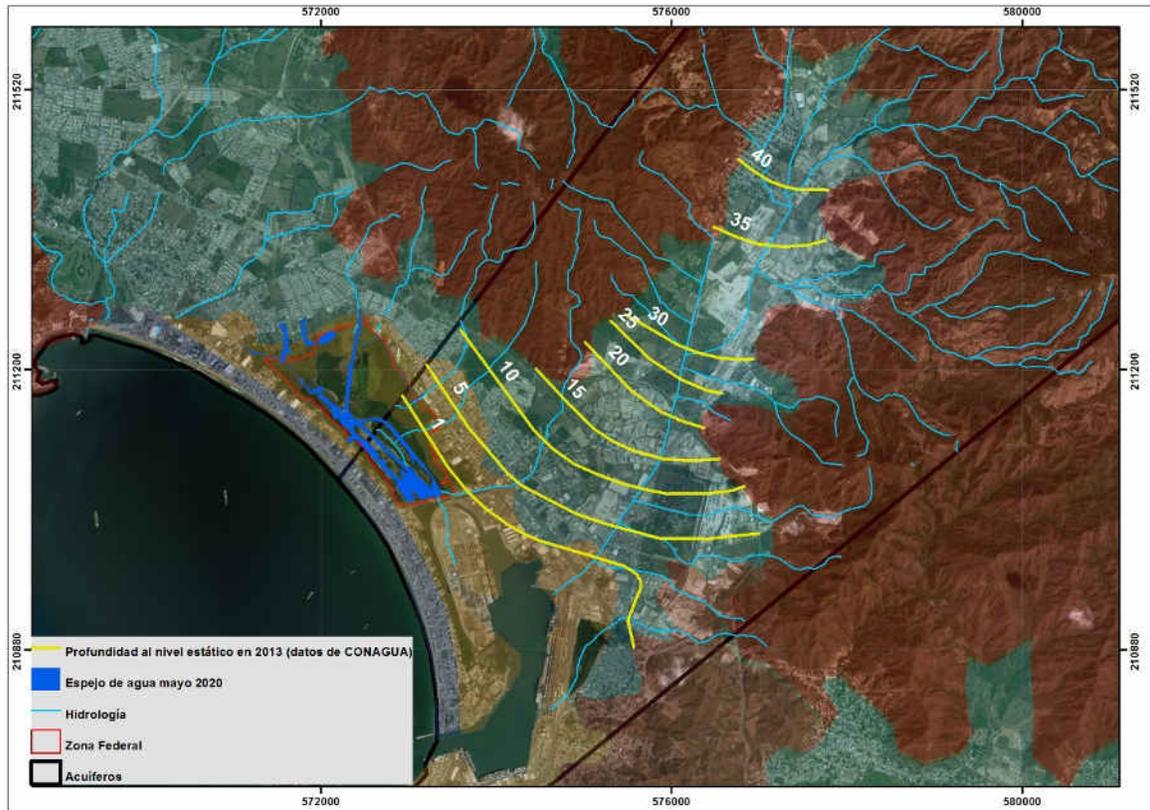


Figura 32. Profundidad al nivel estático en m (2013) del acuífero Jalipa-Tapeixtles (CONAGUA, 2019).

Elevación del nivel estático

En la Figura 33 es mostrada la configuración de elevación del nivel estático para el año 2013; se observa que los valores varían de 3 a 35 m s. n. m. Las menores elevaciones, de 3 a 5 m s. n. m., se registran en la región suroeste del acuífero, en las cercanías de las lagunas el Valle de las Garzas y San Pedrito, que representan las salidas naturales del acuífero, aumentado gradualmente, al igual que la profundidad, por efecto topográfico, hacia el noreste, hasta 35 m s. n. m. que se registran en el Ejido Jalipa.

De esta manera se define la trayectoria preferencial del flujo subterráneo NE-SW, paralela a la dirección de escurrimiento superficial. Como resultado de dejar de operar los pozos que abastecían de agua potable a Manzanillo, se recuperaron los niveles del agua subterránea y desaparecieron los conos de abatimiento (CONAGUA, 2019).

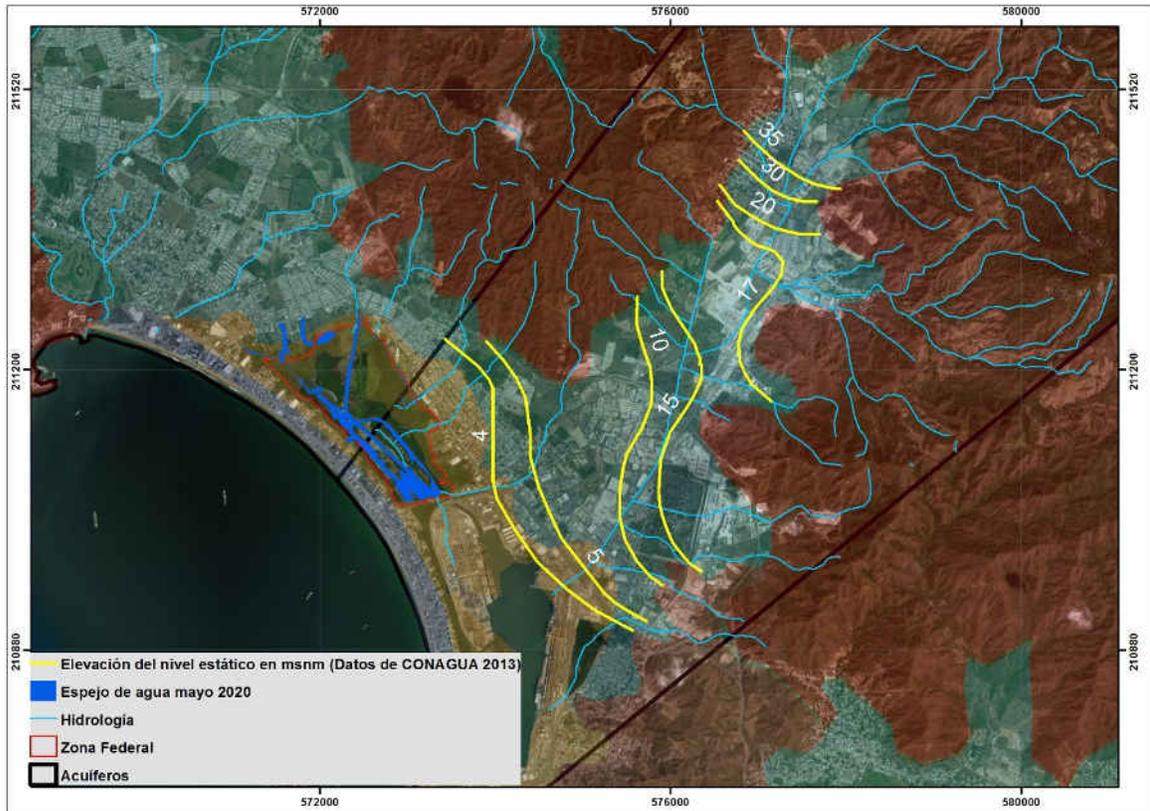


Figura 33. Elevación al nivel estático en m s. n. m. 2013 del acuífero Jalipa-Tapeixtles.

Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh)

Una fracción del volumen de lluvias que se precipita en las zonas topográficamente más altas del área de estudio se infiltra por las fracturas de las rocas que forman parte de ellas y a través del piedemonte, para posteriormente recargar al acuífero en forma de flujos subterráneos que alimentan la zona de explotación. La recarga al acuífero tiene su origen en la precipitación pluvial sobre el valle y en la infiltración de los escurrimientos superficiales (CONAGUA, 2020).

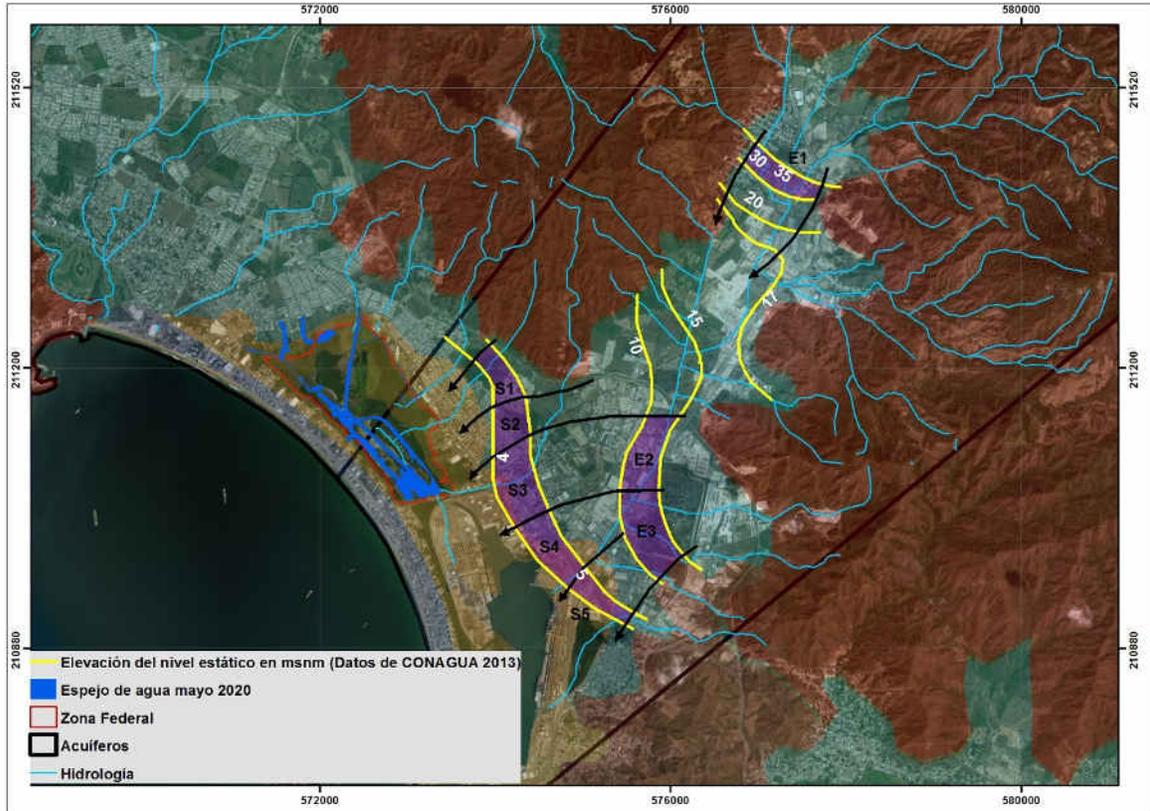


Figura 34. Configuración de elevación del nivel estático para el año 2013, para acuífero Jalipa-Tapeixtles (datos obtenidos de (CONAGUA, 2019)).

La recarga total por flujo horizontal es la suma de los caudales de celdas establecidas (Tabla 15) E1, E2 y E3. El volumen total de entradas por flujo subterráneo horizontal es de 8.2 hm³/año.

Tabla 15. Cálculo de las entradas para flujo subterráneo horizontal en el acuífero Jalipa-Tapeixtles (CONAGUA, 2020).

CANAL	LONGITUD B (m)	ANCHO (m)	h_2-h_1	GRADIENTE	T (m ² /s)	CAUDAL Q (m ³ /s)	VOLUMEN (hm ³ /año)
E1	1050	260	5	0.01923	0.0063	0.1272	4.0
E2	740	380	5	0.01316	0.0063	0.0613	1.9
E3	1095	475	5	0.01053	0.0063	0.726	2.3
Total de Entradas							8.2

Los valores de transmisividad utilizados para el cálculo de las entradas y salidas subterráneas fueron obtenidos de la interpretación de pruebas de bombeo realizadas en estudios previos, tanto en el acuífero como en otros vecinos, adaptados al espesor saturado de cada zona (CONAGUA, 2019).

Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh)

Las descargas subterráneas fueron calculadas al sumar los caudales de las salidas subterráneas S1, S2, S3, S4 y S5 a partir de la configuración de elevación del nivel estático (Figura 35). El valor calculado del total de salidas para el acuífero Jalipa-Tapeixtles es de 2.1 hm³ anuales (Tabla 16).

Tabla 16. Cálculo de las salidas para flujo subterráneo horizontal en el acuífero Jalipa-Tapeixtles (CONAGUA, 2019).

CANAL	LONGITUD B (m)	ANCHO (m)	h_2-h_1	GRADIENTE	T (m ² /s)	CAUDAL Q (m ³ /s)	VOLUMEN (hm ³ /año)
S1	665	285	1	0.00351	0.0063	0.0147	0.5
S2	525	475	1	0.00211	0.0063	0.007	0.2
S3	905	570	1	0.00175	0.0063	0.01	0.3
S4	950	335	1	0.00299	0.0063	0.0179	0.6
S5	760	285	1	0.00351	0.0063	0.0168	0.5
Total de Salidas							2.1

Evolución del nivel estático

Con respecto a la configuración de evolución del nivel estático para el periodo 2006-2013, se observa una recuperación generalizada de los niveles del agua subterránea como resultado de haber dejado de extraer agua de los pozos que abastecían a la ciudad de Manzanillo; en promedio de 2 m en los pozos localizados en la colonia FETSE y al sur del fraccionamiento Valle de las Garzas. En la porción central del acuífero se observan recuperaciones hasta de 10 m que representa un ritmo anual de 0.3 a 1.4 m, con un promedio de 0.7 m. Se presentan abatimientos durante la época de estiaje que se recuperan de manera rápida en la temporada de lluvias (Figura 35).



Figura 35. Evolución del nivel estático 2007-2013 en el acuífero Jalipa-Tapeixtles. (Datos obtenidos de (CONAGUA, 2019))

Para la estimación del cambio de almacenamiento se tomó en cuenta la configuración de la evolución del nivel estático 2007-2013 (Figura 35), Con base en ella y considerando un coeficiente de almacenamiento S_y de 0.15, se determinó la variación del almacenamiento en el área de balance de 17.3 km², mediante la siguiente expresión:

$$\Delta V(S) = S_y * A * h \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

$\Delta V(S)$: Cambio de almacenamiento en el período analizado;

S_y : Coeficiente de almacenamiento promedio de la zona de balance;

A : Área ente curvas de evolución del nivel estático (km²);

h : Valor de la variación piezométrica en el período (m)

Los valores obtenidos para cada variación piezométrica durante el período 2006-2013 se puede observar en la Tabla 17 . El volumen promedio anual del cambio de almacenamiento asciende a 0.5hm³/año (CONAGUA, 2020).

Tabla 17. Cálculo del volumen de cambio de almacenamiento (2006-2013).

Evolución (m)	Recuperación promedio (m)	Área(km ²)	Coefficiente de almacenamiento Sy	DV(S) (hm ³ /año)
10	10.0	0.05	0.15	0.1
8 a 10	9.0	0.6	0.15	0.8
5 a 8	6.5	1.0	0.15	1.0
2 a 5	3.5	1.4	0.15	0.7
0 a 2	1.0	4.0	0.15	0.6
0	0.0	10.3	0.15	0.0
		17.3	TOTAL	3.2
		PROMEDIO ANUAL		0.5

Recarga total media anual.

La recarga vertical (Rv) por lluvia e infiltraciones para el acuífero Jalipa-Tapeixtles es de 2.6 hm³/año, la recarga media anual está definida por la suma de la recarga vertical y las entradas horizontales subterráneas:

$$R_t = R_v + E_h \quad \text{Ecuación 3}$$

$$R_t = 2.6 + 8.2 = 10.8 \text{ hm}^3/\text{año}$$

La recarga total media anual para el acuífero Jalipa-Tapeixtles es de 10.8 hm³/año

IV.1.4.1.1.2 Usos del agua de los acuíferos Jalipa-Tapeixtles

Según datos del REPDA (Registro Público de Derechos de Agua) con fecha de corte el 15 de junio de 2020, se registró la existencia de 29 aprovechamientos del agua subterránea, 13 son para uso agrícola, 6 para diferentes usos, 3 para uso doméstico, 2 para pecuario, 3 para uso público-urbano y 2 para servicios. El volumen de extracción calculado es de 5.83 hm³ anuales, de los cuales 4.98 hm³ (85.71%) se

utilizan para uso agrícola, 0.8 hm³ (14.28%) para abastecimiento de agua potable, 0.016 hm³ (0.13%) para uso pecuario (Figura 36).

■ AGRICOLA ■ DIFERENTES USOS ■ DOMÉSTICO ■ PECUARIO ■ PÚBLICO URBANO ■ SERVICIOS

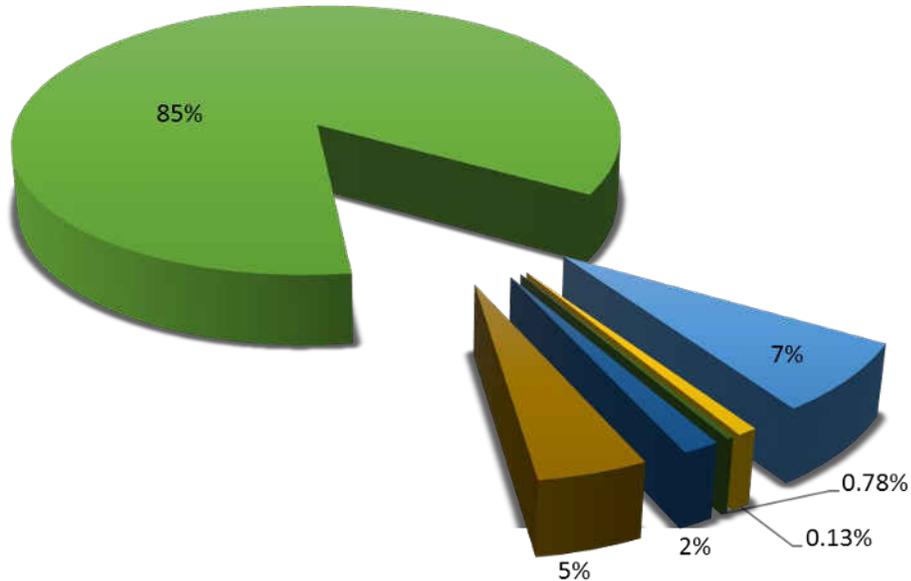


Figura 36. Aprovechamientos al acuífero Jalipa Tapeixtles (gráfica elaborada con datos del REPDA del 15 junio 2020).

Según datos de CONAGUA 2015, el balance de aguas subterráneas se planteó para el periodo 2006-2013, en una superficie de 17.3 km², que corresponde a la zona donde se cuenta con información piezométrica y en la que se localiza la mayoría de los aprovechamientos subterráneos.

La actualización de la disponibilidad media anual publicada por el REPDA el 30 de junio de 2014 es mostrada en la Tabla 18.

Tabla 18. Disponibilidad media anual del acuífero Jalipa-Tapeixtles.

CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
		MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES					
0608	Jalipa-Tapeixtles	10.8	3.0	8.96277	6.4	0.0	-1.16277

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015.

IV.1.4.1.2 Acuífero Santiago-Salagua

El Acuífero Santiago-Salagua tiene una extensión superficial de 25 km², se ubica en la zona costera del Municipio de Manzanillo, colindando con los acuíferos: Jalipa-Tapeixtles al este y la Central al oeste (Figura 37).



Figura 37. Localización del acuífero Santiago-Salagua. (Imagen de World Imagery Esri, 2017).

El Acuífero es de tipo libre o no confinados superiormente, lo constituyen depósitos aluviales formados por mezclas de gravas y arenas en espesores que varían de 25 m en la porción norte a 150 m en la porción sur, sus fronteras son:

Al Norte, Oriente, Poniente y Fondo rocas ígneas intrusivas impermeables, al Poniente el Valle de la Central, al oriente el Valle de Jalipa-Tapeixtles y al Sur la bahía de Manzanillo. (I.C.G.).

La recarga al acuífero proviene de la infiltración de los escurrimientos de los tributarios de los arroyos Chandiablo y Punta de Agua que bajan de las Sierras que lo bordean y de la precipitación pluvial en el Valle. Su descarga se efectúa por medio de bombeo de agua subterránea, principalmente, para uso agrícola y servicios. Así como por las descargas subterráneas hacia la bahía de Manzanillo. (I.C.G.).

IV.1.4.1.2.1 Hidrogeología del acuífero Santiago-Salagua

Basados en los datos del informe de “Actualización de la disponibilidad media anual del agua en el acuífero Santiago-Salagua” realizado por CONAGUA, y publicado en el DOF el 4 de enero de 2018, fue revisada la hidrogeología para mostrar el tipo de acuífero, sus parámetros hidráulicos, profundidad de los niveles de agua subterránea (piezometría) y comportamiento hidráulico.

IV.1.4.1.2.1.1 Tipo de acuífero

Con base en los estudios hidrogeológicos realizados, los sondeos geofísicos y la información de la geología superficial, es posible establecer que el acuífero es de tipo libre, heterogéneo y anisotrópico, con presencia de condiciones locales de semiconfinamiento debido a la existencia de sedimentos lacustres en las zonas cercanas a las lagunas.

Está integrado, en su porción superior por un medio granular constituido por sedimentos clásticos de granulometría variada y conglomerados, cuyo espesor puede alcanzar más de cien metros en la porción centro sur del acuífero; en su porción inferior por rocas volcánicas, sedimentarias y vulcano sedimentarias que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento y alteración.

IV.1.4.1.2.1.2 Parámetros hidráulicos

Como parte de las actividades del estudio realizado en 2013, se ejecutaron dos pruebas de bombeo de corta duración, tanto en etapa de abatimiento como de recuperación.

Adicionalmente, de los estudios llevados a cabo en 1977 y 1978, se cuenta con información de 33 pruebas de bombeo más realizadas en el acuífero y sus alrededores. De los resultados de su interpretación por métodos analíticos convencionales se observa que los valores de transmisividad varían de 4.7×10^{-3} a $16.2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ (410 a 1,400 m^2/d), con un valor promedio de $9.25 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ (800 m^2/d) (CONAGUA, 2020).

Según datos de clasificación de terrenos por su transmisividad ($\text{m}^2/\text{día}$) el acuífero es permeable de regular a bueno (Tabla 13).

Mientras que la conductividad o permeabilidad hidráulica registra valores que varían de 4.8×10^{-4} y $1.1 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ (41 a 950 m/d), con un valor promedio de $2.4 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ (207 m/d). Según la Tabla 14, el acuífero Santiago-Salagua tiene una permeabilidad hidráulica muy alta.

Los valores más altos se registran en la porción alta de la planicie costera y en las inmediaciones de los cauces principales, donde predominan los clásicos gruesos de alta permeabilidad; en tanto que los valores mínimos se asocian sedimentos con mayor contenido de arcillas.

Ninguna de las pruebas de bombeo contó con pozo de observación, por lo que no fue posible estimar el valor del coeficiente de almacenamiento. Sin embargo, de acuerdo a la constitución geológica del acuífero, es posible establecer que el rendimiento específico varía de 0.1 a 0.25.

IV.1.4.1.2.1.3 Piezometría.

Para el análisis del comportamiento de los niveles del agua subterránea, se eligió la información piezométrica de los años 2007 y 2013.¹⁵

IV.1.4.1.2.1.4 Comportamiento hidráulico

Profundidad a nivel estático.

La configuración de profundidad al nivel estático para el año 2013 muestra que los valores varían de 2 a 34 m, los cuales se incrementan por efecto de la topografía hacia los flancos de las sierras que limitan la planicie costera. Los niveles estáticos más someros, de 1 a 8 m, se registran en aprovechamientos más cercanos a la costa, particularmente en la zona donde se ubican las comunidades Santiago y Salagua, desde donde se incrementan gradualmente hacia el norte y noreste del acuífero, hasta 34 m en la comunidad El Pochote. Como muestra la Figura 38, en la zona del acuífero donde está situado la Laguna Valle de las Garzas, la profundidad del nivel estático es de 2 m.

¹⁵ No existe información de CONAGUA más reciente.

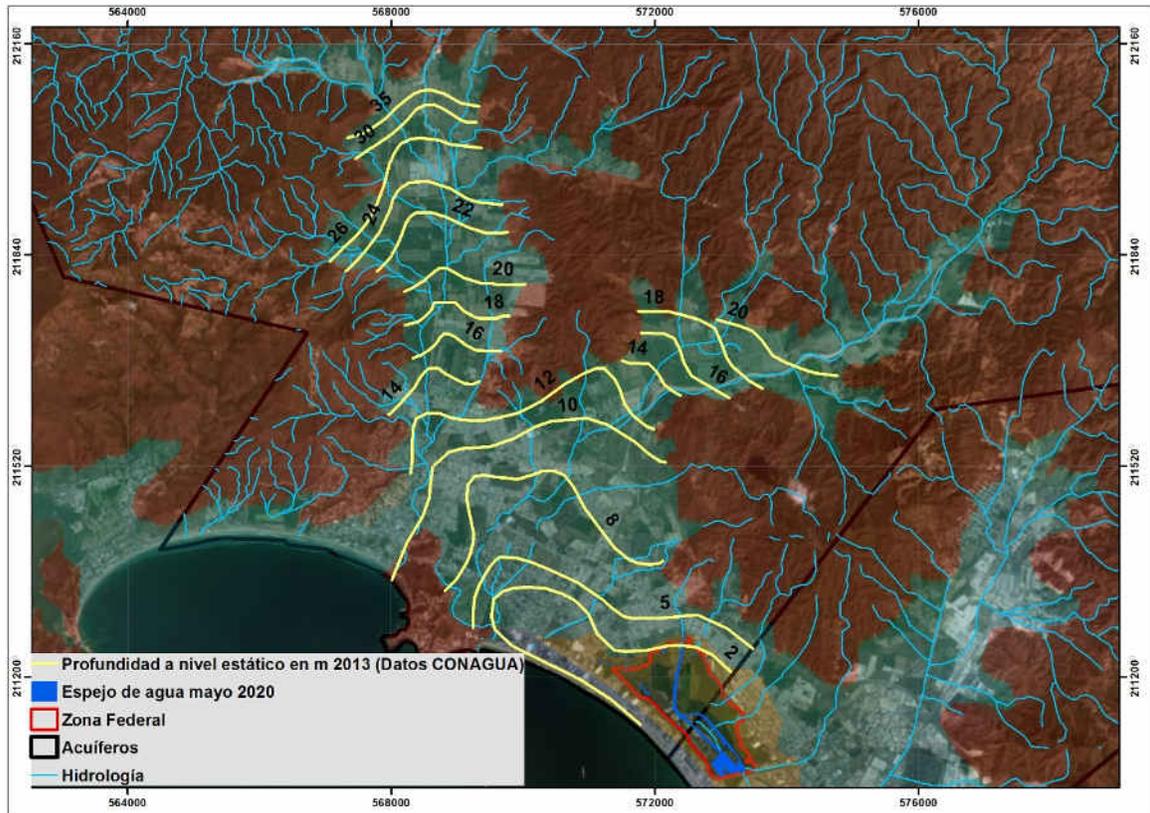


Figura 38. Profundidad al nivel estático en m (2013) del acuífero Santiago-Salagua (CONAGUA, 2020).

Elevación del nivel estático

De acuerdo a la configuración de nivel estático para 2013, se observa que los valores varían de 1 a 42 m s. n. m. Las menores elevaciones, entre 1 y 8 m s. n. m., se registran en la región suroeste del acuífero, en las cercanías de la laguna del Valle de las Garzas, así como en las comunidades Santiago y Salagua, que representan las salidas naturales del acuífero, aumentado gradualmente, al igual que la profundidad, por efecto topográfico, hacia el noreste hasta 18 m s. n. m., y al norte hasta 42 m s. n. m. (Figura 39).

De esta manera se define la trayectoria preferencial del flujo subterráneo NE-SW y N-S, paralela a la dirección de escurrimiento superficial. Como resultado de dejar de operar los pozos que abastecían de agua potable a Manzanillo, se recuperaron los

niveles del agua subterránea y desaparecieron los conos de abatimiento (CONAGUA, 2020).

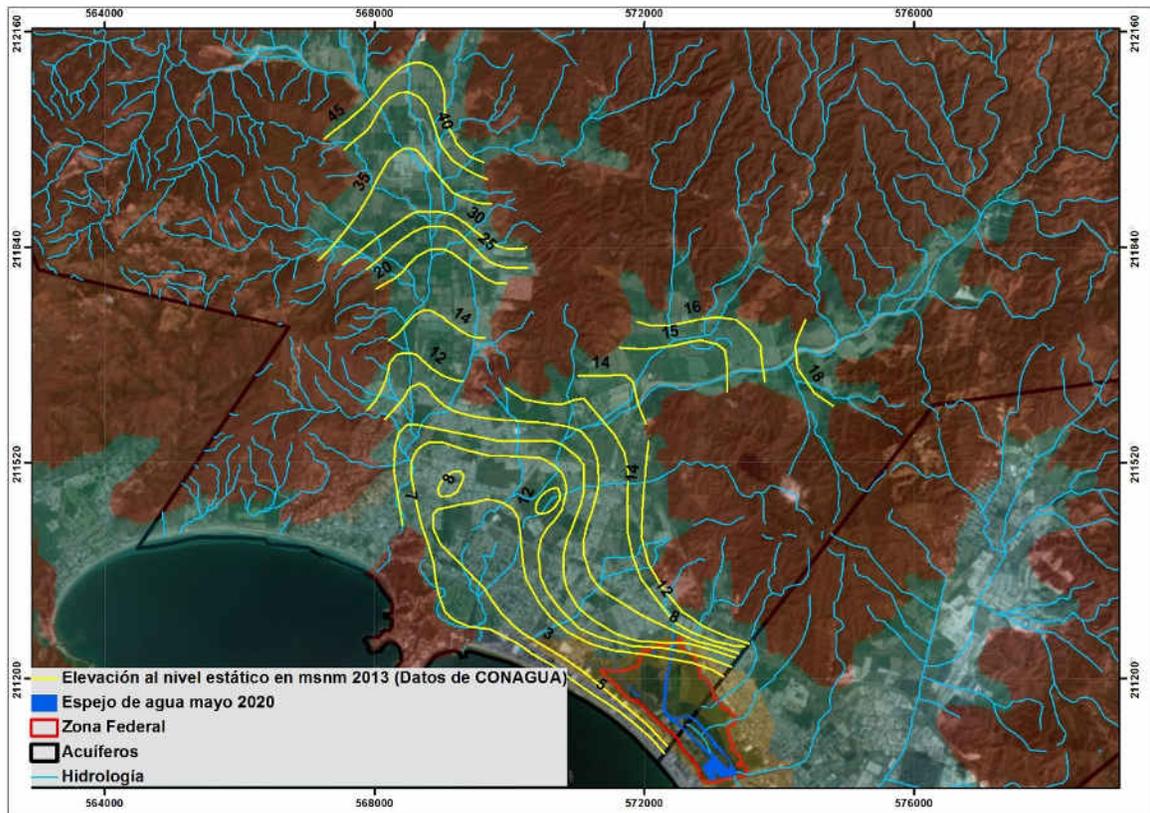


Figura 39. Elevación al nivel estático en m s. n. m. 2013 del acuífero Santiago-Salagua.

Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh)

Una fracción del volumen de lluvias que se precipita en las zonas topográficamente más altas del área de estudio se infiltra por las fracturas de las rocas que forman parte de ellas y a través del piedemonte, para posteriormente recargar al acuífero en forma de flujos subterráneos que alimentan la zona de explotación. La recarga al acuífero tiene su origen en la precipitación pluvial sobre el valle y en la infiltración de los escurrimientos superficiales (CONAGUA, 2020).

Para el cálculo de las entradas por flujo horizontal subterráneo se utilizó la configuración de elevación del nivel estático correspondiente al año 2013 (Figura 40).

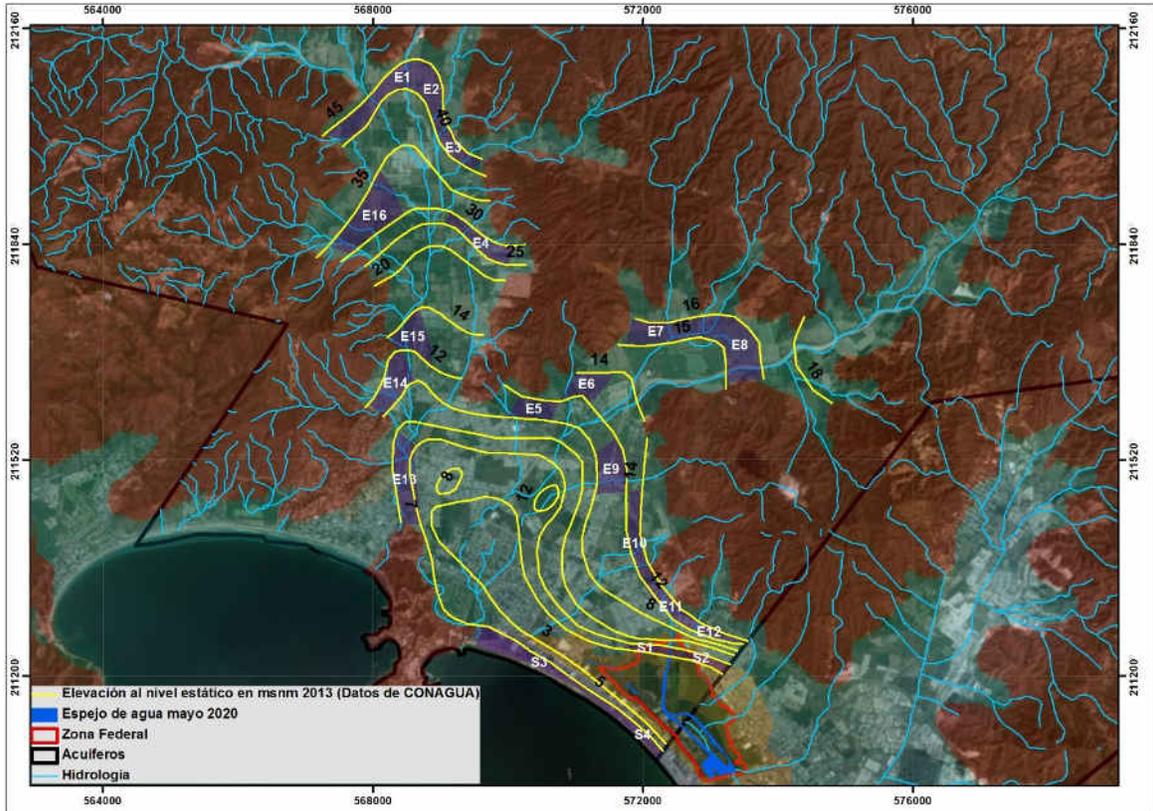


Figura 40. Configuración de elevación del nivel estático para el año 2013, para acuífero Santiago-Salagua (datos obtenidos de (CONAGUA, 2020).

La recarga total por flujo horizontal que es la suma de los caudales de E1 a E16 de cada celda establecida (Tabla 19).

El volumen total de entradas por flujo subterráneo horizontal es de 16.3 hm³/año.

Tabla 19. Cálculo de las entradas para flujo subterráneo horizontal en el acuífero Santiago-Salagua (CONAGUA, 2020).

CANAL	LONGITUD B (m)	ANCHO (m)	h_2-h_1	GRADIENTE	T (m ² /s)	CAUDAL Q (m ³ /s)	VOLUMEN (hm ³ /año)
E1	1575	310	5	0.01613	0.003	0.0762	2.4
E2	790	365	5	0.0137	0.003	0.0325	1.0
E3	845	225	5	0.02222	0.003	0.0563	1.8
E4	1070	310	5	0.01613	0.003	0.0518	1.6
E5	565	450	4	0.00889	0.003	0.0151	0.5
E6	675	340	2	0.00588	0.003	0.0119	0.4
E7	112	420	1	0.00238	0.003	0.008	0.3
E8	1295	565	2	0.00354	0.003	0.0138	0.4
E9	620	310	4	0.0129	0.003	0.024	0.8
E16	1775	280	2	0.00714	0.001	0.0127	0.4
E11	620	200	2	0.01	0.002	0.0124	0.4
E12	1015	140	2	0.01426	0.002	0.0290	0.9
E13	1015	225	2	0.00889	0.009	0.1036	3.3
E14	900	395	4	0.01013	0.002	0.0182	0.6
E15	565	450	2	0.0044	0.003	0.0075	0.2
E16	1635	365	5	0.0137	0.002	0.0448	1.4
Total de Entradas							16.3

Los valores de transmisividad utilizados para el cálculo de las entradas y salidas subterráneas fueron obtenidos de la interpretación de pruebas de bombeo realizadas en estudios previos, tanto en el acuífero como en otros vecinos, adaptados al espesor saturado de cada zona (CONAGUA, 2020).

Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh)

Las descargas subterráneas fueron calculadas de la misma manera como se evaluaron las entradas subterráneas, a partir de la configuración de elevación del nivel estático (Figura 41).



Figura 41. Configuración de elevación del nivel estático para el año 2013 (salidas), para acuífero Santiago-Salagua (datos obtenidos de (CONAGUA, 2020).

El valor calculado del total de salidas de S1 a S4 para el acuífero Santiago Salagua es de 4.5 hm³ anuales (Tabla 20).

Tabla 20. Cálculo de las salidas para flujo subterráneo horizontal en el acuífero Santiago-Salagua (CONAGUA, 2020).

CANAL	LONGITUD B (m)	ANCHO (m)	h_2-h_1	GRADIENTE	T (m ² /s)	CAUDAL Q (m ³ /s)	VOLUMEN (hm ³ /año)
S1	565	140	2	0.01429	0.0015	0.0121	0.4
S2	1125	195	2	0.01026	0.0015	0.0173	0.5
S3	1015	200	2	0.01000	0.0030	0.0305	1.0
S4	2310	170	2	0.01176	0.0030	0.0815	2.6
Total de Salidas							4.5

Evolución del nivel estático

Con respecto a la configuración de evolución del nivel estático para el periodo 2007-2013, se observa una recuperación generalizada de los niveles del agua subterránea como resultado de haber dejado de extraer agua de los pozos que abastecían a la ciudad de Manzanillo, aunado a que la campaña piezométrica del año 2013 se llevó a cabo durante el periodo de lluvias.

Las recuperaciones varían de un metro en la zona costera, en los alrededores de las comunidades Santiago y Salagua, mientras que al norte la recuperación es de 2 m. La mayor recuperación se observa en la porción media de los valles, con ascensos de 4 m, que representa un ritmo promedio anual de 0.15 m. En general, para la mayor parte de la superficie del acuífero, los niveles del agua subterránea no han sufrido variaciones significativas. Se presentan abatimientos durante la época de estiaje que se recuperan de manera rápida en la temporada de lluvias. En lo que se refiere a la zona donde está situada la Laguna Valle de las Garzas, no se muestra recuperación durante el periodo 2007-2013 (Figura 42).

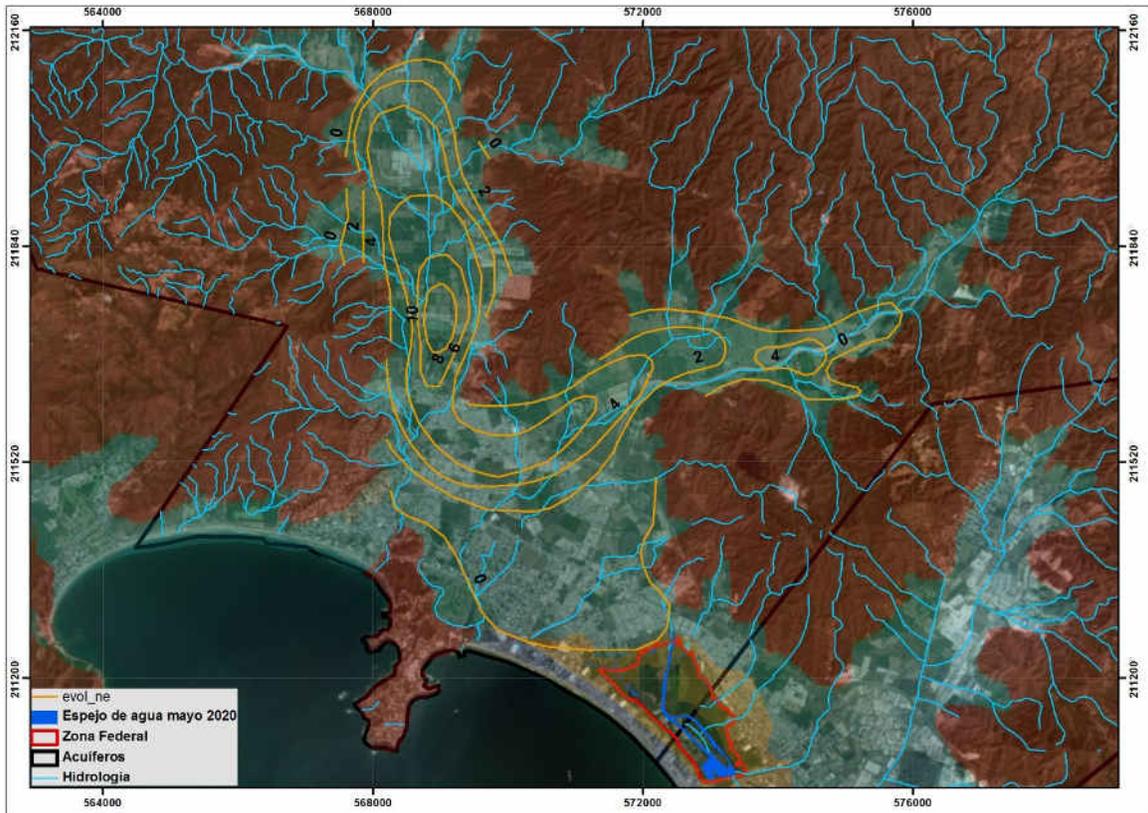


Figura 42. Evolución del nivel estático 2007-2013. (Datos obtenidos de (CONAGUA, 2020).

Para la estimación del cambio de almacenamiento se tomó en cuenta la configuración de la evolución del nivel estático 2007-2013 (Figura 42), Con base en ella y considerando un coeficiente de almacenamiento S_y de 0.15, se determinó la variación del almacenamiento en el área de balance de 50.0 km^2 , mediante la Ecuación 2.

Los valores obtenidos para cada variación piezométrica durante el período 2007-2013 se puede observar en la Tabla 21. El volumen promedio anual del cambio de almacenamiento asciende a $2.2 \text{ hm}^3/\text{año}$ (CONAGUA, 2020).

Tabla 21. Cálculo del volumen de cambio de almacenamiento (2007-2013).

Evolución (m)	Recuperación promedio (m)	Área(km ²)	Coefficiente de almacenamiento Sy	ΔV(S) (hm ³ /año)
10	10	0.4	0.15	0.6
8 a 10	9	0.8	0.15	1.1
6 a 8	7	3.4	0.15	3.6
4 a 6	5	4.9	0.15	3.7
4	4	0.4	0.15	0.2
2 a 4	3	4.6	0.15	2.1
0 a 2	1	11.3	0.15	1.7
0	0	24.2	0.15	0.0
		50	TOTAL	12.9
		PROMEDIO ANUAL		2.2

Recarga total media anual.

La recarga vertical por lluvia e infiltraciones para el acuífero Santiago-Salagua es de 8.4 hm³/año; la recarga media anual (Ecuación 3) está definida por la suma de la recarga vertical y las entradas horizontales subterráneas:

$$R_t = 8.4 + 16.3 = 24.7 \text{ hm}^3/\text{año}$$

La recarga total media anual para el acuífero Santiago-Salagua es de 24.7 hm³/año

IV.1.4.1.2.2 Usos del agua de los acuíferos Santiago-Salagua

Según datos del REPDA (Registro Público de Derechos de Agua) con fecha de corte el 15 de junio 2020, se registró la existencia de 49 aprovechamientos del agua subterránea, 18 son para uso agrícola, 14 para diferentes usos, 2 para pecuario, 4 para uso público-urbano y 7 para servicios. El volumen de extracción calculado es de 17.36 hm³ anuales, de los cuales 6.4hm³ (38%) se utilizan para uso agrícola, 10.412 hm³ (62%) para abastecimiento de agua potable, 0.001 hm³ (0.006%) para uso pecuario (Figura 43).

Según datos de CONAGUA 2015, el balance de aguas subterráneas se planteó para el periodo 2006-2013, en una superficie de 17.3 km², que corresponde a la zona

donde se cuenta con información piezométrica y en la que se localiza la mayoría de los aprovechamientos subterráneos.

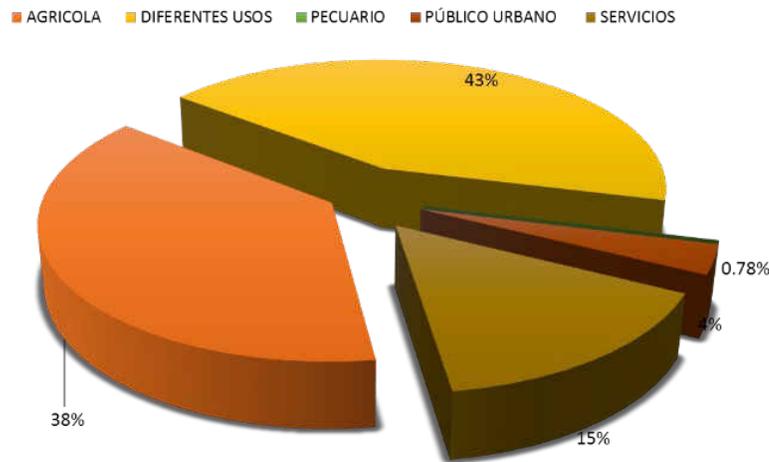


Figura 43. Aprovechamientos al acuífero Santiago-Salagua (gráfica elaborada con datos del REPDA de 15 de junio 2020).

La actualización de la disponibilidad media anual publicada por el REPDA el 31 de diciembre del 2015 es mostrada en la Tabla 22.

Tabla 22. Disponibilidad media anual del acuífero Santiago-Salagua

CLAVE	ACUÍFERO	R	DNC	DNCOM	VCAS	VAPTYR	VAPRH	DÉFICIT
			MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES					
0608	Jalipa-Tapeixtles	24.7	6.1	6.1	21.781086	0.03	0.0	-3.211086

R: recarga total media anual; DNC: descarga natural comprometida; VEAS: volumen de extracción de aguas subterráneas; VCAS: volumen concesionado/assignado de aguas subterráneas; VEALA: volumen de extracción de agua en las zonas de suspensión provisional de libre alumbramiento y los inscritos en el Registro Nacional Permanente; VAPTYR: volumen de extracción de agua pendiente de titulación y/o registro en el REPDA; VAPRH: volumen de agua correspondiente a reservas, reglamentos y programación hídrica; DMA: disponibilidad media anual de agua del subsuelo. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" (fracciones 3.10, 3.12, 3.18 y 3.25), y "4" (fracción 4.3), de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015.

Descargas

Según datos del REPDA 2020, el volumen de descarga en los acuíferos Jalipa-Tapeixtles y Santiago-Salagua es de $19.31 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{año}$, 25 descargas en el primer acuífero y 17 descargas para el segundo. El 93% de las descargas se hace por infiltración en el acuífero de Santiago-Salagua

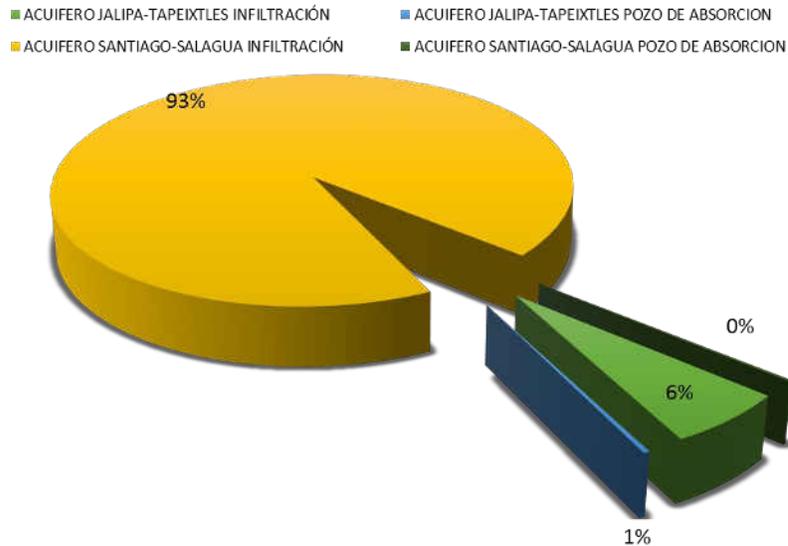


Figura 44. Descargas en los acuíferos Jalipa-Tapeixtles y Santiago Salagua actualizados a 15 de junio de 2020 con datos REPDA.

Para el acuífero Jalipa-Tapeixtles, REPDA tiene registrado 25 descargas; 14 por infiltración con procedencia de sanitarios en su mayoría y 11 por pozo de absorción con procedencia de sanitarios y cocina en su mayoría (Tabla 23).

Tabla 23. Procedencia y volumen de descarga al acuífero Jalipa-Tapeixtles (Elaborado con datos del REPDA 15 de junio 2020).

Procedencia	Forma Descargar	Volumen Descarga (m³/año)
SANITARIOS	INFILTRACIÓN	100.8
SANITARIOS	INFILTRACIÓN	51.1
SANITARIOS	INFILTRACIÓN	148.5
SANITARIOS	INFILTRACIÓN	151.2
SANITARIOS	INFILTRACIÓN	4
SANITARIOS	INFILTRACIÓN	57.6
SANITARIOS	INFILTRACIÓN	65.7
SANITARIOS	INFILTRACIÓN	19.2
SANITARIOS	INFILTRACIÓN	73
SANITARIOS	INFILTRACIÓN	182.5
SERVICIOS MUNICIPALES DEL POBLADO DE CAMPOS	INFILTRACIÓN	119836
SANITARIOS Y COCINA	INFILTRACIÓN	365
SANITARIOS Y COCINA	INFILTRACIÓN	109.5
LAVADO DE CAMIONES Y SANITARIOS	POZO DE ABSORCIÓN	1095
SERVICIOS SANITARIOS EN CASAS HABITACION	POZO DE ABSORCIÓN	40.15
SERVICIOS SANITARIOS EN BODEGA DE LUB.	POZO DE ABSORCIÓN	91.25
SANITARIOS	POZO DE ABSORCIÓN	456.25
SANITARIOS Y COCINA	POZO DE ABSORCIÓN	365
SANITARIOS	POZO DE ABSORCIÓN	1460
SANITARIOS Y LAVADO DE ROPA	POZO DE ABSORCIÓN	167.9
SERVICIOS SANITARIOS Y COCINA	POZO DE ABSORCIÓN	730
SERVICIOS DE SANITARIOS Y LAVABOS DE LA EMPRESA	POZO DE ABSORCIÓN	677.3
SERVICIOS SANITARIOS	POZO DE ABSORCIÓN	290.3
TARJA DE COMEDOR DE LOS EMPLEADOS	POZO DE ABSORCIÓN	10.95
SERVICIOS SANITARIOS Y COCINA	POZO DE ABSORCIÓN Y LAGUNA DE LAS GARZAS	730

Para el acuífero Santiago-Salagua, REPDA tiene registrado 17 descargas; 8 por infiltración con procedencia de sanitarios en su mayoría y 6 por pozo de absorción y 3 por fosa séptica con procedencia de sanitarios y cocina en su mayoría (Tabla 24).

Tabla 24. Procedencia y volumen de descarga al acuífero Jalipa-Tapeixtles (Elaborado con datos del REPDA 15 de junio 2020).

Procedencia	Forma Descargar	Volumen Descarga (m³/año)
SANITARIOS Y COCINA	FOSA SÉPTICA	365
SANITARIOS	FOSA SÉPTICA	255.5
FOSA SÉPTICA Y POZO DE ABSORCIÓN	FOSA SÉPTICA Y POZO DE ABSORCIÓN	182.5
SANITARIOS	INFILTRACIÓN	760
SANITARIOS	INFILTRACIÓN	1797260
SANITARIOS Y COCINA	INFILTRACIÓN	365
SERVICIOS SANITARIOS	INFILTRACIÓN	292
SANITARIOS	INFILTRACIÓN	365
SERVICIOS SANITARIOS	INFILTRACIÓN	365
SANITARIOS Y REGADERAS	INFILTRACIÓN	365
SERVICIOS SANITARIOS Y COCINA	INFILTRACION- POZO DE ABSORCIÓN	1095
SANITARIOS Y COCINA	PERMANENTE	109.5
SERVICIOS SANITARIOS	POZO DE ABSORCIÓN	116.8
SANITARIOS	POZO DE ABSORCIÓN	730
SANITARIOS	POZO DE ABSORCIÓN	197.1
SANITARIOS	POZO DE ABSORCIÓN	365
FOSA SÉPTICA Y SANITARIOS	POZO DE ABSORCIÓN	912.5

En salidas realizadas durante el periodo septiembre 2019 a julio del 2020 en la Laguna Valle de las Garzas, fueron localizados nueve puntos de descarga de aguas residuales. En la parte norte y sureste de la Laguna Valle de las Garzas se encuentran varios canales de descargas de aguas negras (líneas rojas y amarillas). En varios de los canales se identificaron puntos de descargas de aguas residuales; los puntos amarillos están registrados en el REPDA y los triángulos rojos son descargas de aguas residuales irregulares identificadas de septiembre del 2019 a julio del 2020 (Figura 45).



Figura 45. Puntos y canales de descargas de aguas residuales que afecta a la Laguna Valle de las Garzas.

En la Tabla 25 es mostrada la ubicación de los puntos de descargas de aguas residuales irregulares que tienen como cuerpo receptor la Laguna Valle de las Garzas.

Tabla 25. Ubicación de puntos de descarga de aguas residuales a la Laguna Valle de las Garzas.

Punto	Fecha	Coordenadas UTM	
		X	Y
1	15-ene-20	571928.447	2111627.19
2	13-ene-20	572442.219	2112620.21
3	12-feb-20	573167.55	2111720.26
4	12-feb-20	573171.821	2111639.07
5	09-dic-19	571122.658	2112265.5
6	09-dic-19	571167.944	2112217.34
7	04-sep-19	573307.399	2111064.64
8	15-feb-20	571998.985	2111560.48
9	04-sep-19	571543.32	2112523.63

El punto 1 fue tomado el 15 de enero del 2020, está ubicado atrás de “SUITES LAS PALMAS” el tubo de descarga es mostrado en la Figura 46.



Figura 46. Descarga de agua residual punto 1, Laguna Valle de Las Garzas.

El punto 2 fue tomado el 13 de enero del 2020. El tubo de descarga de agua residual en este sitio proviene de la PTAR de Salagua (Figura 47). Según datos de diciembre del 2014 del inventario nacional de plantas la planta Salagua ubicada en la localidad de Manzanillo tiene proceso de tratamiento de Lodos Activados, la capacidad de la planta es de 420 l/s y se tratan 322 l/s; el cuerpo receptor es la Laguna del Valle Las Garzas.

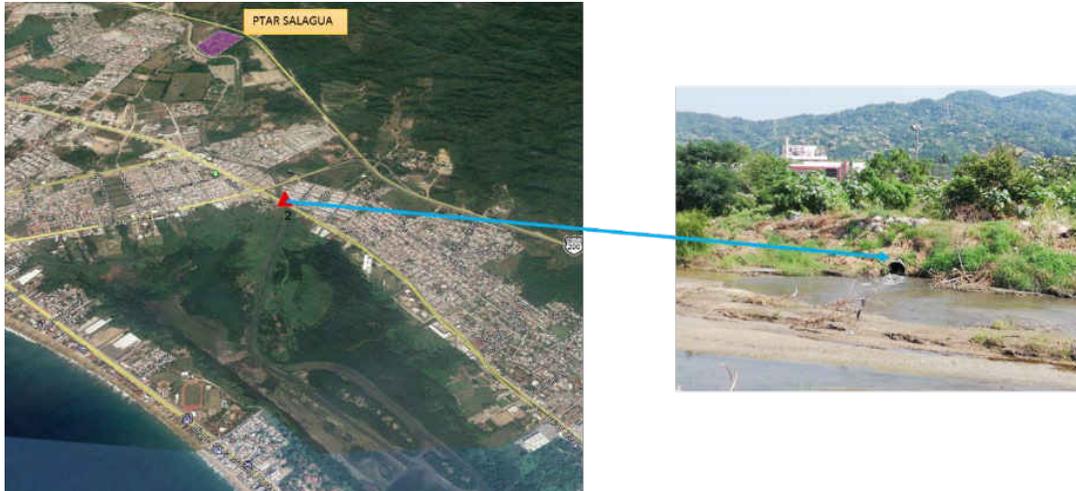


Figura 47. Descarga de aguas residuales con procedencia de la PTAR Salagua, punto 2.

Los puntos 3 y 4 de descarga fueron tomados el 12 de febrero del 2020, se encuentra al noreste de la laguna el primer punto está ubicado a un costado de la y el otro atrás Plaza San José, en la intersección de la Av. Elías Zamora con Av. de los Manglares dentro de la zona lagunar (Figura 48).



Figura 48. Descargas de aguas residuales a la Laguna Valle de las Garzas, punto 4.

Las descargas en los puntos 5 (tomado el 9 de dic 2019) y 6 (tomado el 4 de septiembre de 2019) están ubicadas al suroeste de la Laguna Valle de Las Garzas, atrás de la colonia Gaviotas en la intersección de las calles Av. Halcones y Las Gaviotas (Figura 49).



Figura 49. Descargas de aguas residuales a Laguna Valle de las Garzas, puntos 5 y 6.

La descarga del punto 7 fue tomado el 4 de septiembre de 2019, está ubicado al noreste de la Laguna Valle de Las Garzas, en la colonia Valle de las Garzas en la intersección de las calles Av. Elías Zamora (Figura 50).



Figura 50. Descarga de aguas residuales a Laguna Valle de las Garzas, punto 7.

La descarga del punto 8 fue tomado el 15 de febrero de 2020, está ubicado al sur de la Laguna Valle de Las Garzas, atrás de la colonia Fovissste, en la intersección de las calles Av. Miguel de la Madrid y Veracruz (Figura 51).



Figura 51. Descarga de aguas residuales a Laguna Valle de las Garzas, punto 8.

La descarga del punto 9 fue tomada el 4 de septiembre de 2019, está ubicado al este de la Laguna Valle de Las Garzas, en la colonia Soleares en la intersección de las calles Av. de Los Patos y Paseo de las Gaviotas (Figura 52).



Figura 52. Descarga de aguas residuales a Laguna Valle de las Garzas, punto 9.

El REPDA afirma que le falta regularizar varios puntos de descargas a los Acuíferos Jalipa-Tapeixtles y Salagua.

A partir de datos del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) actualizados en junio de 2020, se obtuvo la localización de aprovechamientos subterráneos (círculos verdes) y superficiales (círculos rojos) así como las descargas hechas a los acuíferos Jalipa Tapeixtles y Santiago-Salagua los puntos son mostrados en la **Figura 53.**

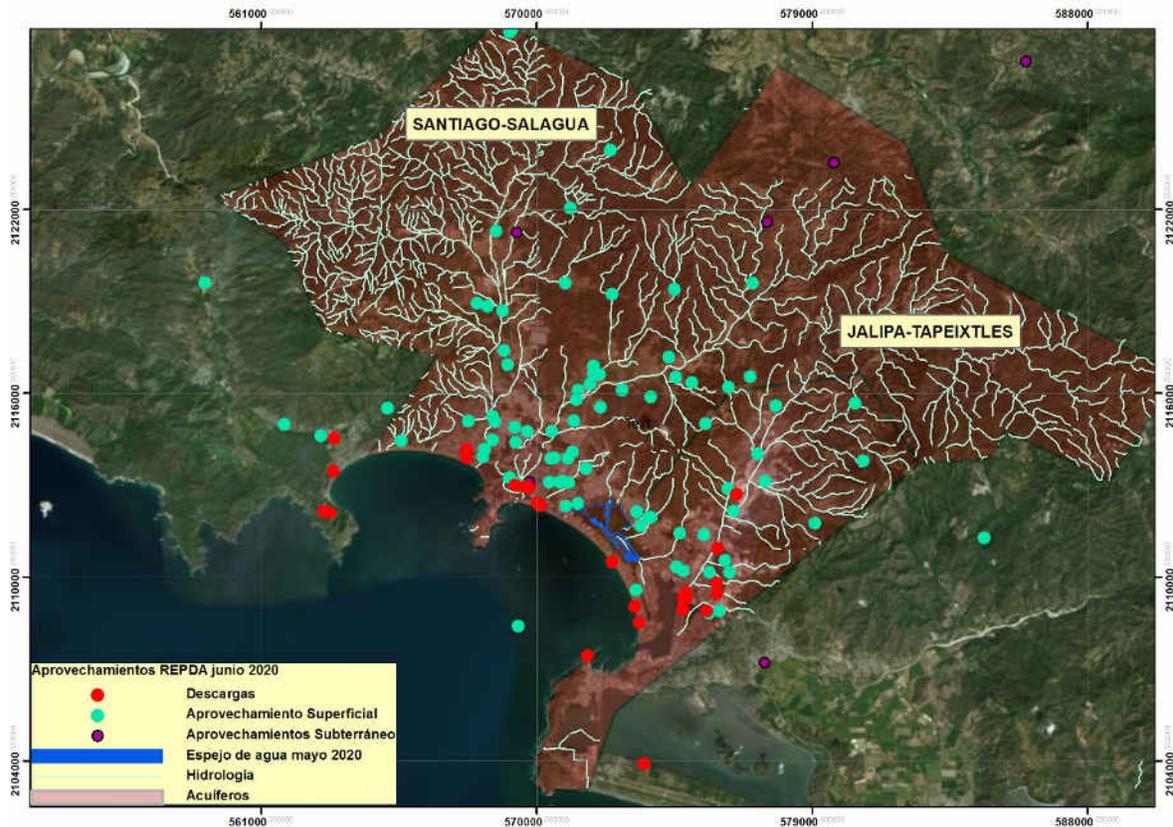


Figura 53. Usos y aprovechamientos de los acuíferos Jalipa-Tapeixtles y Santiago-Salagua hasta junio 2020 elaborado con datos REPDA).

Actualmente los acuíferos donde está ubicada la Laguna Valle de las Garzas no tienen disponibilidad de agua.

IV.1.5 Criterios bióticos

IV.1.5.1 Uso de suelo y vegetación

Según datos de CONABIO 2016.¹⁶ en la zona de estudio el uso de suelo y vegetación se distribuye de la siguiente manera: Agrícola-Pecuaria con 2.3 ha, Cuerpos de agua 48.7 ha, Desarrollo antrópico con 91.19 ha, Manglar 55.78 ha, Manglar perturbado 13 ha, Otra vegetación 48.83 ha, Otros humedales 90.6 ha y Sin vegetación 4.04 ha (Figura 54).

¹⁶ CONABIO, 2016. Mapa de uso del suelo y vegetación de la zona costera asociada a los manglares de México 2015.

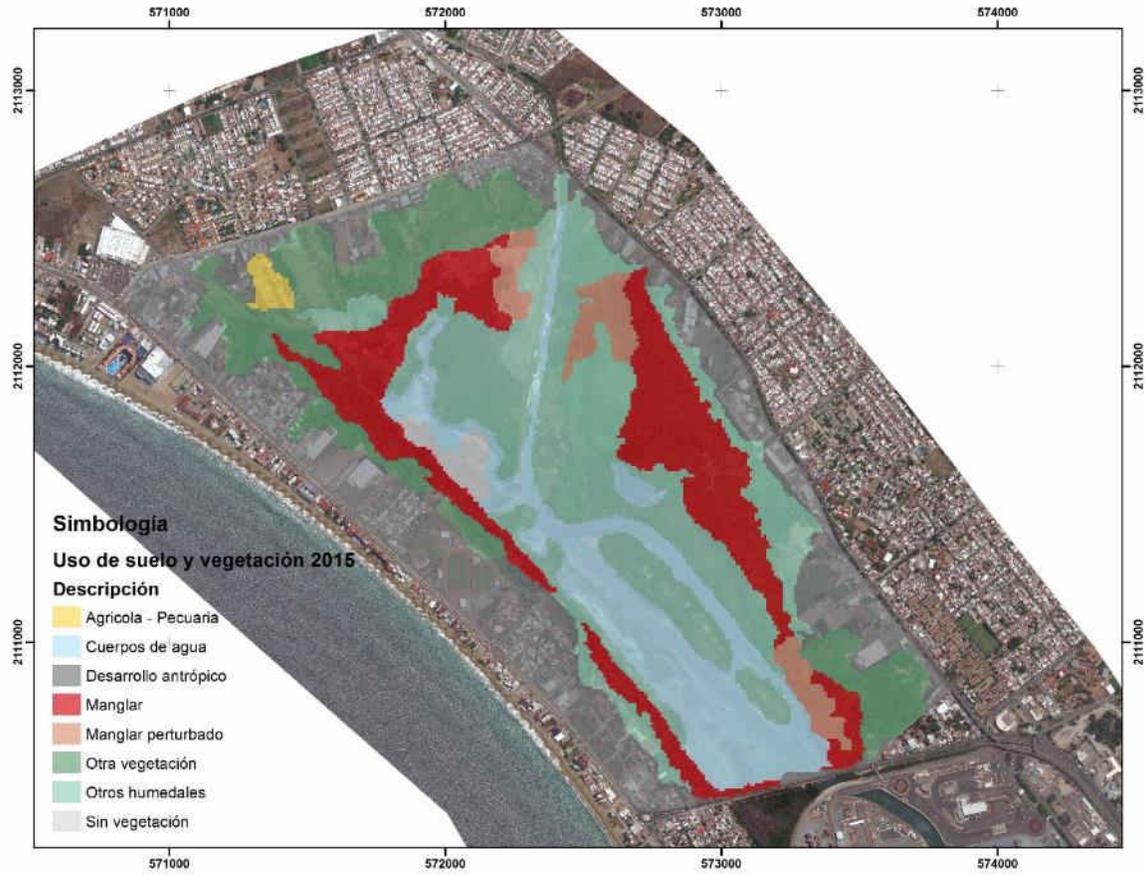


Figura 54. Uso de suelo y vegetación, CONABIO 2016. Imagen Satelital RGB 2019.

La descripción de cada clase se muestra en la Figura 55.

ID	Clase	Simbología	Descripción
1	Desarrollo antrópico		Incluye poblados, estanques acuícolas, granjas camaroneras, salineras, caminos y carreteras, así como obras de infraestructura hidráulica que incluye canales.
2	Agrícola-Pecuaria		Incluye las tierras utilizadas para agricultura de temporal, riego y los pastizales dedicados a la actividad pecuaria. Esta categoría corresponde a coberturas antrópicas destinadas a la producción de alimento, así como los monocultivos perennes arbolados propios de cada región, y otros agroecosistemas. Incluye áreas agrícolas en descanso.
3	Otra vegetación		Incluye la vegetación arbustiva y arbórea de selvas bajas perennifolias y subperennifolias inundables y selva mediana subperennifolia inundables, diferentes tipos de vegetación secundaria arbórea y arbustiva y la vegetación secundaria herbácea.
4	Sin vegetación		Incluye las áreas sin vegetación aparente y con erosión, dunas costeras de arena y playas.
5	Manglar		Incluye humedales arbustivos y arbóreos conformados por la asociación vegetal de una o más especies de mangle: mangle blanco (<i>Laguncularia racemosa</i>), mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>), <i>Rhizophora harrisonii</i> , mangle negro (<i>Avicennia germinans</i>), <i>Avicennia bicolor</i> y mangle botoncillo (<i>Conocarpus erectus</i> y <i>Conocarpus erectus</i> var. <i>sericeus</i>).
6	Manglar perturbado		Incluye humedales conformados por parches de árboles y/o arbustos de manglar muerto o en regeneración. Esta categoría se refiere a la cubierta forestal perturbada por huracanes, tormentas, ciclones y por la construcción de infraestructura hidráulica, carreteras y caminos.
7	Otros humedales		Incluye la vegetación hidrófita de popal-tular-carrizal, además de pastizales inundables, vegetación hidrófita o halófila con individuos de mangle dispersos o en pequeños islotes y los terrenos salinos costeros con poca cubierta vegetal.
8	Cuerpos de agua		Incluye océanos, bahías, esteros, lagunas, ríos, presas, cenotes, aguadas.
9	Otros ⁴		Se refiere a la cobertura de nubes y la sombra derivada de las mismas.

⁴ La clase 9 está presente en la cartografía de 1970/1980, 2005, 2010, sin embargo no se registró para el mapa 2015.

Figura 55. Clases y su descripción para el mapa de cobertura vegetal y/o uso de suelo presentes en las áreas adyacentes al manglar (Valderrama Landeros, y otros, 2017).

Los registros de uso de suelo y vegetación en 2019 son: Cuerpos de agua 37.92 ha, Desarrollo antrópico con 87.28 ha, Manglar 110.48 ha, Manglar perturbado 9.3 ha, Otra vegetación 43.95 ha, Otros humedales 46 ha, Sin vegetación 19.51 ha y no se registró la clase Agrícola – Pecuaria (Figura 56).

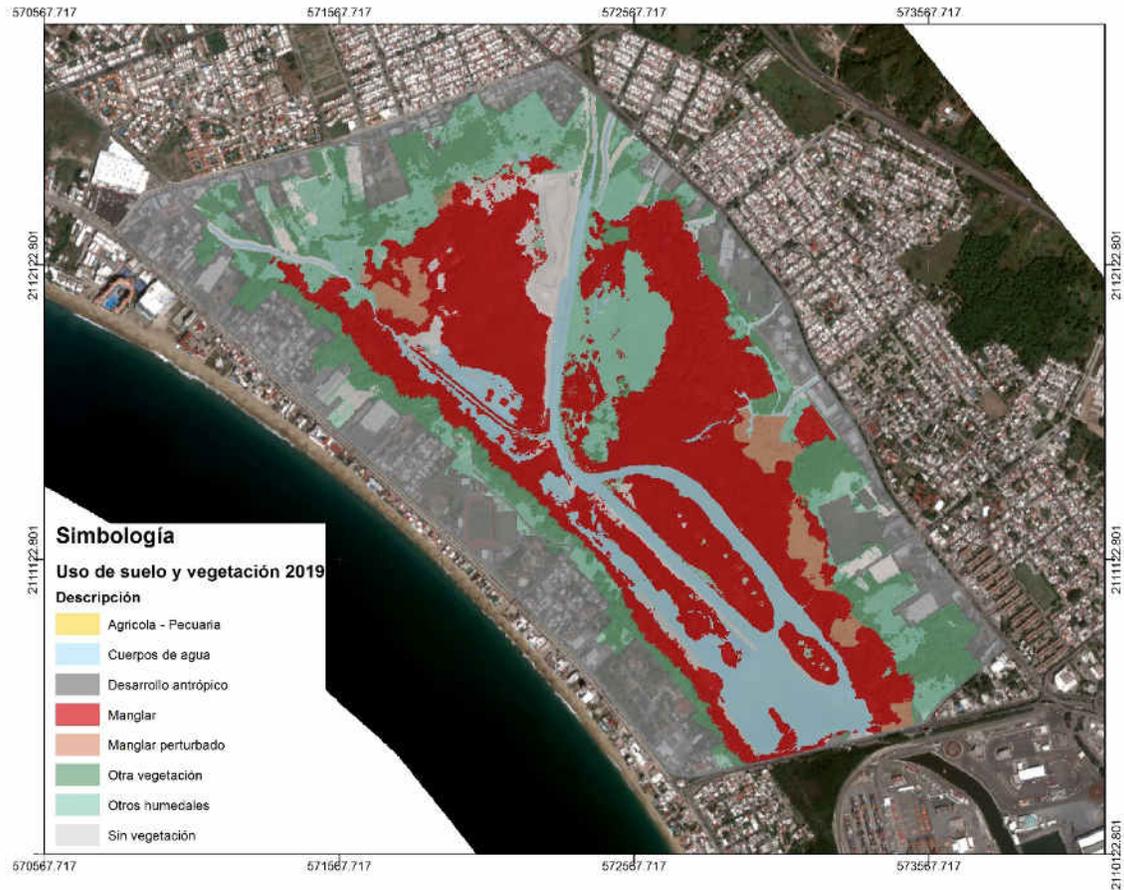


Figura 56. Uso de suelo y vegetación, 2019. Imagen Satelital RGB 2019.

Análisis de cambio

En la información de 2015 la resolución del píxel es de 5 a 10 metros, mientras que la información de 2019 la resolución del píxel es de 50 cm, y las clasificaciones fueron hechas con criterios de diferentes usuarios, por lo que se adaptó la clasificación 2019 a las clases de 2015 mostradas en la Figura 55.

Las tasas de cambio con tendencia negativa se presentaron en las siguientes clases: Cuerpos de agua con -6.06%, es decir que por cada año se pierden 2.69 ha; Otros humedales con -15.59% (11.15 ha/año); Manglar perturbado con -8.03% (0.93 ha/año); Otra vegetación con -2.6% (1.22 ha/año); Desarrollo antrópico con -1.09% (0.97 ha/año) y Agrícola – Pecuaria con el -100% de la cobertura, ya que está fue reemplazada en su totalidad por otro tipo de clase. Las siguientes clases presentan

una tendencia positiva: Sin vegetación tiene un incremento de 15.47 ha y una tasa de cambio de 48.24 % (3.87 ha/año) y Manglar incremento 54.7 ha con una tasa de cambio de 18.63% (13.67 ha/año) (Tabla 26).

Tabla 26. Tasa de transformación de superficie de uso de suelo y vegetación en el periodo 2015-2019.

Nombre de Clase	Superficie 2015 (h)	Superficie 2019 (ha)	Cambio (ha)	Tasa de cambio	Tasa de cambio (%)	Cambio ha/año
Desarrollo antrópico	91.18	87.28	-3.90	-0.0109	-1.09	-0.97
Agrícola-Pecuaria	2.30	0.00	-2.30	-1	-100	-0.58
Otra vegetación	48.83	43.95	-4.88	-0.0260	-2.60	-1.22
Sin vegetación	4.04	19.51	15.47	0.4824	48.24	3.87
Manglar	55.78	110.48	54.70	0.1863	18.63	13.67
Manglar perturbado	13.00	9.30	-3.70	-0.0803	-8.03	-0.93
Otros humedales	90.60	46.00	-44.60	-0.1559	-15.59	-11.15
Cuerpos de agua	48.70	37.92	-10.78	-0.0606	-6.06	-2.69

Para la detección de cambios en el uso de suelo y vegetación la información vectorial de las dos fechas se convirtió a ráster de 50 cm el pixel, para hacer uso de una matriz de transición, en la que las filas representan las clases en 2015 y en las columnas las clases en 2019. El área total de análisis son 354.44 ha, de las cuales 167.39 ha han sufrido cambio entre clases (Pérdidas y Ganancias) (Tabla 27).

Tabla 27. Matriz de transición de uso de suelo y vegetación para el año 2015 y 2019, mostrando las pérdidas y ganancias por clase en hectáreas.

		Uso de suelo y vegetación 2019								Total 2015	Pérdidas
Nombre de clase		Desarrollo antrópico	Agrícola-Pecuaria	Otra vegetación	Sin vegetación	Manglar	Manglar perturbado	Otros humedales	Cuerpos de agua		
Uso de suelo y vegetación 2015	Desarrollo antrópico	77.02	0.00	5.59	3.25	0.28	0.03	4.80	0.21	91.18	14.16
	Agrícola-Pecuaria	0.56	0.00	0.67	0.23	0.00	0.00	0.84	0.00	2.30	2.30
	Otra vegetación	5.72	0.00	22.38	1.75	1.57	0.09	16.75	0.57	48.83	26.45
	Sin vegetación	0.00	0.00	0.00	0.10	1.28	0.00	0.01	2.65	4.04	3.94
	Manglar	0.21	0.00	5.00	1.57	38.74	6.85	2.33	1.08	55.78	17.04
	Manglar perturbado	0.00	0.00	0.46	1.72	8.36	0.87	1.33	0.26	13.00	12.13
	Otros humedales	3.78	0.00	9.47	7.70	45.51	1.45	18.74	3.95	90.60	71.86
	Cuerpos de agua	0.00	0.00	0.38	3.18	14.74	0.00	1.21	29.19	48.70	19.51
Total 2019		87.28	0.00	43.95	19.51	110.48	9.30	46.00	37.92	354.44	
Ganancias		10.26	0.00	21.57	19.40	71.74	8.43	27.26	8.73		167.39

La clase Cuerpos de agua registró 29.19 ha sin cambio, 19.51 ha de pérdida y 8.73 ha de ganancia; Otros humedales es la clase que tiene mayor pérdida con 71.86 ha y 27.26 ha de ganancia; Otra vegetación perdió 26.45 ha y gana 21.57 ha; Sin vegetación perdió 3.94 ha y gana 19.40 ha; Agrícola – Pecuaria perdió el 100% de la cobertura; Desarrollo antrópico perdió 14.16 ha y gana 10.26 ha; Manglar tuvo la mayor ganancia con 71.74 ha y perdió 17.04 ha; Manglar perturbado perdió 12.13 ha y gana 8.43 ha (Tabla 27 y Figura 57).

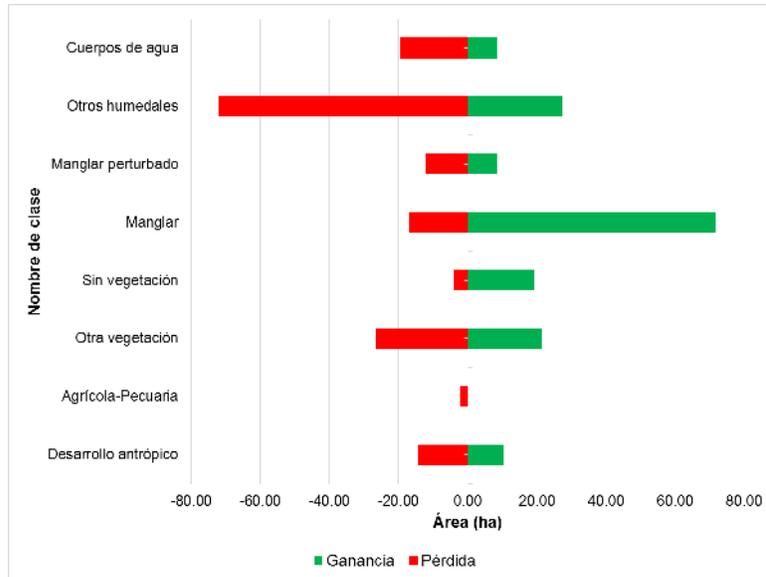


Figura 57. Cambios en la cobertura de uso de suelo y vegetación en el periodo 2015-2019 por clase.

La Figura 58 muestra las zonas de cambio y las zonas estables, es decir que mantuvieron la clase a la que pertenecían.

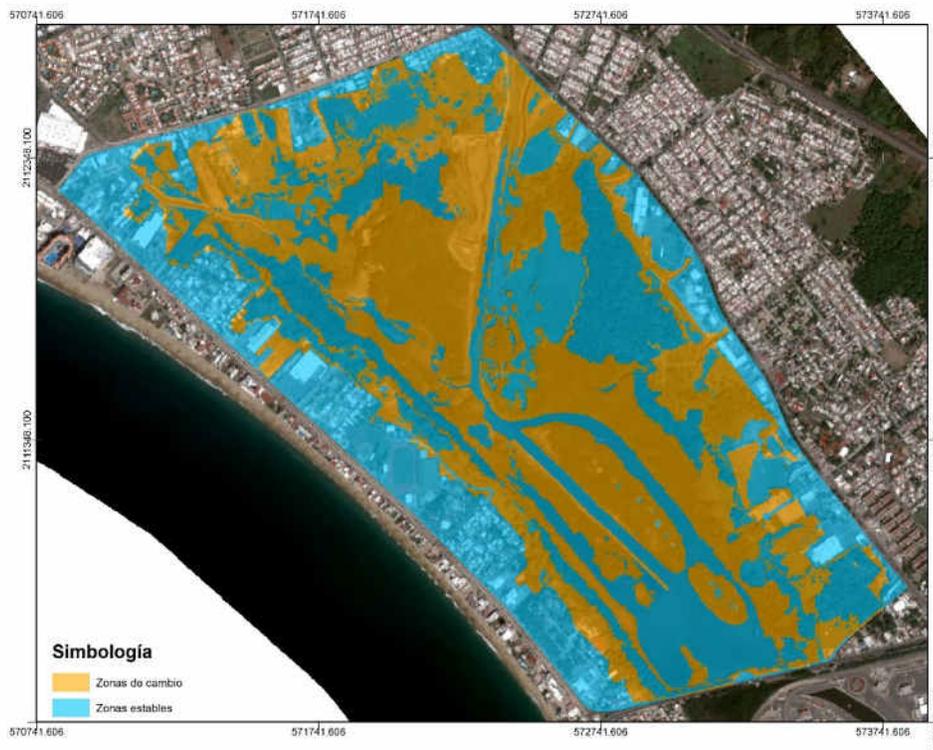


Figura 58. Distribución espacial de las zonas de cambio y zonas estables del uso de suelo y vegetación del periodo 2015-2019.

De las 354.44 ha analizadas, la clase Cuerpos de agua tiene un cambio neto de 3.04% y un intercambio entre clases de 4.93% por lo que el cambio total es 7.97% (58.24 ha); Otros humedales tiene un cambio neto de 12.58% e intercambio de 15.38%, con un cambio total del 27.96% (99.12 ha); Otra vegetación registró un cambio neto de 1.38%, intercambio de 12.17% y cambio total de 13.55%(48.02 ha); Sin vegetación tiene un cambio neto de 4.36%, intercambio de 2.22% y cambio total de 6.58%, es decir 23.34 ha; Agrícola – Pecuaria registro cambio neto y total de 0.65% (2.3 ha); Desarrollo antrópico tiene un cambio neto de 1.10%, un intercambio de 5.79% y un cambio total de 6.89% (24.42 ha); Manglar perturbado tiene cambio neto de 1.04%, intercambio de 4.75% y cambio total de 5.80% (20.55 ha); Manglar fue el que registro mayor cambio neto con 15.43%, intercambio de 9.62 y cambio total de 25.05% (88.78 ha) (Tabla 28).

Tabla 28. Superficie (ha) y porcentaje de pérdidas, ganancias, cambio neto, intercambio y cambio total para los diferentes usos de suelo y vegetación en el periodo 2015-2019.

Nombre de clase	Ganancias		Pérdida		Cambio Neto		Intercambio		Cambio Total	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Desarrollo antrópico	10.26	2.89	14.16	4.00	3.90	1.10	20.52	5.79	24.42	6.89
Agrícola-Pecuaria	0.00	0.00	2.30	0.65	2.30	0.65	0.00	0.00	2.30	0.65
Otra vegetación	21.57	6.08	26.45	7.46	4.88	1.38	43.13	12.17	48.02	13.55
Sin vegetación	19.40	5.47	3.94	1.11	15.47	4.36	7.87	2.22	23.34	6.58
Manglar	71.74	20.24	17.04	4.81	54.70	15.43	34.08	9.62	88.78	25.05
Manglar perturbado	8.43	2.38	12.13	3.42	3.70	1.04	16.85	4.75	20.55	5.80
Otros humedales	27.26	7.69	71.86	20.27	44.60	12.58	54.52	15.38	99.12	27.96
Cuerpos de agua	8.73	2.46	19.51	5.50	10.78	3.04	17.46	4.93	28.24	7.97

Cobertura de uso de suelo y vegetación en el cuerpo lagunar hasta el límite de la zona federal.

El área existente en el cuerpo lagunar hasta el límite de la zona federal es de 209.13 ha, con la siguiente cobertura: 37.12 ha son cuerpos de agua, 2.6 ha es desarrollo antrópico, 118.15 ha es manglar (de las cuales 9.25 ha son manglar perturbado), 14.05 ha es otra vegetación, 23.34 son otros humedales y 13.87 ha sin vegetación (Tabla 29). Esta cobertura se muestra en la Figura 59.

Tabla 29. Cobertura de uso de suelo y vegetación hasta el límite de zona federal.

Clase	Ha	% cobertura
Cuerpos de agua	37.12	17.7
Desarrollo antrópico	2.60	1.2
Manglar	108.90	52.1
Manglar perturbado	9.25	4.4
Otra vegetación	14.05	6.7
Otros humedales	23.34	11.2
Sin vegetación	13.87	6.6

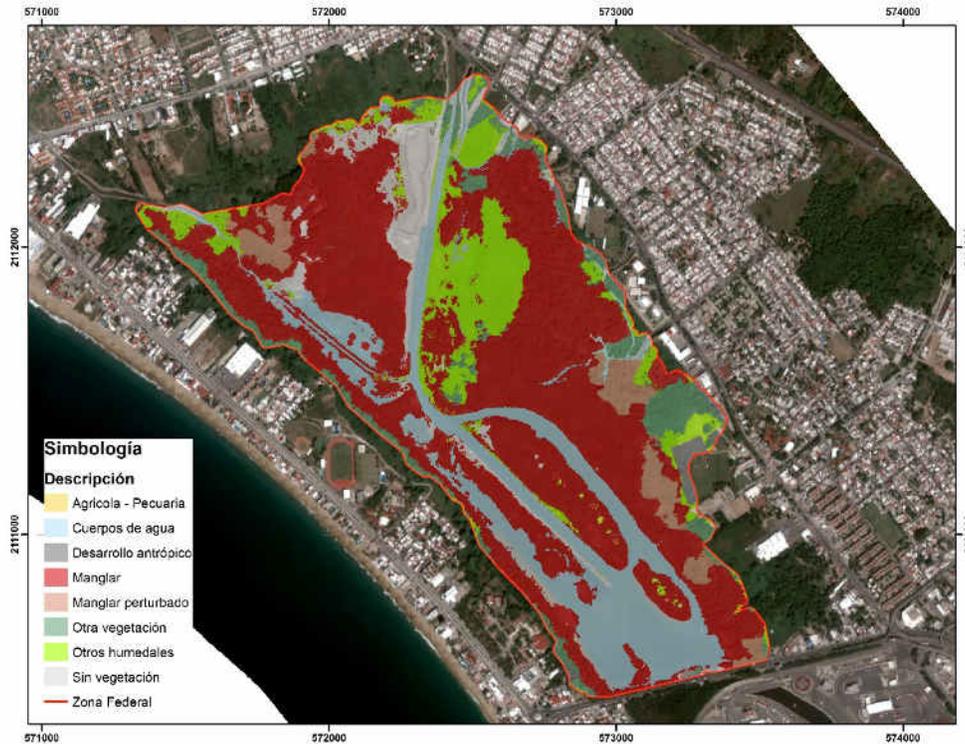


Figura 59. Uso de suelo y vegetación, 2019, en el cuerpo lagunar hasta el límite de la zona federal. Imagen Satelital RGB 2019.

Dentro de esta cobertura quedan excluidas 1.63 ha de manglar, 0.8 ha de cuerpos de agua, 29.9 ha de otra vegetación y 22.67 ha de otros humedales. Que se registraron en uso de suelo y vegetación en 2019.

IV.1.6 Criterios edafológicos

IV.1.6.1 Edafología

Los tipos de suelos que se registran la zona de estudio son los siguientes: Solonchak gléyico sódico + Regosol sódico con textura gruesa (SCglso+RGso/1), Phaeozem hiposódico hipo sálico con textura media (PHsowszw/2) (Figura 60).

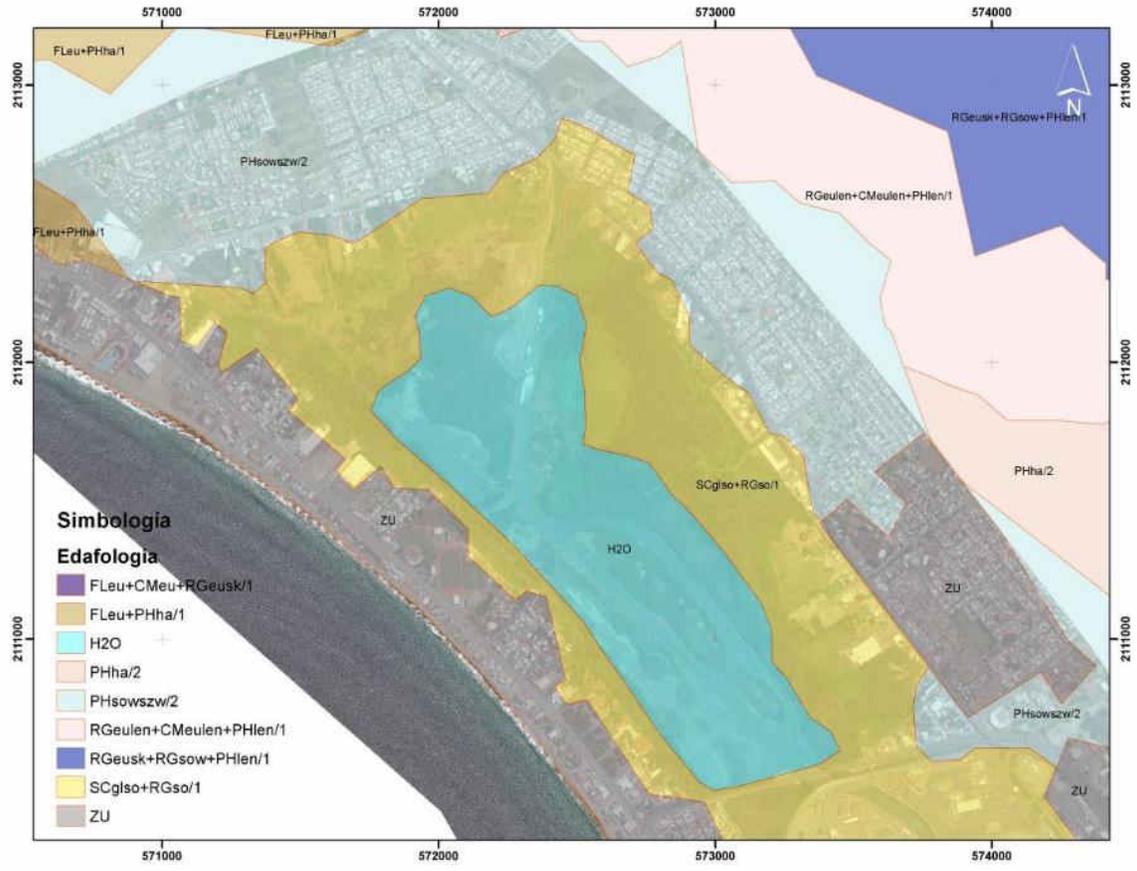


Figura 60. Edafología en la zona de estudio,¹⁷ sobre Imagen Satelital RGB 2019.

Solonchak: Suelo con alto contenido de sales solubles que se acumulan por evaporación. **Connotación:** suelos salinos, del Ruso “sol” (sal) y “chak” (área salada). **Material parental:** virtualmente cualquier material de suelo no consolidado. **Ambiente:** regiones áridas y semiáridas, con fuertes contrastes estacionales, y a veces con el terreno permanentemente anegado, recubiertas por plantas herbáceas y/o matorrales denominados halófitos (amantes de la sal) y en áreas irrigadas deficientemente gestionadas. Los Solonchaks de los territorios costeros acaecen bajo cualquier tipo de clima. **Desarrollo del perfil:** en su mayoría perfiles AC o ABC, a menudo con propiedades gléyicas a cierta profundidad. En posiciones fisiográficas bajas, con un nivel freático somero, la acumulación de sales es más intensa en la superficie del suelo (“Solonchaks

¹⁷ INEGI. Carta Edafológica Manzanillo E13-2-5 Serie II escala 1:250 000.

“externos”). Los Solonchaks con un nivel freático profundo tienen una mayor acumulación de sales a mayor profundidad y raramente alcanzan la superficie (“Solonchaks internos”). **Uso:** Los Solonchaks padecen de potencial agrario limitado y tan solo con vistas al crecimiento de cultivos tolerantes a las sales. Muchos son usados como pastizales, pero lamentablemente dan lugar a escasa biomasa (forraje).¹⁸

Phaeozem: Suelos de pastizales relativamente húmedos y regiones forestales en clima moderadamente continental. Los Phaeozems son muy parecidos a Chernozems y Kastanozems pero están más intensamente lixiviados. Consecuentemente, tienen horizonte superficial oscuro, rico en humus que, en comparación con Chernozems y Kastanozems, son menos ricos en bases. Los Phaeozems pueden o no tener carbonatos secundarios, pero tienen alta saturación con bases en el metro superior del suelo. **Connotación:** Suelos oscuros ricos en materia orgánica; del griego phaios, oscuro, y ruso zemlja, tierra. **Material parental:** Materiales no consolidados, predominantemente básicos, eólicos (loess), till glaciario y otros. **Ambiente:** Cálido a fresco (e.g. tierras altas tropicales) regiones moderadamente continentales, suficientemente húmedas de modo que la mayoría de los años hay alguna percolación a través del suelo, pero también con períodos en los cuales el suelo se seca; tierras llanas a onduladas; la vegetación natural es pastizal como la estepa de pastos altos y/o bosque. **Desarrollo del perfil:** Un horizonte mólico (más fino y en muchos suelos menos oscuro que en los Chernozems), principalmente sobre horizonte subsuperficial cámbico o árgico.¹⁹

Cobertura edafológica en el cuerpo lagunar hasta el límite de la zona federal.

En la carta edafológica 116.31 ha corresponden a H₂O (Cuerpo de agua) y 92.81 ha a Solonchak gléyico sódico + Regosol sódico con textura gruesa (SCglso+RGso/1).

¹⁸ <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2013/12/17/144776>

¹⁹ Base referencial mundial del recurso suelo. Un marco conceptual para la clasificación, correlación y comunicación internacional. En <http://www.fao.org/3/a-a0510s.pdf>



Figura 61. Edafología en el cuerpo lagunar hasta el límite de la zona federal. Imagen Satelital RGB 2019.

IV.1.6.2 Geología

Las características litológicas en la zona de estudio son las siguientes: predomina el Palustre (Qpa), seguido de Lacustre (Qla) y en menor proporción Aluvión (Qal) (Figura 62) con tipo de roca sedimentaria.²⁰

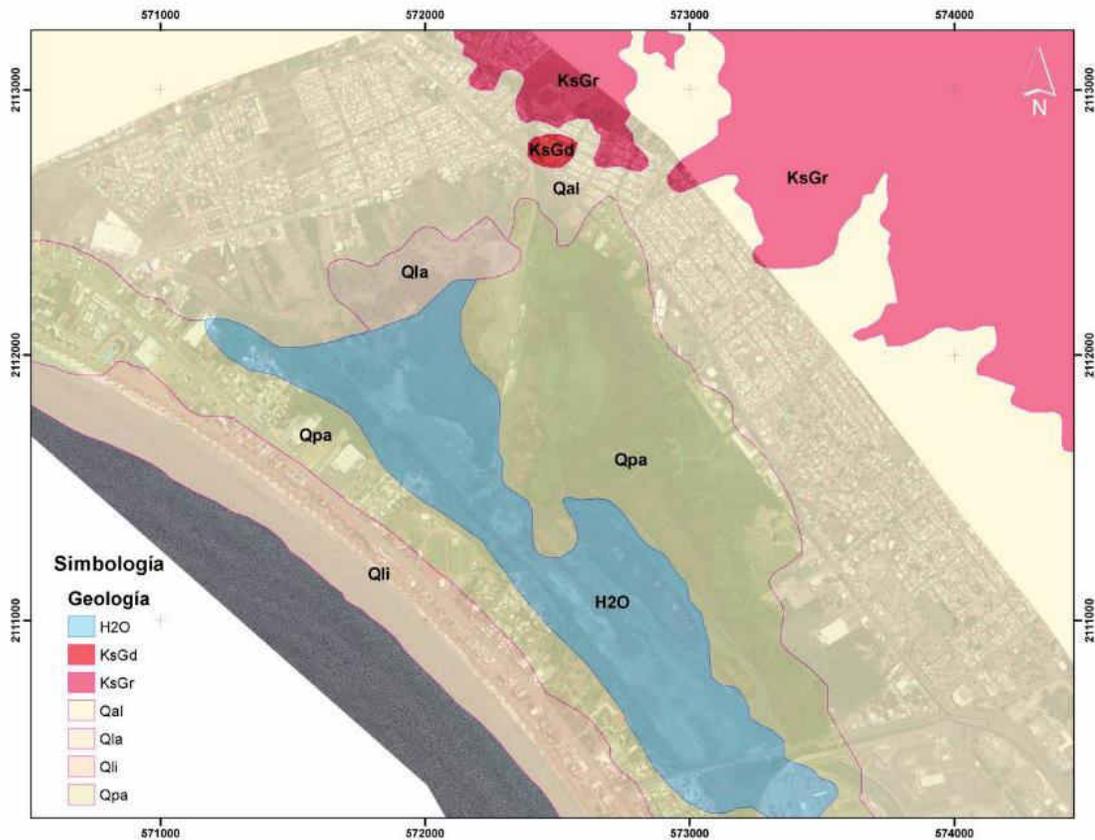


Figura 62. Geología en la zona de estudio,²¹ sobre Imagen Satelital RGB 2019.

²⁰ Servicio Geológico Mexicano. Carta Geológica-Minera Manzanillo E13-B43. Escala 1:50 000.

²¹ *Idem.*

Cobertura geológica en el cuerpo lagunar hasta el límite de la zona federal.

En la carta geológica el cuerpo de agua tiene 85.29 ha, Palustre 107.97 ha, Lacustre 9.83 ha y Aluvión 6.04 ha (Tabla 30). En la Figura 63 se muestra la cobertura geológica en el cuerpo lagunar hasta el límite de la zona federal.

Tabla 30. Cobertura de uso de suelo y vegetación hasta el límite de zona federal.

Litología	Clave	Ha
Aluvión	Qal	6.04
Cuerpo de agua	H ₂ O	85.29
Lacustre	Qla	9.83
Palustre	Qpa	107.97



Figura 63. Geología en el cuerpo lagunar hasta el límite de la zona federal, sobre Imagen Satelital RGB 2019.

IV.1.6.3 Fisiografía

La Laguna Valle de las Garzas se encuentra en la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur; pertenece a la subprovincia Sierras de las Costas de Jalisco y Colima. El sistema de topofomas al que pertenece es el de Llanura (INEGI, 2001) (Figura 64).

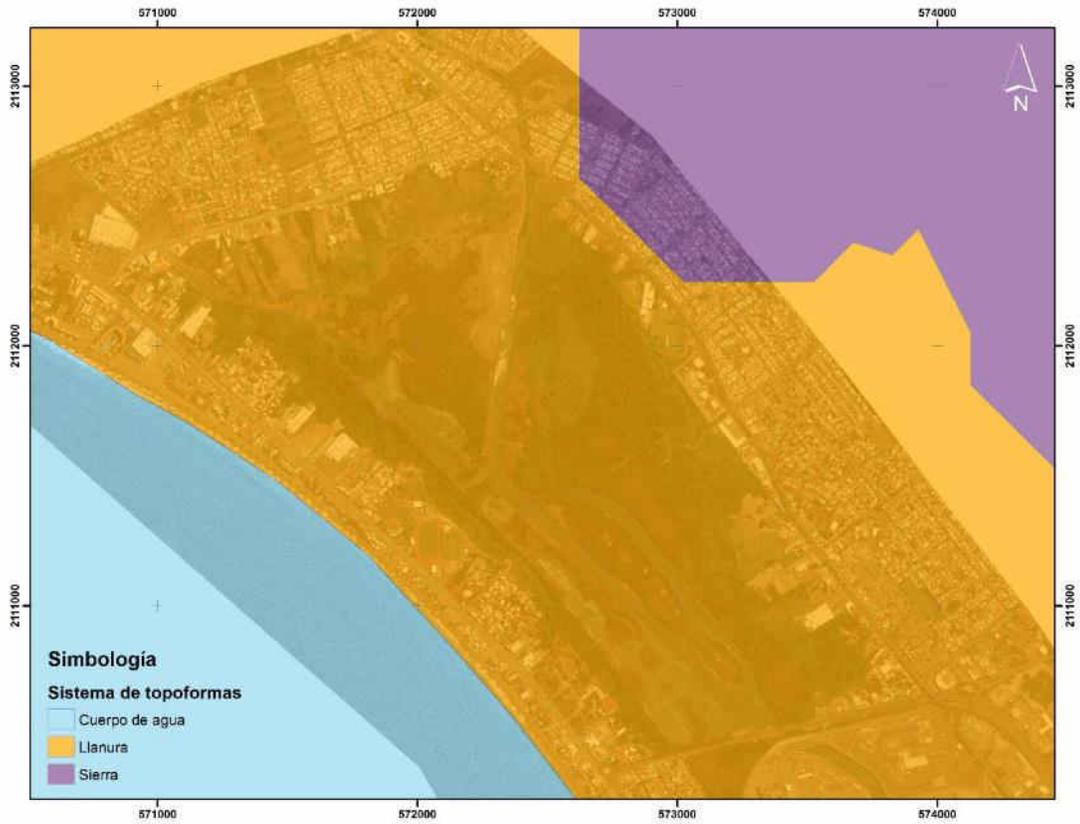


Figura 64. Sistema de topofomas,²² sobre Imagen Satelital RGB 2019.

²² INEGI 2001. Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Sistema topofomas. Escala 1:1000000. En: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267599>

IV.1.6.4 Modelo digital

En la zona de estudio se usaron las cartas E13B42F2, E13B43D1 y E13B43D2 (año 2011) del modelo digital de elevación (MDE) de alta resolución Lidar de INEGI, con una resolución de 5 metros. En el modelo digital de elevación se distingue fácilmente la Laguna del Valle de las Garzas (Figura 65).

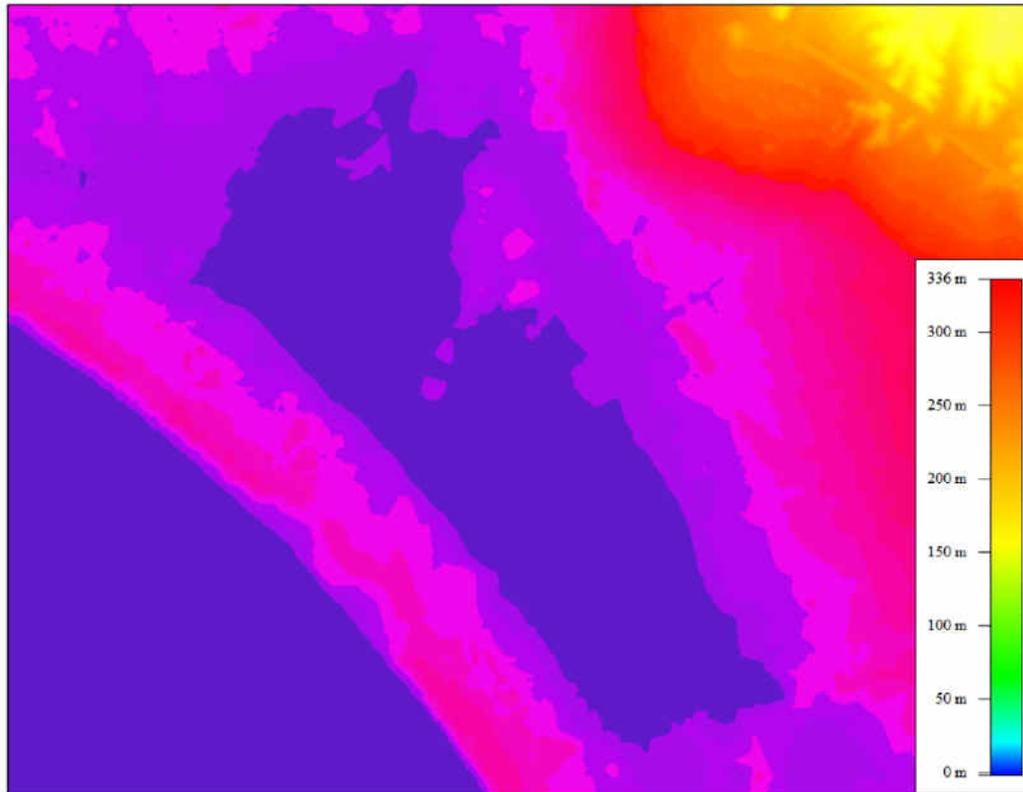


Figura 65. Modelo digital de elevación de la Laguna Valle de las Garzas. (INEGI, 2011)

IV.1.6.4.1 Curvas de Nivel

A partir del MDE se obtuvieron las curvas de nivel de la zona de estudio a cada 50 centímetros. En la Figura 66 se muestran las curvas de nivel sobre el MDE, mientras que en la Figura 67 se muestran las curvas de nivel sobre la **Imagen Satelital RGB 2019**. Donde se puede ver que la zona de estudio tiene cotas de 0 a 2.5 m.

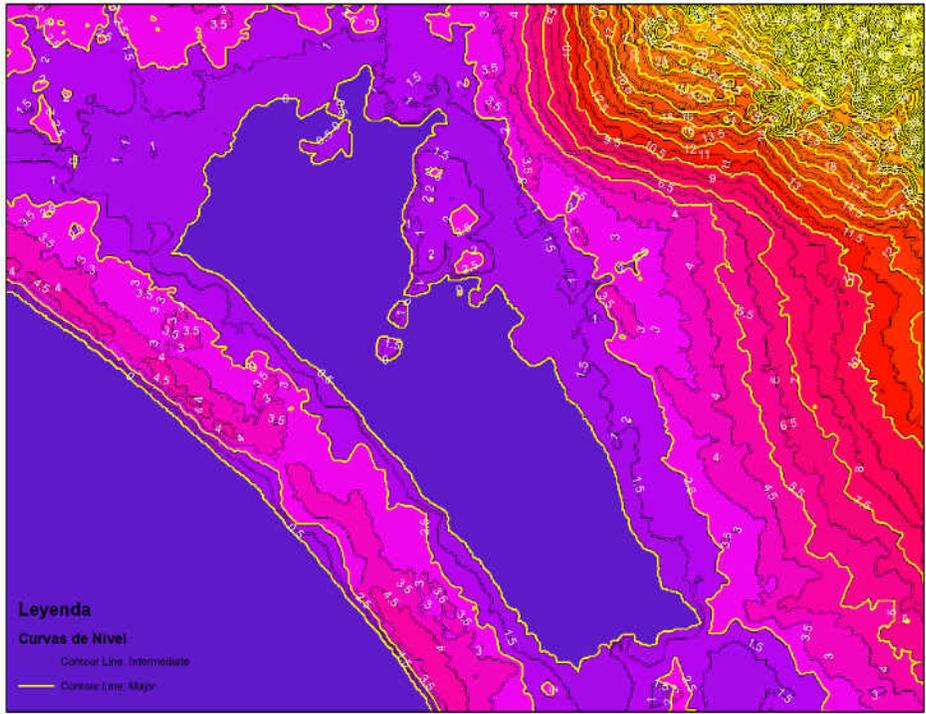


Figura 66. Curvas de nivel a 50 cm sobre el MDE de la Laguna Valle de las Garzas.



Figura 67. Curvas de Nivel a 50 cm sobre Imagen Satelital RGB 2019 de la Laguna Valle de las Garzas.

IV.1.7 Infraestructura urbana

El Programa de Desarrollo Urbano del centro de población de Manzanillo contiene la Clasificación de Áreas, la Zonificación y la Estructura Urbana del centro de población de Manzanillo, Colima. La clasificación de áreas y zonificación se establecen en función de las condicionantes que resulten de las características del medio físico natural y transformado de los predios. Según la índole de las áreas y las zonas, estas requieren de un grado de control o participación institucional, para obtener o conservar la adecuada relación ambiental, así como para normar el aprovechamiento que en dichas áreas se pretenda realizar (en caso de ser factibles).²³

La Figura 68 muestra la zonificación que se encuentra alrededor del área de estudio. Donde también se ve la infraestructura urbana de la zona.

²³ PDU, Manzanillo, 2019.



Figura 69. Uso de suelo en el área de estudio, según PDU Manzanillo.

En infraestructura de servicios se muestran 39 escuelas de las cuales 3 son de preescolar, 3 de primaria, 5 de secundaria, 3 de media superior, 3 de superior, 5 de deporte, 1 de arte y 16 de otros servicios educativos. En servicio de salud se muestran 53 sitios de los cuales 7 son guarderías, 1 hospital general privado, 1 hospital de especialidades privado, 37 consultorios, 4 laboratorios clínicos, 2 agrupaciones de autoayuda para alcohólicos y personas con otras adicciones y 1

servicio de alimentación comunitario. En servicios públicos aparecen 10 sitios; 7 son de actividades administrativas de instituciones de bienestar social, 1 actividades de seguridad nacional, 1 de administración pública en general y 1 y regulación y fomento del desarrollo económico (Figura 70).



Figura 70. Infraestructura de servicios según el DENUE 2019 de INEGI. Imagen de *World Imagery Esri*, 2017.

En infraestructura vial el 62% corresponde a calles, el 12% a avenidas, el 11.5% son andadores, el 3.7% es boulevard entre otros (Figura 71).



Figura 71. Infraestructura vial según INEGI. Imagen de *World Imagery Esri*, 2017.

En la Figura 72 se muestra la distribución de la infraestructura hidro-sanitaria de la zona de estudio, misma que fue tomada del Instituto de Planeación para el Desarrollo Sustentable de Manzanillo (INPLAN) en su Sistema de Información Territorial y Urbano.²⁴

En la zona de estudio no cruzan líneas de alta tensión como se muestra en la Figura 73.

²⁴ Idem.



Figura 72. Infraestructura hidro-sanitario. INPLAN 2018.



Figura 73. Infraestructura eléctrica. INPLAN2018.

IV.1.8 Zona federal y terrenos ganados a la laguna

Según el Diario Oficial de la Federación, del viernes 23 de noviembre de 2012, segunda sección.²⁵: “se destina al servicio del Municipio de Manzanillo, la superficie de 293,845.74 m² de zona federal de la laguna y terrenos ganados a la laguna, ubicada en el Estero del Valle de las Garzas, Paseo de las Gaviotas sin número, Municipio de Manzanillo, Estado de Colima”. De los cuales 14.74 ha corresponden a la zona federal (Figura 74) según las coordenadas publicadas en dicho acuerdo.



Figura 74. Zona Federal Estero del Valle de las Garzas²⁶. Imagen Satelital RGB 2019.²⁷

También se muestran 10 polígonos de terrenos ganados a la laguna con una superficie de 14.64 ha (Figura 75).

²⁵ ACUERDO por el que se destina al servicio del Municipio de Manzanillo, la superficie de 293,845.74 metros cuadrados de zona federal de la laguna y terrenos ganados a la laguna, ubicada en el Estero del Valle de las Garzas, Paseo de las Gaviotas sin número, Municipio de Manzanillo, Estado de Colima, con objeto de que se lleve a cabo la realización del proyecto denominado Parque Metropolitano Estero Las Garzas. DOF, 23 de noviembre de 2012.

²⁶ Idem.

²⁷ Imagen Satelital Geoeye-1 RGB del 16 de mayo de 2019, resolución del pixel de 50cm.

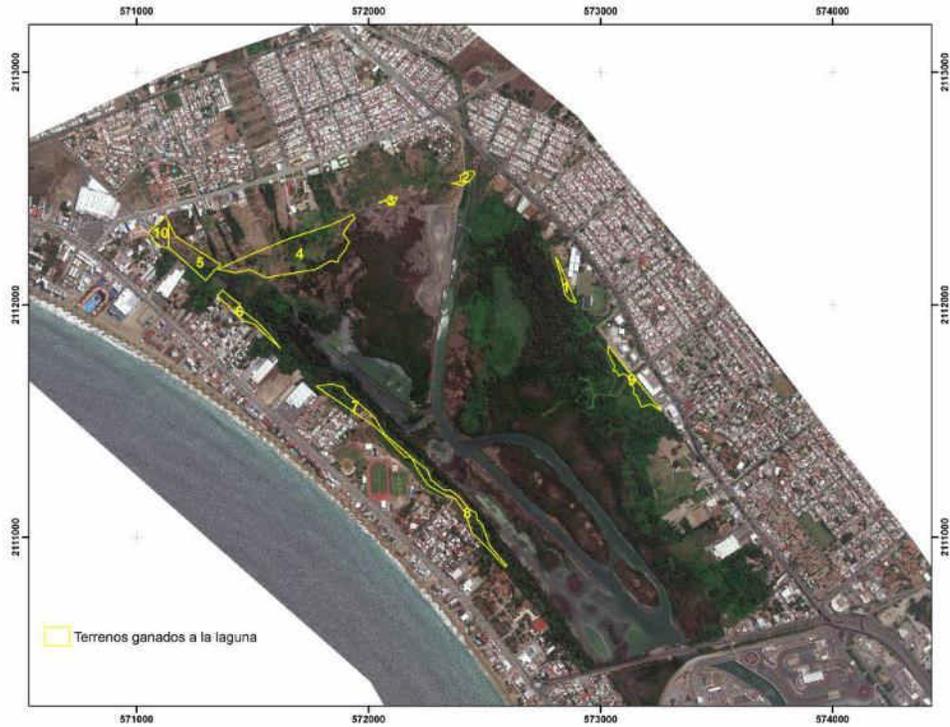


Figura 75. Terrenos ganados a la laguna²⁸. Imagen Satelital RGB 2019.

La superficie del cuerpo lagunar hasta el límite de la zona federal es de 209.13 ha (Figura 76).

²⁸ Idem.

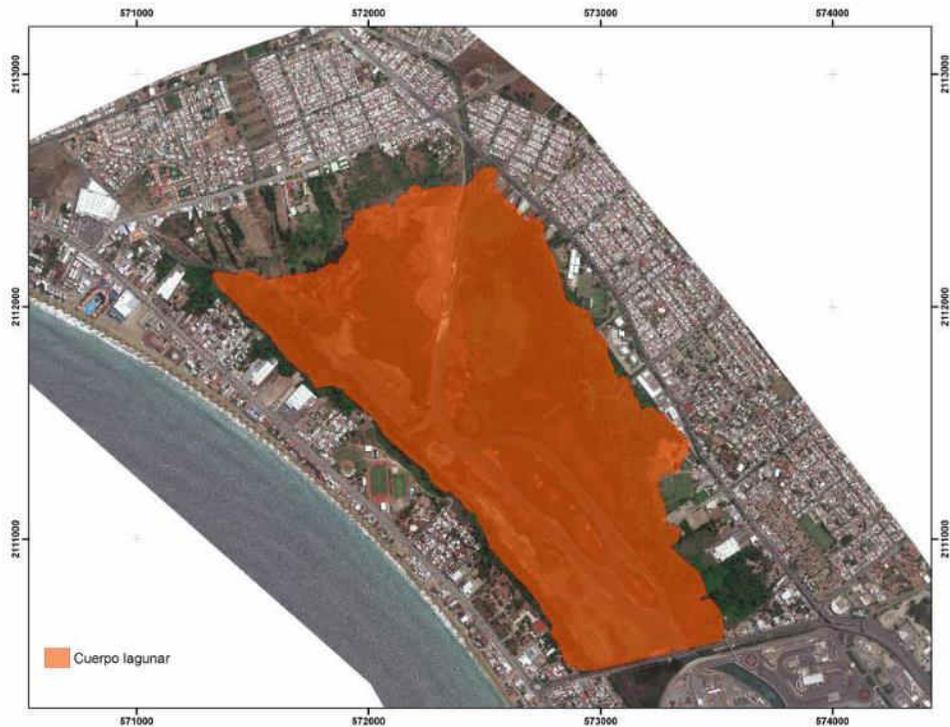


Figura 76. Cuerpo lagunar hasta el límite de la zona federal de la Laguna Valle de las Garzas.

V Interpretación de resultados

V.1 Evolución del espejo de agua de la Laguna Valle de las Garzas

Teniendo como base la superposición de la ortofoto 1996 de INEGI, e imágenes de Google Earth 2003 y 2020 (Figura 77) se identificaron cambios significativos en el espejo de agua de la Laguna Valle de las Garzas.



Figura 77. Comparación de espejo de agua del año 1996, 27 de marzo de 2003 y el 30 de mayo del 2020, sobre una Imagen de *Google Earth*.

Para el año 1996 el área del espejo de agua era de 120.44 ha y actualmente sólo alcanza un área de 27.71 ha (Figura 78), en el análisis de la información se detectó que desde el año 1996 y hasta mayo de 2020, la Laguna Valle de las Garzas ha tenido una pérdida del espejo de agua cercana al 77%.

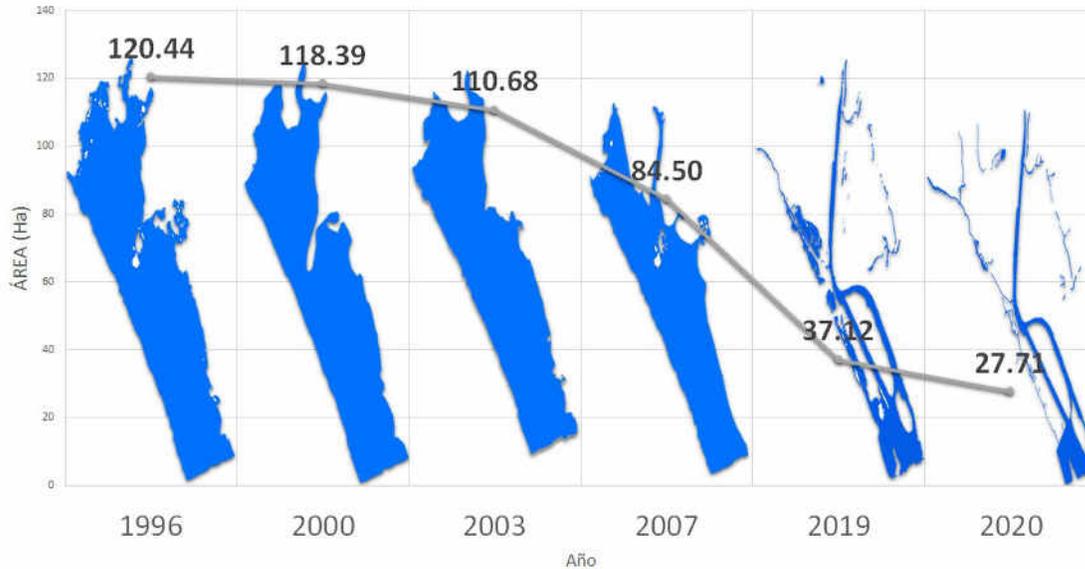


Figura 78. Áreas del espejo de agua de la Laguna Valle de las Garzas de 1996 a 2020.

La mayor pérdida del espejo de agua de la Laguna Valle de las Garzas se da entre el año 2007 al 2018. Para ver la evolución del espejo de agua durante este periodo, fue determinada el área del espejo de agua de diferentes años a partir de imágenes históricas de Google Earth. Para el año 2013 fue utilizada una imagen del 26 de marzo y se determinó un área de 61.42 ha. En la Figura 79 es mostrada la comparación de los espejos de agua del 26 de marzo 2013 y 30 de mayo del 2020 de la Laguna Valle de las Garzas. Para el periodo 2007-2013 la pérdida fue de 33.71 ha.



Figura 79. Comparación de espejos de agua de la Laguna Valle de las Garzas de los años 2013-2020 (Google Earth).

Para el año 2015 fue utilizada una imagen del 23 de octubre y se determinó un área de 51.53 ha. En la Figura 80 es mostrada la comparación de los espejos de agua del 23 de octubre 2015 y 30 de mayo 2020 de la Laguna Valle de las Garzas. Para el periodo 2013-2020 la pérdida fue de 23.82 ha.

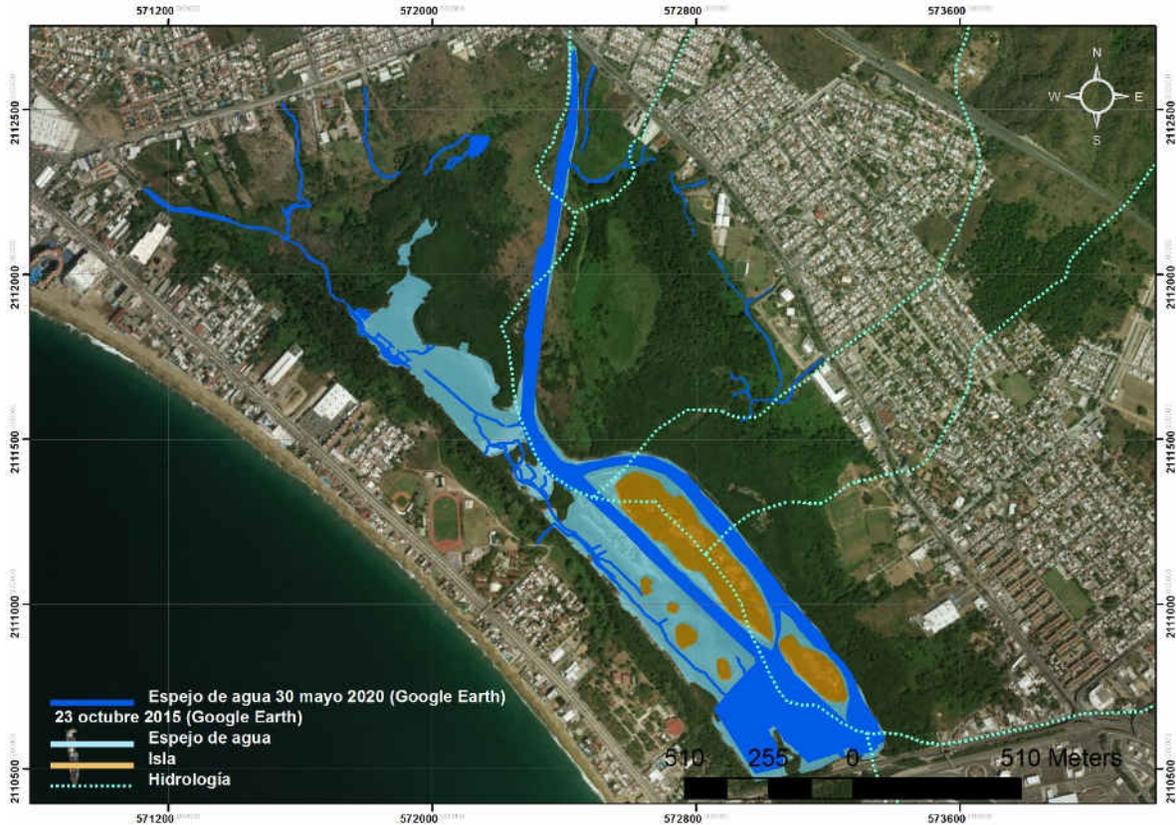


Figura 80. Comparación de espejos de agua de la Laguna Valle de las Garzas de los años 2015-2020(Google Earth).

Para el año 2016 fue utilizada una imagen del 2 de diciembre y se determinó un área de 37.79 ha. En Figura 81 es mostrada la comparación de los espejos de agua del 24 de diciembre 2016 y 30 de mayo de 2020 de la Laguna Valle de las Garzas. Para el periodo 2016-2020 la pérdida fue de 10.08 ha.

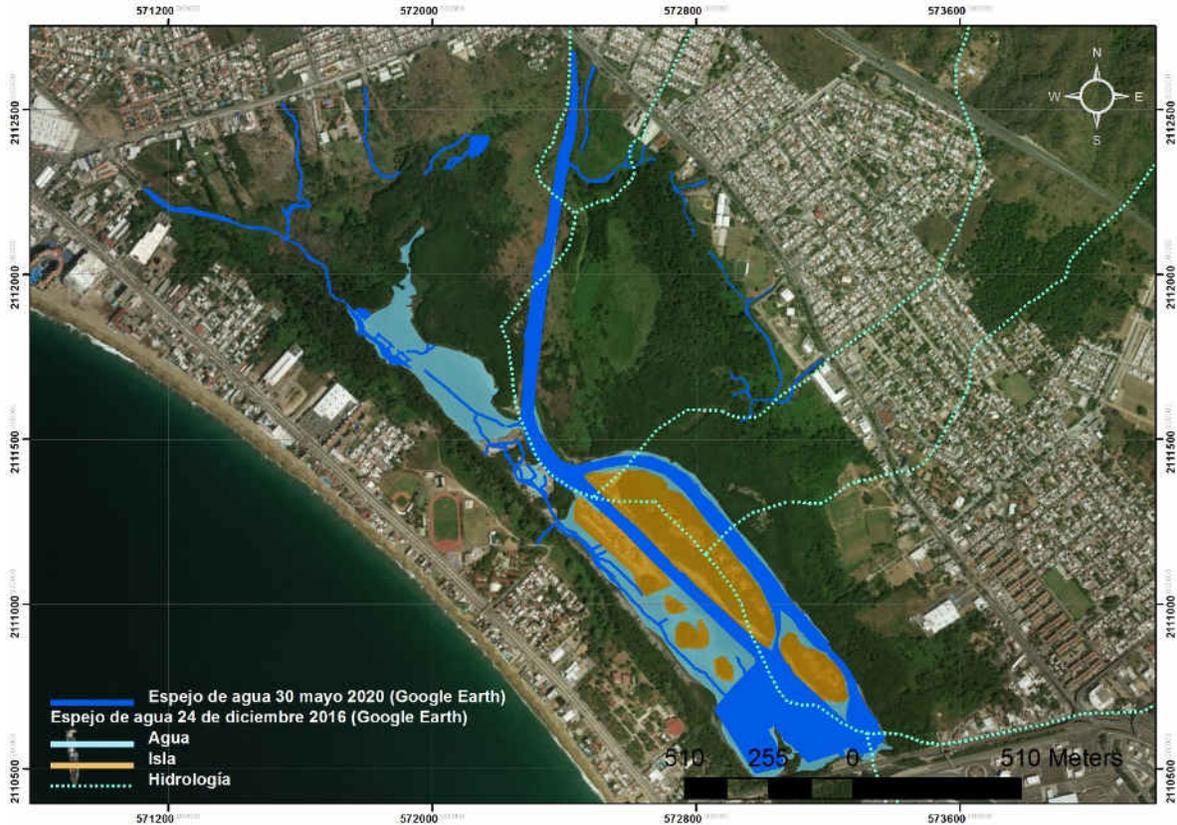


Figura 81. Comparación de espejos de agua de la Laguna Valle de las Garzas de los años 2016-2020 (Google Earth).

Para el año 2017 fue utilizada una imagen del 28 de abril y se determinó un área de 26.53 Ha. En la Figura 82 es mostrada la comparación de los espejos de agua del 28 de abril 2017 a 30 de mayo del 2020 de la Laguna Valle de las Garzas. Para el periodo 2017-2020 tuvo una recuperación de 1.18 ha.



Figura 82. Comparación de espejos de agua de la Laguna Valle de las Garzas de los años 2017-2020 (Google Earth).

Para el año 2018 fue utilizada una imagen del 5 de marzo y se determinó un área de 23 ha. En la Figura 83 es mostrada la comparación de los espejos de agua del 5 de marzo 2017 a 30 de mayo de 2020 de la Laguna Valle de las Garzas. Para este periodo 2017-2020 tuvo una recuperación de 1.18 ha.



Figura 83. Comparación de espejos de agua de la Laguna Valle de las Garzas de los años 2018-2020 (Google Earth).

Durante el periodo de 1996-2007 la pérdida anual del espejo de agua fue de 1.18 ha/año. Para el periodo 2007-2020 la pérdida anual del espejo de agua fue de 5.59 ha/año. La pérdida del espejo de agua en los últimos 24 años fue de 4.36 ha/año y puede ser observada en la Figura 84.



Figura 84. Espejos de agua de la Laguna Valle de las Garzas de los años 1996 y 2020.

En el análisis de la información, se detectó que desde el año 2007 y hasta mayo del 2020, la Laguna Valle de las Garzas ha tenido una pérdida del espejo de agua del 67.2%, aunque la mayor pérdida del espejo de agua de la Laguna Valle de las Garzas fue en el año 2018 con un área de 23 ha. En la Figura 85 se muestra la evolución del espejo de agua de la Laguna Valle de las Garzas, durante el periodo 2007 al 2020.

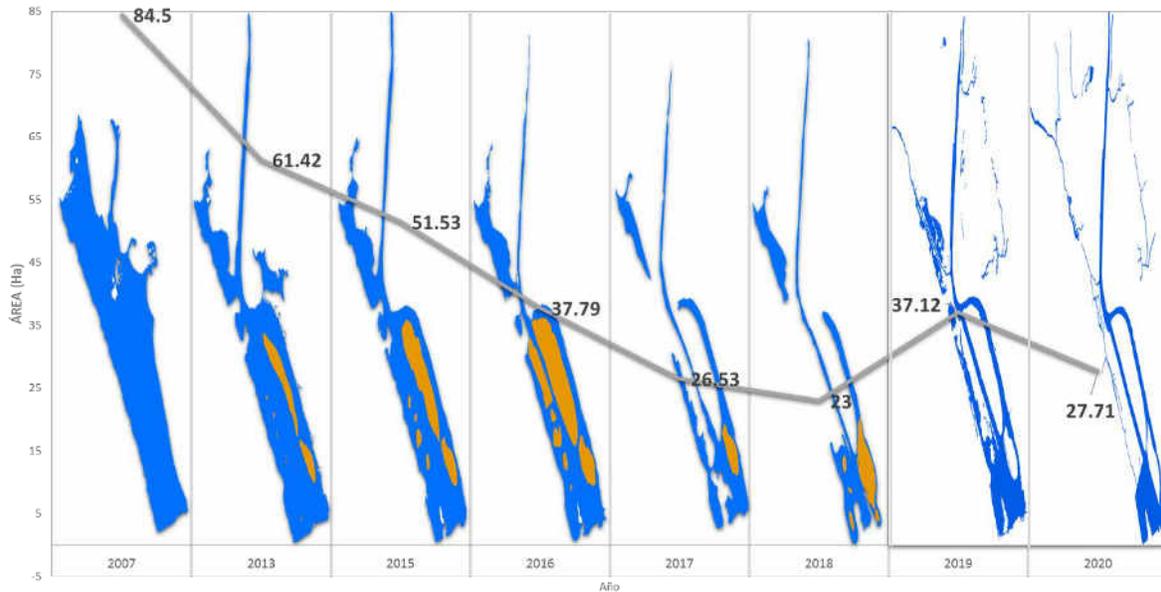


Figura 85. Evolución del espejo de agua de la Laguna Valle de las Garzas del 2007-2020.

En el análisis de la información, se detectó que desde el año 1996 y hasta mayo del 2020, la Laguna Valle de las Garzas ha tenido una pérdida del espejo de agua cercana al 76.69 %, siendo el año de 2018 en el que presentó el menor espejo de agua de todos estos años. En la **Figura 86** se muestra cómo disminuyó el área del espejo de agua de la Laguna Valle de las Garzas durante los últimos 24 años.

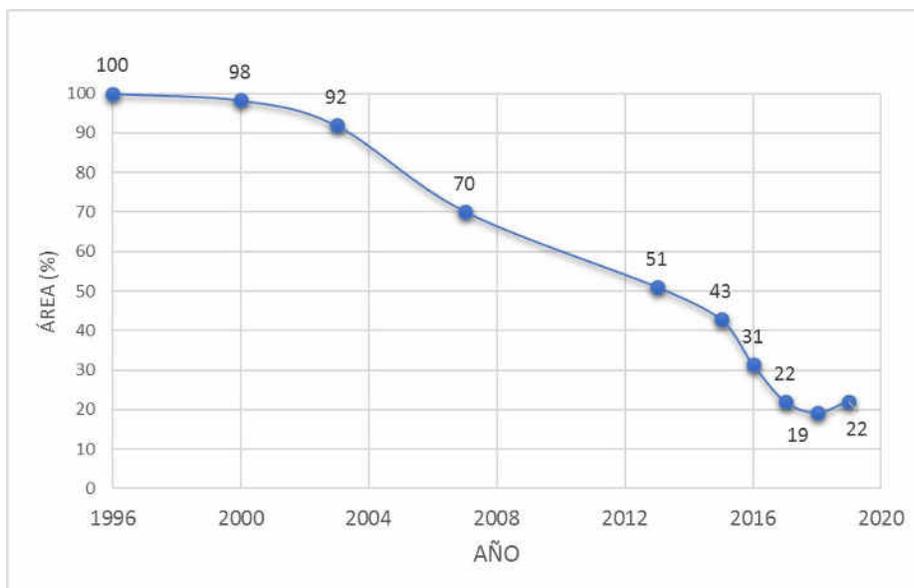


Figura 86. Porcentaje del área de espejo de agua de laguna Valle de las Garzas de 1996 al 2020.

V.1.1 Espejo de agua de Laguna Valle de las Garzas 2020

Durante el mes de mayo del 2020 fue delimitado el espejo de agua de la Laguna Valle de las Garzas con base en una imagen de *Google Earth* del 30 de mayo del 2020 (Figura 87).



Figura 87. Espejo de agua de la Laguna Valle de las Garzas del 6 de marzo del 2020.

En el año 2019 el espejo de agua ocupa 3 áreas en la parte sur y oeste de la laguna, para marzo del 2020 éstas áreas del espejo de agua han desaparecido, solo quedan unos cauces muy pequeños. En relación con el espejo de agua más grande, ubicado en el centro de la laguna, este ha aumentado en la parte sureste (Figura 88).



Figura 88. Comparación del espejo de agua de 2019-2020 de la Laguna Valle de las Garzas.

El área del espejo de agua en 2019 era de 37.12 ha, y para el 2020 27.71 ha. En lo que se refiere en la parte suroeste y oeste se perdió el espejo de agua (Figura 89).

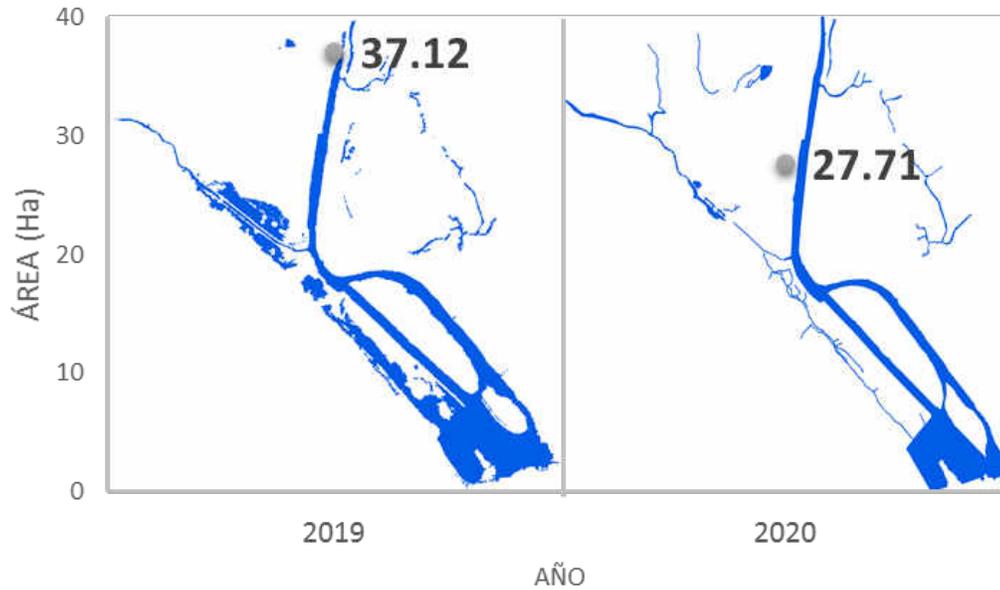


Figura 89. Áreas del espejo de agua de la Laguna Valle de las Garzas 2019 y 2020.

V.2 Evolución del espejo de agua de Laguna de Tapeixtles

La Laguna de Tapeixtles está localizada en el municipio de Manzanillo en el estado de Colima su ubicación es $19^{\circ}4'10.8''$ N, $104^{\circ}17'15.28''$ O, con respecto al Puerto de Manzanillo está ubicada al este. En el año 2009 el espejo de agua de Laguna de Tapeixtles era de 8.39 ha (Figura 90).



Figura 90. Laguna Tapeixtles (Google Earth, 2019).

Para ver la evolución del espejo de agua de Laguna de Tapeixtles en los últimos 10 años fueron tomadas imágenes históricas de Google Earth y fue digitalizado el espejo de agua. Para el año 2013 fue utilizada una imagen del 26 de marzo y se determinó un área de 2.8 ha, por lo que tuvo una pérdida del 66.6% de su espejo de agua (Figura 90).

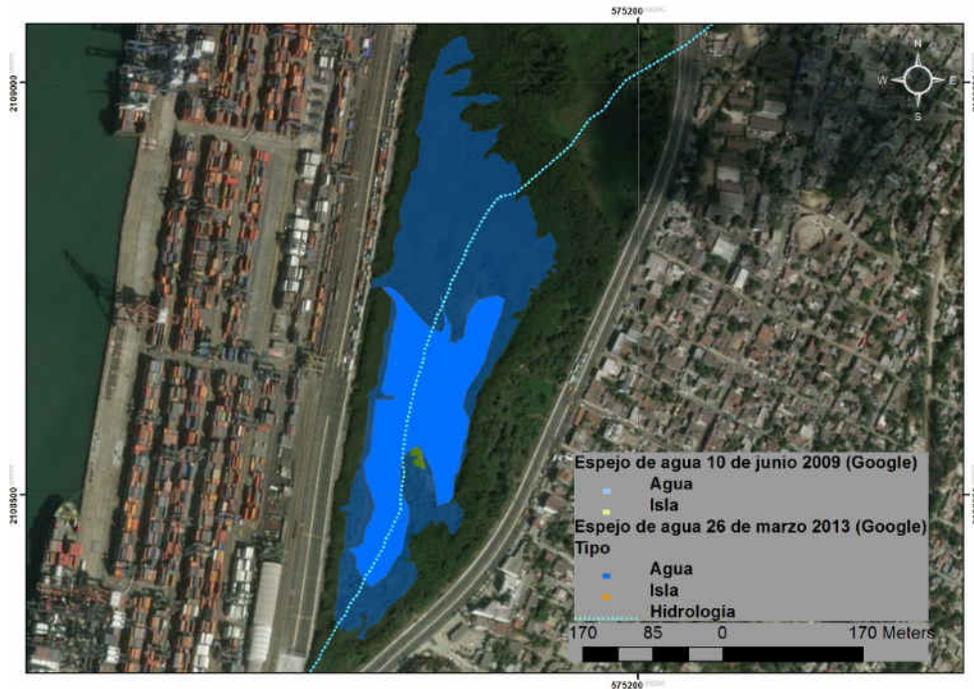


Figura 91. Comparación del espejo de agua de la Laguna de Tapeixtles periodo 2009-2013.

Para el año 2015 fue utilizada una imagen del 23 de octubre y se determinó un área de 1.99 ha, por lo que tuvo una pérdida del 9.67% de su espejo de agua (Figura 92).

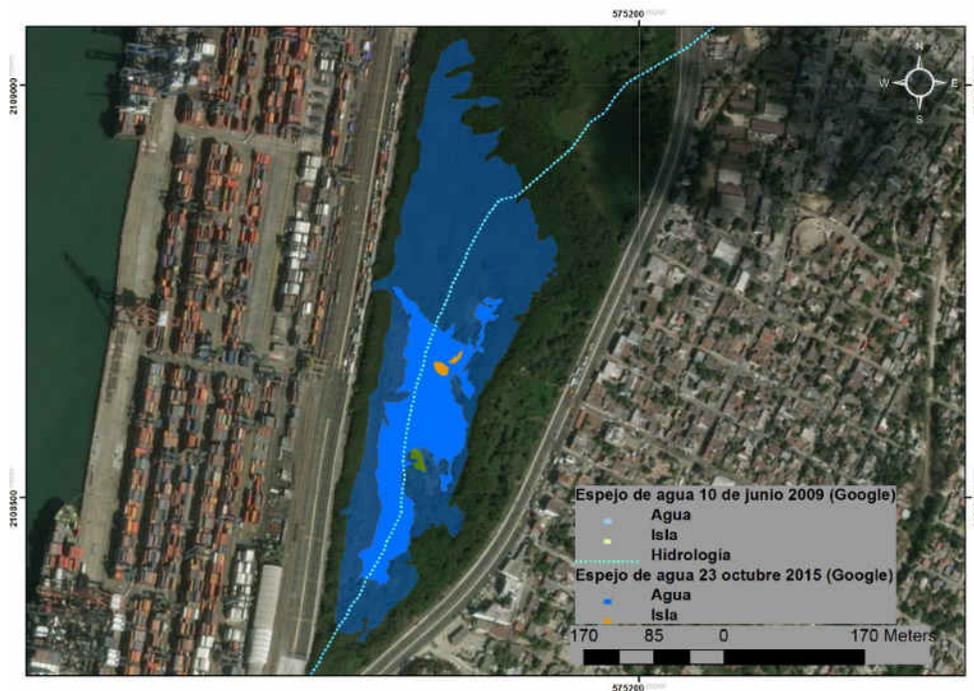


Figura 92. Comparación del espejo de agua de la Laguna de Tapeixtles periodo 2009-2015.

Para el año 2016 fue utilizada una imagen del 24 de diciembre y se determinó un área de 0.36 ha, por lo que tuvo una pérdida del 19.4% de su espejo de agua (Figura 93).

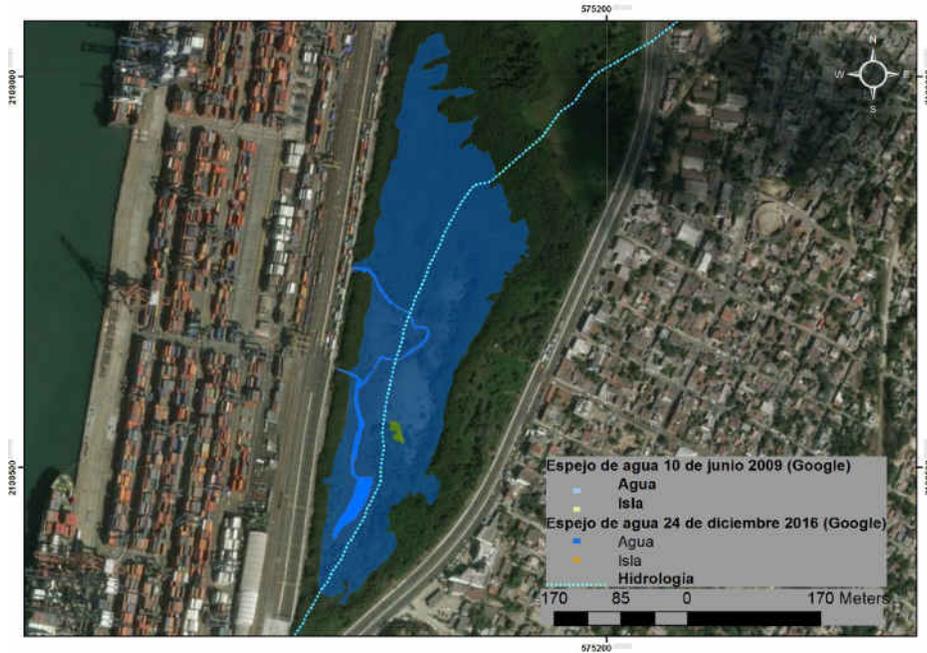


Figura 93. Comparación del espejo de agua de la Laguna de Tapeixtles periodo 2009-2016.

Para el año 2017 fue utilizada una imagen del 28 de abril y se determinó un área de 0.87 ha, por lo que tuvo una ganancia del 6.07% en su espejo de agua (Figura 94).

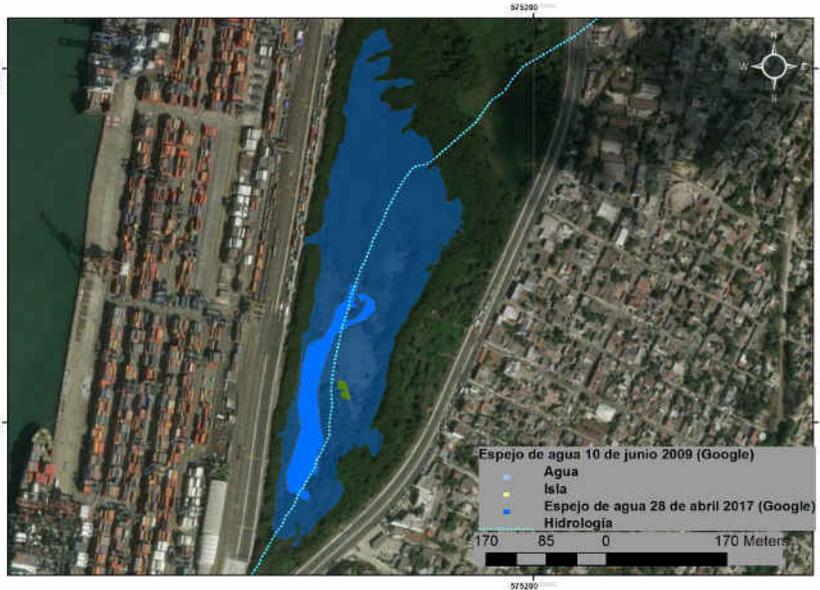


Figura 94. Comparación del espejo de agua de la Laguna de Tapeixtles periodo 2009-2017.

Para el año 2018 fue utilizada una imagen del 5 de marzo y se determinó un área de 0.31 ha, por lo que tuvo una pérdida del 6.67 % en su espejo de agua (Figura 95).



Figura 95. Comparación del espejo de agua de la Laguna de Tapeixtles periodo 2009-2018.

Para el año 2019 fue utilizada una imagen del 6 de marzo y se determinó un área de 0.82 ha, por lo que tuvo una ganancia del 6.67 % en su espejo de agua (Figura 96).

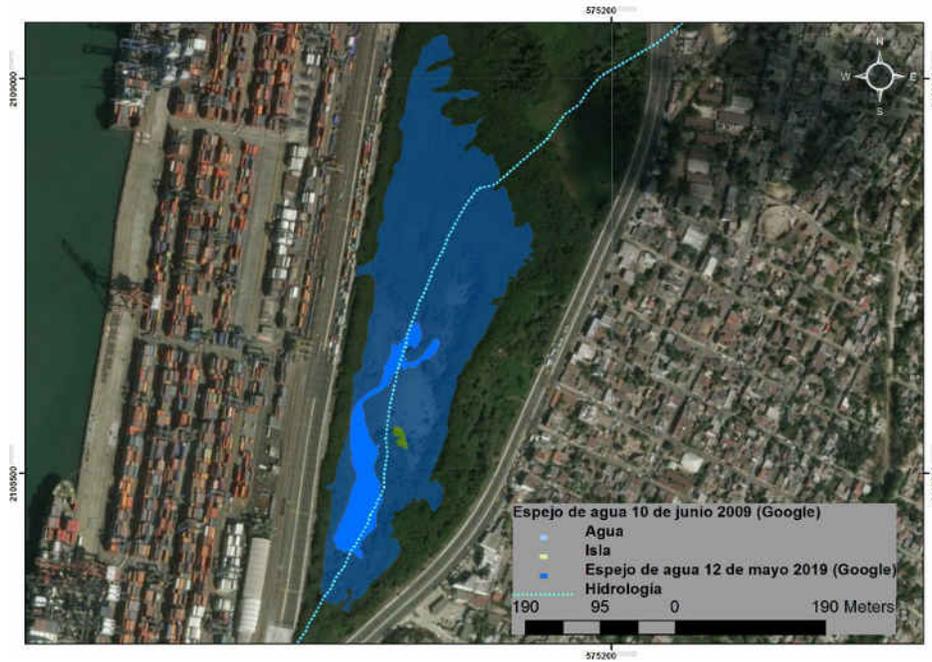


Figura 96. Comparación del espejo de agua de la Laguna de Tapeixtles periodo 2009-2019.

La evolución de los últimos 11 años del espejo de agua de Laguna de Tapeixtles es mostrada en Figura 97.

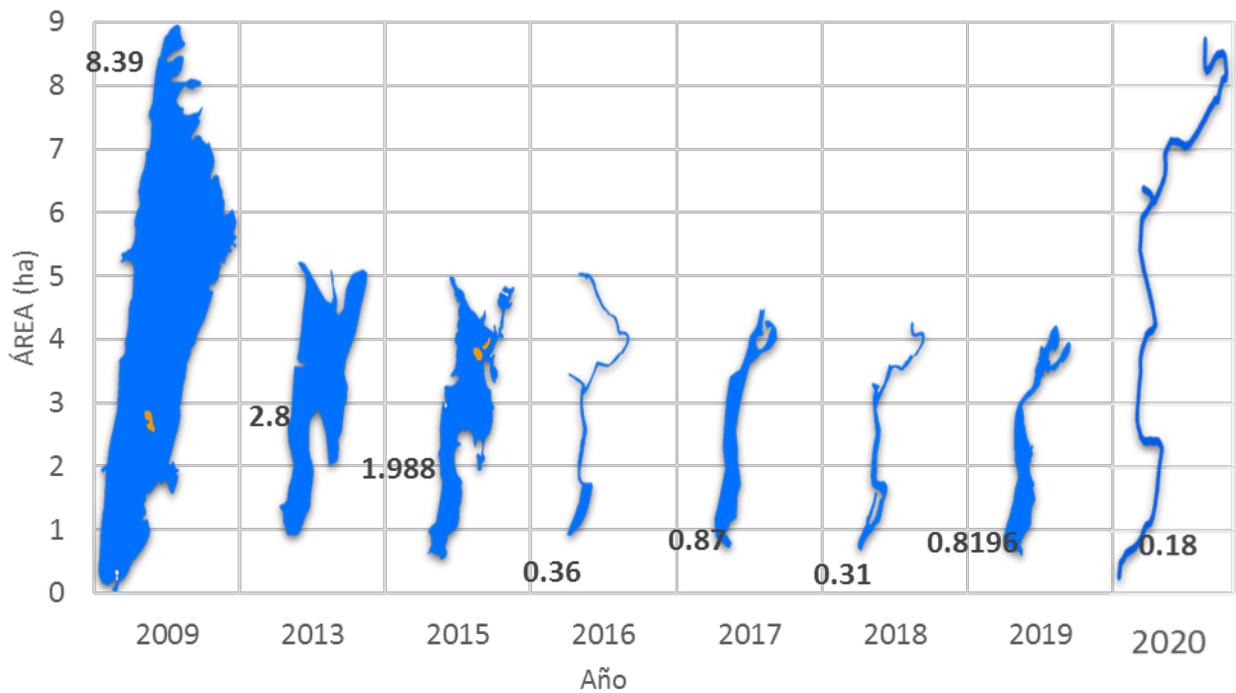


Figura 97. Evolución del espejo de agua de la Laguna de Tapeixtles.

La Laguna Tapeixtles ha tenido una pérdida de su espejo de agua del 0.74 ha/año durante los últimos 11 años, pero su mayor pérdida ocurrió durante el periodo 2009-2013.

V.3 Delimitación del humedal de Laguna Valle de las Garzas

La Delimitación del humedal fue construida a partir de una imagen de *Google Earth* del 2019 y de la clasificación de uso de suelo y vegetación del 2019 (Figura 56) de la Laguna Valle de las Garzas, espejo de agua de la Laguna Valle de las Garzas del 2003 (Figura 77) e imágenes aéreas georreferenciadas (IAG), obtenidas por un vuelo de dron realizado el 20 de septiembre del 2019. Fueron distribuidos 5 puntos de verificación en la periferia de la Laguna Valle de las Garzas para poder determinar el límite del humedal.

Partiendo de esta información el límite del humedal fue determinado por el polígono que incluye espejo de agua, mangle o vegetación de humedal y suelos hídromorficos (Figura 9) en la Laguna Valle de las Garzas.

Con los puntos de muestreo se verifico la presencia de estos tres factores para delimitar el humedal.²⁹.

El punto de muestreo 1 fue verificado con la imagen aérea 44 (Figura 98), tomada en dirección Este a Oeste, a una altura de 627.6 m. En la imagen se observa el límite del humedal (donde termina la vegetación de mangle), cobertura de mangle y agua.

²⁹ Para marcar los límites del humedal se utilizará el criterio (agua, suelo o vegetación) que éste presente hacia la parte más externa del humedal y que se considera el “criterio delimitatorio”. (CONAGUA, 2013).



Figura 98. Punto 1 de muestreo o validación para determinar el límite del humedal de la Laguna Valle de las Garzas, usando una imagen aérea georreferenciada (IAG 44).

El punto de muestreo 4 fue verificado con la imagen aérea 91 (Figura 99), tomada en dirección Este a Oeste, a una altura de 51 m, en la imagen es observado el límite del humedal.

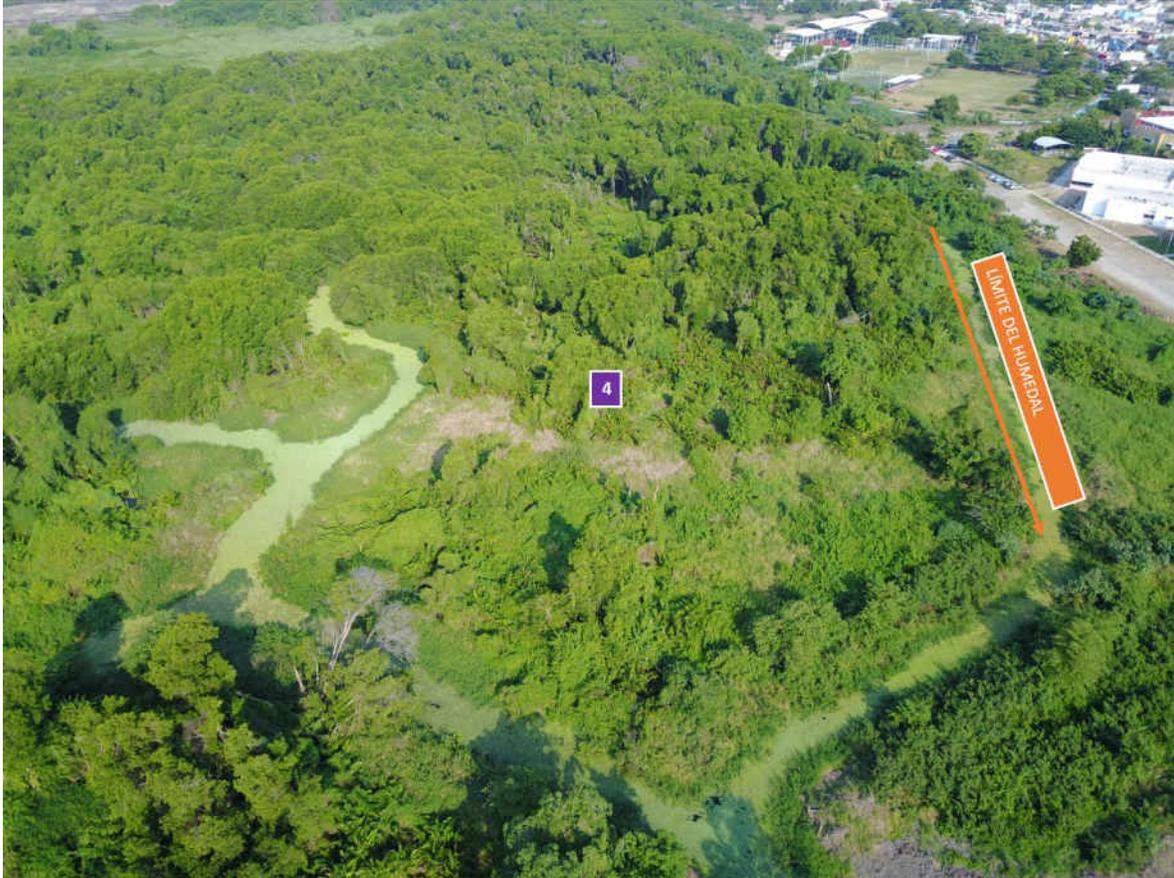


Figura 99. Punto 4 de muestreo o validación para determinar el límite del humedal de la Laguna Valle de las Garzas, usando una imagen aérea georreferenciada (IAG 91).

El punto de muestreo 15 fue verificado con la imagen aérea 18 (Figura 100) tomada en dirección Oeste a Este, a una altura de 666.2 m. Este punto no fue para delimitar, sólo era para verificar la parte interna del humedal, y es observado mangle, agua y suelos hídricos.



Figura 100. Punto 15 de muestreo o validación para determinar el límite del humedal de la Laguna Valle de las Garzas, usando una imagen aérea georreferenciada (IAG 28).

El punto de muestreo 9 fue verificado con la imagen aérea 28 (Figura 101), tomada en dirección Oeste a Este, a una altura de 666.2 m. En este punto se puede observar el límite del humedal en la parte sur de la laguna, y diferenciar suelo hídrico, agua y mangle.



Figura 101. Punto 9 de muestreo o validación para determinar el límite del humedal de la Laguna Valle de las Garzas, usando una imagen aérea georreferenciada (IAG 28).

El punto de muestreo 6, fue verificado con la imagen aérea 18 (Figura 102), tomada a una altura de 846.1 m. Este punto fue para delimitar la parte noreste del humedal y podemos determinar hacia dentro de la laguna mangle y agua.



Figura 102. Punto 6 de muestreo o validación para determinar el límite del humedal de la Laguna Valle de las Garzas, usando una imagen aérea georreferenciada (IAG 18).

En la Figura 103 podemos observar los puntos de muestreo o validación para delimitar el humedal de La Laguna Valle de las Garzas. El polígono que delimita el humedal (línea roja-negra), el uso de suelo 2019 (solo espejo de agua y vegetación hidrófila), los puntos de validación y la georreferencia de las imágenes aéreas.

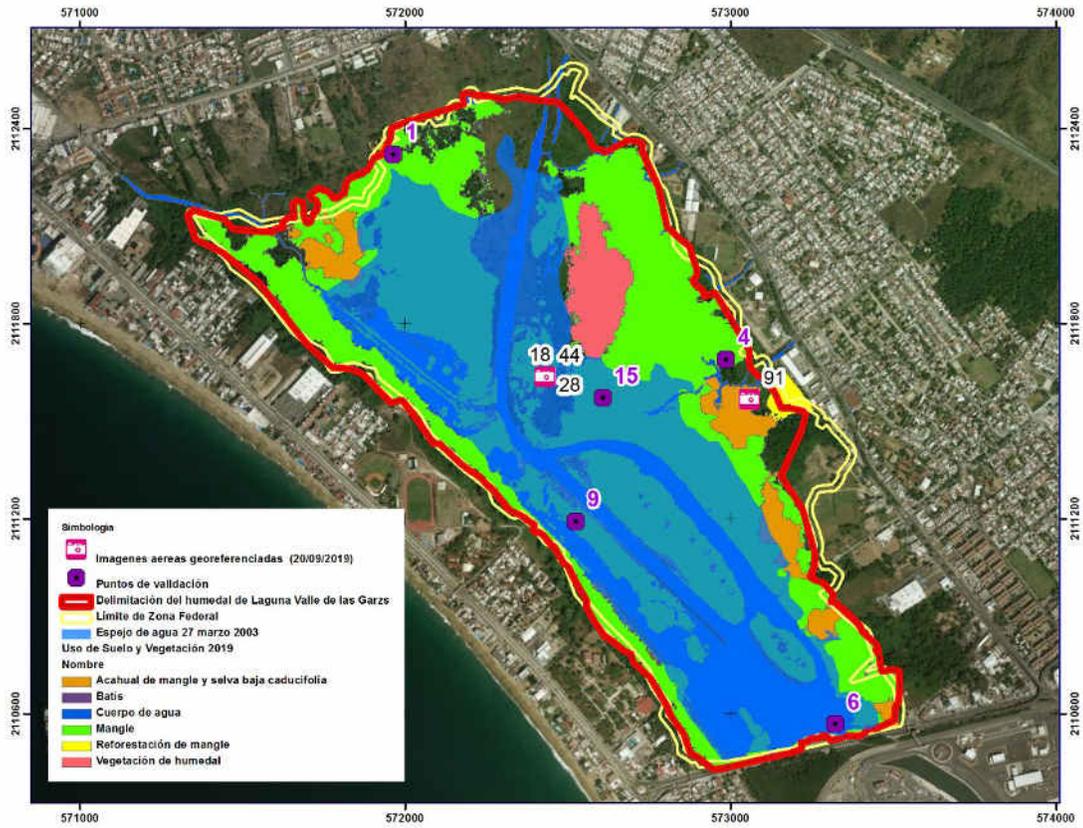


Figura 103. Delimitación del Humedal de la Laguna Valle de las Garzas.

El resumen de los puntos de validación o muestreo para delimitar el humedal en la Laguna Valle de las Garzas es mostrado en la Tabla 31.

Tabla 31. Puntos para delimitar el humedal de la Laguna Valle de las Garzas.

Puntos de validación	COORDENADAS UTM		Imagen aérea Georreferenciada y altura (m)	Observaciones*			
	X	Y		LH	M	SH	A
1	571963.544	2112321.32	44 (627.6)	✓	✓		✓
4	572986.088	2111691.33	91 (51)	✓			
15	573322.246	2110569.14	18 (666.2)		✓	✓	✓
9	572523.357	2111192.37	28 (666.2)	✓	✓	✓	✓
6	572607.207	2111572.6	18 (846.1)	✓	✓		✓

*LH-Límite del humedal, V-Vegetación halófila, SH-suelos hídricos, A-agua

V.4 Clasificación del humedal de la Laguna Valle de las Garzas

Según los criterios hidrológicos, bióticos y edafológicos; clasificación de uso de suelo del 2019 e imágenes de satélite, la Laguna de las Garzas podía considerarse hace 30 años como un cuerpo poikilohalino, esto es que regulaba su salinidad por medio externos (debido a la influencia de las mareas) pero actualmente como consecuencia de las modificaciones antropogénicas se ha convertido en un cuerpo endohalino, ósea, que su salinidad está regulada internamente. Aun cuando existe una estructura para aislarla de la influencia de las mareas, el contenido que presenta es al menos parcialmente marino. El aporte de agua está dado únicamente por la precipitación pluvial y por los escurrimientos de la microcuenca a la que pertenece; por consiguiente, cuando la precipitación es escasa y el medio adyacente no facilita el escurrimiento de las aguas de lluvia, el aporte es mínimo. Se puede considerar también como una aportación de agua, los escurrimientos de drenajes (aguas fecales) de las casas que se encuentran en el margen de la laguna (Patiño, Meyer, & Galicia, 2009). Según el esquema de la clasificación de humedales de México (Berlanga & Ruiz, 2007) y basados en los lineamientos para la clasificación de humedales (CONAGUA, 2013), la zona de estudio puede ser clasificada de la siguiente manera:

Sistema: Lacustre (L)

Subsistema (forma terrestre): depresión (b)

Clase: Permanentemente inundado (h1)

Subclase: Lago permanente Salino (Q)

Clave: L//b/h1/Q

Para los descriptores (Tabla 1) los datos son obtenidos a partir de la imagen de la zona de estudio y del sistema del humedal. El área cubierta por el humedal es de aproximadamente 3.1 km² (en promedio 2.56 km x 1.03 km), la categoría para este tamaño es Macroescala que tiene un marco de referencia de 1 km x 1 km a 10 km x 10 km, para depresiones.

La organización de la vegetación es heterogénea con una cobertura de vegetación heteroforme (Figura 10), ya que la comunidad acuática (mangle y vegetación de humedal) está distribuida dentro del humedal como en la periferia de manera no uniforme.

Las características antes mencionadas del humedal de la Laguna Valle las Garzas se pueden observar en la Figura 56, donde se muestra la cobertura y uso de suelo y vegetación 2019.

V.5 Caracterización del humedal de la Laguna Valle de las Garzas

En los humedales permanentes inundables se mantienen 3 zonas de inundación, permanente, estacional y saturación estacional, mostrados en la Figura 9. En la Laguna Valle de las Garzas se mantienen estas 3 zonas determinadas por las características edafológicas, hidrológicas y bióticas. Estas zonas fueron caracterizadas a partir del modelo digital de elevación, el espejo de agua del 2003, edafología de la zona de estudio, clasificación de uso de suelo y vegetación de época de lluvias, y verificaciones con imágenes aéreas obtenidas con los vuelos en dron del 10 de febrero del 2020.

La Laguna Valle de las Garzas es abastecido con aguas procedentes de los acuíferos Jalipa-Tapeixtles y Santiago-Salagua, y está ubicada en la parte baja de la cuenca a la altura del nivel del mar; además el agua superficial proviene como ya se dijo anteriormente de las precipitaciones y de los escurrimientos de la cuenca donde el arroyo Punta de Agua es uno de los principales escurrimientos que aportan agua a la laguna.

La zona de inundación permanente tiene suelos hídricos (suelos saturados o inundados tipo Solonchak) la vegetación en esta zona está conformada por comunidad acuática que incluye mangle y vegetación de humedal; las características hidrológicas utilizadas para delimitar esta zona fueron, por el área del espejo del agua de Laguna Valle de las Garzas del 2003 y la permanencia de agua en el humedal, así como la superficie de la cota cero del modelo digital de elevación de la zona.

La zona de inundación estacional tiene tipo de suelo Feozem y Solonchak, la vegetación está conformada por manglar y vegetación de humedales, permanece inundando en épocas de lluvias.

La zona de saturación estacional, el suelo es de saturación de humedad según la temporada del año, está definida a partir de la vegetación que está determinada por matorral y selva baja caducifolia, el tipo de suelo es Feozem y Solonchak.

Las características de las zonas del humedal divididos por criterios edafológicos, hidrológicos y bióticos son mostradas en la Tabla 32.

Tabla 32. Zonas del humedal de la Laguna Valle de las Garzas.

	Criterios de delimitación		
	Hidrológicos	Edafológicos	Uso de Suelo y Vegetación 2019
Zona del humedal	Inundación Permanentes Espejo de agua 2003 cota cero del MDE	Suelo Solonchak	Espejo de Agua Acuática (manglar y vegetación de humedal)
	Inundación Estacional	Suelo Solonchak y Feozem	Acuática (manglar y vegetación de humedal)
	Saturación Estacional	Suelo Solonchak y Feozem	Otra vegetación (Selva baja caducifolia y matorral)

La zona de inundación permanente de la Laguna Valle de las Garzas se concentra en el centro, la zona de inundación estacional está ocupada en la parte media y un porcentaje menor en la periferia, y la zona de saturación estacional está concentrada en su mayoría en la periferia. La caracterización de la Laguna Valle de las Garzas, localización de imágenes aéreas y puntos de verificación son mostrados en la Figura 104.



Figura 104. Caracterización del humedal de la Laguna Valle de Las Garzas.

La caracterización se realizó con 12 puntos con la metodología ya mencionada. La verificación fue comprobada con imágenes aéreas de vuelo con dron realizadas en febrero, junio y julio del 2020; la verificación permitió diferenciar entre agua, suelo hídrico y vegetación halófila u otra vegetación y las zonas del humedal.

El punto de verificación 1 se localiza al oeste de la Laguna Valle de las Garzas, se pudo distinguir la presencia de agua, suelo hídrico, y vegetación hidrófila y la zona del humedal. Están señaladas la zona de saturación estacional (O) y zona de inundación permanente (IP) mostrados en la Figura 105.



Figura 105. Caracterización de la Laguna Valle de las Garzas. Punto de verificación 1 y zonas del humedal, están señaladas las zona de inundación permanente (IP) y la zona de saturación estacional (Imagen 10 de febrero del 2020).

El punto de verificación 1 fue revisado en junio de 2020 para ver la diferencia con la época de secas. La zona de inundación permanente es la que muestra diferencias en el suelo (Figura 106).



Figura 106. Caracterización de la Laguna Valle de las Garzas. Punto de verificación 1 y zonas del humedal, están señaladas las zona de inundación permanente (IP) y la zona de saturación estacional para época de secas (Imagen junio 2020.)

Los puntos de verificación 2 y 3 se localizan en la parte noroeste de la Laguna Valle de las Garzas, en ellos se pudo distinguir la presencia de agua, vegetación hidrófila y otra vegetación. Están señaladas las zonas del humedal como zona de saturación estacional (SE), zona de inundación permanente (IP) (Figura 107).



Figura 107. Caracterización de la Laguna Valle de las Garzas. Punto de verificación 2 y 3 y zonas del humedal, están señaladas las zona de inundación permanente (IP) y la zona de saturación estacional (Imagen 10 de febrero del 2020).

Los puntos de verificación 4, 5 y 6 se localizan en la parte este de la Laguna Valle de las Garzas, en ellos se pudo distinguir la presencia de agua, vegetación hidrófila y otra vegetación. Están señaladas las zonas del humedal como zona de saturación estacional (SE), zona de inundación permanente (IP) (Figura 108).



Figura 108. Caracterización de la Laguna Valle de las Garzas. Puntos de verificación 4, 5 y 6 las zonas del humedal; están señaladas las zona de inundación permanente (IP) y la zona de saturación estacional (Imagen 10 de febrero del 2020).

Los puntos de verificación 7 y 8 se localizan en la parte este y sureste de la Laguna Valle de las Garzas, se pudo distinguir la presencia de agua, vegetación hidrófila y otra vegetación, suelos hídricos. Están señaladas las zonas del humedal como zona de saturación estacional (SE), zona de inundación permanente (IP) y zona de inundación estacional (IE) (Figura 109).



Figura 109. Caracterización de la Laguna Valle de las Garzas. Punto de verificación 7 y 8 y zonas del humedal, están señaladas las zona de inundación permanente (IP) y la zona de inundación estacional (Imagen 10 de febrero del 2020).

Los puntos de verificación 9 y 10 se localizan en la parte sur de la Laguna Valle de las Garzas, se pudo distinguir la presencia de agua, vegetación hidrófila y otra vegetación, suelos hídricos y están señaladas las zonas de inundación estacional (IE) y la zona de inundación permanente (IP) (Figura 110).



Figura 110. Caracterización de la Laguna Valle de las Garzas. Puntos de verificación 9 y 10 y zonas del humedal. Están señaladas las zonas de inundación permanente (IP) y la zona de inundación estacional (Imagen 10 de febrero del 2020).

En la revisión durante los meses de junio y julio 2020 de los puntos de verificación, para contrastar con la época de secas, se observaron cambios en el punto 10 (Figura 111).



Figura 111. Caracterización de Laguna Valle de las Garzas. Punto de verificación 10 y zonas del humedal. Están señaladas las zonas de inundación permanente (IP) y la zona de inundación estacional (Imagen julio 2020).

En los puntos de verificación 7 y 9 también se muestran algunos cambios con respecto a la época de secas (Figura 112).



Figura 112. Caracterización de Laguna Valle de las Garzas. Puntos de verificación 7 y 9 zonas del humedal. Están señaladas las zonas de inundación permanente (IP) y la zona de inundación estacional (Imagen junio 2020).

Y finalmente, los puntos de verificación 11 y 12, ubicados en la zona de inundación permanente. En la Figura 113 podemos observar las 3 zonas del humedal en las diferentes partes de la laguna, así como los dos tipos de vegetación, suelos hídricos y agua.



Figura 113. Caracterización de Laguna Valle de las Garzas. Puntos de verificación 11 y 12 y están señaladas las zonas de Inundación Estacional (IE), saturación estacional (SE) e inundación permanente (IP) (Imagen 10 de febrero del 2020).

En la Tabla 33 se muestran los puntos de verificación para la caracterización del humedal de la Laguna del Valle de las Garzas. La revisión fue realizada en época de secas y en época de lluvias. Para cada punto se tienen las coordenadas UTM, la imagen área que se utilizó para verificar el punto y la altura a la que se tomó; también se muestra en qué zona del humedal y qué tipo de uso de suelo y vegetación existe donde está marcado el punto.

Tabla 33. Puntos de verificación para la caracterización del humedal de la Laguna Valle de las Garzas.

Puntos de validación	COORDENADAS UTM		Imagen aérea Georreferenciada y altura (m)	Localización de los puntos en las zonas del humedal**			Observaciones* (Uso de suelo y vegetación)			
	X	Y		SE	IE	IP	V	VH	SH	A
1	572140	2112500	24 ---76.2m	✓				✓	✓	
2	572708	2111510	93—156.2m			✓		✓		
3	573106	2111620	93—156.2m	✓			✓			
4	573459	2110930	98—156.2m				✓			
5	573155	2110810	98—156.2m			✓		✓		
6	573079	2110550	98—156.2m		✓			✓		
7	572862	2110720	100—156.2m			✓		✓		
8	572845	2110580	100—156.2m	✓			✓			
9	572473	2111170	105—156.2m			✓				✓
10	572085	2111690	105—156.2m			✓		✓	✓	✓
11	572425	2112110	36—189.7m			✓		✓	✓	✓
12	572282	2111990	36—189.7m			✓		✓		

*V-otra vegetación, VH- vegetación hidrófila SH-suelos hídricos, A-agua.
****Zonas del humedal. Inundación permanente (IP), inundación estacional (IE) y saturación estacional (SE).**

La caracterización del humedal de la Laguna Valle de las Garzas está elaborada con datos de épocas de lluvia o cuando las zonas inundables todavía podían observarse.

V.6 Tendencia de la Calidad ambiental

Continúan las descargas de aguas negras al cuerpo lagunar por lo que se sugiere entre otras medidas lo siguiente:

- Controlar el ingreso de aguas negras al cuerpo lagunar.
- Continuar con el dragado de la Laguna, pero sin arrojar material en los bordes de la Laguna.
- Mantener un programa de monitoreo ambiental para identificar plenamente los cambios ocurridos en el sistema.
- Poner en práctica los programas de conservación de ecosistemas.
- Mejorar la hidrodinámica lagunar a través de la comunicación con la Laguna de San Pedrito.
- Si son consideradas las medidas propuestas se tendría un efecto positivo al humedal y la población en general, ya que en las inmediaciones de la Laguna se corregiría el mal olor emitido por causa de la contaminación existente en la misma.

V.7 Rehabilitación del espejo de agua

La superficie del cuerpo lagunar hasta el límite de la zona federal es de 209.13 ha. Mientras que la delimitación de la zona federal (14.74 ha) nos permite demarcar con precisión la zona de exclusión de la Laguna Valle de Las Garzas y sus áreas de influencia.

La idea de esta propuesta es revertir el daño generado en los últimos 24 años en la Laguna Valle de las Garzas, en los cuales se ha producido un deterioro en el espejo de agua cercano al 78.8%, siendo la mayor pérdida el presentado entre los años 2003 al 2018.

Dos son las razones fundamentales que se han detectado en la pérdida de este espejo de agua: una es la de los sedimentos procedentes del canal punta de agua, y la otra, una pérdida de la hidrodinámica procedente de la comunicación con el puerto de San Pedrito.

Por esta razón, nos hemos dado a la tarea de hacer una propuesta para la rehabilitación del espejo de agua y por ende de la situación imperante en la laguna en el que las condiciones son similares a las de una emergencia sanitario-ambiental.

V.7.1 Propuesta de rehabilitación.

La propuesta de rehabilitación consiste en extender el canal de navegación sobre la zona suroeste hasta el nor-noroeste de la Laguna Valle de las Garzas, eliminando la zona de islotes que se han ido creando durante los últimos años y en los que se encuentra manglar perturbado, humedales y suelos sin vegetación. Este Canal no afectaría prácticamente áreas de mangle vigoroso y mejoraría la hidrodinámica entre el área sur y norte de la laguna. Asimismo, se incrementaría el espejo de agua hacia la zona norte a través de la zona de inundación de áreas carentes de manglar y suelos sin vegetación.

Bajo esta propuesta estas serían las mejoras:

- ▶ El espejo de agua de la Laguna Valle de las Garzas aumentaría 20.94 ha con base al registro 2020 (o época de secas).
- ▶ El espejo de agua de la Laguna Valle de las Garzas aumentaría 10.53 ha con base en el registro 2019 (o época de lluvias).
- ▶ Se tendía un espejo de agua cercano a las 78.3 hectáreas que equivaldría al 65 % con respecto al espejo que existía en 1996.
- ▶ Con esta propuesta sólo serían afectadas 17.41 ha de manglar, el equivalente al 14.54% de la cobertura total de manglar en la Laguna Valle de las Garzas.

- ▶ Se mantendría un área de manglar alrededor de todo el vaso lagunar prácticamente unido a la zona federal, con lo que se garantizaría la imposibilidad de futuras invasiones y la protección del cuerpo lagunar.
- ▶ Mejorarían las condiciones de la calidad de agua
- ▶ Mejorarían las condiciones salinas en la laguna con lo cual mejoraría el fitoplancton.
- ▶ Se generarían condiciones más favorables para la flora y la fauna existente
- ▶ No se dañarían los sitios de asoleaderos de aves y anidación de cocodrilos ya existentes.
- ▶ Se crearían condiciones más favorables para la fauna del lugar.



Figura 115. Situación en la que podría quedar el espejo de agua, sobre una **Imagen Satelital RGB 2019**.

V.7.2 Condiciones

Esta propuesta estaría condicionada a trabajos de dragado en el cuerpo lagunar; trabajos de ingeniería en la zona de bifurcación del arroyo Punta de Agua para quitar el gran aporte de sedimentos que van a la Laguna; a la eliminación de las descargas clandestinas de materia orgánica y residuos domésticos; a la puesta en operación de una planta de tratamiento de aguas en la zona cercana a la laguna; a la generación de programas de restauración de hábitats que contemple acciones de reforestación; y a la eliminación del gavión entre la laguna y el puerto, entre otros.

V.7.3 Proyecciones



Figura 116. Situación actual (2020) de la Laguna Valle de las Garzas (arriba) y proyección de cómo quedaría si se realizaran labores de rehabilitación (abajo). Dirección norte-sur.



Figura 117. Situación actual (2020) de la Laguna Valle de las Garzas (arriba) y proyección de cómo quedaría si se realizaran labores de rehabilitación (abajo). Dirección norte-sur.



Figura 118. Situación actual (2020) de la Laguna Valle de las Garzas (arriba) y proyección de cómo quedaría si se realizaran labores de rehabilitación (abajo). Dirección este-oeste.



Figura 119. Situación actual (2020) de la Laguna Valle de las Garzas (arriba) y proyección de cómo quedaría si se realizaran labores de rehabilitación (abajo). Dirección oeste- este.

V.7.4 Consideraciones

- Aumentaría el espejo de agua a un área cercana a 78.3 ha, lo que representaría un 65% del espejo existente en 1996.
- Se mantendría un alto porcentaje del mangle presente en la laguna.
- Mejoraría la hidrodinámica
- Mejoraría la calidad del agua
- Beneficiaría a las especies que habitan la laguna (aves, cocodrilos, etc.) E incentivaría la llegada de otras nuevas
- Se crearía un atractivo turístico para la ciudad
- Sería un incentivo para la inversión
- Incrementaría los sitios de recreación (componente social)
- Generación de fuentes de empleo (lancheros, servicios turísticos, vigilancia forestal, biólogos, etc.
- Mejoría en las condiciones ambientales de la ciudad
- Mejoría en el impacto visual de la ciudad
- Ejemplo de rescate medioambiental y de coexistencia con un puerto.
- Cambiaría drásticamente la imagen de la zona turística

V.8 Riesgo hidrometeorológico

Para resolver la demanda creciente de vivienda se creó en el año de 1984 el Fraccionamiento Valle de las Garzas, ubicándose en el contorno costero de la Laguna del Valle de las Garzas, con una división de sectores llamados Barrios, del I al VI. Durante los siguientes años se urbanizaron y comercializaron los seis Barrios y zonas de equipamiento regional y urbano habiéndose desarrollado el 98% de la vivienda potencial con una población superior a los 50,000 habitantes (Patiño-Barragán *et al.*, 2009).

Con la finalidad de evitar las inundaciones que en cada temporada de lluvia se producían en los diferentes Barrios del Fraccionamiento del Valle de las Garzas, el Gobierno del estado de Colima construyó en el año 2000 un sistema pluvial con capacidad de 230 m³/s conformado por el Canal de Conducción Punta de Agua-Salagua de 3.4 km y 150 m³/s, 10 bocas de desfogue entre la Laguna de las Garzas, el Estero San Pedrito y el Canal Punta de Agua-Laguna las Garzas de 3.5 km y 100 m³/s (Gobierno del Estado de Colima, 2000). Sin embargo, considerando como una precipitación crítica aquella que supera los 60 mm en una hora o 200 mm en 24 horas y que produce problemas de inundaciones, avalanchas y deslaves (SMN, 2006) se deduce que en los últimos 50 años por precipitaciones mayores a 60 mm por hora en el puerto de Manzanillo se ha presentado una inundación severa y problemas asociados, cada dos años y por precipitaciones mayores a 200 mm en 24 horas, cada cuatro años (Patiño-Barragán *et al.*, 2009).

La falta de mantenimiento en los trabajos de desazolve de este canal ha producido una sedimentación en la laguna del Valle de las Garzas, que asimismo se ha ido contaminando con las descargas, la materia orgánica y los residuos domésticos y comerciales de los diferentes Barrios del citado Fraccionamiento.

El daño generado en los últimos 24 años en el espejo de agua en la laguna ha provocado la pérdida de un 78.8% con respecto al año 1996, siendo la mayor la presentada entre los años 2003 al 2018.

Para la simulación de inundaciones por lluvia máxima en 24 horas para periodos de retorno de 5 y 20 años se usaron los siguientes datos: TR 5 años, precipitación máxima 24 h (promedio): 176.9 mm. Gasto de diseño: 230 m³/s.



Figura 120. Zonas de afectación por precipitación máxima en 24 horas entre la laguna Valle de las Garzas y el arroyo Punta de Agua con un periodo de retorno de 5 años.



Figura 121. Zonas de afectación por precipitación máxima en 24 horas (detalle) entre la laguna Valle de las Garzas y el arroyo Punta de Agua con un periodo de retorno de 5 años.

TR 20 años, precipitación máxima 24 h (promedio): 276 mm, Gasto de diseño: 357.32 m³/s



Figura 122. Zonas de afectación por precipitación máxima en 24 horas entre la laguna Valle de las Garzas y el arroyo Punta de Agua con un periodo de retorno de 20 años.



Figura 123. Zonas de afectación por precipitación máxima en 24 horas (detalle) entre la laguna Valle de las Garzas y el arroyo Punta de Agua con un periodo de retorno de 20 años.

Considerando que el fraccionamiento del Valle de las Garzas se ubica dentro de la zona de afectación, principalmente Barrios 4, 5 y 6, sería muy importante tomar medidas extraordinarias en el caso que un evento hidrometeorológico de estas características golpeará la costa manzanillense.

Las condiciones de la Laguna del Valle de las Garzas tampoco ayudan debido a que en la situación actual no presenta beneficios ambientales, y por su azolvamiento y condiciones hidrodinámicas sólo potenciaría los efectos destructivos de un fenómeno hidrometeorológico, llevando la inundación a otras zonas de sus márgenes.

De continuar esta situación estaríamos poniendo en un elevado riesgo por inundación a los habitantes del Fraccionamiento del Valle de las Garzas, en el caso de presentarse un evento hidrometeorológico.

La situación geográfica del puerto de Manzanillo lo hace proclive a sufrir el embate de distintos fenómenos de origen hidrometeorológico que cada cierto tiempo y combinado con situaciones de exposición y vulnerabilidad se convierten en desastre.

Si hacemos un análisis histórico de los últimos 30 años nos daremos cuenta de que la zona urbana del municipio ha sufrido afectaciones por el impacto de huracanes y lluvias torrenciales entre las cuales podemos citar las siguientes:

- Huracán Eugenia, 1987
- Huracán Kristy, 1988
- Huracán Hernán, 1996
- Huracán Javier, 1998
- Huracán Greg, 1999
- Tormenta tropical Norman, 2000
- Huracán Jova, 2011
- Tormenta tropical Manuel, 2013
- Huracán Norberto, 2014
- Huracán Odile, 2014
- Huracán Patricia, 2015
- Tormenta tropical Javier, 2016
- Huracán Dora, 2017

A este respecto y como un buen ejemplo podemos citar lo ocurrido en el 7 de septiembre de 1999 con el Huracán Greg. El evento meteorológico tuvo una duración de 95 horas y dejó con lluvias en Manzanillo de 260 mm en 24 horas.

En esa ocasión se inundaron diferentes zonas del puerto de Manzanillo, la más afectada fue la colonia Valle de las Garzas, inundándose los 6 Barrios, en donde el nivel del agua dentro de las habitaciones llegó a una altura de 1 m. El

fraccionamiento quedó aislado del resto del puerto y a las personas sólo fue posible sacarlas con lanchas.

El sistema de drenaje y la planta de tratamiento se inundaron disipando las aguas negras a toda la zona. La inundación fue tal que posteriormente en los trabajos de recuperación se encontró gran cantidad de peces en los tanques de clarificación de la planta de tratamiento de aguas negras. La Laguna del Valle de las Garzas subió más de un metro su nivel, formando una fuerte avenida que inundó el bulevar costero. Se formaron flujos de agua espectaculares quedando incomunicados 10 ejidos con pérdidas de cultivos agrícolas y ganaderos; 5000 viviendas fueron afectadas en todo el municipio. Las pérdidas económicas fueron cuantiosas y los problemas de los afectados no terminaron con el desalojo del agua, para muchas familias, las consecuencias del evento tardaron desde meses, hasta años, en volver a las condiciones normales.

En el puerto se inundaron diferentes zonas de la localidad y se presentaron algunos deslizamientos. Las pérdidas económicas fueron cuantiosas.



Figura 124. Imágenes comparativas del crecimiento urbano ocurrido entre los años 2003 (arriba) y 2020 (abajo), alrededor de la Laguna Valle de las Garzas. Elaboración sobre imágenes *Google Earth*, 2003-2020.

Según el Atlas de Peligros y Riesgos en el Estado de Colima (2017) el mayor riesgo hidrometeorológico corresponde al Municipio de Manzanillo, concentrado

principalmente en la zona urbana de la Bahía de Manzanillo y Santiago, debido el alto desarrollo y alta plusvalía de la franja costera, las actividades económicas y el uso intensivo de la Zona Federal Marítima.

De continuar con esta desatención al impacto de los fenómenos hidrometeorológicos estaremos poniendo en una situación de indefensión a los pobladores que habitan las zonas cercanas a la costa y con ello se generarán las condiciones para un desastre. Debemos estar atentos.

VI Conclusiones

En los últimos 24 años se ha producido un deterioro en el espejo de agua en la Laguna Valle de las Garzas cercano al 78.8%. Sin embargo, la mayor pérdida del espejo de agua de esta laguna se ha presentado entre los años 2003 al 2018.

Dentro de la regresión de este espejo de agua se determinó que para el periodo 2003-2007 la pérdida fue de 26.18 ha; del 2007-2013 la pérdida fue de 23.08 ha; para el periodo 2013-2015 fue de 9.89 ha; entre el 2015-2016 la pérdida fue de 13.74 ha; en 2016-2017 11.26 ha, y para el periodo 2017-2018 la pérdida fue de 3.53 ha. Entre los años 1996-2007 la pérdida promedio anual del espejo de agua fue de 1.18 ha/año, mientras que para el periodo 2007-2019 la pérdida promedio anual del espejo de agua fue de 5.59 ha/año. La pérdida promedio del espejo de agua en los últimos 24 años ha sido de 4.36 ha/año.

En época de lluvias el espejo de agua del 2019 alcanzo 37.12 ha, y para época de secas el espejo de agua disminuyó un 27%. Esto fue verificado en junio y julio del 2020.

El espejo de agua de la Laguna Valle de las Garzas presentó cambios entre marzo de 2019 y marzo del 2020, aumentando un 41 % en su espejo de agua central, pero perdió los espejos más pequeños situados en el suroeste y oeste que eran 3 áreas con espejo de agua que ahora son lodazales.

En uso de suelo y vegetación se analizaron 354.44 ha, de las cuales 167.39 ha han sufrido cambio entre clases (Pérdidas y Ganancias) en el periodo 2015 – 2019. La clase Cuerpos de agua tiene un cambio neto de 3.04% y un intercambio entre clases de 4.93% por lo que el cambio total es 7.97% (58.24 ha); Otros humedales tiene un cambio neto de 12.58% e intercambio de 15.38%, con un cambio total del 27.96% (99.12 ha); Otra vegetación registró un cambio neto de

1.38%, intercambio de 12.17% y cambio total de 13.55%(48.02 ha); Sin vegetación tiene un cambio neto de 4.36%, intercambio de 2.22% y cambio total de 6.58%, es decir 23.34 ha; Agrícola – Pecuaria registro cambio neto y total de 0.65% (2.3 ha); Desarrollo antrópico tiene un cambio neto de 1.10%, un intercambio de 5.79% y un cambio total de 6.89% (24.42 ha); Manglar perturbado tiene cambio neto de 1.04%, intercambio de 4.75% y cambio total de 5.80% (20.55 ha); Manglar fue el que registro mayor cambio neto con 15.43%, intercambio de 9.62 y cambio total de 25.05% (88.78 ha).

La cobertura de uso de suelo y vegetación en el cuerpo lagunar hasta el límite de la zona federal indica que 37.12 ha son cuerpos de agua, 2.6 ha es desarrollo antrópico, 118.15 ha es manglar (de las cuales 9.25 ha son manglar perturbado), 14.05 ha es otra vegetación, 23.34 son otros humedales y 13.87 ha sin vegetación. Dentro de esta cobertura quedan excluidas 1.63 ha de manglar, 0.8 ha de cuerpos de agua, 29.9 ha de otra vegetación y 22.67 ha de otros humedales. Que se registraron en uso de suelo y vegetación en 2019.

Los tipos de suelos de la zona de estudio son Solonchak gléyico sódico + Regosol sódico con textura gruesa (SCglso+RGso/1), Phaeozem hiposódico hipo sálico con textura media (PHsowszw/2).

La cobertura de tipos de suelo en el cuerpo lagunar hasta el límite de la zona federal indica que 116.31 ha son cuerpo de agua y 92.81 ha son Solonchak gléyico sódico + Regosol sódico con textura gruesa (SCglso+RGso/1).

Las características litológicas en la zona de estudio, predomina el Palustre (Qpa), seguido de Lacustre (Qla) y en menor proporción Aluvión (Qal) con tipo de roca sedimentaria.

La cobertura de características litológicas en el cuerpo lagunar hasta el límite de la zona federal indica que 85.29 ha son cuerpo de agua, 107.97 ha es Palustre (Qpa), 9.83 ha es Lacustre (Qla) y 6.04 ha son Aluvión (Qal) con tipo de roca sedimentaria.

En el modelo digital de elevación, la zona de estudio tiene cotas de 0 a 2.5 m s. n. m.

Según el PDU de Manzanillo la Laguna Valle de las Garzas está rodeada de infraestructura urbana, teniendo una zona de parque natural que se ubica sobre lo que en él se denomina Estero Las Garzas.

Dentro de la infraestructura que rodea la Laguna Valle de las Garzas existen 39 escuelas y/o afines, 53 lugares de servicio de salud y 10 sitios de servicio público.

Por la zona de estudio no atraviesa ninguna antena de alta tensión de energía eléctrica.

El clima en la Laguna Valle de las Garzas es tipo Aw0 (w) que atribuye al tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano. En la Laguna Valle de las Garzas la temperatura media es de 27°C a 27.5°C, la temperatura máxima que se puede presentar es de 40.5°C a 41°C, mientras que la temperatura mínima va de los 8 a 11°C. La lluvia media anual es de 950 a 1000 mm, y la lluvia máxima en 24 horas de 180 a 190 mm.

La superficie de zona federal publicada en 2012 es de 14.74 ha, mientras que los terrenos ganados a la laguna tienen una superficie de 14.64 ha divididos en 10 polígonos. La superficie del cuerpo lagunar hasta el límite de la zona federal es de 209.13 ha.

La Laguna Valle de las Garzas pertenece a los acuíferos Jalipa-Tapeixtles y Santiago-Salagua. Según los estudios de CONAGUA (actualizados al 2018) sobre la condición de los acuíferos Jalipa-Tapeixtles y Santiago-Salagua. La zona donde está ubicada La Laguna Valle de las Garzas la profundidad del nivel estático es de 2 m para la parte de Santiago-Salagua y menor a un metro en la parte de Jalipa-Tapeixtles. La elevación del nivel estático es entre 3 y 5 m s. n. m.; en ninguno de los dos acuíferos hay recuperación de nivel estático para la parte sur donde está ubicada la laguna durante el periodo 2006 al 2013. La recarga total media anual para el acuífero Santiago-Salagua es de 24.7 hm³/año y para el acuífero Jalipa-Tapeixtles es de 10.8 hm³/año.

Según datos del REPDA, el acuífero Jalipa Tapeixtles registró la existencia de 29 aprovechamientos del agua subterránea, de los cuales 13 son para uso agrícola, 6 para diferentes usos, 3 para uso doméstico, 2 para pecuario, 3 para uso público-urbano y 2 para servicios. El volumen de extracción calculado es de 5.83 hm³ anuales, de los cuales 4.98 hm³ (85.71%) se utilizan para uso agrícola, 0.8 hm³ (14.28%) para abastecimiento de agua potable, 0.016 hm³ (0.13%) para uso pecuario.

Por su parte, en el acuífero Santiago-Salagua se registró la existencia de 49 aprovechamientos del agua subterránea, 20 son para uso agrícola, 15 para diferentes usos, 2 para pecuario, 4 para uso público-urbano y 7 para servicios. El volumen de extracción calculado es de 16.77 hm³ anuales, de los cuales 6.4 hm³ (38%) se utilizan para uso agrícola, 10.412 hm³ (62%) para abastecimiento de agua potable, 0.001 hm³ (0.006%) para uso pecuario.

En el periodo de septiembre 2019 a febrero de 2020 fueron localizados nueve puntos de descargas de aguas residuales que usan como cuerpo receptor de descarga la Laguna Valle de las Garzas. La parte noreste tiene 3 puntos de descarga (aquí se localiza la descarga de la PTAR Salagua) y canales con aguas

residuales, mientras que la parte noroeste cuenta con 5 puntos de aguas residuales. Por su parte, el lado sureste sólo se tiene registrada una descarga.

Según criterios hidrológicos, edafológicos y bióticos la clasificación de la Laguna Valle de las Garzas es la de un Sistema lacustre, con forma terrestre de depresión y permanentemente inundado. En la caracterización del humedal se identificaron 3 zonas: 1) de inundación permanente, que engloba el espejo de agua, humedales y vegetación de mangle caracterizada por el espejo de agua del 2003 y la cota cero; 2) la zona de inundación estacional, que está caracterizada por inundación solamente en épocas de lluvias y engloba a la vegetación de mangle y humedales; y 3) la zona de saturación estacional que lo caracteriza y que mantiene una saturación de humedad según la época del año y engloba a la vegetación de selva baja caducifolia y matorral.

VII Referencias

Atlas de Peligros y Riesgos en el Estado de Colima. FOPREDEN-Gobierno del Estado de Colima. Noviembre 2017.

Archundia, H. "El Valle de las Garzas, ejemplo de desarrollo urbano nacional. Su historia y formación". Inédito.

Berlanga, C., & Ruiz, A. (2007). Esquema de clasificación de humedales de México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 25-46.

CONABIO, Gobierno del estado de Colima, (2016). Aprovechamiento, protección conservación de los sistemas coralinos de la costa.

CONAGUA. (noviembre de 2019). *Aguas subterráneas. Acuíferos*. Obtenido de Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Jalipa-Tapeixtles (0608), Estado de Colima: https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/colima/DR_0608.pdf

CONAGUA. (20 de enero de 2020). *Aguas subterráneas. Acuíferos*. Obtenido de Actualización de la disponibilidad media anual en el acuífero Santiago-Salagua (0608), Estado de Colima: https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/colima/DR_0608.pdf

CONAGUA. (abril de 2020). Estadística climatológica. <https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Estadistica>.

CONABIO (2016). Mapa de uso del suelo y vegetación de la zona costera asociada a los manglares de México 2015.

Consejo Nacional de Población (CONAPO), 2019. Proyecciones de la Población de los Municipios de México, 2015-2030. En

<https://www.gob.mx/conapo/documentos/proyecciones-de-la-poblacion-de-los-municipios-de-mexico-2015-2030>.

Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, Estado de Colima, Manzanillo en <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM06colima/municipios/06007a.html>

Gobierno del Estado de Colima, Secretaria de Desarrollo Urbano, 2019. Programas de Desarrollo Urbano (PDU) consultado el 15 de Febrero de 2019 en <http://www.col.gob.mx/desarrollourbano/contenido/NjYzOA==>

H. Ayuntamiento Constitucional de Manzanillo, 2014. Mapa del Programa Desarrollo Urbano Manzanillo Zonificación 2014. Consultado el 15 de Febrero de 2019 en http://www.col.gob.mx/transparencia/archivos/portal/2016070412490718_Programa-Desarrollo-Urbano-Manzanillo-Zonificacion.pdf

IGME. (26 de marzo de 2020). *Instituto Geológico y Minero de España*. Obtenido de Biblioteca IGME: http://aguas.igme.es/igme/publica/libro20/pdf/lib20/los_s_a_1.pdf

INEGI. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. (20 de Agosto de 2019). Obtenido de Resumen Información por Entidad/Colima: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/col/>

INEGI. 2017. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Anuario estadístico y geográfico de Colima.

INEGI 2016. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Panorama sociodemográfico de Colima 2015.

INEGI. (2009) *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Manzanillo, Colima.

Nieves-Ventura, F. (2016). Regionalización ecológica. En *La Biodiversidad en Colima. Estudio de Estado*. (págs. 111-115). México: CONABIO.

- Patiño, M., Meyer, O., & Galicia, M. (2009). Nota Técnica, Zona de mayor afectación en el Puerto de Manzanillo Colima México, por eventos hidrometeorológicos intensos y su periedicidad. *Boletín Técnico IMME Volumen 47 N°1*, 47-60.
- Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Manzanillo (PDU) 2019 en <https://mangomap.com/inplan/maps/71901/programa-de-desarrollo-urbano-del-centro-de-poblaci-n-de-manzanillo-colima-actualizaci-n-al-s-bado-21-de-febrero-del-a-o-2015-#>
- Secretaría del Medio Ambiente y Comisión Nacional del Agua, (2018). Estadísticas del Agua en México, edición 2018 en https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/AAM_2018.pdf.
- SEMARNAT, CONAGUA. (2013). Lineamientos para la delimitación hidrológica y establecer el perímetro de protección de los humedales. CONAGUA.
- SEMARNAT, D. D. (2008). Inventario Nacional de Humedales. Documento Estratégico Rector.
- Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL) en http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/#
- Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) 2019. En <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=regionesHidrologicas&ver=reporte&o=0&n=nacional>
- Villanueva Morán, M. J., Cervantes Figueroa, Ó. S., Velarde Buendía, Ó. E., & Padilla Lozoya, R. (2008). Base de datos de fenómenos naturales y desastres. *Memoria. IV Foro Colima y su Región. Arqueología, antropología e historia*. (J. C. G., Ed.) Colima, Colima, México: Secretaría de Cultura.
- Vilardy, S., Jaramillo, Ú., Flórez, C., Cortés-Duque, J., Estupiñán, L., Rodríguez, J., Aponte, C. (2014). Principios y criterios para la delimitación de humedales continentales: una herramienta para fortalecer la resiliencia y la adaptación al cambio climático en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, 100 pág.

- CONAGUA. (2013). *Lineamientos para la clasificación de los humedales*. CONAGUA.
- CONAGUA. (20 de abril de 2015). *Actualización de la disponibilidad media anual en el acuífero Santiago-Salagua (0608), Estado de Colima*. Obtenido de https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/colima/DR_0608.pdf
- CONAGUA. (15 de abril de 2015). *SIGAGIS*. Obtenido de CONAGUA: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103487/DR_0609.pdf
- SEMARNAT, CONAGUA. (2013). *Lineamientos para la delimitación hidrológica y establecer el perímetro de protección de los humedales*. CONAGUA.
- SEMARNAT, D. D. (2008). *Inventario Nacional de Humedales. Documento Estratégico Rector*.
- Valderrama Landeros, L. H., Rodríguez Zúñiga, M. T., Troche Souza, C., Velázquez Salazar, S., Villeda Chávez, E., Alcántara Maya, J. A., . . . Ressler, R. (2017). *Manglares de México: actualización y exploración de los datos del sistema de monitoreo 1970/1980-2015* (Primera ed.). Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Recuperado el 11 de Noviembre de 2019, de <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/12889.pdf>