



**Benemérita
Universidad Autónoma de Puebla**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“Tratamiento de aguas residuales por medio de
ozonización para la eliminación de Coliformes
Fecales”**

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de:

Licenciatura en Ingeniería Ambiental

Presenta:

MARÍA FERNANDA ZAMORA QUIROZ

Director de Tesis:

M.C.

MARIA DOLORES GUEVARA ESPINOSA

**Puebla, Pue.
Agosto, 2023**

Contenido

Introducción	8
Fase I Fase de diagnóstico.....	9
Fase II Evaluación de impacto y análisis de riesgo.....	9
Fase III Conclusiones y recomendaciones generales.....	9
Fase I	11
Estudio de factibilidad etapa de funcionamiento.....	11
CAPÍTULO I	12
1.1 Contexto histórico	13
1.1.1 Comentarios de asociaciones civiles y académicos en diarios locales	15
1.1.2 Inversiones.....	21
1.1.3 Estudios previos	21
1.2 Fundamento técnico	23
1.2.1 Determinación de parámetros de control	26
1.2.2 El ozono y su uso en los sistemas de tratamientos de agua.....	26
1.3 Objetivo general	28
1.4 Objetivos particulares.....	28
CAPÍTULO II	29
2.1 Formulación del problema	30
2.2 Ventajas y desventajas de los humedales con flujo libre y flujo subsuperficial	31
2.3 Efecto de los distintos componentes que forman los humedales	33
2.3.1 Plantas que usualmente conforman los humedales	33
2.4 Modelo de simulación WASP	34
2.5 Metodología	36
2.5.1 Modelación de procesos del Humedal de Valsequillo	38
2.5.2 Parámetros que pueden interferir en la evaluación del sistema	52
2.5.3 Parámetros establecidos en el contrato.....	54
2.5.4 Parámetros de evaluación del proceso	58
2.5.5 Modelación de la calidad de las aguas en los humedales artificiales de flujo superficial (HAFS).....	59
2.5.6 Metodología propuesta.....	59

2.6 Plan de trabajo	63
2.6.1 Objetivos del modelo matemático de evaluación.	63
2.7 Cronograma de actividades	64
2.8 Plan de acción.....	65
2.9 Comentarios de la Fase II	67
2.9.1 Evaluación de impacto y análisis de riesgo.....	67
2.10 Zonas de estudio del humedal de Valsequillo y parámetros de calidad del agua Conagua 2017.....	68
CAPÍTULO III	95
3.1 Análisis de costo-beneficio	96
CAPÍTULO IV	99
4.1 Consideraciones finales, aprovechamiento y conservación del Humedal de Valsequillo	99
4.1.1 Conclusiones del proceso de evaluación	100
4.1.2 Observaciones sobre los parámetros de control	101
4.2 Observaciones técnicas.....	104
4.3 Comentarios a los informes de resultados	105
4.3.1 Recomendaciones para la operación del sistema Scavenger 2000™	106
4.3.2 Recomendaciones finales	106
4.3.3 El saneamiento del Humedal de Valsequillo como resultado de una política económica de la cuarta revolución tecnológica y la economía circular	107
ANEXOS	109
Anexo I Gráficas de los parámetros reportados en los años 2013, 2017 y 2019	110
Anexo II Fotográfico.....	127
Anexo III Resultados de laboratorio que acompañan al “Informe de resultados en la Presa de Valsequillo”	138
Referencias bibliográficas	170

Tablas

Tabla 1. Clasificación de Procesos Avanzados de Oxidación.	26
Tabla 2. Clasificación de los humedales.	40
Tabla 3. Casos de éxito de diferentes tipos de humedales artificiales.	48
Tabla 4. Parámetros establecidos en la Declaratoria.	57
Tabla 5. Niveles del parámetro ORP para diferentes usos del agua.	59
Tabla 6. Relación entre el parámetro ORP y la actividad bacteriana.	59
Tabla 7. Cronograma de actividades.	64
Tabla 8. Descripción detallada de las actividades y programas de muestreo.	67
Tabla 9. Coordenadas geográficas de los cuadrantes que delimitan las zonas de trabajo.	70
Tabla 10. Especificaciones técnicas del sistema Scavenger 2000™.	73
Tabla 11. Rendimiento del barco por cada 24 horas de operación	73
Tabla 12. Análisis de costos del proyecto de saneamiento del Humedal de Valsequillo	97
Tabla 13. Proyección de costos a 5 años de la operación de tres unidades Scavenger 2000.	98
Tabla 14. Valor estimado del agua del Humedal de Valsequillo	98
Tabla 15. Desviación estándar de DBO ₅ en el Humedal de Valsequillo en 2017 propia	102
Tabla 16. Desviación estándar de DQO en el Humedal de Valsequillo en 2017.	102
Tabla 17. Desviación estándar de SST en el Humedal de Valsequillo en 2017.	102
Tabla 18. Desviación estándar de coliformes fecales en el Humedal de Valsequillo.	103
Tabla 19. Desviación estándar de DBO ₅ en el Humedal de Valsequillo en 2019.	103
Tabla 20. Desviación estándar de DQO en el Humedal de Valsequillo en 2019	104
Tabla 21. Desviación estándar de SST en el Humedal de Valsequillo en 2019	104
Tabla 22. Desviación estándar de coliformes fecales en el Humedal de Valsequillo.	104

Ilustraciones

Ilustración 1. Fotografía de la Presa de Valsequillo en el año 2017.	22
Ilustración 2. Fotografía de la Presa de Valsequillo en el año 2017.	23
Ilustración 3. Fotografía de la Presa de Valsequillo en el año 2017.	23
Ilustración 4. Zonas en que se subdividió el área de estudio en la solicitud de servicio.	36
Ilustración 5. Zonas que están siendo tratadas.	37
Ilustración 6. Delimitación del área de estudio en el humedal Valsequillo.	51
Ilustración 7. Delimitación del Humedal de Valsequillo en 5 zonas. SDRSOT-011/2018.	69
Ilustración 8. Zona 5 (zona inicial de tratamiento) y subdivisión en 9 sub-zonas.	70
Ilustración 9. Zonas con mayor concentración de lirio acuático en el Humedal de Valsequillo.	71
Ilustración 10. Estudio de batimetría del Humedal de Valsequillo.	71
Ilustración 11. Interfaz de control del sistema Scavenger 2000TM.	72
Ilustración 12. Sistema Scavenger 2000TM en el embarcadero en la Zona 5.	72
Ilustración 13. Temperatura de la Zona 5 y parte de la Zona 3.	75
Ilustración 14. Características del Humedal de Valsequillo.	77
Ilustración 15. Ubicación de la bolla de monitoreo del Humedal de Valsequillo.	78
Ilustración 16. Estado del río Alseseca en el año 2017.	78
Ilustración 17. Calidad del agua del río Alseseca en el año 2017.	79
Ilustración 18. Dirección de los principales ríos y área de tratamiento.	79
Ilustración 19. Puntos de muestreo en el Humedal de Valsequillo.	80
Ilustración 20. Muestreo de la DBO en la Zona 5.	80
Ilustración 21. Muestreo de la DBO en la Zona 5.	80
Ilustración 22. Muestreo de la DBO en la Zona 3.	81
Ilustración 23. Muestreo de la DBO en la Zona 2.	81
Ilustración 24. Muestreo de la DBO en la Zona 1.	81
Ilustración 25. Muestreo de la DBO en la Zona 4.	82
Ilustración 26. Muestreo de la DQO en la Zona 5.	82
Ilustración 27. Muestreo de la DQO en la Zona 5.	82
Ilustración 28. Muestreo de la DQO en la Zona 3.	83
Ilustración 29. Muestreo de la DQO en la Zona 2.	83
Ilustración 30. Muestreo de la DQO en la Zona 4.	83
Ilustración 31. Muestreo de la DQO en la Zona 1.	84
Ilustración 32. Muestreo de SST en la Zona 5.	84
Ilustración 33. Muestreo de SST en la Zona 5.	84
Ilustración 34. Muestreo de SST en la Zona 3.	85
Ilustración 35. Muestreo de SST en la Zona 2.	85
Ilustración 36. Muestreo de SST en la Zona 4, río Alseseca.	85
Ilustración 37. Muestreo de SST en la Zona 1.	86
Ilustración 38. Coliformes en la Cortina, Zona 5.	86

Ilustración 39. Coliformes a la altura de la panga.	86
Ilustración 40 Coliformes en la zona III	87
Ilustración 41. Coliformes en la Zona II.	87
Ilustración 42. Coliformes en la llegada del Alseseca.....	87
Ilustración 43. Coliformes en la Zona I, llegada del río Atoyac al Humedal	88
Ilustración 44. Sólidos totales disueltos en la Zona III.....	88
Ilustración 45. Sólidos disueltos en la Zona II, a altura de la Panga.	89
Ilustración 46. Sólidos Disueltos Totales, a la llegada del río Atoyac.....	89
Ilustración 47. Parámetros del pozo colindante con el Humedal de Valsequillo:.....	90
Ilustración 48. Ubicación de monitoreo del pozo colindante con el Humedal de Valsequillo.	91
Ilustración 49. Fuerte concentración de lirio.	91
Ilustración 50 Parte navegable del sistema Scavenger 2000™.....	92
Ilustración 52. Longitud del Humedal de Valsequillo	93
Ilustración 53. Primer punto de muestreo.	93
Ilustración 54. Segundo punto de muestreo.....	94
Ilustración 55. Tercer punto de muestreo.....	94

Anexos

Tabla A 1 . Parámetros fisicoquímicos, instrumentales y de laboratorio	110
Tabla A 2. Parámetros fisicoquímicos del Humedal de Valsequillo en el año 2017.....	117
Tabla A 3 Parámetros fisicoquímicos del Humedal de Valsequillo en el año 2019..	120
Ilustración AII 1. Tablero indicador del equipo de hiperoxidación de un Scavenger 2000™	127
Ilustración AII 2 Coloración del agua en la Zona 5.	128
Ilustración AII 3. Acumulación de lirio después de la apertura de las compuertas	128
Ilustración AII 4. Visita de verificación y toma de muestras en el Humedal de Valsequillo ..	129
Ilustración AII 5. Área de embarque de los sistemas Scavenger 2000™	129
Ilustración AII 6. Vista general de la Zona 5 del Humedal de Valsequillo.	130
Ilustración AII 7 Equipo de medición GPS.....	130
Ilustración AII 8. Equipo de medición GPS.....	131
Ilustración AII 9. Sistema analógico para control de presión hidráulica.	131
Ilustración AII 10. Lirio acuático sudamericano presente en el Humedal de Valsequillo.	132
Ilustración AII 11 Operación del contenedor de sólidos del sistema Scavenger 2000™	132
Ilustración AII 12 Comparativa de la distribución del lirio acuático	132
Ilustración AII 13 Tratamiento de agua por oxidación con el sistema Scavenger 2000™	133
Ilustración AII 14 Aro salvavidas de 24” y vista de la Zona 5 del Humedal de Valsequillo	133
Ilustración AII 15. Posible ubicación de un cable para iniciar tratamiento de lirio.....	134
Ilustración AII 16 Contraste de la vegetación a la orilla del Humedal de Valsequillo	134
Ilustración AII 17. Transporte de automóviles atravesando las zonas 3 y 5, “La Panga”	135
Ilustración AII 18 Capa vegetal en la zona de la compuerta del Humedal de Valsequillo.	135
Ilustración AII 19.Recolector de sólidos suspendidos del sistema Scavenger 2000™	136
Ilustración AII 20. Electrodo de medición de parámetros de calidad del agua del sistema S::CADA.	136
Ilustración AII 21. Propuesta de equipo de limpia en las zonas del río Atoyac.....	137

Introducción

Este documento presenta un estudio de factibilidad, análisis de parámetros de control, análisis de riesgo y análisis de impacto ambiental que se llevó a cabo del 30 de mayo al 18 de junio del presente año, valorando los estudios que el proveedor presentó y otros que fueron realizados con anterioridad. Para la evaluación técnica de resultados del proyecto de saneamiento del Humedal de Valsequillo por hiperoxidación que realiza la empresa Consultas Nacionales de Información y Asesoría, S.A. de C.V. (Dellepere Enterprises), de acuerdo con el contrato SDRSOT-011/2018. En adelante la “Presa Manuel Ávila Camacho” (Valsequillo o Balcón del Diablo), el sitio Ramsar “Humedal de Valsequillo” o la “Presa de Valsequillo” hará referencia al mismo sitio.

El Humedal de Valsequillo se ubica entre las coordenadas 18°53'-18°57' latitud norte y 98°6'-98°15' longitud oeste, a una altitud de 2,100 msnm (CNA, 1996). Cuenta con 303.70 hm³ de capacidad media y una altura de la cortina de 85.00 metros. 1946 fue el año de su construcción.

Con el fin de realizar la evaluación técnica, se revisó el proceso de transferencia tecnológica para determinar si se dio o no un mejoramiento de la calidad del agua. Como punto de partida se documentó y evaluó el comportamiento histórico del humedal, por medio de información secundaria, así como su comportamiento ante diferentes acciones realizadas en el pasado, para que desde el punto de vista técnico se verificara la existencia o no del mejoramiento de la calidad del agua del Humedal de Valsequillo.

Con la finalidad de emitir un juicio totalmente técnico, se estableció como estrategia la participación de un modelo de innovación, llamado triple hélice (Universidad, Empresa, Gobierno) razón por la que este equipo de trabajo, está conformado por un lado por la empresa Constructora Ambiental Autosustentable S.A de C.V. dentro del marco de evaluación y verificación de los avances del mejoramiento de la calidad del agua del Humedal de Valsequillo; el trabajo analítico se llevó a cabo en coordinación con el corporativo ambiental División Agua, S.A de C.V.; la Facultad de Ingeniería Química de la BUAP participó con la colaboración de una investigadora y la Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial quien solicitó la presente evaluación del Humedal de Valsequillo con fundamento en el artículo 4° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; artículo 7 de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Puebla; con los artículos 119 BIS de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente; artículos 44 y 45 de la Ley de Aguas Nacionales, y artículo 16 y 128 de la Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla, que establecen la concurrencia de competencias en materia de prevención y control de la contaminación del agua y de la conservación de áreas naturales protegidas, como en este caso, el Humedal de Valsequillo.

El Compromiso de priorizar el bienestar social, la salud y la protección al medio ambiente, y la importancia del programa de saneamiento del Humedal de Valsequillo como área natural protegida. Ante la probable existencia de riesgo o daño a la salud humana y considerando el valor que este humedal tiene como recurso hídrico en general, fue necesario diseñar una estrategia de evaluación que garantice la mejora en la calidad del agua por el tratamiento del sistema Scavenger 2000™.

El presente reporte técnico, primero presenta la identificación de las condiciones actuales, determinando los parámetros de control. Con el desarrollo de metodologías y técnicas para la evaluación. Usando los datos generados de forma continua provenientes de las diversas estancias de gobierno, lo que permitirá tomar decisiones estratégicas en función del manejo de los contaminantes, principalmente de los tóxicos que se aportan en el agua, poniendo especial atención en aquéllos contaminantes que son y los que pueden ser un riesgo potencial a la salud pública. Dada la importancia de la evaluación para determinar la existencia o no de la mejora en la calidad del agua del Humedal de Valsequillo, se solicitó el presente estudio.

Este estudio es un instrumento técnico con bases científicas que permite tomar la mejor decisión en beneficio de la sociedad y del medio ambiente. Lo primero que considera, es que el humedal es un sistema que tiene influencia de múltiples variables, para este efecto la evaluación se dividió en tres fases, como un modelo de proceso de tratamiento aeróbico y anaeróbico. Como cualquier proceso, puede ser evaluado con parámetros de control, usando un sistema de mejora continua de calidad, así como su gestión dentro del proceso, con su respectivo balance de materia. A continuación, se presenta la descripción de las tres fases:

Fase I Fase de diagnóstico.

Esta fase es de factibilidad técnica y comprende la evaluación de las condiciones históricas, la determinación de parámetros de control, los límites de control, así como los coeficientes de variación. Como punto de referencia para su posterior evaluación. Con la delimitación de factores externos en el comportamiento del sistema y el efecto de alteración de estos. Esta fase es de medición, verificación y formulación de conclusiones bajo ciertas condiciones de operación. Se realizaron una serie de muestreos y análisis en períodos y zonas previamente establecidas, con fundamentos técnicos y bajo condiciones que permitan comparar los resultados del prestador de servicio Consultas Nacionales de Información y Asesoría, S.A. de C.V.

Fase II Evaluación de impacto y análisis de riesgo.

El estudio buscará analizar varios aspectos relacionados con la calidad del agua, entre ellos las condiciones de contaminación del Humedal de Valsequillo y el impacto ambiental de las zonas cercanas al Humedal de Valsequillo y el impacto ambiental de las zonas cercanas al mismo. El objetivo de este diseño fue encontrar la variación de los beneficios del tratamiento de hiperoxidación. Este punto fue desarrollado al inicio de la presentación. Considerando el impacto ambiental y su riesgo sin olvidar, por supuesto, su calidad por medio de su comparación con ICA (Índice de Calidad del Agua), verificando si el tratamiento secundario que consiste en la dosificación en forma de micro burbujas de un mínimo de 250 kg/h de aire oxigenado y 60 gr/h de ozono, está cumpliendo con mejorar la calidad del agua.

Fase III Conclusiones y recomendaciones generales.

Tomando como fundamento la información de la FASE I y los resultados de la FASE II se establecieron los límites de control de proceso, así como los elementos del reactivo limitante dentro del proceso.

Adicionalmente, cada fase lleva sus propias observaciones.

Es importante remarcar que la gestión de las aguas residuales es una parte importante de varios ciclos de recursos y está bien posicionada para desempeñar un papel central en la economía circular. El uso adecuado de agua tratada para la agricultura y la generación de energía aumenta las oportunidades de seguridad alimentaria y energética y puede ayudar a aliviar las tensiones provocadas por el aumento de la demanda de agua. Considerar el agua como un elemento importante bajo el concepto de la economía circular, tendrá repercusiones positivas en los suministros de agua dulce, la salud humana y ambiental, la generación de ingresos (medios de subsistencia) y la reducción de la pobreza. Además, la reutilización del agua puede generar nuevas oportunidades comerciales y apoyar el avance de una economía verde.

Los ecosistemas acuáticos (por ejemplo, estanques, humedales y lagos) ofrecen soluciones adicionales y de bajo costo para mejorar la gestión de las aguas residuales, siempre y cuando se gestionen de manera sostenible. Aunque el uso planificado y los mercados funcionales de aguas residuales para los servicios de ecosistemas son fenómenos relativamente recientes, la valoración del uso de aguas residuales tratadas para los servicios de ecosistemas revela beneficios ambientales y económicos favorables (ONU, 2018).

Con la rápida evolución de la innovación y el desarrollo tecnológico, existe un impulso cada vez mayor en búsqueda de un cambio de paradigma hacia la gestión de aguas como componente de una economía circular. En lugar de considerar la reutilización de agua como un agregado costoso en las plantas de tratamiento de aguas, suscita cada vez más atención la idea de transformarlas en «fábricas de recuperación de recursos» que utilicen aguas residuales y lodos como materia prima y que recuperen productos valiosos para luego comercializarlos a usuarios finales (ONU, 2018).

Fase I

El presente documento se refiere únicamente a la primera fase del estudio, pero presenta en sus conclusiones los resultados del resto de las fases. El detalle de las fases I y III se presenta en documentos adicionales.

Estudio de factibilidad etapa de funcionamiento

Este análisis en su primera etapa recopilará datos relevantes sobre el desarrollo del proyecto de saneamiento de la Presa de Valsequillo, para en base a ello tomar la mejor decisión y determinar si se procede a conservar los Barcos, unidades Scavenger 2000TM. La evaluación del proyecto de inversión constituye hoy en día un tema de gran interés e importancia, ya que mediante este proceso se valora cualitativa y cuantitativamente las ventajas y desventajas de destinar recursos a una iniciativa específica. El análisis del proyecto por medio de un estudio de factibilidad, es un método para presentar el mejor uso de los recursos públicos.

De la evaluación que se realice de este proyecto de inversión dependen las acciones que se definan para que contribuyan al mejoramiento del Humedal de Valsequillo, para favorecer el bienestar y el desarrollo a mediano o largo plazo, en la calidad del agua del Humedal y en general a la economía de los municipios involucrados.

La evaluación de proyectos de inversión es un análisis que se lleva a cabo mediante un proceso de varias aproximaciones en las que intervienen técnicos, financistas y administradores. Las tres etapas que se deben considerar al evaluar un proyecto de inversión son: etapa de reinversión, etapa de maduración y etapa de funcionamiento.

Las etapas referidas están involucradas directamente en este estudio, que considera el funcionamiento del proceso, para determinar si es viable una inversión o reinversión, considerando como base de esta decisión: el aspecto técnico y el beneficio social y así verificar si se están alcanzando los objetivos planteados inicialmente, que es el saneamiento del Humedal de Valsequillo.

A lo largo de esta fase se presentan cuatro capítulos. En el capítulo I se presenta la problemática actual que tiene el humedal y se definen los objetivos; en el capítulo II se formula el problema, las metodologías respectivas y el plan de trabajo; en el capítulo III se lleva a cabo un análisis de costo-beneficio y en el capítulo IV se presentan las conclusiones generales de las tres fases.

CAPÍTULO I

1.1 Contexto histórico

Diversas asociaciones civiles (AC) y universidades, tales como la UNAM, la BUAP y el IPN, en convenio con el CONACYT, así como organizaciones internacionales, se han pronunciado a través de estudios técnicos, en contra del deterioro acelerado del actual Humedal de Valsequillo, conocido oficialmente como “Presa Manuel Ávila Camacho”.

A mediados de los años sesenta, el lirio acuático comenzó a ser un problema serio para la navegación y la pesca. Diversos intentos se han realizado desde entonces para controlarlo, entre los que destaca la introducción de manatíes (mamíferos acuáticos) que fueron asesinados por la población que los confundió con “monstruos acuáticos”. Otros esfuerzos han sido el uso de forraje, el control biológico con insectos, y la trituración reiterada del lirio, los cuales no han dado resultado. La respuesta a este problema es más clara si hacemos una analogía con la medicina, en el sentido de que durante todo este tiempo se ha atacado más al síntoma de la enfermedad (la presencia del lirio) que a la causa de la misma (la contaminación de las aguas que desembocan en Valsequillo).

En 1996 inicia la trituración de lirio dentro del llamado “Megaproyecto Angelópolis”, cuando ya se había advertido que era prioritario atender el problema de la calidad del agua (El Universal Puebla-Tlaxcala, 3/11/1996). La maleza triturada debía retirarse del lago para evitar que la descomposición de la misma generara un problema mayor, sin embargo, se ha hecho caso omiso de este señalamiento; depositando después de cada trituración alrededor de treinta toneladas de materia vegetal en descomposición dentro del sistema, lo cual deteriora aún más la calidad del agua.

A partir de los datos obtenidos en 1979, la Secretaría de Recursos Hidráulicos, determinó que ingresaban a la presa por el río Atoyac, 95.6 toneladas al día de DBO₅, 164 de DQO, 17.8 de nutrientes (fosfatos y Nitratos), 7.0 de detergentes (SAAM, Sustancias Activas al Azul de Metileno), 904.7 de Sólidos Suspendidos Totales (SST) y 26.16 de grasas y aceites, así como 13.67 toneladas al día de metales pesados.

En el año 2006, estudios llevados a cabo en México permitieron publicar en el Diario Oficial de la Federación su declaratoria de Clasificación de acuerdo con el Artículo 87 de la Ley de Aguas Nacionales, siendo estos los relacionados con los ríos Coatzacoalcos en Veracruz (Conagua-SIACV, 2003), San Juan en Querétaro (Conagua, 2006) y **el río Atoyac en Puebla (Conagua-IMTA, 2006)**, mismos que demuestran el impacto de los desechos industriales en la calidad del agua por la presencia de metales pesados y compuestos orgánicos tóxicos. La presencia de estas sustancias incrementa el riesgo y las afectaciones a la salud pública (Montero *et al.*, 2006).

...En sesión celebrada el 1 de diciembre de 2009, la Cámara de Diputados exhortó al Ejecutivo federal a emprender con los gobiernos de Puebla y Tlaxcala acciones para el saneamiento de la cuenca del río Atoyac-Zahuapan.

El 17 de febrero de 2010 se sometió a discusión ante el pleno de la Cámara de Diputados el dictamen en el que se solicitaba a la secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales a

través de la Comisión Nacional del Agua y la Procuraduría Federal del Medio Ambiente un informe respecto de:

1. Cuántos permisos de descarga de aguas residuales tenía dentro del Registro Federal de derechos del Agua y las condiciones particulares de descarga.
 2. Las visitas de inspección realizadas a las empresas que descargan aguas residuales en la cuenca del río Atoyac-Zahuapan y el cumplimiento de los parámetros y límites máximos permisibles en la NOM-001-SEMARNAT-1996.
 3. El cumplimiento de la NOM-002-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal y las metas de calidad del agua derivadas de las declaratorias de clasificación de cuerpos receptores.
 4. Los resultados del estudio de clasificación del río Zahuapan, Puebla-Tlaxcala, realizado por el Instituto Politécnico Nacional.
 5. Estrategia de monitoreo integral para la zona.
 6. Las acciones realizadas para el saneamiento de la cuenca del río Atoyac-Zahuapan, así como de los estudios y proyectos realizados para la construcción de infraestructura de tratamiento de aguas residuales, a través de la Comisión de Cuenca de los ríos Atoyac y Zahuapan, como órgano auxiliar del Consejo de Cuenca del río Balsas.
 7. Que se contemple en la revisión de la NOM-001-SEMARNAT-1996 y la NOM-002-SEMARNAT-1997, la posible inclusión de los fluoruros, cloruros de metileno, tolueno y cloroformo.
 8. Informe sobre las empresas ubicadas en la zona de la cuenca del río Atoyac-Zahuapan, que han sido incorporadas al Programa Nacional de Auditoría Ambiental y que hayan obtenido su certificado de industria limpia, así como las que estuviesen en trámite.
- Así también, se solicitaba al gobierno del estado de Tlaxcala un informe sobre las acciones, obras y proyectos realizados, en el marco de la estrategia de saneamiento del Alto Atoyac **2008-2010** y de los resultados del diagnóstico integral para el saneamiento de la cuenca del alto Atoyac (Zahuapan-Atoyac).

En 2011, la SEMARNAT publicó una **DECLARATORIA de clasificación de los ríos Atoyac y Xochiac o Hueyapan, y sus afluentes**, la cual define metas de calidad en tres etapas cuya fecha de conclusión es el 2030. La declaratoria incluye límites para químicos no incluidos en la NOM-001 que establece límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

En 2013, la Asamblea Nacional de Afectados Ambientales denunció la contaminación del río Atoyac que sufre las consecuencias de recibir los desechos de empresas como ingenio El Potrero, la alcoholera de Zapopan, así como de un sinnúmero de ayuntamientos que tienen sus drenajes a cielo abierto, sumado a la problemática de que este afluente sea el proveedor para el municipio de Córdoba. Otra problemática no menos importante, es la afectación por la contaminación a la actividad productiva, que va en perjuicio de los productores de caña de azúcar, maíz, frijol y limón.

Las investigaciones realizadas por académicos como Ernesto Mangas Ramírez, coordinador de Ecología y Restauración de Sistemas Acuáticos de la BUAP, demuestran la gravedad del problema, tal como lo revela el monitoreo hecho por este investigador en 2013, indica que el

río arrastra 55 millones 351 mil 965 metros cúbicos de descargas contaminantes al año. Esto equivale a casi una cuarta parte de su volumen total. También transporta 69 toneladas diarias de materia orgánica en descomposición y con altos índices de amoniaco.

El 25 de febrero de 2015, el gobierno federal anunció la contratación del Instituto de Ingeniería de la UNAM para realizar un estudio, con el fin de crear un nuevo plan rector de rescate del río Atoyac y en **donde la Conagua a** señaló que se encontraba en la mejor disposición de seguir lo que dictaran los resultados y hacer las inversiones correspondientes. En la misma fecha, el ejecutivo federal anunció que después de la revisión de 3 mil 675 empresas asociadas al río Atoyac, se habían clausurado sólo 11 por contaminación, acción administrativa llevada a cabo por la PROFEPA, la Conagua y la Cofepris, esto derivado de un programa puesto en marcha para revisar las condiciones ambientales de los principales afluentes en todo el país. El titular de la PROFEPA sostuvo: “No habrá cuenca de ningún río en nuestro país que no haya sido revisada en materia de aguas residuales, en materia de residuos peligrosos y también en materia de riesgos contra la salud”.

1.1.1 Comentarios de asociaciones civiles y académicos en diarios locales

... Hace cinco años la Presa de Valsequillo era considerada por mucha gente como una zona muerta ecológicamente, un lugar demasiado contaminado para poder sostener vida. La superficie de la región de Valsequillo (23 mil 612 hectáreas) estaba en vías de ser convertida en un nuevo mega-desarrollo, una extensión de la ciudad de Puebla, la cuarta más grande de México. Además de los impactos ambientales, la forma de vida de los habitantes de la región, los cuales incluyen ejidatarios y residentes de pueblos pequeños, se vio amenazada.

Hoy en día, sin embargo, Valsequillo es un Sitio Ramsar, un humedal reconocido internacionalmente por su importancia biológica. La mayor parte de la región también ha sido designada como un área natural protegida estatal. Y la forma de vida de los pobladores de la región ya no se ve amenazada por la rápida urbanización que se planificaba para la zona. Esta transformación fue posible al cambiar la percepción negativa que se tenía de la presa.

La Presa de Valsequillo, cuyo nombre formal es Presa Manuel Ávila Camacho, está ubicada en la parte sur del municipio de Puebla, y forma parte de la cuenca del Alto Balsas. La presa fue construida entre 1939 y 1946 para bloquear el Río Atoyac con el propósito de regular y aprovechar el agua del río, y todavía se usa para riego agrícola en Tecamachalco. La presa está a una elevación de 2 mil 61 msnm, y tiene una superficie de 2 mil 832 hectáreas, lo que la hace el cuerpo de agua más grande en el estado de Puebla.

La urbanización e industrialización dentro de la cuenca de la Presa de Valsequillo, especialmente en la ciudad de Puebla y la ciudad de Tlaxcala, han tenido un impacto negativo para la calidad de agua en la presa. Las descargas de aguas residuales sanitarias sin tratamiento, las descargas industriales, la basura y la contaminación arrastrada por las aguas pluviales se acumulan todas en la presa. Este problema se aprecia con tan sólo ver el agua

negra, burbujeante, y maloliente de los dos afluentes principales de la presa, el río Atoyac y el río Alseseca, donde entran a la presa.

Sin embargo, el agua en la presa tiene una mejor calidad que la de sus afluentes. Los estudios han demostrado que el agua en los ríos Atoyac y Alseseca no cumple con varios criterios de la norma para la calidad de agua en ríos para uso en riego agrícola (NOM-001-SEMARNAT-1996); pero el agua en la presa cerca de la cortina (donde sale el agua para riego) cumple casi todos los criterios de la norma para la calidad de agua en embalses artificiales para uso en riego agrícola (NOM-001-SEMARNAT-1996) (CIEMAD, 2011). ¿Cómo es esto posible? Una especie de vegetación flotante, conocida como lirio acuático (*Eichhorniacrassipes*), cubre más del 50% de la superficie de la presa. Aunque los lirios acuáticos en la presa tienen desventajas —son exóticos, crecen rápidamente, y cuando mueren disminuyen el oxígeno disuelto en el agua— tienen ventajas también. Varias investigaciones demuestran que los lirios mejoran la calidad de agua (CIEMAD, 2011). Los lirios forman un filtro natural que absorbe el exceso de nutrientes y otros contaminantes. Es decir, el agua que pasa por los lirios está más limpia al salir por el otro lado.

Dada una mejor comprensión de la calidad del agua en la presa, y con el fin de empezar a cambiar su percepción negativa, nuevas investigaciones eran necesarias. Entre 2011 y 2012 un estudio de las aves de Valsequillo fortaleció lo que algunas personas sabían; la presa es muy valiosa. Este estudio, hecho por el autor principal de este artículo cuando fue cooperante de Cuerpo de Paz en la Semarnat en Puebla, amplió la lista de aves que existía para la presa y su zona de influencia.

Con nuevos datos a la mano, otras personas comenzaron a compartir estudios anteriores sobre la flora y la fauna de la presa. Juntos, estos estudios demostraron que la región de Valsequillo sustenta una alta cantidad de especies de fauna: al menos 231 especies de aves, 21 especies de reptiles, 15 especies de mamíferos, ocho especies de anfibios, y dos especies de peces. De estas especies, 41 son endémicas (que sólo se encuentran en México). Según la NOM-059-SEMARNAT-2010, 27 especies tienen estatus de protección especial o están amenazadas (Rose-Burney, 2011). Sobre todo, se pudo demostrar que Valsequillo es un sitio importante para la supervivencia de aves acuáticas migratorias, como patos y chorlitos.

Otros estudios anteriores demostraron que además de su riqueza biológica muy alta, la presa tiene otros valores. Como se mencionó anteriormente, su agua se usa para riego agrícola. La presa también sustenta actividades recreativas, turísticas, científicas, y de pesca. Además, la zona alrededor de la presa alberga sitios arqueológicos y paleontológicos muy importantes.

Con una comprensión más completa sobre los valores de la Presa de Valsequillo, se pudo desarrollar rápidamente un argumento para su conservación. La presa y su zona de influencia (las 23 mil 612 hectáreas de la región de Valsequillo, localizadas en la parte sur del municipio de Puebla) fueron designadas como Sitio Ramsar el 2 de febrero de 2012, el día mundial de los humedales. Los humedales son todos los ecosistemas acuáticos. Estos incluyen manglares, lagos y presas, entre otros. Un Sitio Ramsar es un humedal de importancia internacional por su riqueza biológica, servicios ambientales, y recursos naturales. Su nombre proviene de la Convención Ramsar, un tratado intergubernamental firmado en la ciudad de

Ramsar, Irán, que promueve la conservación y uso sustentable de los humedales. La conservación de las aves acuáticas es uno de los objetivos principales de la Convención.

Dos meses después, en abril, la mayor parte de la región de Valsequillo fue designada como el Parque Estatal Humedal de Valsequillo (las porciones montañosas que están en la parte sur de la región de Valsequillo forman parte de la Reserva Estatal Sierra del Tentzo, la cual fue decretada como tal en 2011). El Parque Estatal y la Reserva Estatal son Áreas Naturales Protegidas (ANP) estatales, zonas representativas de los diversos ecosistemas del estado y sujetas a regímenes especiales de conservación, restauración, y desarrollo. La designación como Sitio Ramsar fue una de las justificaciones principales para la designación del Parque Estatal.

Las designaciones de Sitio Ramsar y ANP ayudarán a mejorar la planeación en la región de Valsequillo y facilitarán a los pobladores de Valsequillo el acceso a los apoyos y subsidios del gobierno. Los ANP estatales requieren un plan de manejo para la zona. Este plan dirige todas las formas de inversiones públicas y privadas, y modifica la normatividad existente sobre los usos de suelos y actividades en la zona. La intención del plan de manejo para el Parque Estatal Humedal de Valsequillo es permitir que continúen los usos de suelos que existían antes de la declaración del ANP. Ninguna de estas designaciones conlleva una expropiación de terrenos. Además, las designaciones promueven el turismo. De hecho, ya hay grupos de observadores de aves locales y nacionales que visitan la presa regularmente, como el Club de Observadores de Aves de Puebla (COAP) y Audubon.

El proceso que condujo a este éxito fue llamado la Iniciativa Valsequillo. La iniciativa fue un proceso de planeación iniciado por individuos de la sociedad civil y desarrollado colaborativamente por el gobierno federal, estatal, y municipal. En enero de 2013 la Iniciativa Valsequillo fue reconocida por la Asociación Americana de Planeación (American Planning Association o APA) con el Premio Pierre L'Enfant a la Excelencia en Planeación Internacional por su compromiso con la colaboración interinstitucional, la participación de la sociedad civil y la protección de recursos naturales.

A pesar de la fuerte contaminación por diversas fuentes, la Presa de Valsequillo es una parte importante del medio ambiente, la economía, y la cultura poblana. Las designaciones como Sitio Ramsar y ANP estatal son herramientas para lograr la conservación ambiental y el desarrollo sustentable. Sin embargo, el simple hecho de tener las designaciones no garantiza la conservación. La presión del desarrollo urbano actual y futuro en Valsequillo puede desbaratar los logros recientes, y la contaminación del agua procedente de la cuenca de la presa continúa reduciendo la calidad del agua y la viabilidad del hábitat. La implementación de buenas estrategias de manejo en Valsequillo así como en su cuenca es necesaria para que generaciones presentes y futuras puedan observar sus aves y aprovechar sus recursos naturales.

Más información

El Centro de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIEMAD) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), 2011. Programa Parcial de Desarrollo Urbano Sustentable de Valsequillo y Su Zona de Influencia. Versión Ejecutiva. Puebla, Pue.: Delegación Federal de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Rose-Burney, Jajeon, 2011. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar – Valsequillo. Puebla, Pue.: SEMARNAT. (publicación electrónica en sobre ciencia <http://saberesciencias.com.mx/2013/06/02/valsequillo-humedal-de-importancia-internacional>)

...Al día, la Presa de Valsequillo recibe alrededor de 126.5 toneladas de contaminantes que provienen de los ríos Atoyac, Zahuapan, San Francisco y Alseseca, mismas que, en caso de no mitigarse, terminarán con las actividades acuícolas, de agricultura y turísticas que se realizan en la zona. Así lo refiere el Anteproyecto del Plan Parcial de Valsequillo que realizó el Instituto de Planeación Municipal (Implan) y que en los próximos días será presentado al Cabildo capitalino para su análisis y aprobación, con el propósito de convertirse en un documento rector de las acciones que deben llevarse a cabo para su rescate y limpieza. El documento advierte que los altos niveles de contaminación del embalse podrían repercutir en la salud de la población aledaña a sus márgenes, y que ya padecen de frecuentes infecciones gastrointestinales debido a las altas concentraciones de coliformes fecales que se han identificado en sus aguas

De acuerdo con el reporte, la Laguna de Valsequillo –como también se le conoce– recibe diariamente 125 toneladas de contaminantes de origen doméstico e industrial, de las cuales, 69 corresponden al Río Atoyac, 8 al Río Zahuapan, 21.5 al Río San Francisco, y 26 al Río Alseseca. El 26% de las aguas del Atoyac que se descargan en la presa corresponden a aguas residuales; en el caso del Alseseca la cifra es 7%. Patricia Méndez | Jueves, Enero 2, 2014 e consulta

Alertan sobre daños para la salud

Los altos niveles de contaminación de la Presa limitan su aprovechamiento con fines agrícolas, pecuarios y acuícolas, así como el desarrollo de actividades de recreación y turismo, subraya el documento. Así mismo, los contaminantes podrían repercutir en la salud de la población, incrementando el padecimiento de infecciones gastrointestinales, debido a las altas concentraciones de coliformes fecales, identificados en los análisis realizados, las cuales exceden los límites máximos permisibles de la NOM-001-SEMARNAT-1996, pues el agua es utilizada tanto para el ganado como para la producción agrícola en el distrito de riego. Otro de los efectos negativos de la contaminación es la reducción en el disfrute de los ríos y la presa por la población cercana debido a que dejaron de ser áreas de esparcimiento pues ahora tienen malos olores, contaminación visual y presencia de plagas de animales, lo que ha derivado en la reducción o eliminación del uso de los cuerpos de agua para nadar y el propio abandono del lugar. (Patricia Méndez | Jueves, Enero 2, 2014 e consulta.)

*En la nota del Diario Milenio del **15 de marzo de 2016**, denominada ‘Matan’ al río Atoyac 3 mil 500 industrias, señala que el tema de la contaminación del río Atoyac ha sido retomado por organizaciones como “Dale la cara al Atoyac”, quien recientemente realizó un estudio con apoyo de técnicos ambientales para dimensionar la gravedad del problema; de dicho estudio se advirtió lo siguiente:*

- *Los residuos provienen principalmente de las empresas textiles de Puebla y Tlaxcala, así como de procesadoras de carnes y embutidos; de la industria de la construcción y domésticos.*
- *Se calcula que diariamente se lanzan 146 toneladas de materia orgánica, 62.8 toneladas de sólidos suspendidos y 14 kilogramos de metales pesados.*
- *Se detectó presencia elevada de hidrocarburos y metales tales como zinc, aluminio y manganeso.*

La contaminación del río Atoyac afecta a más de 2 millones 300 mil pobladores de 22 municipios de Puebla, es decir, aproximadamente 40 por ciento de su población; los lugareños señalan que las aguas del río se tiñen de colores por las noches y fines de semana, cuando no hay inspecciones de las autoridades a desagües y plantas de tratamiento.

Por lo expuesto, y por considerarse de urgente u obvia resolución, nos permitimos presentar ante el pleno los siguientes... (Gaceta Parlamentaria, Número 4496-VI, martes 29 de marzo de 2016: ... Rodrigo Abdala Dartigues, Sergio René Cancino Barffuson, María Chávez García (rúbrica), Ángel Antonio Hernández de la Piedra, Juan Romero Tenorio).

...La empresa finlandesa Watermaster ofreció públicamente a principios de este año una tecnología para sanear no solo el lago de Valsequillo sino sus afluentes por un costo de 108 millones de pesos, inferior a los 210 millones de pesos que pagó el Gobierno del Estado a la firma Dellepere Enterprises Corp por tres barcos Scavenger 2000.

Tecnología más económica

A mediados de enero de este año, Alfredo Álvarez de la Torre, director de Watermaster México, vino a Puebla a ofrecer públicamente un vehículo anfibia para dragar los lodos contaminados tanto de Valsequillo como del Atoyac y sus afluentes. Dichos vehículos de fabricación finlandesa también tienen la capacidad de recolectar basura y vegetación invasiva, es decir, el lirio acuático.

El costo unitario de estos vehículos es de un millón de euros, unos 21.71 millones de pesos, al tiempo de señalar que se requerirían cinco para supuestamente lograr el objetivo en un periodo de ocho a 10 meses, es decir la inversión total sería de 108 millones de pesos, 101 millones de pesos más barata que la realizada para adquirir los barcos Scavenger 2000.

La propuesta establecía la implementación de una draga anfibia que podía entrar al agua y limpiar los fondos de los ríos y de la presa para sacar los lodos que contienen desechos. Agregó que esta tecnología ya fue utilizada en afluentes de agua de Jalisco, Colima, Sinaloa y Tabasco.

Este medio de comunicación solicitó una postura a Dellepere Enterprises Corp. sobre la diferencia de costos con otras tecnologías similares, sin que hasta el momento haya una respuesta. Lo único que sí contestó la empresa contratada por el gobierno estatal es que el costo unitario de cada Scavenger 2000 varía entre los 3 y 4 millones de dólares (entre 55 y 74 millones de pesos), dependiendo del modelo que se requiera para la descontaminación de las aguas. (Miércoles, octubre 3, 2018 e consulta).

...Características similares y diferencias ... Según la información contenida en sus portales de internet, tanto el Scavenger 2000 como la Draga Anfibia Multipropósito reportan características similares.

Entre las similitudes destaca que ambos tienen propulsión autónoma y se utilizan para limpiar los desechos de las aguas. El Scavenger 2000 (adquirido por el Gobierno del Estado) es un

barco de 11.5 metros de largo por 2.4 de ancho y tres metros de altura, que cuenta con una cuchara mecánica que deposita material en un contenedor de siete toneladas. Por su parte, la *Draga Anfibia Multipropósito de Watermaster* también se utiliza como remoción de basura y de lodo. Entre las diferencias entre una y otra tecnología, destaca que el *Scavenger 2000* es utilizado para el tratamiento de agua con ozono, mientras que el vehículo anfibia es esencialmente una draga que extrae los lodos contaminados <https://www.e-consulta.com/nota/2018-10-03/medio-ambiente/cotiza-empresa-finlandesa-barcos-mas-baratos-para-limpiar-valsequillo>

Ven riesgo de tirar dinero en barcos para limpiar Valsequillo...

...Para Susana Cruz Ramírez, coordinadora de la licenciatura en Ciencias Ambientales y Desarrollo Sustentable de la Universidad Iberoamericana Puebla, los más de 209.4 millones de pesos que ya invirtió el gobierno del estado en barcos para limpiar la Presa de Valsequillo podría resultar en tirar dinero a la basura. La presa, recordó, forma parte de una cuenca que debe ser atendida a la altura de los ríos Zahuapan y Atoyac, con un trabajo coordinado entre Puebla y Tlaxcala, para que lo que llegue a esta no esté en tan malas condiciones y funcione la tecnología.

"Puede tirarse ese dinero a la basura si solamente se toma esta parte final y no toda la lógica de cuenca", dijo la bióloga, maestra en Desarrollo Rural y candidata al doctorado en Sociología.

Para concretar la limpieza de la cuenca, agregó, desde el año pasado existe el Plan Rector Para el Saneamiento del Río Atoyac que desarrollaron activistas, especialistas y autoridades del Gobierno del edil Luis Banck Serrato que integran el Comité ¡Vive Atoyac! Él mismo, explicó, tiene metas a seguirse según los años y para 2018 hay avances concretados como el inventario de descargas industriales y municipales, pero también proyectos sin logros en los que bien se podría invertir el dinero de los barcos. Uno de ellos es la ampliación y mejoras a los sistemas recolectores de agua de lluvia del municipio para concretar su aprovechamiento, así como la rehabilitación de plantas de tratamiento existentes y la puesta en marcha de infraestructura de este tipo precisamente a la altura de Valsequillo.

"Creo que ahí se podrían hacer cuestiones más concretas y por supuesto también acompañadas de una parte normativa mucho más estratégica en término de hacer que las industrias efectivamente regresen el agua que están tomando, pero que no la regresen sucia", comentó. Un riesgo más que Cruz Ramírez ve en este anuncio de los barcos que el lunes hizo el gobernador Antonio Gali Fayad, es que el proyecto se preste a la especulación inmobiliaria en esa parte verde que todavía le queda a la ciudad.

En la historia de la presa, recordó la académica, ésta ha tenido partes atractivas para el desarrollo de vivienda no popular y en ello tendría que intervenir el Ayuntamiento que forma parte del plan rector. "Y yo no sé si no tiene necesariamente que ver con una especulación inmobiliaria, porque al final del día es una zona bastante atractiva, ha sido una zona atractiva históricamente, en términos por ejemplo de la zona del Oasis", dijo. Cuestionado este miércoles sobre la participación del gobierno municipal en la limpieza de Valsequillo, Banck Serrato explicó por otro lado que cumplió con sacar las aguas de Rastro Municipal en la

calidad que exige la ley y en limpiar las de la Central de Abasto, donde además se construyó un centro de investigación y saneamiento.

En este espacio, agregó que incluso ya se ven resultados tangibles, pues el agua purificada que de ahí sale ya se está empleando para regar las áreas verdes del nuevo Parque de Amalucan. Laura Ruiz | Miércoles, Agosto 1, 2018 e consulta <https://www.e-consulta.com/nota/2018-08-01/ciudad/ven-riesgo-de-tirar-dinero-en-barcos-para-limpiar-valsequillo>

1.1.2 Inversiones

De acuerdo con el Proyecto del rescate ecológico de los ríos Zahuapan, Atoyac, Alseseca y Valsequillo”, en el año 2005 la delegación de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), informó que 328 millones de pesos se destinarían para la construcción de redes de agua potable, mil 78 millones para redes de alcantarillado, 241 millones para colectores y cruces especiales de aguas residuales, mil 93 millones para construir plantas de tratamiento, 360 millones para rehabilitación de plantas de tratamiento y 440 millones para el mejoramiento del sistema comercial.

Basado en el documento denominado “Proyecto del rescate ecológico de los ríos Zahuapan, Atoyac, Alseseca y Valsequillo”, el delegado de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Rolando Romero López, informó que, de la inversión total del proyecto, 2 mil 253 millones de pesos eran para Puebla y mil 288 millones para Tlaxcala (*la Jornada, 18 de mayo 2005*).

En 2012, como parte del rescate, Rafael Moreno Valle, ex gobernador de Puebla, inauguró el Ecoparque Metropolitano, que tuvo una inversión de 204 millones de pesos. Dentro de este espacio se encuentra el Paseo del Río Atoyac, una ruta a la orilla del río donde se construyó una pista de tartán y se hizo un arreglo de jardines. Esta obra tuvo una inversión de 19 millones de pesos. [Poblanería.com13](#)

En noviembre del 2018, el ex gobernador de Puebla, Antonio Gali Fayad, realizó una inversión de 209 millones de pesos para limpiar el Humedal de Valsequillo, a través de la empresa Dellepere Enterprises, Corp., con sede en Florida, Estados Unidos, utilizando barcos que inyectarían oxígeno y retirarían el lirio. Las imágenes que se presentan corresponden al año 2017 en temporada de lluvias, para establecer un referente en cuanto a la imagen del Humedal antes del inicio de su tratamiento (ver Ilustraciones 1 y 2).

1.1.3 Estudios previos

De 2006 a 2015, los Gobiernos de Puebla y Tlaxcala han solicitado a la Conagua su colaboración para realizar estudios técnicos en el río Atoyac, a través del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) para diagnosticar la contaminación del río, sus consecuencias a la salud y acciones de saneamiento. Algunos de esos estudios son:

- Diagnóstico Integral para el Saneamiento de la Cuenca del Alto Atoyac (Zahuapan-Atoyac).
- Estudio de Clasificación del río Zahuapan, Puebla-Tlaxcala.
- Proyecto Integral del Rescate Ecológico de los ríos Zahuapan, Atoyac, Alseseca y Presa de Valsequillo.
- Esquema de Saneamiento Integral de la Presa Manuel Ávila Camacho.

En 2008, el Centro Mexicano de derecho Ambiental (CEMDA) solicitó a la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas del Instituto Politécnico Nacional el contenido de los informes que elaboró para el gobierno de Tlaxcala: Estudio de Clasificación del río Zahuapan, Puebla-Tlaxcala y el diagnóstico Integral para el Saneamiento de la Cuenca del Alto Atoyac (Zahuapan-Atoyac), cuyo costo fue de 6.5 millones de pesos.

También en 2008, el esquema de Saneamiento Integral de la Presa Manuel Ávila Camacho, hoy conocida como Humedal de Valsequillo diseñado por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de México (UNAM), cuyo costo fue de 8.5 millones de pesos (Agosto 30, 2016, Diario y consulta).



Ilustración 1. Fotografía de la Presa de Valsequillo en el año 2017.

<https://www.youtube.com/watch?v=-kMrHOoop50> fotografía tomada de un video



Ilustración 2. Fotografía de la Presa de Valsequillo en el año 2017. Se muestra el proceso de recuperación del lago antes de la intervención del sistema Scavenger 2000TM.

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=-kMrHOoop50> fotografía tomada de un video



Ilustración 3. Fotografía de la Presa de Valsequillo en el año 2017.

Fuente: www.gofundme.com/RishayanPorMexico.

1.2 Fundamento técnico

La presencia de sustancias contaminantes, principalmente las no biodegradables de origen antropogénico, hace que se presenten condiciones anóxicas por el consumo de oxígeno

debido a la degradación biológica, provocando severas afectaciones a la fauna; además, la situación se agrava por la presencia de altos niveles de nutrientes. El cambio en la composición de las aguas residuales produce mezclas de desechos cada vez más complejos y peligrosos por el gran número de contaminantes producto del desarrollo industrial de las últimas décadas (Gutiérrez, 1983) (Romo *et al.*, 2005).

La Norma Oficial Mexicana que establece límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales, en aguas y bienes nacionales (NOM-001-SEMARNAT-1996), ha demostrado ser insuficiente y si bien establece una calidad mínima o de piso, no toma en cuenta las características ni el comportamiento de los cuerpos de agua receptores de las aguas residuales, ni la variedad de contaminantes que existen en ellas. Lo anterior ha propiciado un retraso histórico en la evolución de los sistemas y procesos de tratamiento. Con un impulso mínimo a la investigación y desarrollo tecnológico para lograr el control de la contaminación de las fuentes puntuales en el origen. La falta de compromiso empresarial, por la Industria limpia ha promovido la deficiencia histórica en el cumplimiento de la normatividad y de aplicación de la Ley de Aguas Nacionales, al tener la autoridad del agua una baja capacidad de vigilancia de las descargas de aguas residuales.

Es importante enfatizar el hecho que la contaminación difusa, no puntual o dispersa también es importante. Sin embargo, la introducción de contaminantes a un cuerpo de agua, en el ámbito de su cuenca de escurrimiento, a través de vías indirectas o difusas, su control está muy lejos de lograrse incluso en países desarrollados debido a que las fuentes son muy difíciles de identificar, ubicar, medir y controlar; este tipo de contaminación representa un reto futuro de grandes proporciones debido a su complejidad, la gran cantidad de actores involucrados y a la poca experiencia en su regulación. Se requerirá de la instrumentación de programas de acciones que permitan el control de estas fuentes puntuales con el propósito de rehabilitar y/o remediar la calidad del agua de los cuerpos receptores lo cual se puede lograr al imponer límites a la aportación de contaminantes (Roni, *et al.*, 2005).

En el documento sobre una Visión Global de la Efectividad y Lineamientos para la Rehabilitación de Ecosistemas Acuáticos, la FAO recomienda una estrategia básica para el establecimiento de las prioridades de rehabilitación de estos sistemas, por lo cual se tomó esta estrategia como directriz para la presente evaluación y consiste en:

- 1) La comprensión de los procesos de deterioro del agua en las cuencas hidrográficas y las necesidades básicas del ecosistema.
- 2) La disminución de la carga de contaminantes, recuperando la calidad agua, en forma secuencial o simultánea, permitirá la recuperación de los procesos dentro del sistema y la restauración de conectividad de los hábitats y,
- 3) Si son necesarias mejoras adicionales, la recuperación física del hábitat.

De acuerdo con Fischer *et al.*, (1979), la instrumentación de programas de control de las fuentes puntuales de contaminación debería ser una estrategia que optimiza la combinación de tres fases importantes:

- 1) El control de los contaminantes en el origen, controlando o reduciendo los contaminantes en los procesos productivos

-
- 2) El tratamiento de aguas residuales de acuerdo con su composición y,
 - 3) Realizar la disposición final de los residuos de acuerdo con la posibilidad de dispersión y degradación en el medio ambiente.

En cuanto a la tercera fase de esta estrategia, relativa a disposición final de los residuos, Spaling (1994) menciona que es uno de los pasos fundamentales para el éxito de la misma y es la base fundamental de la denominada *Teoría del Cambio Ambiental*, cuyos principios tienen origen en la capacidad que tienen los sistemas para responder a la perturbación. Esta teoría reconoce que todos los sistemas ambientales poseen una capacidad intrínseca de respuesta o asimilación al estrés tal como la entrada de contaminantes. Esta capacidad puede definirse como la cantidad de contaminantes que el sistema puede recibir sin que ocurra la degradación a un nivel tal que uno o varios de sus componentes o procesos no puedan recuperarse. Esta capacidad está relacionada también a las potencialidades de la disminución o transformación de los contaminantes dentro del propio sistema. La capacidad de un ecosistema para reducir las concentraciones de contaminantes depende entonces de las propiedades de estos residuos y las propiedades del propio sistema.

El sistema acuático como cualquier otro debe ser considerado como una unidad funcional de componentes interrelacionados que da origen a procesos y, como consecuencia de ellos, provee servicios ambientales tales como la autodepuración de sustancias por mecanismos físicos como la dilución, químicos como la degradación fotolítica y biológicos como las transformaciones que realizan los microorganismos, entre otras (Costanza, *et al.* 1997 y 1998; Gómez *et al.*, 2002). Así, el problema se presenta cuando los contaminantes alcanzan niveles que superan la capacidad de asimilación o umbral permitido, provocando el deterioro no sólo de los usos del agua actuales y potenciales, sino del propio ecosistema, es decir de sus bienes, servicios y funciones. En este sentido, la utilización del recurso hídrico como receptor de desechos, permitido en los ordenamientos legales de muchos países y por la Ley de Aguas Nacionales (2004) en México. Tal restricción implica establecer una línea base en cantidad y frecuencia para cada contaminante y por lo mismo, de regulación o control de las descargas de agua residual que deben respetarse para no quebrantar la continuidad de los mecanismos que permiten mantener la capacidad de autodepuración y con ello el uso sostenido del agua y otros recursos (Glasoe *et al.*, 1990).

Para determinación de la capacidad de asimilación de contaminantes en humedales que comparten una problemática de contaminación no sólo por carga orgánica y de nutrientes, sino por la presencia de sustancias tóxicas, más adelante se establecen las premisas para combinar estos métodos por las condiciones actuales heterogéneas, por su funcionamiento como embalse y Humedal, simultáneamente. Dicha metodología tiene la intención, por sus características simplificadas, tenga la posibilidad de ser empleada como una orientación básica a la autoridad del agua y los tomadores de decisiones para la gestión de la recuperación de los procesos naturales o inducidos de autodepuración y con ello, la calidad del agua. También se evaluarán mediante un software utilizado principalmente por la EPA.

La Presa Manuel Ávila Camacho, también conocida como Humedal de Valsequillo, es un humedal con un grave incremento en el deterioro de la calidad del recurso hídrico almacenado; por la importancia que tiene y potencialmente tendrá para la ciudad de Puebla, en relación con las actividades productivas y el bienestar social, que en un futuro debiera tener este

sistema en términos de su uso para agua potable, recreación, turismo, pesca y de riego agrícola, así como su aprovechamiento dentro de la economía circular, para dejar de verse sólo como un problema sino también como una gran área de oportunidad.

1.2.1 Determinación de parámetros de control

En Puebla y en México, el deterioro ambiental experimentado durante décadas está asociado a su crecimiento económico, a una expansión demográfica sostenida y a un proceso irreversible de urbanización e industrialización. Por razones históricas e institucionales, se han generado grandes polos de concentración poblacional y económica, lo que ha provocado la pérdida y deterioro de un valioso capital natural, así como una severa presión sobre los recursos naturales ya modificados (SEMARNAT, 2000,2009). Por lo anterior, la conservación y valoración de las fuentes de agua es fundamental. Tradicionalmente, para el caso de eutrofización se han empleado DBO, DQO, TOC, Nitrógeno Orgánico Amoniacal, entre otros, donde el elemento de control es el fósforo. Se sugiere el uso de nuevos elementos de control, como el OPR.

1.2.2 El ozono y su uso en los sistemas de tratamientos de agua

La hiperoxidación mediante ozonización, como parte de un Proceso Avanzado de Oxidación (PAO), es definida como procesos que involucran la generación y uso de especies transitorias poderosas, principalmente el radical hidroxilo (HO^\cdot). Este radical puede ser generado por medios fotoquímicos (incluida la luz solar) o por otras formas de energía, y posee alta efectividad para la oxidación de materia orgánica¹. Los PAO se basan en procesos fisicoquímicos capaces de producir cambios profundos en la estructura química de los contaminantes. En la Tabla 1 se enlistan las diversas técnicas de Proceso Avanzado de Oxidación. Por sus características físicas, se clasifican en fotoquímicos y no fotoquímicos.

<i>Procesos no fotoquímicos</i>	<i>Procesos fotoquímicos</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Ozonización en medio alcalino (O_3/OH^-) • Ozonización con peróxido de hidrógeno ($\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$) • Procesos Fenton ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$) y relacionados • Oxidación electroquímica • Radiólisis γ y tratamiento con haces de electrones • Plasma no térmico • Descarga electrohidráulica - Ultrasonido 	<ul style="list-style-type: none"> • Oxidación en agua sub/y supercrítica • Procesos fotoquímicos • Fotólisis del agua en el ultravioleta de vacío (UVV) • UV/peróxido de hidrógeno • UV/O_3 • Foto-Fenton y relacionadas • Fotocatálisis heterogénea

Tabla 1. Clasificación de Procesos Avanzados de Oxidación. Fuente: Domènech, et al. (2004).

Una de las ventajas de los procesos avanzados de oxidación es que no sólo cambian de fase al contaminante, como regularmente ocurre con el tratamiento de carbón activado

(únicamente adsorbiendo características químicas del compuesto), sino que lo transforman químicamente, además de que generalmente se consigue una destrucción completa del contaminante por mineralización, lo que hace que usualmente no generen lodos de residuos que a su vez podrían requerir un posterior tratamiento y/o disposición, ya que no se forman subproductos de reacción o se disocian componentes de muy baja concentración. Dichas tecnologías han sido aplicadas exitosamente en numerosos ensayos de laboratorio y proyectos, particularmente en el sector industrial, como lo es el caso “GAIKER, España 2002” cuyo proyecto consistió en degradar materia orgánica de 3 efluentes con las siguientes características:

- a) Un efluente de una industria química dedicada a la síntesis orgánica cuya principal característica era su elevada concentración en alcohol isopropílico (3.8 g/l), presentando una DQO de 8.936 mg O₂/l.
- b) Dos efluentes procedentes de una industria dedicada a la fabricación de piezas de caucho con presencia, en un caso, de un desmoldante de elevado peso molecular difícilmente biodegradable (DQO de 22.770 mg O₂/l) y, en otro, de un detergente empleado en la limpieza de piezas y de restos del desmoldante (DQO de 1.017 mg O₂/l).
- c) Un efluente producido en la fabricación de resinas fenólicas, con elevado contenido en fenol (5 g/l) y formaldehído (2 g/l), elevada carga orgánica (DQO de 79.618 mg O₂/l pH muy ácido (1.86).

Donde según el autor, se comprobó la viabilidad técnica de los Procesos Avanzados de Oxidación para el tratamiento de corrientes residuales procedentes de diversos sectores industriales, a partir de los diferentes ensayos realizados en el laboratorio de tratamiento fotooxidativo, teniendo los resultados más prometedores mediante una hiper oxidación con peróxido de hidrógeno, combinado con radiación UV, contrastando los resultados con una hiper oxidación con ozono, siendo considerablemente menos eficiente la ozonización, bajo condiciones específicas, además de generar un alto coste de producción de ozono (Urkiaga, 2002).

En la práctica, la aplicación de los métodos de tratamiento debe tener en cuenta fundamentalmente la naturaleza y las propiedades fisicoquímicas de las aguas o efluentes a tratar. Los Procesos Avanzados de Oxidación, son especialmente útiles como pretratamiento antes de un tratamiento biológico para contaminantes resistentes a la biodegradación o como proceso de post-tratamiento para efectuar un pulido de las aguas antes de la descarga a los cuerpos receptores (Degremont, 1991), por lo que al haber una gran reactividad con la inmensa mayoría de compuestos orgánicos, degrada así prácticamente en su totalidad la biota involucrada con tratamientos biológicos, **por lo que es contradictorio y no recomendable, combinar un proceso avanzado de oxidación con un tratamiento biológico en una misma etapa del proceso.**

Los Procesos Avanzados de Oxidación han sido aplicados con éxito en el tratamiento de afluentes industriales con distintas problemáticas, entre las que se encuentran una elevada carga orgánica, una variabilidad importante en lo que respecta al caudal y composición o la presencia de compuestos tóxicos y/o difícilmente biodegradables (Chamarro y Esplugas, 1996). En estos casos, los procesos biológicos convencionales resultan inviables y, alternativamente, se precisa de procesos fisicoquímicos enérgicos, entre los cuales se

encuentran los PAO (Ollis y Ekabi, 1993). Así, el empleo de estos tratamientos permite la adecuación de los efluentes a la cada vez más restrictiva legislación medioambiental aplicable a los mismos, ya sea para su inclusión en redes de saneamiento, para su reutilización en proceso o, en último término, para su descarga a cauce público (Gulyas *et al.*, 1995).

1.3 Objetivo general

Presentar un proceso de evaluación y determinación de los parámetros de control para comprobar el saneamiento del Humedal de Valsequillo por medio del sistema Scavenger 2000™ a través de la hiperoxidación.

1.4 Objetivos particulares

- a) Comprobar la mejora en la capacidad de asimilación de contaminantes orgánicos, nutrientes y de materia orgánica en el Humedal de Valsequillo como resultado de la aplicación de este proceso, el cual estableció su meta a alcanzar en un periodo de cuatro meses.
- b) Identificar los contaminantes que, por su concentración, distribución, frecuencia de aparición, toxicidad y persistencia, representen la mayor perturbación del sistema.
- c) Simular las principales variables de calidad en el tratamiento de aguas eutróficas, es decir, los sólidos en suspensión, el fitoplancton, el fósforo total y sus formas, el nitrógeno total, las formas nitrogenadas y la materia orgánica.
 - a. Modelar los procesos más significativos que afectan a estas variables y particularmente aquellos que representan las interacciones entre la biota, el biotopo y la calidad de las aguas.
 - b. Modelar el efecto de la vegetación emergente sobre los procesos de sedimentación, resuspensión, crecimiento del fitoplancton y toma de nutrientes.
 - c. Modelar la biocinética de los procesos microbiológicos que tienen lugar en este tipo de humedales artificiales.
 - d. Calibrar y validar el modelo desarrollado en un sistema a escala real, estudiando la sensibilidad del modelo a los parámetros incluidos.
 - e. Determinar los procesos más significativos para la eliminación de determinados componentes en el tratamiento de aguas eutróficas en humedales artificiales de flujo superficial.
- d) Determinar la capacidad de asimilación de contaminantes a partir de un criterio de referencia o un umbral crítico, dado por los criterios de calidad del agua publicados por la SEDUE (1989) o un estándar internacional.

-
- e) Analizar el cambio climático, bajo el contexto de los posibles efectos en la calidad del agua del Humedal de Valsequillo, provocados por las anomalías de la temperatura y precipitación.
 - f) Formular recomendaciones sobre la operación del Humedal de Valsequillo, que tengan como objetivo el mejoramiento de la calidad del agua.

CAPÍTULO II

2.1 Formulación del problema

La formulación del problema vendrá dada, por lo tanto, por un sistema de ecuaciones diferenciales como la Ecuación 1, una para cada sustancia que se considere, en las que el término de fuente/sumidero será una función de la concentración de la entrada de contaminantes y de su capacidad de asimilación, simultáneamente como humedal y como embalse.

$$C - C_0 \exp(HKt) \quad (1)$$

Donde:

C: Concentración del contaminante efluente (mg/L)

C₀: Concentración del contaminante afluente (mg/L)

K: Constante de velocidad de reacción de primer orden, dependiente de la temperatura

t: Tiempo de retención

El tiempo de retención hidráulica en los humedales (H) puede ser calculado usando la siguiente ecuación:

$$H = \frac{Q}{d * t} \quad (2)$$

Donde:

Q: Flujo de entrada

H: Área de retención hidráulica.

d: Distancia

t: Tiempo del punto a al punto b

Con estos elementos descriptivos y conceptuales puede entenderse entonces que la resolución de la ecuación general del balance de materia en tres dimensiones es extremadamente compleja por lo que en la práctica, se realizan simplificaciones con el fin de reducir el número de dimensiones y variables del problema.

Dichas simplificaciones pueden realizarse con base en el conocimiento del comportamiento del sistema en cuanto a las sustancias presentes y sus balances asociados a otras variables, como pueden ser la hidrodinámica del sistema, comportamiento térmico, su morfología o tiempo de retención, algunas de las cuales permiten identificar las que se quieren controlar en el sistema, como son los contaminantes. El criterio de emplear la capacidad de asimilación de contaminantes por parte de un recurso hídrico es una práctica comúnmente utilizada. Este concepto fue representado en forma matemática por primera vez por Streeter-Phelps en la década de los veinte.

Por otra parte, tomando como base los trabajos desarrollados en Alemania por la Dra. Seidel, en Holanda en el año de 1967, se comienza a desarrollar un sistema a gran escala, pero de flujo libre (Jong, 1976). También en Alemania, pero ya en la década de los años setenta la Dra. Kichuth desarrolló un sistema que llamó Método de Zona de Raíces. El método consistía en el diseño de estanques rectangulares con un lecho de suelo específico, en los que se sembraba *Phragmites australis* y el flujo de agua residual era subsuperficial horizontal; al suelo

en ocasiones se le adicionaba calcio y hierro o aluminio para provocar la precipitación del fósforo. (Kickuth, 1970; Kickuth, 1980; Kickuth, 1982).

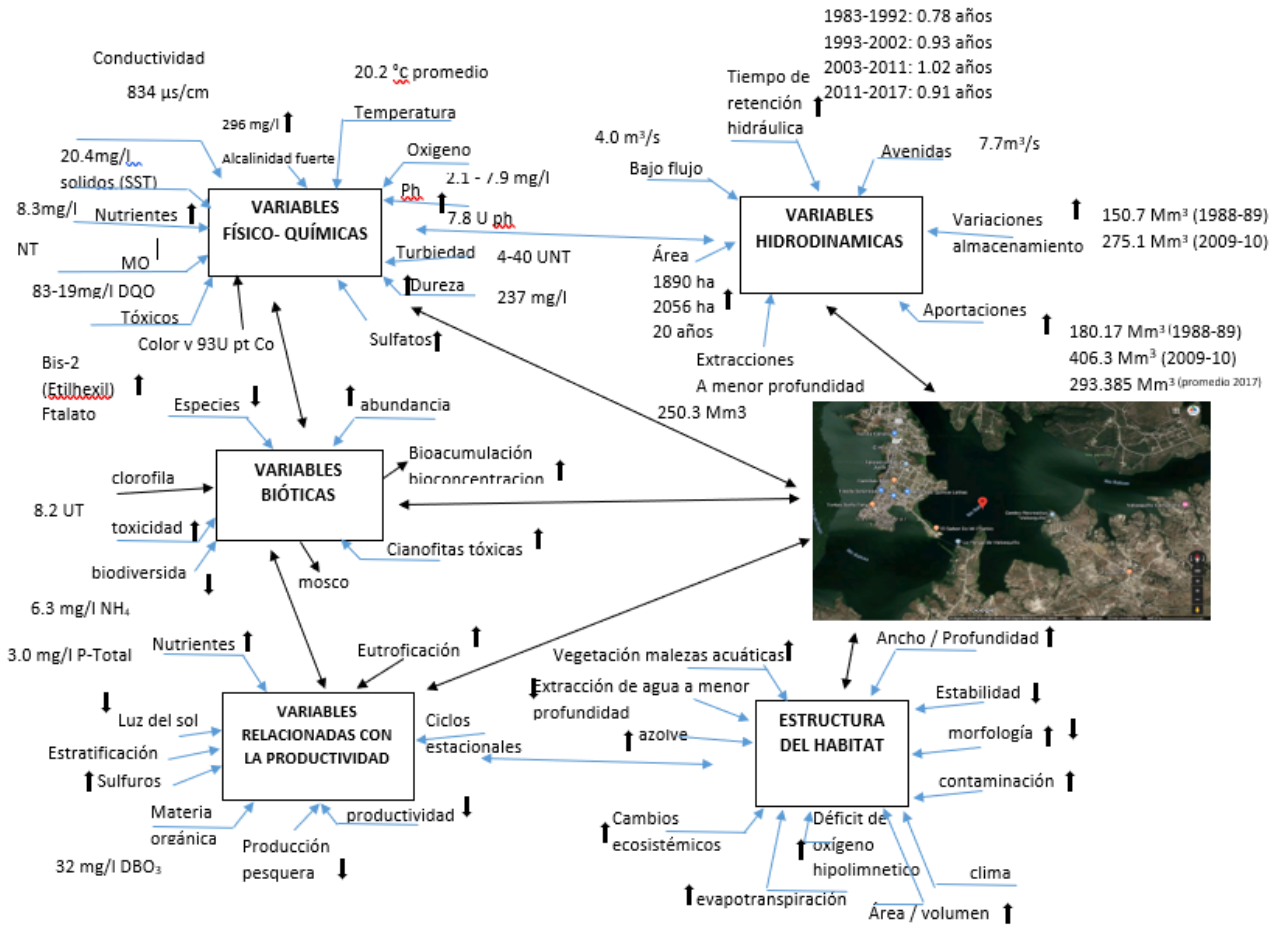
En el caso de los Estados Unidos, el desarrollo de los humedales construidos se basó en los resultados obtenidos en los humedales naturales y en los trabajos realizados en Europa (Spangler *et al.*, 1976; Wolverton, 1982). En un principio se utilizaron los humedales naturales como una vía para el tratamiento de las aguas residuales; sin embargo, se observó que ocurrían cambios en la composición de las especies comunes de estos sitios por lo que se decidió comenzar a diseñar humedales construidos para tratar las aguas residuales, los cuales demostraron su eficacia para estos fines (Reed y Bastian, 1985).

El desarrollo de esta tecnología fue también de interés para la NASA la cual desarrollo su propio sistema, el cual llamo "Sistema de Tratamiento Híbrido", pues utilizaba microorganismos anaerobios y plantas emergentes (*Phragmites communis*) (Wolverton *et al.*, 1976; Wolverton, 1982). Posteriormente, estos estudios fueron continuados por Gersberg y sus colaboradores, quienes demostraron las altas eficiencias logradas en la remoción de sólidos suspendidos, DBO, nitrógeno y coliformes utilizando las plantas emergentes en humedales construidos. (Gersberg R. M. and Goldman C. R., 1983; Gersberg *et al* 1986; Gersberg *et al*, 1989 a; Gearheart *et al* 1989 b). Como resultado de todas esas investigaciones, tanto a nivel de planta piloto como a gran escala, en los Estados unidos de América se desarrollaron diferentes conceptos para el diseño de humedales construidos (Gearheart *et al.*, 1989; Herskowitz *et al.*, 1987; Watson *et al.*, 1990)

2.2 Ventajas y desventajas de los humedales con flujo libre y flujo subsuperficial

La depuración de las aguas residuales en los humedales construidos se lleva a cabo fundamentalmente por la presencia de una población microbiana adherida a la superficie de las plantas en contacto con el agua residual, y en el caso de los humedales con flujo subsuperficial se adiciona además los microorganismos adheridos al medio de soporte. Debido a que el medio poroso brinda mayor área superficial para el crecimiento de los microorganismos, la velocidad de remoción en los sistemas con flujo subsuperficial es mayor.

Por otra parte, debido a que el agua en estos sistemas fluye por debajo de la superficie del medio, no se presentan problemas con el desarrollo de los mosquitos y otros vectores, además de proporcionar protección térmica, lo que hace que estos sistemas puedan ser utilizados en lugares donde ocurran grandes nevadas. (Reed *et al.*, 1995; Wittgren y Maehlum, 1997). Sin embargo, a pesar de todas las ventajas antes expuestas hay que señalar que los humedales con flujo subsuperficial tienen como desventajas el costo del medio de soporte utilizado, así como su traslado y colocación.



Esquema 1. Comportamiento general del humedal y datos básicos para la simulación del Humedal de Valsequillo. Fuente: elaboración propia.

2.3 Efecto de los distintos componentes que forman los humedales

Los principales componentes del humedal que influyen sobre el proceso depurador que se lleva a efecto en los humedales se describen a continuación.

2.3.1 Plantas que usualmente conforman los humedales

En los humedales construidos se han utilizado una variedad de plantas emergentes semejantes a las encontradas en los humedales naturales. Las plantas que con más frecuencia se utilizan son: las espadañas o eneas (*Typha sp.*), la caña o junquillo (*Phragmites communies*) y los juncos (*Juncos sp.*), (*Scirpus sp.*) y (*Carex sp.*).

Las plantas presentan varias propiedades que las hacen ser componentes indispensables en los humedales construidos. La función de mayor importancia de las macrófitas en relación con el proceso de tratamiento de las aguas residuales es el efecto físico que ellas producen. Estas plantas estabilizan la superficie del lecho, proporcionando buenas condiciones para la filtración, y en el caso de los sistemas con flujo vertical, previniendo las obstrucciones, además de proporcionar área superficial para el crecimiento de los microorganismos adheridos.

Contrariamente a lo que en un principio se creía, el crecimiento de las macrófitas en los sistemas con flujo subsuperficial, no incrementa la conductividad hidráulica del medio en los sistemas que utilizan suelo. (Brix H, 1994). En los humedales, el suelo se encuentra saturado, lo que hace que los poros del suelo estén llenos de agua. Como la velocidad de difusión del oxígeno en el agua es lenta los suelos se vuelven anaerobios, lo que hace que este ambiente no sea adecuado para el crecimiento de la mayoría de las especies vegetales. Sin embargo, las especies de plantas acuáticas emergentes tienen la capacidad de absorber de la atmósfera, a través de sus hojas y tallos que se encuentra por encima del agua, el oxígeno y otros gases que necesitan.

Las plantas de los humedales están morfológicamente adaptadas a crecer en los sedimentos saturados de agua en virtud de los espacios internos de aire que ellas presentan para el transporte del oxígeno desde las hojas hasta las raíces. El extenso sistema de cavidades internas, que ellas contienen normalmente, presenta constricciones a intervalos que le permiten mantener una estructura íntegra y resistir la invasión del agua. Este tejido aerenquimatoso, dependiendo de la especie, puede ocupar más del 60% del volumen del tejido total. El movimiento interno del oxígeno hacia las raíces de las plantas no solamente sirve para la demanda de oxígeno que requieren las raíces para su respiración, sino que además permite la formación de una rizósfera oxidada alrededor de las raíces, pues a través de ellas fluye una cierta cantidad de oxígeno creando un ambiente aeróbico, mientras que a su alrededor las condiciones son anóxicas, permitiendo de esta forma la descomposición aerobia de la materia orgánica y el crecimiento de bacterias nitrificantes. Se ha estimado que estas plantas pueden transferir entre 0.02 y 12 gramos de oxígeno por día por cada m² de área superficial del humedal. Este rango de valores tan amplio puede deberse a las diferentes técnicas utilizadas y en cierto modo, a las variaciones estacionales (Brix, 1994).

La velocidad de liberación del oxígeno desde las raíces depende de la concentración de oxígeno interno, de la demanda de oxígeno por el medio que las rodea y de la permeabilidad de la pared de las raíces. Por otra parte, cuando se va a valorar la posibilidad de utilizar las diferentes especies de plantas en los humedales construidos se debe tomar en cuenta además otros factores como son: profundidad de enraizamiento, tolerancia a altas cargas de aguas residuales, productividad de las plantas, etc.

El oxígeno liberado por las raíces de las plantas es de gran importancia en el caso de los humedales con flujo subsuperficial, donde el agua residual fluye a través del medio poroso poniéndose en contacto directo con las raíces y rizomas de las plantas. De aquí que en estos sistemas sea importante que las raíces penetren en toda la profundidad del medio. En el caso de los humedales con flujo libre, el agua residual fluye por encima de la capa de suelo, no teniendo contacto directo con la fuente potencial de oxígeno de las plantas. En este tipo de humedal la fuente fundamental de oxígeno es a través de la reaireación atmosférica por la superficie del agua.

Otra función importante de las plantas en los humedales es la toma de los nutrientes, así como otros constituyentes presentes en el agua residual. Sin embargo, la cosecha de las plantas en los humedales no es usual debido, fundamentalmente, a los costos que esto provoca. En los sistemas con flujo libre, el agua fluye por encima de la superficie del suelo, en el cual ocurre la mayor actividad microbiana, asociada a la capa de detritos depositada y a los microorganismos adheridos a la superficie sumergida de las plantas. Los suelos con algún contenido de arcilla son muy efectivos en la remoción de fósforo, ocurriendo el proceso de remoción en la matriz del suelo; sin embargo, se considera que este proceso tiende a un equilibrio después del primer año de funcionamiento del humedal. Por otra parte, los suelos arcillosos tienen cierta capacidad de intercambio iónico, lo que les permite remover, al menos temporalmente, el nitrógeno presente en las aguas residuales en forma de ion amonio (NH_4).

Atendiendo a la revisión bibliográfica realizada, la modelación mecanicista del tratamiento de aguas eutróficas mediante humedales artificiales es escasa. Uno de los modelos disponibles es el modelo HUMEDAL (Belda, 2015), anteriormente descrito, el cual simula las principales variables de calidad de aguas eutróficas mediante un modelo mecanicista no biocinético. Sin embargo, el modelo conceptual utilizado no considera la influencia de la vegetación macrófita y algunos procesos de gran importancia en los HAFS, como por ejemplo la resuspensión, son modelados mediante una cinética de orden cero.

Un componente esencial en la modelación de la calidad de las aguas eutróficas es el fitoplancton. En muchos modelos se simula la biomasa Fito planctónica como único componente cuya composición química es homogénea, mientras que otros modelos se diferencia entre dos o más tipos de algas fito planctónicas.

2.4 Modelo de simulación WASP

El modelo WASP (Water Quality Analysis Simulation Program) fue originalmente desarrollado por USACE (United States Army Corps of Engineers) (Di Toro *et al.*, 1983; Connolly & Winfield, 1984; Ambrose *et al.*, 1988) y posteriormente mejorado por la EPA (Environmental Protection Agency). Recientemente se ha publicado la versión 8 del programa, a la cual se puede acceder libremente desde la página web de la EPA (www.epa.gov).

WASP está formado por dos submodelos cinéticos: EUTRO, que simula el oxígeno disuelto, la DBO, los nutrientes y el fitoplancton, y TOXI, que incluye la modelación de la contaminación tóxica relacionada con los compuestos orgánicos, los metales pesados y el sedimento.

El modelo mecanicista WASP permite simular la calidad de cualquier masa de agua (estuarios, lagos, ríos, etc.) y puede ser utilizado para la simulación en una, dos o tres dimensiones. La versión 8 simula los ciclos del nitrógeno, el fósforo y la sílice, así como el oxígeno disuelto (incluyendo la demanda desde los sedimentos). La materia orgánica la simula mediante 5 componentes diferentes y también diferencia entre 5 grupos distintos de fitoplancton. Permite también la simulación de hasta tres grupos de algas bentónicas, las cuales acumulan nutrientes internamente mediante la cinética de Droop (1974).

En las tablas siguientes se muestran las referencias empleadas para evaluar la calidad del agua, una vez que de acuerdo con los estudios que existen, quedó perfectamente establecido que el Humedal de Valsequillo ya ha rebasado su capacidad de asimilación. En las figuras se muestra la referencia de los lugares que se muestrearon y en las diferentes gráficas se presentan los resultados obtenidos mostrando que de acuerdo con la bibliografía, el crecimiento de lirio es de 1.1 a 1.4 toneladas por hectárea.

Dentro y alrededor del embalse de la presa se encuentra una vegetación acuática, conocida también como maleza acuática, formada por *Eichhornia crassipes* (lirio acuático), *Berula erecta*, *Scirpus americano*, *Typha domingensis* e *Hidrocotyle spp*, entre otras (IMCyL, 1995).

Dadas las condiciones actuales de que el Humedal se comporta como un sistema Mixto, la sección de llegada del río Atoyac se encuentra funcionando como un humedal, y desde 700 m de esta posición hasta llegar a la panga, funciona más como un embalse.

Batimetría del Humedal de Valsequillo

Desde 2005, en el Humedal de Valsequillo se registra la batimetría, misma que no ha cambiado significativamente. Actualmente, el sistema de los Scavenger 2000™ sólo ha navegado por la Zona 5 y parte de la Zona 3 y con el equipo se actualiza esta información.

Ozono 21 (en desarrollo)

Tiene un rango de -2000 a 2000 y las unidades están en mV (milivoltios). Puesto que el ozono es un oxidante, sólo son de interés los niveles de ORP positivo (por encima de 0 mV). Los sensores del ORP miden el oxígeno disuelto. Cuantos más contaminantes estén en el agua, hay menos oxígeno disuelto en el agua, debido a que la materia orgánica consume el oxígeno y, por lo tanto, menor será el nivel de ORP. Cuanto mayor sea el nivel de ORP, significa mayor

capacidad del agua ozonizada para destruir los contaminantes externos, tales como los microbios o los contaminantes a base de carbono.

2.5 Metodología

En esta sección se presenta el diseño y técnicas de recolección de información, los detalles acerca de los tipos de análisis y parámetros, así como las técnicas de muestreo a utilizar. Adicionalmente, con base en información secundaria, se lleva a cabo la interpretación estadística de acuerdo con los resultados, se detallan los recursos y las áreas que participan.

Después de verificar en fuentes secundarias e investigación de campo, se estableció el muestreo sólo en las zonas 3 y 5, la primera como muestra de entrada y la segunda como muestra y salida (ver Ilustración 4).

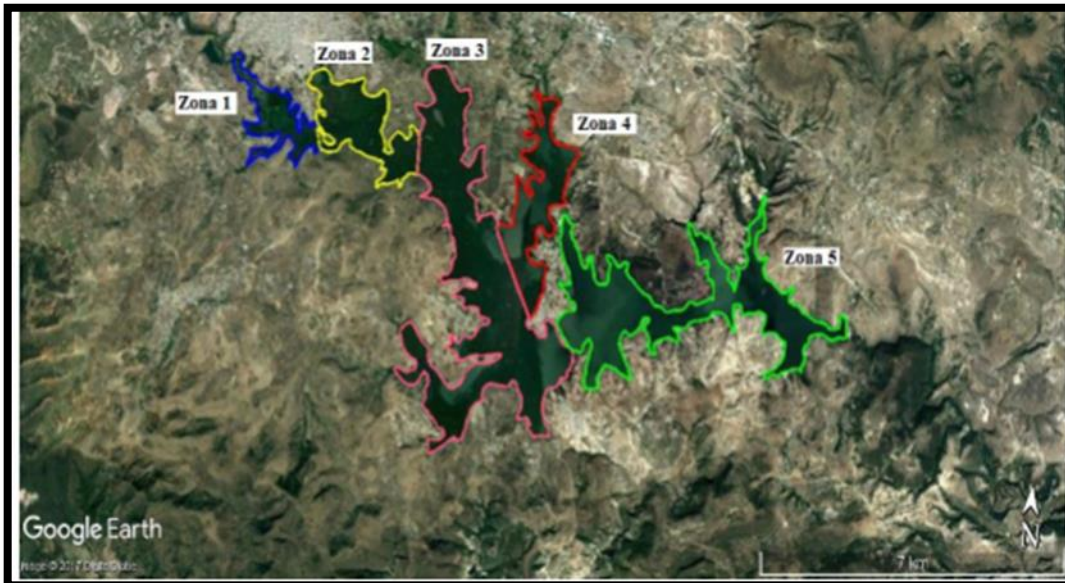


Ilustración 4. Zonas en que se subdividió el área de estudio en la solicitud de servicio. De acuerdo con el contrato SDRSOT-011/2018



Ilustración 5. Zonas que están siendo tratadas: Zona 5, parte de la Zona 3 y parte de la Zona 4. Fuente elaboración Propia 2019

Los procedimientos y metodologías de análisis están establecidos por las normas oficiales mexicanas, y el uso final al que se destinan las aguas. La eficiencia en el tratamiento de estos sistemas depende de la interrelación de una gran variedad de procesos y factores que dificultan el establecimiento de principios simples para su diseño y/o explotación.

Es importante no perder de vista que se está evaluando un sistema RAMSAR; los humedales RAMSAR proporcionan alimentos, almacenan el carbono, regulan el régimen hídrico, almacenan energía y son esenciales para la biodiversidad. Los beneficios que aportan a las personas son fundamentales para la seguridad futura de la humanidad. La conservación y el uso racional de los humedales son vitales para las personas, especialmente para los pobres. El bienestar humano depende de los muchos beneficios que los ecosistemas proporcionan a las personas, algunos de los cuales provienen de la existencia de unos humedales sanos.

La formulación de políticas, la planificación, la toma de decisiones y las medidas de gestión en una amplia gama de sectores, a todos los niveles, desde el Internacional al local, se pueden beneficiar de la aportación de la Convención de RAMSAR al consenso mundial (Ramsar, 1971). Ésta incluye determinar la relevancia de los humedales, la importancia de su conservación y uso racional, así como velar por la seguridad de los beneficios que proporcionan los humedales como fuentes de agua, almacenamiento del carbono, alimentos, energía, biodiversidad y medios de subsistencia. También incluye conocimientos técnicos, orientación, modelos y redes de apoyo que contribuyen a difundir esos conocimientos para su aplicación práctica. Por ello, la evaluación se realizará tanto analíticamente como con los modelos matemáticos que son una herramienta útil para aumentar el conocimiento sobre esta tecnología y para optimizar su diseño y gestión.

Durante las últimas décadas se ha producido un avance notable en la modelación de los HAA (Humedales Artificiales), especialmente en los sistemas de flujo subsuperficial. Sin embargo, no se ha alcanzado un nivel de desarrollo equivalente en la modelación de los sistemas de flujo superficial. En esta tipología de HAA, donde no existe un medio poroso a

través del cual circula el agua a tratar, la influencia de factores ambientales como el viento o la avifauna y la interacción con la capa de sedimentos puede ser más intensa. Por lo tanto, resulta necesario disponer de modelos aplicables a este tipo de HHAA que permitan representar esta casuística particular.

2.5.1 Modelación de procesos del Humedal de Valsequillo

Los procesos de modelación más significativos que afectan las variables DBO, DQO, nutrientes y particularmente aquellos que representan las interacciones entre la biota, el biotopo y la calidad de las aguas, se listan a continuación:

- Modelación de los procesos de re-suspensión generados por distintos factores.
- Modelación del efecto de la vegetación emergente sobre los procesos de sedimentación, re-suspensión, crecimiento del fitoplancton y toma de nutrientes.
- Modelación biocinética de los procesos microbiológicos que tienen lugar en este tipo de humedales artificiales.
- Calibración y validación del modelo desarrollado en un sistema a escala real.
- Estudio de la sensibilidad del modelo a los parámetros incluidos.
- Determinación de los procesos más significativos para la eliminación de determinados componentes en el tratamiento de aguas eutróficas en humedales artificiales de flujo superficial.
- Predicción la concentración en el Humedal de Valsequillo de los contaminantes seleccionados mediante modelos matemáticos.

Entre las herramientas de simulación disponibles por parte de la EPA (Agencia de Protección Ambiental, por sus siglas en inglés), AQUATOX incorpora modelos de sistemas acuáticos. Se decidió utilizar esta herramienta por su capacidad de introducir datos históricos y recientes. Sin embargo, es indispensable llevar a cabo nuevos estudios y tener un mayor número de análisis y una ventana de tiempo mayor (mínimo de un año, que es el tiempo de residencia). No se consideran contaminantes químicos por carecer de esta información.

Los humedales son, por definición, zonas húmedas. Brix (1994) hace uso de su terminología en inglés para definirlos como tales y dice textualmente: “wetlands are, as the word indicates, wetlands”. Se trata de zonas del terreno donde la capa freática se sitúa en la superficie o muy cerca de ésta al menos durante una época del año y se caracterizan por la presencia de vegetación y suelos con singularidades propias de haber sido desarrollados en respuesta a condiciones húmedas y saturadas (Mitsch & Gosselin, 2007; Kadlec & Wallace, 2009).

Según su génesis, los humedales pueden ser naturales o artificiales. Los humedales naturales son aquellos que se han originado sin influencias antropogénicas directas o indirectas (Fonder & Headley, 2010). Por el contrario, los HHAA son sistemas ingenieriles, los cuales no existirían sin una intervención humana significativa, en los que se mimetizan las condiciones y/o procesos que tienen lugar en los humedales naturales (Fonder & Headley, 2010) y se diferencian entre dos tipos de HHAA: aquellos cuyo principal objetivo es el tratamiento de una

corriente de agua y aquellos que persiguen una finalidad distinta (por ejemplo, la creación de hábitat, la restauración ambiental, la mitigación de impactos o la recreación).

El presente trabajo se centra en el Humedal artificial del Valsequillo que se está usando como parte de un proceso de tratamiento, los cuales son acotados por Fonder&Headley (2010) como aquellos sistemas diseñados entrópicamente para mejorar y optimizar ciertos procesos físicos o bioquímicos que ocurren en los ecosistemas de los humedales naturales con el objetivo principal de eliminar contaminantes de las aguas. En el citado estudio, Fonder y Headley les atribuyen las siguientes características comunes:

1. La presencia de plantas macrófitas.
2. La existencia de sustrato saturado o anegado, al menos durante una parte del tiempo.
3. La entrada de un caudal influente de agua contaminada con constituyentes a eliminar.

Atributo físico	Aspecto Físico	Descripción	Categorías definidas para cada aspecto	Subcategorías
Hidrología	Posición del agua	Posición de la superficie del agua respecto al suelo o sustrato	Flujo Superficial (HAFS) Flujo subsuperficial (HAFSS)	
	Dirección del flujo	Dirección predominante del flujo a través del sistema	Horizontal Vertical	Descendente Ascendente Mixto
	saturación del medio	Grado de saturación del medio	Drenaje Libre Intermitente Constante	
	Inundación de la superficie	Tipo de inundación del medio	Ninguna Efímera Permanente	
Vegetación	Sesilidad	Localización de las raíces: fijas en los sedimentos o flotando	Herbáceo Leñoso	

	Forma de crecimiento	Forma de crecimiento dominante según la posición respecto al agua	Sumergido con hojas flotantes, Flotantes libres	
--	----------------------	---	---	--

Tabla 2. Clasificación de los humedales. Fuente Gargallo Bellés, S. (2017). Modelación de la calidad de las aguas en los humedales artificiales de flujo superficial (hafs)

Conscientes de la variedad de expresiones léxicas utilizadas para designar a este tipo de sistemas (por ejemplo, humedales construidos, artificiales, ingenieriles, etc.), conviene puntualizar que en este trabajo se utilizará la terminología humedales artificiales (HHAA) para aludir específicamente a la tecnología que se acaba de describir. Los HHAA se caracterizan por ser una tecnología de fácil operación y por tener costes relativamente bajos de instalación, gestión y mantenimiento. Así mismo, presentan una alta tolerancia a cambios en los caudales y cargas contaminantes de entrada (Langergraber, 2008). Por el contrario, requieren una superficie de instalación mayor en comparación con otras técnicas de tratamiento, como por ejemplo los fangos activados. La clasificación de los humedales se presenta en la Tabla 2.

De acuerdo a los objetivos planteados y considerando los volúmenes de almacenamiento de agua de la presa los últimos 15 años, la tasa de recambio del agua de este humedal por las políticas de operación del mismo, el comportamiento de la calidad del agua histórica en este cuerpo de agua y la extracción de agua que es posible realizar en la parte profunda del Humedal de Valsequillo, podría darse una disminución de entre 50 y 80% de las cargas contaminantes aportadas a la Presa Manuel Ávila Camacho o Humedal de Valsequillo, lo que será suficiente para que éstos no rebasen la capacidad de asimilación de este sistema (Conagua, 2019). Asimismo, se asumió el supuesto de que la aportación de contaminantes de fuentes difusas o no puntuales, no afectará significativamente la simulación. Lo anterior en función de las siguientes consideraciones:

Los humedales se comportan como sistemas abiertos y dinámicos en los que las funciones de transferencia interna de materiales dependen de los insumos (entradas) y extracciones (salidas), componentes que se pueden estimar con relativa precisión a través de un balance de masa, mismo que incluirá las aportaciones difusas provenientes de la cuenca, al considerar en la modelación a los afluentes como descargas de aguas residuales.

La ubicación de la presa coincide con el final de la cuenca alta del río Balsas, de forma que los arrastres o aportaciones de las fuentes dispersas finalmente fueron captadas y cuantificadas con las mediciones realizadas en los afluentes del Humedal de Valsequillo. Dado el tipo y la magnitud de las aportaciones de las fuentes puntuales, las de las fuentes no puntuales si bien no son insignificantes, son de mucha menor cantidad. Un indicador de esta situación es la baja presencia de plaguicidas detectada en estudios reportados.

Los cuerpos de agua son generalmente sistemas abiertos con una gran variedad de mecanismos físicos, químicos y biológicos mediante los cuales pueden absorber, almacenar y/o transformar o metabolizar desechos en el agua representados como carga orgánica y de nutrientes, característica que se ha denominado como la capacidad de asimilación (Mayer, 2008). Todos los sistemas ambientales están sujetos de una a otra manera a un factor de perturbación o estrés, pero también todos presentan una cierta capacidad de asimilarlos.

No obstante, el problema se presenta cuando los contaminantes alcanzan niveles que superan esta capacidad asimilativa o umbral, provocando la degradación de un componente, de uno o varios procesos o de todo sistema (Spaling, 1994). Un factor de estrés que excede el umbral crítico del sistema da como resultado su adaptación o su perturbación definitiva, e incluso irreversible. De forma análoga, en un cuerpo de agua sometido a la contaminación puede alcanzar rápidamente el umbral crítico de la capacidad de asimilación cuando recibe elevadas concentraciones de uno o varios contaminantes, de forma paulatina si las aportaciones son graduales o incluso nunca rebasarse cuando las mismas están por debajo del umbral crítico.

El concepto del *umbral crítico* de esta capacidad de asimilación es uno de los principios ambientales más reconocidos internacionalmente para contrarrestar, evitar o regular el efecto de los contaminantes en los sistemas acuáticos (Mayer, 2008).

Debido a la complejidad ambiental y multiplicidad de factores que determinan la calidad del recurso hídrico en un cuerpo de agua en una cuenca hidrográfica, como primera aproximación es necesario abordar la determinación de la capacidad de asimilación de contaminantes de la Presa de Valsequillo o de cualquier otro cuerpo de agua, bajo el concepto de "sistema", el cual tiene diferentes connotaciones según la disciplina o área del conocimiento que la utilice. En términos formales, un sistema se define como un conjunto de componentes que interactúan entre sí de manera recíproca, y de cuya interacción surgen o emergen nuevas propiedades (Clayton y Radcliffe, 1996 citados por Ortiz, 2008).

Existen sistemas abiertos y sistemas cerrados. Los sistemas abiertos, como los humedales, mantienen interacciones con el exterior (flujos de agua, materiales, energía), que dan origen a propiedades específicas. Estos sistemas se modifican continuamente por lo que se denominan también "sistemas dinámicos" (Ortiz, 2008).

En una primera fase, para entender un sistema es necesaria su caracterización; la cual puede resultar relativamente sencilla cuando se estudian sistemas con fronteras bien definidas. Pero en este caso, una presa es un sistema muy complejo, donde se integran múltiples componentes, como cuando se analiza desde el punto de vista socio-ambiental.

La caracterización del sistema implica una descripción en un momento dado, es decir, "una fotografía" en un tiempo particular de su historia. No obstante, para poder identificar las transformaciones de los sistemas, es necesario investigar su comportamiento histórico o evaluar varios ciclos sucesivos. Bennett y Chorley (1978), definieron un sistema como "... una serie de variables de estado que están relacionadas entre sí por una serie de circunstancias (que conforman subsistemas), en donde las características de las salidas (Y) dependen de

las entradas (X). Así, los sistemas se componen de tres partes básicas: entradas, salidas y una función de transferencia (Bennett y Chorley, 1978).

Las entradas pueden ser continuas o discretas y se caracterizan por el tipo, magnitud y frecuencia. Estas características de las entradas algunas veces no pueden ser directamente evidentes en la respuesta del sistema (salidas), particularmente en sistemas con entradas continuas o repetidas debido a que el intervalo entre las entradas en el tiempo t_0 y el siguiente, en el tiempo t_{+1} , es menor que el requerido para la recuperación del sistema. Las entradas pueden consistir en un pulso, en un instante, en un cambio en la entrada de un nivel a otro o a una tasa constante o variable del insumo en el tiempo (Spaling, 1994).

En el caso del Humedal de Valsequillo donde existe un intercambio de materiales, el sistema puede ser visualizado como un flujo bajo el contexto de que se lleva a cabo un intercambio (entrada y salida) de materia por unidad de tiempo, que puede ser medido como toneladas/día.

En la caracterización de un sistema ambiental se describen principalmente los flujos o transferencias que mantienen los subsistemas entre sí y el sistema en su conjunto con el exterior. Existen numerosos métodos científicos para contabilizar o describir los flujos de materia y energía. En el contexto de la evaluación ambiental, los flujos pueden ser medidos con relativa exactitud una vez que los indicadores han sido seleccionados. Tal es el caso del flujo de los componentes orgánicos e inorgánicos en el agua, como nitrógeno, fósforo y otros. La función de transferencia del sistema controla el proceso por el cual una unidad de entrada se transforma en una unidad de salida (Bennett y Chorley, 1978). Este proceso puede ser acumulativo (la respuesta a una serie de entradas es aditiva) o iterativo (la respuesta a una serie de entradas es multiplicativa).

Los procesos iterativos pueden ser lineales (la respuesta a una unidad de cambio en la entrada se mantiene constante para todos los valores de entrada), o no lineal (la respuesta a una unidad de cambio en la entrada varía dependiendo de la magnitud de los valores de entrada). La función de transferencia también puede poseer un circuito de retroalimentación que amplifica, amortigua o redirige la influencia de algunas variables sobre otras, además, las funciones de transferencia pueden dividir o combinar, insumos y contribuir a los retrasos de las respuestas. Colectivamente, los tres componentes de los sistemas, los insumos, las funciones de transferencia y salidas, constituyen un conjunto de variables interactuantes que se disponen en forma de estructura organizada que le dan integridad; según Huggett (1980), un sistema se caracteriza por varios atributos.

Los humedales artificiales (HHAA) son sistemas diseñados antropicamente para mejorar y optimizar ciertos procesos físicos y bioquímicos que ocurren en los ecosistemas de los humedales naturales, con el objetivo principal de eliminar contaminantes del agua. Esta tecnología, que habitualmente se ha utilizado para la depuración de aguas residuales urbanas, se está aplicando recientemente en el tratamiento de una gran variedad de corrientes, entre ellas las aguas eutróficas.

La eficiencia de tratamiento de estos sistemas depende de la interrelación de una gran variedad de procesos y factores que dificultan el establecimiento de principios simples para

su diseño y/o explotación. Por ello, los modelos matemáticos son una herramienta útil para aumentar el conocimiento sobre esta tecnología y para optimizar su diseño y gestión.

Durante las últimas décadas se ha producido un avance notable en la modelación de los HHAA, especialmente en los sistemas de flujo subsuperficial. Sin embargo, no se ha alcanzado un nivel de desarrollo equivalente en la modelación de los sistemas de flujo superficial. En esta tipología de HHAA, donde no existe un medio poroso a través del cual circula el agua a tratar, la influencia de factores ambientales como el viento, la avifauna y la interacción con la capa de sedimentos puede ser más intensa. Por lo tanto, resulta necesario disponer de modelos aplicables a este tipo de HHAA que permitan representar esta casuística particular.

Se ha desarrollado un modelo mecanicista biocinético para el tratamiento de aguas eutróficas mediante humedales artificiales de flujo superficial. Se ha utilizado la estructura de los Modelos de Lodos Activados (ASM, por sus siglas en inglés) para representar los procesos que afectan a las principales variables de calidad de aguas eutróficas, es decir, los sólidos en suspensión, el fitoplancton, las distintas formas de nitrógeno y fósforo y la materia orgánica. El modelo se ha implementado en el software Aquatox.

En primer lugar, están integrados por un conjunto limitado de variables del propio sistema. El espacio y temporalidad de esas variables definen sus fronteras o límites. En segundo lugar, los sistemas están organizados en una estructura jerárquica de manera que a su vez están conectados los subsistemas. Los sistemas en cada nivel jerárquico operan con un cierto grado de autonomía sobre sus variables e interacciones al funcionar en escalas de tiempo y espacio que son diferentes de otros sistemas. En tercer lugar, el estado de un sistema puede sufrir cambios en el tiempo, mismos que no son importantes si se mantiene el estado inicial del sistema (es decir, en equilibrio estable), o pueden resultar en la evolución a un nuevo sistema o condición de estado (es decir, un equilibrio dinámico). Estas tres características, de frontera, de interrelación y de estado dinámico, enfatizan los atributos estructurales de los sistemas, y proporcionan una vista macroscópica de su organización y el comportamiento.

Una de las primeras tareas de la evaluación de los sistemas, es distinguir entre los cambios naturales en el ambiente de aquellos que son provocados por el hombre y constituyen una alteración. Esta distinción es un prerrequisito y un punto de partida para cualquier acción a tomar con el propósito de prevenir, controlar y/o evitar impactos no deseados. En este sentido, se emplean las características de los sistemas inalterados o prístinos, denominadas como condiciones de referencia, como criterio de diferenciación entre un estado en el que se conservan los componentes estructurales de origen, de las condiciones que no las conservan o de perturbación. Esta consideración es la base del concepto de lo que se denomina carga crítica que está asociado al nivel umbral de la capacidad de asimilación de los sistemas hídricos y similares cuando se habla de flujos o transferencias de masa. En este concepto básicamente se relaciona la magnitud del estímulo al sistema con las características de la respuesta.

Como se describió, las variables que caracterizan a un sistema normalmente fluctúan de manera natural en lo que se denominó como equilibrio estable. Sin embargo, el sistema puede cambiar sus características como consecuencia de uno o varios factores de estrés. A la suma

de todos los impactos o estreses, se le denomina acción de carga total sobre el sistema. A la magnitud del o los factores de cambio en el momento de propiciar el paso de un estado a otro de condición diferente, se le denomina carga crítica (Mayer, 2008).

Los conceptos antes descritos han permitido la construcción de algoritmos que han sido utilizados durante muchos años para apoyar en la gestión de la calidad del agua. En matemáticas, un algoritmo, es un conjunto prescrito de reglas bien definidas, ordenadas y finitas que permite realizar una actividad mediante pasos sucesivos. Dado un estado inicial y una entrada, siguiendo los pasos sucesivos se llega a un estado final y se obtiene una solución (Brassard y Bratley, 1997). Establecen el vínculo cuantitativo entre las fuentes de contaminación y la calidad del agua del cuerpo receptor.

Un modelo es una abstracción de los procesos que intenta describir el mundo real. Su función es relacionar las entradas con las salidas, la carga y la calidad del agua que se obtiene como respuesta.

La vinculación entre la carga y la calidad del agua en el proceso de determinación de la carga crítica o capacidad de asimilación, se caracteriza por los siguientes elementos: cuando la relación coincide con la meta de calidad del agua, criterio, estándar u objetivo de calidad del agua establecida; para ese cuerpo de agua, ese punto correspondería a la capacidad de asimilación. Asimismo, el modelo en ese punto, en el eje de las abscisas define la Carga Total Máxima de Contaminantes (CTM) que ese sistema puede recibir. Además, indica el Límite Máximo de Descarga de los contaminantes (LMD) que corresponde a la carga que se asigna a las fuentes de contaminación (descargas de aguas residuales) puntuales e incluso difusas, generalmente menores a CTM, diferencia que tiene como propósito contar con un margen de seguridad de aquellas cargas de fuentes no cuantificadas.

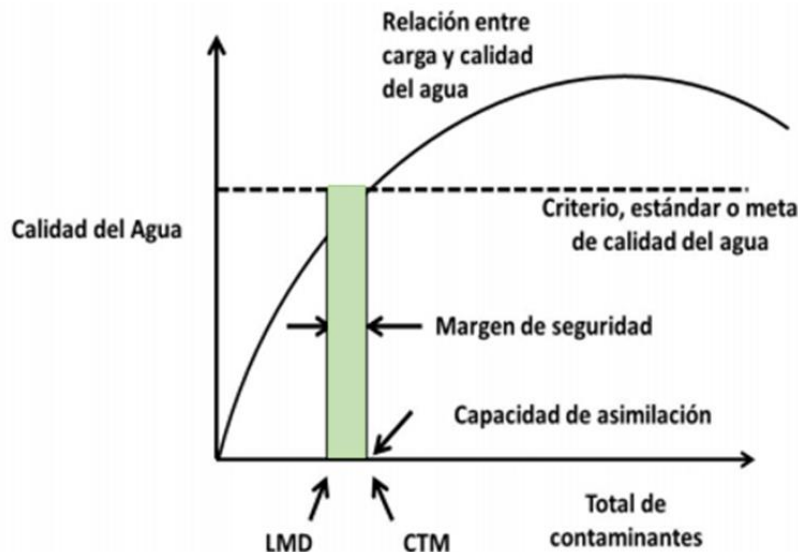
La Gráfica 1 es la representación de un modelo conceptual que define la relación entre la respuesta de la calidad del agua a la Carga Total Máxima de contaminantes (CTM). Debe tenerse en cuenta que la funcionalidad de esta gráfica es sólo ilustrativa, la forma de la curva puede variar dependiendo de los contaminantes y la naturaleza de la respuesta del sistema. Además, en un análisis riguroso, podría requerirse una franja de error en torno a la curva, lo que establecería un grado de incertidumbre del modelo y al mismo tiempo un margen de seguridad. Esta información no pretende desarrollar los conceptos sobre procesos, sino establecer las bases científicas y técnicas que darán soporte a las conclusiones finales.

En México y en otros países en vías de desarrollo, la realidad es que en muchos cuerpos de agua la capacidad de asimilación está rebasada debido a que la carga total de contaminantes que puede denominarse como la Carga Actual (CA), sumatoria de todas las cargas que aportan las fuentes de emisión, es superior al que puede recibir el cuerpo de agua. Bajo este supuesto se puede calcular la capacidad de asimilación por diferencia entre el Límite Máximo de descarga (LMD) y la carga actual aportada por las descargas de aguas residuales como se muestra en la Gráfica 1.

El modelo a seleccionar es una parte muy importante en el proceso de determinar la capacidad de asimilación de un cuerpo de agua debido a que éste establece el enlace cuantitativo entre las fuentes de contaminación y el cuerpo receptor. Se debe recordar que los modelos

matemáticos son una abstracción de los procesos reales, sin embargo, son una herramienta muy poderosa de interpretación y de toma de decisiones.

El modelo trabajará como un sistema en el que, a partir de los datos de entrada al mismo, arroja los datos de salida, lo que se describe el Esquema 2. Éste corresponde a un ejemplo teórico en el que se muestra un cuerpo de agua (sin contaminación), al que tiene como entrada la carga de materiales, energía y flujo naturales dado que no tiene influencia antropogénica.

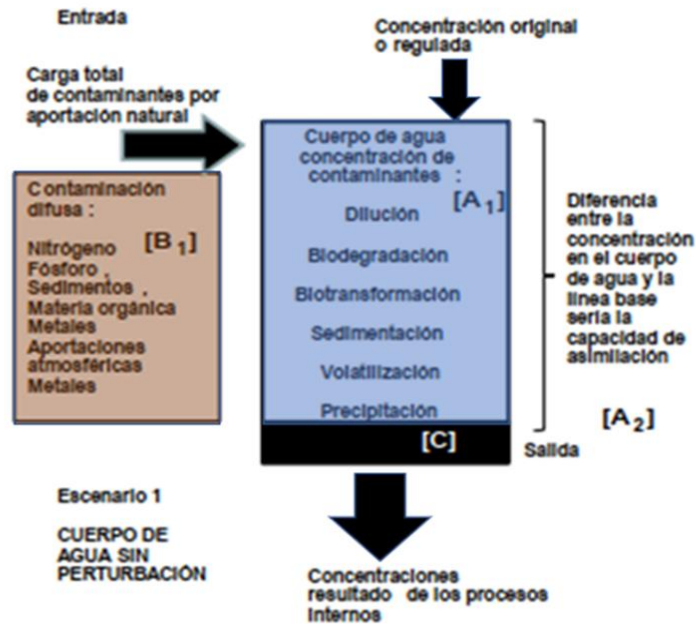


Gráfica 1. Relación entre calidad de agua y carga total máxima de contaminantes. Fuente: modificada de Depinto et al. (2004).

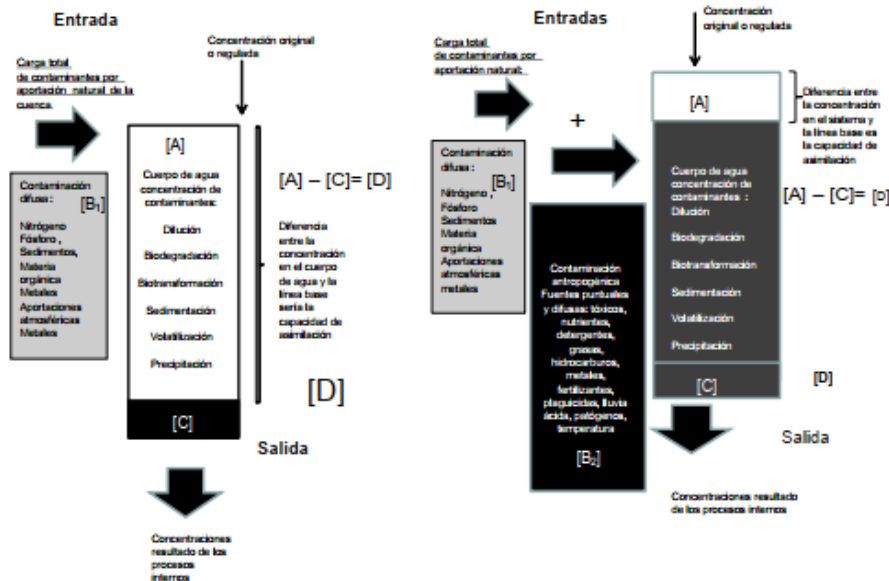
En el cuerpo de agua representado por el cuadro central, se muestra que recibe la aportación de sustancias y materiales con una cierta concentración [B1] que proviene de la cuenca; al entrar al sistema sufren modificaciones en su concentración [A1] debido a los procesos físicos químicos y biológicos internos, de tal manera que la concentración final será el resultado de tales transformaciones [A2]. Se ilustra también que se tiene un nivel base, de referencia o estándar representado por [C] que está regulado para un determinado uso o requerimiento ambiental. El modelo de acuerdo a sus aptitudes y complejidad de procesamiento para reproducir los procesos involucrados en este fenómeno, calcularía las concentraciones de los parámetros seleccionados a modelar o simular su comportamiento (línea base) (Ver Esquema 2).

En la medida en que las predicciones del modelo sean más cercanas a las condiciones reales se consideraría que la modelación realizada cumpliría con lo esperado. Todos los modelos tienen un grado de incertidumbre que en la mayoría de los casos se calcula. En esta condición de predicción, la capacidad de asimilación [A2], se calcularía por la diferencia entre la concentración en el cuerpo de agua [A1] y la establecida en la línea base [C], estándar o criterio regulado. Como puede observarse, en una situación en la que no existe la influencia antropogénica esta capacidad es grande, representada por lo blanco del cuadro. En una situación cercana a la realidad, el panorama cambia drásticamente. A la carga natural de

origen, ahora se le suman todas las cargas de contaminantes que la actividad humana genera en la cuenca de aportación [B2], lo que produce un incremento en la concentración en el sistema (ver Esquema 3).



Esquema 2. Consideraciones para el cálculo del balance de materia. Representación hipotética de la capacidad de asimilación de un sistema acuático prístino o sin contaminación. Fuente: modificada de Landis (2008).



Esquema 3. Consideraciones para el balance de materia con perturbaciones. Fuente: modificada de Landis (2008).

De esta manera ahora la diferencia entre la concentración en el cuerpo de agua [A1] y la concentración establecida por el estándar o criterio de calidad del agua permitido [C] es muy pequeña. Esto es el resultado de la aportación recibida [B1+ B2] y los procesos internos. Si la diferencia resulta negativa [-A2] significa que la capacidad de asimilación está rebasada (ver Esquema 3).

En un balance general representado de forma sencilla se define:

$$E = S - A$$

Donde:

E: es la entrada del agua contaminada,

S: es la salida del agua.

A: es la eliminación de contaminantes, que en el balance representa la acumulación.

Ante el acelerado deterioro de la calidad del agua de los sistemas acuáticos, es cada vez más importante la planificación o gestión de este recurso a través de modelos que tengan como objetivo la reducción de la carga de contaminantes, como una estrategia básica para su rehabilitación (Santhi *et al.* 2001; Shoemaker, *et al.* 2005).

Si bien el término modelo en su más amplio significado es la representación de una realidad mediante diferentes elementos o herramientas tales como: un mapa, un diagrama, una gráfica o un software, es de particular interés en este estudio centrar el enfoque en la utilización de un conjunto de ecuaciones o algoritmos que puedan representar un modelo conceptual de la Presa Manuel Ávila Camacho, particularmente en algunos aspectos de calidad y de factores que influyen en el deterioro de la misma, cuya disminución o control promuevan su posible rehabilitación. Así mismo, los procesos químicos y biológicos que ocurren en el seno de los humedales artificiales emiten, como subproductos, gases que son catalogados como gases de efecto invernadero (principalmente CO₂, CH₄, N₂O y NO).

La emisión de metano (que es el gas con mayor potencial de calentamiento global) en humedales artificiales presenta un rango de variación muy amplio, ya que en determinadas condiciones y sistemas la emisión puede considerarse nula y en otras se registran valores de hasta 2970 mg m⁻²d⁻¹ (García *et al.*, 2010). Søvik y Kløve (2007) estimaron que las emisiones de metano en un humedal superficial variaban entre -1.2 y 1900 mg m⁻² d⁻¹.

Estudios como el de Teiter y Mander (2005) concluyen que las emisiones de gases de efecto invernadero por los humedales artificiales, que son los más ampliamente utilizados, son insignificantes a nivel global. En el mismo estudio determinan que si toda el agua residual a nivel mundial se tratara utilizando esta tecnología, las emisiones producidas por los humedales artificiales supondrían sólo el 1% de las emisiones producidas a nivel global. En Puebla, un estudio de los gases de efecto invernadero en el Humedal de Valsequillo se llevó a cabo en la Facultad de Ingeniería Química de la BUAP.

Un ecosistema es extremadamente complejo y representa un gran reto identificar o simular adecuadamente los efectos provocados por la aportación de contaminantes. No obstante la

gran cantidad de factores que influyen, es posible extraer o considerar sólo algunas características o componentes de éstos, especialmente los involucrados en el proceso de deterioro, de tal manera que en una primera etapa sea posible reconstruir el fenómeno a fin de contar con una herramienta que permita tomar decisiones sobre su manejo con propósitos de restablecer en alguna medida su calidad (Jorgensen *et al.*, 2005).

Los modelos en ecosistemas acuáticos han sido desarrollados desde la década de 1970 y no es inusual que muchos de ellos hayan sido aplicados para el manejo de lagos y en el Humedal de Valsequillo (Jorgensen *et al.*, 2005). Los modelos de gestión de este recurso deberán estar enfocados a determinar la asignación de carga de contaminantes que se pueden permitir o a la reducción necesaria de ésta, para alcanzar una meta de calidad regulada, preestablecida o deseada.

Por esta razón, son una herramienta para discernir entre varias alternativas de recuperación de la calidad del agua, planteadas por diferentes escenarios de intervención, ya sea en las fuentes de origen de los contaminantes o en el propio sistema. Es evidente que la eutrofización y las afectaciones de la calidad del agua por la presencia de contaminantes tóxicos han sido los principales problemas en los cuerpos de agua de México y en algunos casos como la Presa Manuel Ávila Camacho están acentuados.

Tal como se ha indicado, los HHAA se han aplicado al tratamiento de una gran variedad de tipos de aguas residuales y también al tratamiento de aguas eutrofizadas con el objetivo de reducir la concentración de fitoplancton, sólidos en suspensión y nutrientes, principalmente. A continuación, se describen algunas experiencias en las que se han utilizado diferentes tipologías de HHAA (ver Tabla 3).

Origen del agua	Tipo de HA	Periodo de operación	Área (m ²)	Profundidad (m)	Rendimiento (%)				Referencias
					Cl <i>a</i>	SST	PT	NT	
Lago Apopka (EEUU)	HAFS (marisma de flujo direccional)	1991 - actualidad	7.3·10 ⁵	1.6		89 - 99	30 - 67	30 - 52	Coveney et al. (2002)
	HAFS (marisma de flujo direccional)	2003-2014	2.8·10 ⁶	0.33-0.44			26%	24%	Dunne et al. (2012), (2013), (2015)
Lago Taihu (China)	HAFS	Agosto 2013-	30	0.8			35	20	Li et al. (2008)
	HAFSSV	julio 2014	30	1.0			64	52	
	HAFSSH		30	1.0			66	52	
Río Qingyuan (China)	HAFSSH (relleno de gravas)	2003	17	0.8		79*	22	8-34	He et al. (2007)
	HAFSSH (relleno de gravas, zeolita y cenizas volantes)		17	0.8		78*	41	22-63	
Río Jinhe (China)	HAFSSV (combinación de gravas y esquistos, aireación intermitente y bolas de polipropileno)	Junio – noviembre 2006	0.2	1.3			56-78	68-85	Tang et al. (2009)
Lago Albufera (España)	HAFS (<i>Tancat de la Pipa</i>)	2009 - actualidad	4·10 ⁵	0.2	35	57	57	52	Martín et al. (2013b)
	HAFSSH + HAFS (<i>Tancat de Millia</i>)	2011 - actualidad	3.3·10 ⁵	0.5 (HAFSSH) 0.33 (HAFS)	81 (HAFSSH) -19 (HAFS)	79 (HAFSSH) -70 (HAFS)	45 (HAFSSH) -6 (HAFS)	55 (HAFSSH) 29 (HAFS)	Martín et al. (2016)

Tabla 3. Casos de éxito de diferentes tipos de humedales artificiales. Fuente Martín *et al.*, 2016

Una de las primeras referencias bibliográficas en las que se propone la utilidad de los HHAA para tratar las aguas eutrofizadas, concretamente para eliminar fósforo particulado fue el estudio que se centró en las aguas del lago Apopka, en Orlando (Florida, EEUU), un lago somero que en los años 1950 pasó a estar dominado por un estado de hipereutrofia debido al gran incremento demográfico de la zona y a los aportes de fósforo provenientes de las actividades agrícolas realizadas en su cuenca (Lowe *et al.*, 1992). En este primer trabajo se utilizó el término “filtración” para referirse a la eliminación del material particulado por sedimentación e intercepción con la vegetación en los HHAA. Fueron varias las medidas implementadas para recuperar el buen estado ecológico de las aguas del lago Apopka (reducción de las cargas externas de fósforo, plantación de vegetación en el perímetro del lago, entre otras). Entre ellas destaca la construcción de un segundo humedal para tratar las propias aguas del lago.

Uno de los objetivos principales de este sistema era la eliminación de materia en suspensión, la cual había aumentado debido a la desaparición de la vegetación sumergida y al efecto de resuspensión ejercido por los peces. Para ello se construyó un sistema piloto que entró en funcionamiento en el año 1991 y en el que se consiguieron eficiencias de eliminación de sólidos en suspensión superiores al 90% (Coveney *et al.*, 2002). Unos meses después de la puesta en funcionamiento del sistema se consiguió eliminar fósforo con una eficiencia en torno al 30% (Dunne *et al.*, 2012) y el rendimiento de eliminación del nitrógeno total fue del 24% (Dunne *et al.*, 2013). La implementación de todas las medidas tomadas en el lago Apopka han dado lugar a una mejora en la calidad de sus aguas, reduciéndose un 54% la concentración de fósforo, un 37% la de fitoplancton y aumentando la transparencia un 47% (Dunne *et al.*, 2005)

Ambos problemas cuentan con una extensa investigación e incluso modelación en otros países. Se tienen algunos estudios en México sobre eutrofización y en menor medida sobre sustancias tóxicas. Los modelos tradicionales de eutrofización incluyen normalmente la medición del ciclo de nutrientes y el comportamiento del oxígeno; simulan el crecimiento del fitoplancton, pero no consideran las interacciones con sustancias tóxicas que lo inhiben. También en el río Qingyuan, en China, se construyeron dos sistemas piloto de humedales artificiales horizontales con diferentes materiales de relleno (He *et al.*, 2007). Este sistema, en el que se utilizó una mezcla de grava, zeolita y cenizas volantes, presentó mayores rendimientos de eliminación de nitrógeno y fósforo totales, que el sistema donde sólo se utilizaron gravas.

Así mismo, se han estudiado distintas alternativas para maximizar la eliminación de nutrientes en aguas eutrofizadas mediante humedales artificiales verticales. Tang *et al.* (2009) utilizaron siete plantas piloto para determinar el efecto de la vegetación, la aireación intermitente y el uso de polipropileno en el tratamiento del agua eutrofizada del río Jinhe (China). Obtuvieron que la combinación de estas técnicas permite aumentar la eliminación de nitrógeno del 68 hasta el 85% y la remoción del fósforo pasaba del 56 al 78%. Las aguas eutrofizadas del lago de l'Albufera de Valencia (España) también han sido tratadas mediante humedales artificiales.

En el año 2009 se puso en funcionamiento el sistema de humedal artificial de flujo superficial ubicado en la Reserva Natural del Tancat de la Pipa y en 2011 el del Tancat de Milia. Ambos tratan las aguas del lago con el objetivo principal de reducir las concentraciones de nutrientes, fitoplancton y sólidos en suspensión. El sistema ubicado en el Tancat de la Pipa consta de varios humedales artificiales de flujo superficial, seguidos de dos lagunas someras donde se recrea el ecosistema existente en l'Albufera en los años anteriores a su eutrofización. Los humedales artificiales de flujo superficial del Tancat de la Pipa eliminan el 35% del fitoplancton de las aguas tratadas y el 57% de los sólidos en suspensión y del fósforo total (Martín *et al.*, 2013).

El sistema del Tancat de Milia presenta un tratamiento híbrido formado por varias series que constan de un humedal artificial de flujo superficial horizontal, dos humedales artificiales de flujo superficial y una laguna. En él se alcanzan rendimientos de eliminación de sólidos en suspensión y fósforo total similares a los indicados para el caso del Tancat de la Pipa (Gargallo *et al.*, 2015), destacando los altos rendimientos conseguidos en el humedal artificial de flujo superficial horizontal: 81% del fitoplancton y 79% de los sólidos en suspensión (Martín *et al.*, 2016).

Por otro lado, los modelos de disposición de contaminantes simulan los efectos tóxicos sobre las especies acuáticas o simulan la disposición espacial de contaminantes, pero no se ocupan de los efectos sinérgicos o antagónicos con los nutrientes. Koelmans *et al.* (2001) realizaron una revisión en la que se documenta evidencia empírica de tales interacciones en los ecosistemas naturales. Aunque estos fenómenos normalmente se estudian por separado, es conveniente que como en el caso que se investiga se estudien de forma paralela, tal como lo han recomendado asociaciones internacionales en los grandes lagos (International Joint Commission, 1998). Lo anterior es debido a que se conoce que los cambios en el estado trófico de los sistemas acuáticos son influenciados por la presencia de los tóxicos, provocando efectos aditivos (Gunnarsson *et al.* 1995).

En principio, es un hecho que la Presa Manuel Ávila Camacho recibe las descargas de aguas residuales de zonas urbanas, industriales y en menor medida las agrícolas y que las graves afectaciones en su calidad son el resultado de la aportación de nutrientes, compuestos orgánicos y tóxicos que alteran en la columna de agua, tanto la biota como la fase sedimentaria.

La interacción entre los elementos que promueven la eutrofización y los contaminantes tóxicos puede ocurrir a través de muchos mecanismos. La eutrofización incrementa la dilución de los tóxicos al aumentar la cantidad de biomasa; se incrementa la tasa de sedimentación y su asimilación en la cadena alimenticia (Gunnarsson *et al.* 1995; Tayloret *et al.*, 1991,1996). Los contaminantes pueden tener un efecto inhibitorio directo e indirecto sobre los organismos que tienen la función de degradar contaminantes, así como de afectar aquellos que intervienen o son parte de los ciclos de nutrientes (Legovic, 1997; Brock, *et al.*, 1997).



Ilustración 6. Delimitación del área de estudio en el humedal Valsequillo. Fuente: elaboración propia (2019).

Bajo esta perspectiva y dada la complejidad de la Presa Manuel Ávila Camacho, la cantidad y diversidad de los contaminantes que recibe, la adaptación de uno o varios modelos simples que puedan representar de forma confiable estas relaciones de causa y efecto, bajo diferentes escenarios de intervención, representa el gran reto de esta investigación. Existen en la literatura especializada una gran cantidad de modelos de calidad del agua (ver ejemplo en: www.epa.gov/epahome/models.htm). Algunos de éstos se centran en el contexto de fenómenos particulares, tales como el agotamiento del oxígeno disuelto o el destino final de un contaminante determinado. Del mismo modo, algunos modelos de calidad del agua se especializan en determinados tipos de cuerpos de agua, tales como lagos, humedales, ríos o estuarios.

Cada modelo tiene su propio conjunto de características y requisitos. Ante tal diversidad fue necesario delinear una estrategia para poder llegar a la selección de alguno en particular a partir de las fortalezas y limitaciones, así como su asociación a las características del área bajo estudio (Ver Ilustración 6) y principalmente con los alcances de esta investigación.

Debido a que no existen reglas claras sobre cómo seleccionar un modelo, se revisó la literatura especializada para tomar en cuenta aspectos básicos en esta decisión. Así, se decidió tomar en cuenta principalmente las cinco premisas recomendadas por Louck y colaboradores (2005):

1. Definir el problema que se pretende resolver o conocer y determinar la información necesaria.
2. Utilizar el modelo más simple que dé una precisión adecuada y proporcione la información requerida.
3. El modelo debe ajustarse al problema y no viceversa.

-
4. Discernir si vale la pena una mayor precisión en los resultados tomando en cuenta el esfuerzo requerido para obtener los datos y el costo de obtenerlos.
 5. No olvidar las premisas o supuestos por los cuales se seleccionó el modelo y no pretender mayores alcances en la simulación o en los resultados esperados.

No obstante, lo anterior, si bien es importante contar con un modelo que se adapte a las condiciones del área bajo estudio, también es necesario reconocer que los modelos clásicos de calidad del agua que se han usado tradicionalmente para contaminantes convencionales comparten principios fundamentales, los cuales serán revisados brevemente a continuación.

Uno de los conceptos fundamentales de cualquier modelo de calidad del agua es que tienen como base los balances de materia. Éstos se aplican a cada una de las sustancias objeto de interés y pueden ser contaminantes químicos, oxígeno disuelto, incluso microorganismos, según el tipo de problema en estudio. Conceptualmente, la concentración de cualquier sustancia en un punto cualquiera de un sistema acuático ha de cumplir la ecuación fundamental de conservación de la materia.

2.5.2 Parámetros que pueden interferir en la evaluación del sistema

Diferencias de nivel. El primer mecanismo de transporte de agua en un medio natural es por la acción de la gravedad.

Viento. La dirección dominante de los vientos es: NNE, SSO, con una velocidad promedio de 1.6 m/s, siendo la más alta en enero con 2.4 m/s y la más baja con 0.5 m/s en diciembre. Esta corriente de vientos se mezcla con la corriente fría de la cima de La Malinche, el viento ejerce un esfuerzo cortante sobre la superficie del agua en los sistemas superficiales, impulsándola en su dirección. Generan diferencias de nivel que se traducen en el movimiento de las masas de agua.

Rozamiento con el fondo. El rozamiento de la capa de agua con el fondo produce un efecto de frenado de la masa de agua. Dicho efecto dependerá de la naturaleza del fondo (materiales que lo componen, existencia de vegetación, etc.).

Gradientes de densidad. Los movimientos verticales de las masas de agua están inducidos, en gran parte, por gradientes de densidad que dependen de la temperatura y de la salinidad del agua.

Transporte por dispersión. El término dispersión hace referencia a los procesos de transporte que sufren las sustancias disueltas y/o particuladas y que no están directamente relacionados con el desplazamiento de las masas de agua. Hay tres procesos que contribuyen a dicho transporte de difusión molecular. La difusión molecular es el desplazamiento aleatorio de las moléculas de solutos entre las moléculas de agua debido al movimiento Browniano de las partículas. En la práctica se observa una homogenización de las partículas en la solución de manera que el efecto es como si las moléculas se "desplazaran" desde las zonas de mayor a las de menor concentración; siempre que exista un gradiente de concentración, se dará este fenómeno, cuyo proceso es extraordinariamente lento.

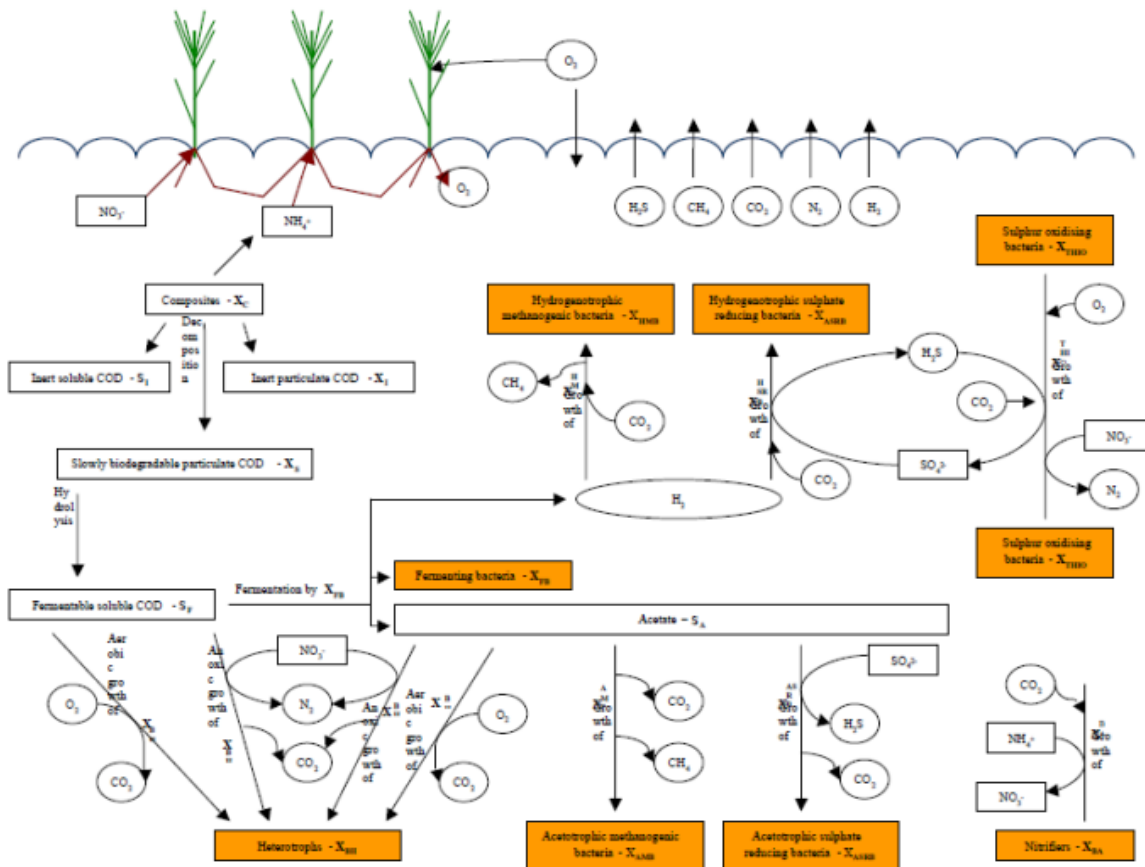
Difusión turbulenta. La difusión turbulenta hace referencia al transporte de sustancias disueltas y pequeñas partículas causada por turbulencias a pequeña (micro) escala. Se trata de un transporte convectivo a micro escala producido por fluctuaciones turbulentas de la velocidad instantánea. Dichas fluctuaciones son ocasionadas por los esfuerzos cortantes que se dan en el interior de las masas de agua. Su magnitud es varias veces superior a la difusión molecular.

Dispersión. La interacción de la difusión turbulenta con un perfil definido de la velocidad en la columna de agua provoca un mayor grado de mezcla. Este fenómeno se conoce como dispersión.

Término de fuente/sumidero. Esta entrada puede tener lugar por adición de una cantidad de agua en la que el contaminante se encuentra disuelto ($Q \cdot C_e$) o bien por adición directa de una cierta cantidad del mismo (M). Los términos de salida simple son los debidos a la extracción de una determinada cantidad de agua en la que el contaminante se encuentra disuelto ($Q \cdot C_s$). En estos términos de entrada/salida deben incluirse además los procesos de transporte en sedimentos. Los sedimentos acumulados reflejan la historia de los distintos procesos de contaminación que haya sufrido ese sistema natural. Los sedimentos pueden actuar como fuentes o sumideros de sustancias disueltas y/o particuladas. El problema más habitual es el sedimento como resultado del transporte y la deposición de materia orgánica.

Dicha materia puede tener un origen externo al sistema, por ejemplo, ser resultado de un vertido continuo de aguas residuales con una elevada carga de materia orgánica. También puede producirse la sedimentación de materia orgánica de origen interno, i. e., la muerte de la materia viva que se ha desarrollado en el interior del sistema.

Si el término de fuente/sumidero agrupa sólo entradas y salidas simples, el contaminante considerado es conservativo y su estudio puede realizarse simplemente con base a la resolución de la ecuación. El Esquema 4 muestra el comportamiento de los elementos que participan en el diseño del modelo matemático.



Esquema 4. Comportamiento generalizado de un humedal. (Belda, 2015)

En el caso de contaminantes no conservativos, además de los términos de entrada y salida simple, es necesario incluir los términos de generación y/o desaparición de contaminantes por todos los procesos físicos, químicos y biológicos. En estos términos se deberán incluir las ecuaciones cinéticas o de equilibrio que describen dichos procesos. Aparecerán en las ecuaciones la concentración del contaminante, cuyo transporte se estudia y la de cualquier otra especie con la que tenga algún tipo de interacción física, química o biológica.

Otro problema que implica la dispersión de sedimentos son los metales pesados contenidos en éstos. La remoción de sedimentos por hiperoxidación significaría su reintegración al sistema acuático; en el estudio de riesgo podemos ver el impacto que generaría en la Presa de Valsequillo. Si la situación no es esta última, la única forma de plantear totalmente el problema de la evolución del contaminante será considerar simultáneamente las ecuaciones de transporte de todas las especies que interactúan entre sí mediante fenómenos físicos, químicos o biológicos, y las ecuaciones que representan dichos fenómenos.

2.5.3 Parámetros establecidos en el contrato

Grasas y aceites. Verificar datos existentes antes y después, si debido a la aplicación más exhaustiva de ozono, se observará si existe una reducción del mismo, Coliformes Fecales. Se verificará si se cumple a los 30 días.

Fósforo total. Verificar que se cumpla en dos meses para cumplir la Declaratoria de Clasificación de los Ríos Atoyac y Xochiac o Hueyapan y sus Afluentes.

Nitrógeno amoniacal. Verificar que el nitrógeno amoniacal se desdoble a Nitratos, Nitritos y Nitrógeno molecular, mismo que deberá ser demostrado de manera química.

Sólidos Disueltos Totales. Verificar que se redujo mediante la oxigenación y la recolecta de los excedentes del lirio acuático.

Hierro. Verificar de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996

Aluminio. Verificar de acuerdo a la Declaratoria de Clasificación de los Ríos Atoyac y Xochiac o Hueyapan y sus Afluentes en un tiempo estimado de 45 días.

Manganeso. Realizar un monitoreo bis(2-etilhexil)ftalato. Realizar un monitoreo de Sustancias Activas al Azul de Metileno. Realizar un monitoreo durante la vigencia del contrato.

Evaluación de monitoreo. Evaluar cada sitio y parámetro en particular, estableciendo las condiciones de operación necesarias para que se cumpla con la declaratoria.

Sólidos Suspendidos Totales. Analizar dos veces para verificar que exista una mejora durante dos meses de operación a través del monitoreo de 4 puntos considerando el tiempo hidráulico. Verificar sin la aplicación de ozono contribuye al mejoramiento de la calidad del agua, de acuerdo con la Declaratoria de Clasificación de los ríos Atoyac y Xochiac o Hueyapan y sus Afluentes.

Demanda Química de Oxígeno. Analizar datos existentes antes y después de la hiperoxidación, para verificar si se cumple con lo establecido en la Declaratoria de Clasificación de los Ríos Atoyac y Xochiac o Hueyapan y sus afluentes.

Los parámetros contenidos en la Declaratoria de Clasificación de los Ríos Atoyac y Xochiac y sus Afluentes (DCRAXA) se presentan como referencia en la Tabla 4.

DECLARATORIA DE CLASIFICACIÓN DE LOS RÍOS ATOYAC Y XOCHIAC O HUEYAPAN Y SUS AFLUENTES

	Parámetro (mg/L)	Declaratoria
1	Arsénico (As) ++	0.05
2	Cadmio (Cd) ++	0.004
3	Cianuro (Cn)++	0.01
4	Cobre (Cu)++	0.05
5	Cromo total (Cr)++	0.05
6	Mercurio (Hg)++	0.001
7	Níquel (Ni)++	0.6
8	Plomo (Pb)++	0.03
9	Zinc (Zn)++	0.12
10	Sólidos suspendidos totales +	56.4
11	DBO5 +	20
12	DQO +	40
13	Temperatura	<35
14	Sólidos Sedimentables +	<1
15	Grasas y Aceites +	5.2
16	Coliformes fecales 100 ml+	<1000
17	Potencial Hidrógeno pH +	6.5-8.5
18	Materia Flotante +	Ausente
19	Fosforo total (P)+	0.73
20	Nitrógeno total (N)+	5
21	Sólidos disueltos totales +	500
22	Nitrógeno amoniacal	0.66
23	Fenoles	0.01
24	Sulfatos	150
25	Huevos de helminto (huevo/L)	0-1
26	Fierro	0.32

	Parámetro (mg/L)	Declaratoria
27	Cloruros	250
28	Benceno	0.01
29	Tolueno	0.2
30	Etilbenceno	0.1
31	Toxicidad aguda (<i>Vibrio fischeri</i> y <i>Daphnia magna</i>) (unidades de toxicidad)	<1
32	Sulfuros	0.002
33	Aluminio	0.05
34	Manganeso	0.1
35	Cloruro de metilo	0.0002
36	Cloroformo	0.03
37	Cloruro de vinilo	0.002
38	1,2 Diclorobenceno	0.01
39	1,3 Diclorobenceno	0.01
40	1,4 Diclorobenceno	0.01
41	1,2 Diclorocetano	0.069
42	Tetracloroetileno	0.05
43	Bis 2 (etilhexil)ftalato	0.003
44	Nitrobenceno	0.03
45	Color (Pt-Co)	<15
46	Sustancias activas al Azul de Metileno	0.1

Tabla 4. Parámetros establecidos en la Declaratoria de clasificación de los ríos Atoyac y Xochiac o Hueyapan, y sus Afluentes (DCRAXA) (DOF, 2011).

2.5.4 Parámetros de evaluación del proceso

El parámetro ORP (Potencial de Oxido reducción). Este parámetro no fue establecido en el contrato pero es un elemento importante dentro del control de la calidad del agua. El ORP indica la capacidad de oxidación y puede reflejar la cantidad de ozono necesaria en función de la aplicación del agua con ozono. Además, ORP está vigilando de forma constante por lo que ordenará al Generador de ozono que funcione o no funcione. Si programamos la dosificación de ozono de forma automática éste parámetro puede ser muy útil.

El análisis de parámetros de calidad del agua del Humedal de Valsequillo debe realizarse por un laboratorio acreditado ante la EMA (Entidad Mexicana de Acreditación), conforme a la Declaratoria de Clasificación de los Ríos Atoyac y Xochiac o Hueyapan y sus afluentes.

Ozono. Aun cuando el ozono no es un elemento incluido en la declaratoria, sí está considerado en el contrato con la empresa Consultas Nacionales de Información y Asesoría, S.A. de C.V. como parte del proceso de operación. Este parámetro por tanto repercutirá en los resultados finales.

De acuerdo con la propuesta inicial de la empresa, el agua ozonizada con una concentración de 0.1 mg/l y una velocidad del fluido en el rango 0.5 a 2.5 m/s daría los siguientes resultados:

- *El ozono es capaz de eliminar entre un 80 y un 90% de la biopelícula bacteriana de prueba.*
- *El ozono con concentraciones < 0,1 mg/litro, es capaz de debilitar la biopelícula bacteriana, por lo que se necesita un período mínimo de 3 horas.*
- *El ozono con la concentración $\geq 0,4$ mg/litro y la máxima velocidad (2,5 metros /segundo), el efecto del OZONO sobre la estructura de la célula bacteriana investigado mediante técnicas de microscopía electrónica, fue revolucionario porque la destrucción de las bacterias fue del 100%.*

La división en zonas del Humedal de Valsequillo obedece a la forma en que se mueven las corrientes, por lo que el sistema no es totalmente mezclado, sino heterogéneo sin una mezcla total.

La cantidad de contaminantes orgánicos (definidos como DBO₅, DQO y TOC) entra de forma continua con un suministro de oxígeno, únicamente de 8 horas, por lo que **la cantidad de oxígeno suministrada se reduce a una tercera parte de lo contratado**, muy por abajo del requerido para la oxidación de materia orgánica. Como se observa en los resultados de OPR existen datos bajos o negativos y en ningún caso alcanzan los 645 mV, que es el valor mínimo recomendado por la OMS (Organización Mundial de la Salud) para una buena calidad del agua. La Tabla 5 indica los niveles de ORP para varias aplicaciones.

Nivel de ORP (mV)	Aplicación
0 a 150	Ningún uso práctico

150 a 250	Acuicultura
250 a 350	Torres de enfriamiento
400 a 475	Piscinas
450 a 600	Balnearios con sistema de calefacción
600 a 600	Desinfección del agua
>800 a 800	Esterilización de agua

Tabla 5. Niveles del parámetro ORP para diferentes usos del agua.

El nivel de ORP también puede ser visto como el nivel de la actividad bacteriana del agua, porque se produce una relación directa entre el nivel de ORP y el recuento de coliformes. La Tabla 6 muestra los niveles de ORP y su relación con los coliformes.

Nivel de ORP (mV)	Recuento de coliformes (NMP) en 100 ml de agua
200	300
300	36
400	3
600	0

Tabla 6. Relación entre el parámetro ORP y la actividad bacteriana.

2.5.5 Modelación de la calidad de las aguas en los humedales artificiales de flujo superficial (HAFS)

Una de las contribuciones más destacables de este modelo es la capacidad para simular las condiciones de funcionamiento de los sistemas a escala real, es decir, para reproducir las interacciones que se producen entre el humedal artificial de flujo superficial y el medio en el que se integra.

Una aportación novedosa para determinar el modelo más apropiado en la evaluación de la calidad del agua en el Humedal de Valsequillo es la capacidad para simular los efectos producidos por la actividad de la avifauna y por la acción de la velocidad del viento en la resuspensión de los sedimentos.

El proyecto centra el desarrollo de sus actividades en el análisis técnico de la mejora en la calidad del agua y en la reducción de impactos ambientales en la zona como consecuencia de la mejora de la calidad del agua, considerando el costo-beneficio de las tres unidades Scavenger 2000™.

2.5.6 Metodología propuesta

La metodología y el plan de trabajo que se presenta a continuación tienen como propósito lograr la elaboración de los planes de adaptación y gestión de riesgos y su evaluación para el

Humedal de Valsequillo, específicamente la Zona 5. Ésta incluye la recopilación y evaluación de información disponible sobre: evaluación de la calidad del agua del Humedal de Valsequillo, evaluación del impacto ambiental, evaluación del riesgo y análisis reportados por la empresa Consultas Nacionales de Información y Asesoría, S.A. de C.V.

Modelo matemático. El uso antropogénico del agua implica, en la mayoría de las ocasiones, una disminución de su calidad, ya sea por un aumento en el contenido de compuestos químicos (tales como nutrientes, metales pesados o compuestos orgánicos) o por cambios en sus propiedades físicas (temperatura, color, entre otros). No obstante, han sido muchas las acciones emprendidas en este sentido que han permitido mejorar la calidad de dichas masas de agua, por lo que es indispensable evaluar si las medidas tomadas están dando el resultado esperado.

Una de estas medidas es la recuperación de la calidad de las masas de agua eutrofizadas mediante humedales artificiales (Humedal de Valsequillo), una tecnología considerada de bajo coste que permite mejorar la calidad de las aguas tratadas, el aumento del hábitat disponible y de la biodiversidad.

En el desarrollo de las actividades para la elaboración de los planes; de acuerdo con los requerimientos de este proyecto, el concepto de análisis de riesgo y determinación de calidad del agua hace referencia al proceso de ajuste a corto, mediano y largo plazo, al clima actual o esperado y sus efectos.

En los sistemas humanos, la adaptación busca reducir daños potenciales o aprovechar oportunidades de beneficio de la ciudadanía. Para el logro de la visión de desarrollo propuesto en la evaluación se considera la gestión del riesgo que proporciona instrumentos para el desarrollo e implementación de las estrategias de adaptación, buscando garantizar que las amenazas potenciales no se transformen en desastres y se logre el mayor beneficio de las oportunidades potenciales. Se verificarán, entre otros aspectos:

- Aumento de la biomasa de fitoplancton.
- Disminución y/ o aumento de la transparencia del agua.
- Modificación de la composición de la comunidad fitoplanctónica.

Ésta última pasa a estar dominada por la maleza acuática (lirio), dado que su mayor capacidad de flotación le permite situarse en la zona más superficial de la columna de agua, donde la intensidad luminosa es óptima para su crecimiento (zonas 1, 2 y parte de la tres).

Entregables del modelo matemático:

- La simulación de las principales variables de calidad en el tratamiento de aguas eutróficas, es decir, los sólidos en suspensión, el fitoplancton, el fósforo total y sus formas, el nitrógeno total y las formas nitrogenadas y la materia orgánica, estos como parte de la Fase II.

-
- Modelación de los procesos más significativos que afectan a estas variables y particularmente aquellos que representan las interacciones entre la biota, el biotopo y la calidad de las aguas.
 - Modelación de los procesos de resuspensión generados por distintos factores.
 - Modelación del efecto de la vegetación emergente sobre los procesos de sedimentación, resuspensión, crecimiento del fitoplancton y toma de nutrientes.
 - Modelación biocinética de los procesos microbiológicos que tienen lugar en este tipo de humedales artificiales.
 - Calibración y validación del modelo desarrollado en un sistema a escala real.
 - Estudio de la sensibilidad del modelo a los parámetros incluidos.
 - Determinación de los procesos más significativos para la eliminación de determinados componentes en el tratamiento de aguas eutróficas en humedales artificiales de flujo superficial, como es el caso del Humedal de Valsequillo.
 - Problemas de color y olor del agua, así como decrecimiento del valor de percepción estética de la masa de agua.
 - Impactos económicos negativos, incluida la devaluación de la propiedad del bien y la reducción de su uso con fines recreativos.

Como referencia para la elaboración de los planes se tomarán en cuenta:

- Los documentos de política, normativa y orientación técnica que para el desarrollo de este tipo de iniciativas han establecido diferentes instancias de gobierno y universidades, así como toda referencia bibliográfica que se encuentre en bases de datos académicas y científicas, así como referencias locales y nacionales.
- Los documentos que establecen los compromisos que asume el gobierno en particular.
- Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en el marco para la reducción de riesgos a la salud, solicitado en el documento con las recomendaciones hechas por la ONU, así como las propuestas que están establecidas para fomentar la aplicación de la economía circular propuesta en la cuarta transformación tecnológica.
- Las recomendaciones hechas por la Comisión Nacional de los Derechos Humanos a los gobiernos de Puebla y Tlaxcala.
- Los resultados obtenidos se presentarán para definir los avances logrados con el proyecto de equipamiento para el saneamiento del Humedal de Valsequillo. En particular, los estudios técnicos de valoración de servicios a partir de los reportes entregados a la Secretaría del Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial del Gobierno del Estado de Puebla.
- Aprovechar las investigaciones existentes en el ámbito de los humedales artificiales y de su modelación matemática.

El proceso de elaboración de los planes seguirá de manera general el siguiente esquema:

1. Análisis de impactos y definición de estrategias de adaptación y gestión de riesgo a partir de la información disponible sobre el Humedal de Valsequillo:

-
- a) Identificado los eventos que podrían tener un impacto sobre el logro de la visión de desarrollo del municipio y sus comunidades en el corto, mediano y largo plazo.
 - b) Comprobando si existe o no, disminución de parámetros indicadores de calidad del agua tales como olor, nitrógeno amoniacal, entre otros.
2. Sobre la base de los eventos identificados se hace una evaluación y un análisis del riesgo que éstos pueden representar (en términos de su impacto). Teniendo en cuenta el alcance propuesto, en la calidad del agua y en los impactos ambientales, se propondrán las políticas de gestión del riesgo y se procederá a realizar una priorización.
 3. Los criterios para la definición de las estrategias de adaptación y gestión de riesgo serán establecidos de manera conjunta con los actores clave que participan en la iniciativa.

Estos criterios se relacionan con:

- La visión y/o perspectiva de desarrollo a corto, mediano y largo plazo que las comunidades y actores clave han establecido en el Humedal de Valsequillo.
- El interés y la capacidad de los actores para asumir y gestionar los riesgos que los efectos identificados pueden representar para las comunidades y sus objetivos de desarrollo a corto, mediano y largo plazo.

Los riesgos prioritarios son analizados de acuerdo con estos criterios para establecer el tipo de estrategias requeridas para su gestión efectiva y eficaz. En general, las estrategias establecen si los riesgos priorizados:

- a) Pueden ser tolerados.
- b) Deben ser tratados para reducir su impacto y/o probabilidad.
- c) Requieren del establecimiento de medidas de transferencia del riesgo.
- d) Requieren que se impida o modifique el desarrollo de las acciones previstas.

La estrategia seleccionada es la base para la definición de las acciones que deben implementar los planes a desarrollar.

Propuesta de acciones para la implementación de estrategias de adaptación y gestión del riesgo. Los planes de adaptación y gestión de riesgos propuestos se definen como el conjunto de acciones de tipo estructural y no estructural, que deben adelantarse para lograr la implementación de las estrategias de gestión de riesgo seleccionadas. Adicionalmente se deben especificar los responsables del desarrollo de las acciones, los recursos requeridos y los mecanismos de seguimiento y monitoreo.

Estrategia de evaluación, intercambio de conocimientos y experiencias con base en la cooperación. El intercambio con el gobierno local del municipio, como un instrumento que permita el encuentro con experiencias concretas de intervención y aprendizaje de sus logros y dificultades. Adicionalmente, es un mecanismo de motivación a que los actores locales participen en la evaluación de calidad del agua del Humedal de Valsequillo.

Vinculación de actores del sector privado. La vinculación del sector privado (empresarial y organizaciones de la sociedad civil) es un componente clave en la búsqueda de la sostenibilidad (tiempo y recursos) de las iniciativas locales. Se buscará la vinculación de estos sectores en su calidad de actores claves del desarrollo local. Se promoverá el intercambio de conocimientos y estrategias de gestión para abordar retos relacionados con los temas planteados en los planes de adaptación y gestión de riesgo en la evaluación de calidad del agua en el Humedal de Valsequillo.

2.6 Plan de trabajo

Las actividades principales para el desarrollo de los planes de adaptación y gestión de riesgo se presentan en la Tabla 7, con una descripción general de dichas actividades y los resultados esperados. Complementando esta tabla, se presenta la descripción a detalle del plan de acción.

2.6.1 Objetivos del modelo matemático de evaluación.

Objetivos generales del modelo Estimar los beneficios sociales y ecológicos del saneamiento del Humedal de Valsequillo, al sureste de la ciudad de Puebla, con latitud; 18°, 91', 67" y longitud -98°6'67", conforme al Anexo III a través del método de valoración analítica e inferencia estadística.

Objetivos específicos del modelo. Evaluar la calidad del agua y el beneficio que se tiene por hiperoxidación sobre los problemas que originan la contaminación de los principales cuerpos del agua de la cuenca del Alto Atoyac y su impacto ambiental, al estimar la calidad del agua en el Humedal de Valsequillo, así como el costo-beneficio para la población.

A fin de alcanzar los objetivos anteriores, se llevará a cabo una serie de análisis de valoración de acuerdo con la NOM-001-SEMARNAT-1996, DCRAA (Declaratoria de clasificación de los ríos Atoyac y Xochiac o Hueyapan y sus afluentes) y el ICA (Índice de Calidad del Agua). No se están considerando los afluentes que descargan en la presa, sino únicamente, si el tratamiento de hiperoxidación funciona y cumple o no, con el mejoramiento de la calidad del agua, por ello conviene destacar la importancia de complementar el estudio considerando 4 puntos de muestreo en las zonas marcadas y sus resultados.

2.7 Cronograma de actividades

PROYECTO HUMEDAL DE VALSEQUILLO CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN AUTORIZACION A113-2019																	
Productos	ACTIVIDADES / ESTRATEGIAS	RESPONSABLE	INDICADORES	PRODUCTO	FECHA		% Cumpl.	DICIEMBRE				Totales					
					Inicio	Fin.		1	2	3	4	Realizadas	Pendientes	Aplazadas			
Indicadores de calidad del agua	Verificación de la calidad del agua por medio de medición de los parámetros establecidos por ICA (índices de calidad del agua)	MC. Guevara líder del proyecto	DORAXA / ICA	REPORTE			0.0		P								
	Muestras en la presa Manuel Avila Camacho con latitud 18°01'67" longitud -98°16'67" dos períodos de muestras durante un mes			MUESTRO 2 Zonas			0.0				P						
	Verificación del proceso de <u>Hiper-oxidación</u> mediante Ozono y Oxígeno						0.0		P								
Revisión de los resultados de los Reportes de los Análisis	Verificación de un tratamiento primario y sus características.			REPORTE			0.0		P	P	P						
	Evaluación de las Zonas						0.0				P	P	P				
							0.0				P	P	P				
							0.0										
Análisis de riesgo e impacto ambiental	Evaluación de impacto ambiental se de terminara la existencia o no de la mejora con el tratamiento de hiper oxidación actual y el riesgo			REPORTE			0.0		P	P	P						
							0.0										
							0.0		P	P	P						
							0.0										

Tabla 7. Cronograma de actividades (elaboración propia).

2.8 Plan de acción

NOMBRE DEL PROYECTO:		CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA LA APLICACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO	
RESPONSABLES DE SUPERVISIÓN:	Constructora Ambiental Autosustentable, S.A. de C.V.	Contacto	MC. María del Carmen Guevara Espinoza
ANTECEDENTES:	<p>La Benemérita Universidad Autónoma de Puebla es un centro de educación superior con programas de calidad certificada en maestría y doctorado. Con la colaboración de una investigadora de la Facultad de Ingeniería Química a través de la empresa Constructora Ambiental Autosustentable, S.A. de C.V. se tiene el interés de conocer la calidad del agua generada en el Humedal de Valsequillo por efecto de las descargas de aguas que aportan a los cuerpos receptores (ríos) y que a su vez la mejora de la calidad del agua que descarga el Humedal de Valsequillo, como consecuencia del tratamiento de hiperoxidación que recibe. Los resultados que se obtengan serán para evaluar la calidad del agua después de la hiperoxigenación y su efecto sobre el tratamiento, en un futuro, sistemas de tratamiento y de esta manera tomar medidas de saneamiento para dar cumplimiento a la normatividad vigente NOM-001-SEMARNAT-1996, a las condiciones particulares de descarga y a la declaratoria de clasificación de los ríos Atoyac, Xochiac o Hueyapan y sus afluentes.</p>		
OBJETIVO:	<p>Muestreo y análisis para la determinación de metales pesados, toxicidad aguda (<i>Vibrio fischeri</i> y <i>Daphnia magna</i>), fisicoquímicos, microbiológicos, compuestos orgánicos volátiles, compuestos orgánicos semivolátiles y parámetros de campo para dos puntos de monitoreo en el Humedal de Valsequillo. Para reforzar estas actividades se trabajó en conjunto con CORPORATIVO AMBIENTAL DIVISIÓN AGUA, S.A. DE C.V., empresa acreditada por EMA.</p>		
SITIOS DE MUESTREO:	<p>Coordenadas del primer punto: 18.905250 con -98.170278 Coordenadas para el segundo punto: 18. 912361 con -98.121083 Ver figura No.1 para la ubicación de los puntos.</p>		
CONTROL CALIDAD:	<p>No aplica.</p>		
MÉTODOS DE MUESTREO:	<p>NMX-AA-014-1980 "Cuerpos receptores - Muestreo".</p>		
FECHAS DE MUESTREO:	<p>30 de mayo y 15 de junio de 2019.</p>		
PERSONAL COMISIONADO	<p>Brigada 1 Signatario autorizado.- Ing. Gerardo Guevara Flores. Signatario autorizado.- QFB: Antonio Chávez Crespo. Signatario autorizado.- TSU: Edgardo Bautista Vázquez.</p>		

ANÁLISIS DE LA DECLARATORIA DE CLASIFICACIÓN DE LOS RIOS ATOYAC Y XOCHIAO O HUEYAPAN Y SUS AFLUENTES.

Parámetros de campo: **Temperatura de agua y ambiente, pH, materia flotante.**

Parámetros de laboratorio: **Fisicoquímicos: Sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos sedimentables, grasas y aceites, fósforo total, nitrógeno total, sólidos disueltos totales, nitrógeno amoniacal, fenoles, sulfatos, cloruros, sulfuros, color y sustancias activas al azul de metileno.**

Biológicos: **Coliformes fecales Metales: Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo total, Mercurio, Níquel, Plomo, Zinc, Hierro, Aluminio, Manganeseo y Cianuro.**

Toxicidad aguda: **(*Vibrio fischeri* y *Daphnia magna*)**

Compuesto orgánicos volátiles y semivolátiles: **Benceno, tolueno, etilbenceno, cloruro de metilo, cloroformo, cloruro de vinilo, 1,2 diclorobenceno, 1,3 diclorobenceno, 1,4 diclorobenceno, 1,2 diclorocetano, tetracloroetileno, bis(2-etilhexil)ftalato y nitrobenceno.**

NOTAS:

1.- Los parámetros fisicoquímicos y los parámetros de mediciones de campo los realizará un laboratorio acreditado por la EMA.

2.- No se evaluará el parámetro de huevos de Helminto, a petición del cliente.

PARÁMETROS QUE SE SUBCONTRATAN PARA ANÁLISIS.

Toxicidad aguda: **(*Vibrio fischeri* y *Daphnia magna*)**

Compuesto orgánicos volátiles y semivolátiles: **Benceno, tolueno, etilbenceno, cloruro de metilo, cloroformo, cloruro de vinilo, 1,2 diclorobenceno, 1,3 diclorobenceno, 1,4 diclorobenceno, 1,2 diclorocetano, tetracloroetileno, bis(2-etilhexil)ftalato y nitrobenceno.**

* Cabe hacer la aclaración que los parámetros de cromatografía están a criterio del cliente para su realización.

LISTADE MATERIAL, REACTIVOS, RECIPIENTES, EQUIPO DE SEGURIDAD, PAPELERIA Y EQUIPO

Equipo de medición	Termómetro de vidrio o termopar de uso general.
	Medidor de pH y temperatura, cámara fotográfica y GPS.
	Papel indicador de pH.
Recipientes	Conforme al método de muestreo.
Equipo de seguridad	Impermeable
	Chalecos salvavidas
	Lentes, zapatos, cascos
	Cuerda, arnés
	Conos de seguridad vial (reflectores)
	Guantes de hule o látex y guantes de carnaza
Otros materiales	Pipetas, piseta y flexómetro.
	Ácido nítrico, marca JTB

Disoluciones y reactivos para preservación	Ácido sulfúrico 1:1, marca JTB Ácido clorhídrico concentrado marca JTB Hidróxido de sodio 6 N. Ácido nítrico suprapour concentrado Ácido sulfúrico 4 mol, marca JTB Sulfato de cobre al 10% Acetato de zinc
Herramienta	No aplica.
Residuos	Se llevará envase para enjuague de pipetas y electrodos.
Calibraciones con material de referencia.	Solución de pH 6.86 marca ERA/CENAM Solución de pH10.01 marca ERA/CENAM Solución de pH 3.99 marca ERA/CENAM * Es importante mencionar que las mediciones y calibraciones las realizará el cliente con su propio equipo.
Disoluciones y muestras de control	Solución buffer pH 7.00, 4.00 y 10.00 marca JTB
Papelería	Etiquetas, sellos Registro de campo Bitácora de actividades Procedimientos de las determinaciones de campo Lista de verificación de material Credencial de la compañía Tabla de apoyo, lapicero y marcador permanente.

Tabla 8. Descripción detallada de las actividades y programas de muestreo.

2.9 Comentarios de la Fase II

La Fase II se presentará por separado para poder realizar una evaluación más específica, tanto del impacto ambiental como del análisis de riesgo.

2.9.1 Evaluación de impacto y análisis de riesgo

El impacto ambiental es la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza (Semarnat, 2019); también podemos definirlo como las consecuencias de la actividad únicamente humana (Rodríguez, 2002), (Bai y Bai, 2014). Existen diferentes tipos de impacto ambiental a nivel mundial, como consecuencia de las guerras y el uso de uranio, a nivel social o sobre el sector productivo (Raffino, 2019). La evaluación de impacto ambiental

es el proceso de examinar los efectos ambientales anticipados de un proyecto propuesto, desde la consideración de los aspectos ambientales en la etapa de diseño, a través de la consulta y la preparación de un EIAR (Reporte de Evaluación de Impacto Ambiental, por sus siglas en inglés), que posteriormente debe evaluarse por un experto o autoridad y considerando la opinión pública para decidir si el proyecto debe continuar (EPA, 2019). No todos los impactos ambientales son negativos, pero al realizar un estudio de impacto ambiental no debe incluirse solamente los impactos positivos, aunque éstos estén enfocados en resaltar los beneficios que va a tener el diseño e implementación del proyecto que se va a realizar (ONU, 2018).

La evaluación de impacto ambiental está formada por varios pasos que pueden variar de acuerdo al país o región en el que se realice. Entre los más significativos se encuentran la descripción del proyecto, los aspectos ambientales involucrados en el proyecto, los impactos más significativos, una predicción de impactos futuros, evaluación de la magnitud y métodos de mitigación, entre otros (Glasson *et al.*, 2011).

En el estudio se analizaron varios aspectos relacionados con la calidad del agua, entre ellos las condiciones de contaminación del Humedal de Valsequillo y el impacto ambiental de las zonas cercanas al mismo. El objetivo del estudio de impacto ambiental fue encontrar la variación de los beneficios del tratamiento por hiperoxidación, considerando no sólo el impacto ambiental sino también su riesgo, sin olvidar por supuesto, la evaluación de calidad por medio de su comparación con ICA. Se verificó si de acuerdo a lo especificado en el contrato, el tratamiento secundario logró una mejoría en la calidad del agua. Este tratamiento consistió en la dosificación en forma de microburbujas de un mínimo de 250 kg/h de aire oxigenado y 60 g/h de ozono.

Según la bibliografía revisada, la inyección de ozono debería ser un tratamiento terciario o previo a un tratamiento biológico para contaminantes resistentes a la biodegradación (Domènech, *et al.*, 2004). Se deberá realizar un análisis a una superficie entre 0.02 y 0.04 m³, utilizando concentraciones de ozono entre 6 y 7 mg/min/m³ para verificar qué cantidad es eliminada de Demanda Química de oxígeno (DQO) presente en cada una de las primeras cuatro zonas que se establecieron. En el caso de la última zona o Zona 5, se considerará verificar la cantidad de coliformes fecales. Las zonas 3 y 4 funcionan de forma estable como un humedal eutrificado, por tanto, la hiperoxidación causaría un desequilibrio en el ecosistema.

2.10 Zonas de estudio del humedal de Valsequillo y parámetros de calidad del agua Conagua 2017

En el presente documento se presenta la delimitación por zonas de trabajo, misma que sirvió para trazar los objetivos de tratamiento, así como los planes de trabajo para el proyecto de Saneamiento de la Presa de Valsequillo (ver Ilustración 7).

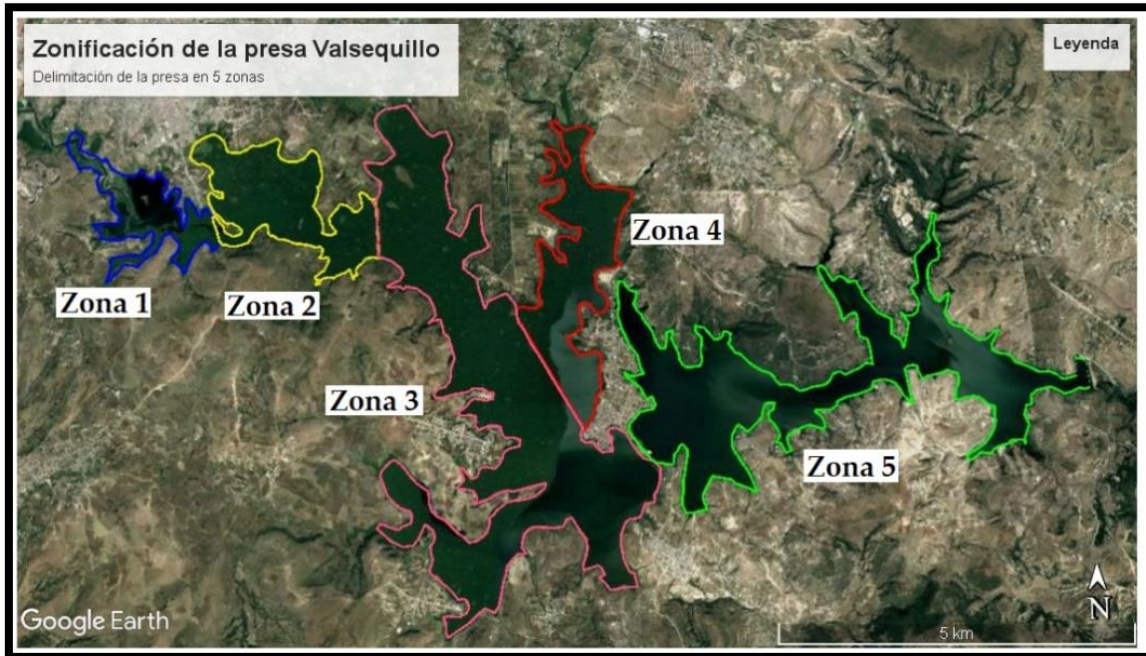


Ilustración 7. Delimitación del Humedal de Valsequillo en 5 zonas. . De acuerdo con el contrato SDRSOT-011/2018

A continuación se presentan las coordenadas geográficas que delimitan en un cuadrante imaginario cada zona de trabajo. Cabe señalar que debido a las irregularidades que presenta el Humedal de Valsequillo, dicho cuadrante es aproximado (ver Tabla 9).

La Zona 5 fue a su vez subdividida en 9 subzonas de trabajo con la finalidad de organizar entre las tres unidades Scavenger 2000™ distintas rutas de navegación que permitieran cubrir la mayor cantidad de área en el menor tiempo posible (ver Ilustración 8).

La presa se encuentra cubierta de un consorcio de macrófitas acuáticas (principalmente lirio acuático). La cobertura aproximada es de 1,200 hectáreas y si bien es cierto que su movilidad depende en buena medida de la dirección del viento, esta se restringe principalmente al interior de la zona 3 y de la zona 4. Se pudo observar que las secciones presentan diferentes condiciones de calidad del agua, como arrojan los resultados presentados, pero existe un flujo principal que se toma como base para determinar la calidad del agua, ya que el sistema no presenta una mezcla totalmente homogénea, de donde surge la necesidad de subdividir en zonas.

	Límite izquierdo superior		Límite derecho superior		Límite inferior izquierdo		Límite inferior derecho	
	Norte	Oeste	Norte	Oeste	Norte	Oeste	Norte	Oeste
Zona 1	18° 56' 53.07"	98° 15' 01.42"	18° 56' 15.67"	98° 13' 41.30"	18° 55' 37.5"	98° 14' 40.76"	18° 55' 37.5"	98° 14' 40.76"
Zona 2	18° 56' 49.19"	98° 12' 56.42"	18° 56' 21.78"	98° 12' 56.42"	18° 55' 54.06"	98° 13' 41.82"	18° 55' 44.62"	98° 12' 23.00"
Zona 3	18° 54' 44.93"	98° 10' 37.37"	18° 54' 44.93"	98° 10' 37.37"	18° 52' 46.12"	98° 11' 56.90"	18° 53' 10.62"	98° 10' 14.66"
Zona 4	18° 56' 54.69"	98° 10' 59.60"	18° 56' 16.56"	98° 10' 12.04"	18° 55' 23.86"	98° 11' 17.96"	18° 54' 24.68"	98° 10' 41.43"
Zona 5	18° 54' 34.64"	98° 09' 49.04"	18° 54' 54.56"	98° 06' 30.85"	18° 53' 43.19"	98° 09' 56.47"	18° 54' 33.49"	98° 06' 30.23"

Tabla 9. Coordenadas geográficas de los cuadrantes que delimitan las zonas de trabajo de la presa Valsequillo.

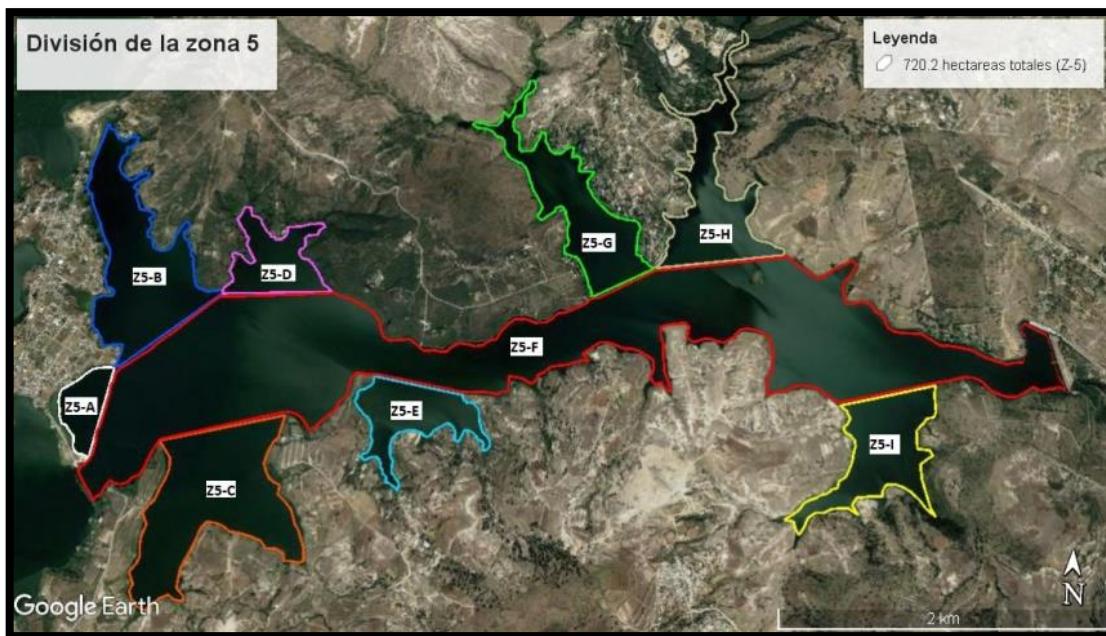


Ilustración 8. Zona 5 (zona inicial de tratamiento) y subdivisión en 9 sub-zonas.

La Ilustración 9 muestra la geolocalización del lirio acuático durante la mayor parte del año.

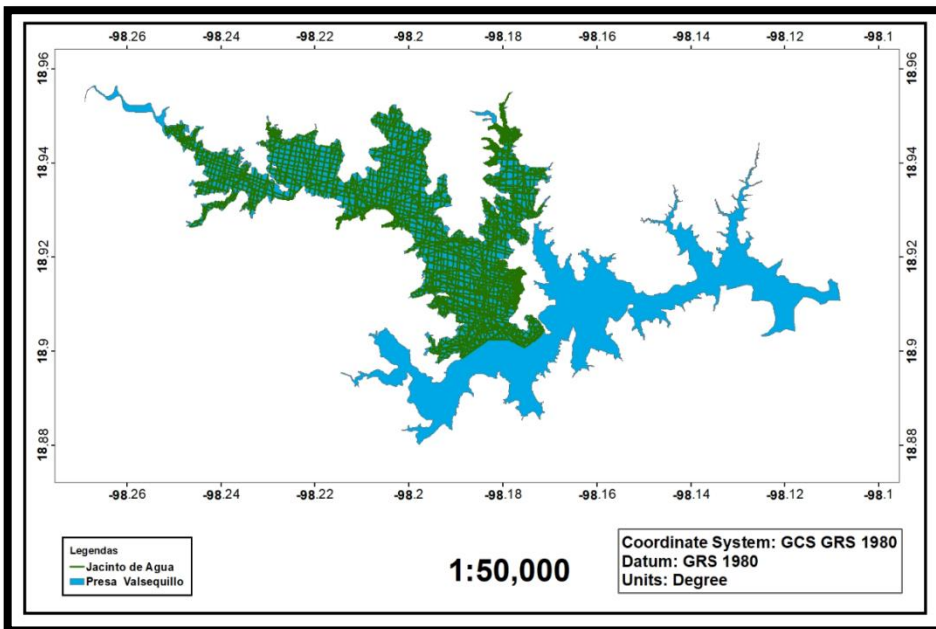


Ilustración 9. Zonas con mayor concentración de lirio acuático en el Humedal de Valsequillo (zonas 1, 2 y parte de la 3). Fuente: CEAS (2009).

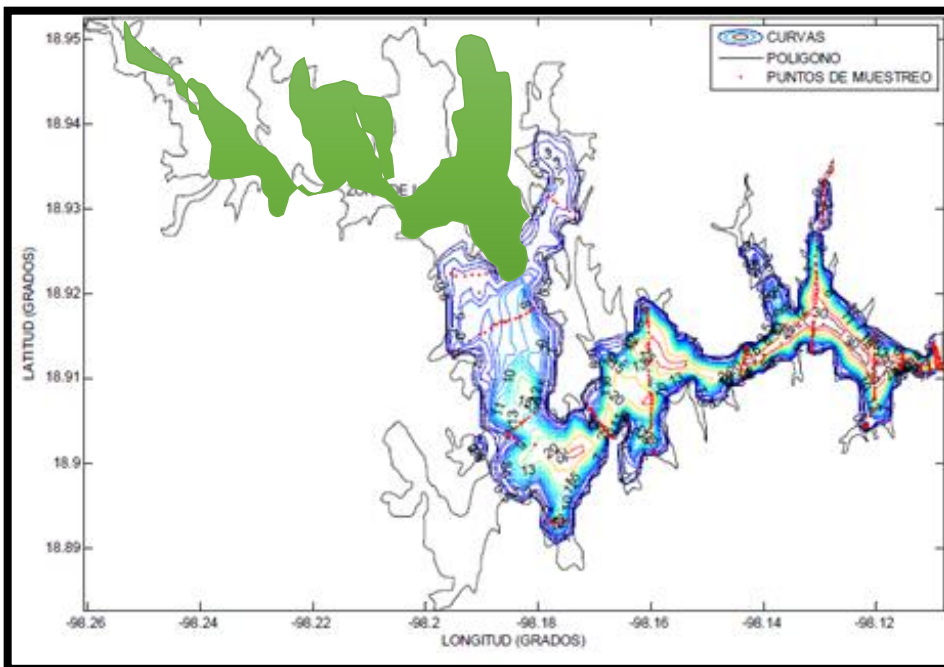


Ilustración 10. Estudio de batimetría del Humedal de Valsequillo. Fuente: Mia CEAS (2009).

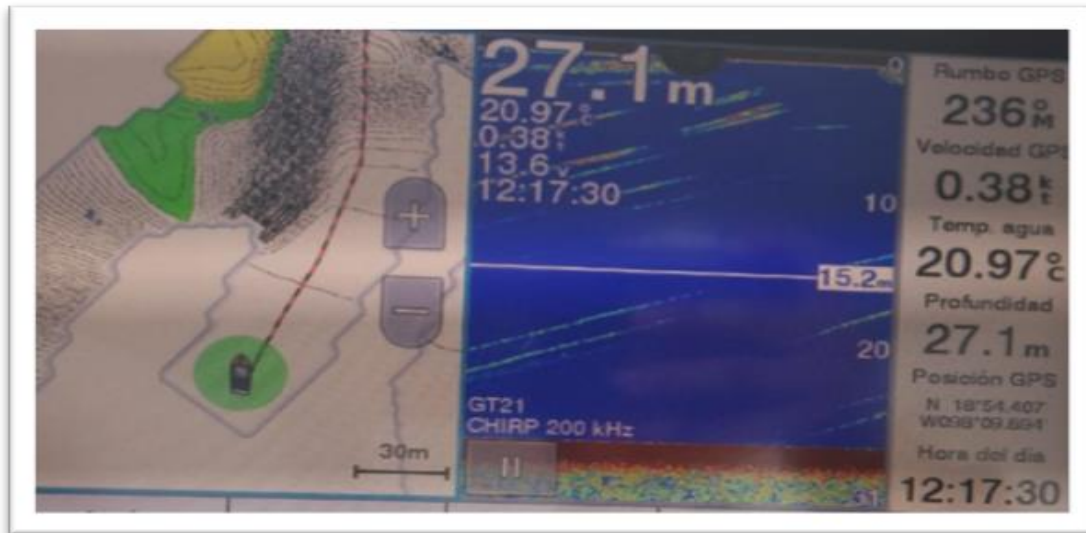


Ilustración 11. Interfaz de control del sistema Scavenger 2000TM durante la operación Fuente: propia (2019)

En el estudio inicial se consideró el sistema completo dividido en 5 zonas. Es importante ver que de acuerdo con las especificaciones del equipo Scavenger 2000™ (ver Ilustración 12), para llevar a cabo el proceso de análisis se tuvo que considerar la influencia de la profundidad (ver Tablas 10 y 11).



Ilustración 12. Sistema Scavenger 2000TM en el embarcadero en la Zona 5 del Humedal de Valsequillo. Fuente: propia (2019).

Especificaciones técnicas SCAVENGER 2000			
Longitud	38 pies	11.552	m
Ancho máximo	8 pies	2.432	m
Altura desde la línea de flotación	10 pies	3.04	m
Ancho de proa	14 pies	4.256	m
Calado	4 pies	1.216	m
Franco bordo	3 pies	0.912	m
Peso bruto	12.5 ton		
Grupo motor principal	Motor Diesel Marino		
Bomba de cisterna de agua	750 usgpm a 100 PSI	47.3	L/s
Capacidad de tanque total	85 usg	321.76	L
Tripulación requerida	1 operador		
Inyección de oxígeno	150,000 lph		
Rango de decontaminación	10,000-20,000 gpm	630.9	L/s

Tabla 10. Especificaciones técnicas del sistema Scavenger 2000™. Fuente: <https://scavengervessel.com/features-of-the-scavenger2000-water-decontamination-system/>

Rendimiento del barco		
V de navegación normal	6 a 9.5 nudos	11.11 a 17.5 km/h
V de navegación máxima	8 a 12 nudos	14.8 a 22.22 Km/h
V de operación	1.5 a 3 nudos	2.77 a 5.55 Km/h
Maniobrabilidad: vira en el lugar	360 grados	
Horas de operación entre reabastecimiento de combustible	25 horas	

Tabla 11. Rendimiento del barco por cada 24 horas de operación, de acuerdo a lo establecido en el contrato. SDRSOT-011/2018.

Sobre la temperatura, sus variaciones en función de la profundidad son despreciables dentro del modelo de evaluación porque sólo varían de 1 a 2 grados centígrados a la zona media del embalse, de acuerdo con el perfil de temperatura (ver Ilustración 13).

También se encontró que el rango de variación de temperatura es de 1 a 2 grados centígrados en la primera parte del perfil (primeros 9 metros), mientras que en la segunda parte (de 9 a 18 m) varía rápidamente 4 grados centígrados.

Distribución vertical del perfil de temperatura. Con respecto a esta distribución, los registros muestran la ocurrencia de tres capas principales, con una variación vertical total de

22.5 °C, en promedio en la superficie y 15.8 °C en promedio en el fondo. La primera capa, o capa superficial, definida entre la superficie y los primeros 10 a 12 m de profundidad, es la capa que presenta la mayor variación espacial de temperatura (menor a 2 °C). Esta variación debe de ser resultado del calentamiento diferencial que experimenta la masa de agua de la presa, en regiones con profundidades y/o contenido de materia en suspensión diferentes. La disminución constante de la temperatura con la profundidad indica a su vez, que durante los días previos a la realización de los muestreos no se presentó una mezcla importante por viento, ni tampoco se desarrollaron movimientos convectivos de consideración por enfriamiento superficial. Por tanto, la estructura de esta capa responde al calentamiento diurno del agua superficial y a una escasa mezcla vertical.

Distribución horizontal del perfil de temperatura. Considerando que la variación horizontal de la temperatura ocurrió, preferentemente, durante los primeros 10 m de la columna de agua, se establecieron los mapas de contornos de la distribución espacial de esta propiedad para las profundidades de 1, 5 y 10 m. Los resultados reflejan la condición ya descrita. Esto, en cuanto a que las diferencias horizontales de temperatura no exceden los 2°C a ninguna profundidad. La característica a resaltar de esta distribución es que las temperaturas máximas superficiales se presentaron preferentemente en el área de la cortina de la presa y en las zonas cercanas a la ribera norte de la misma.

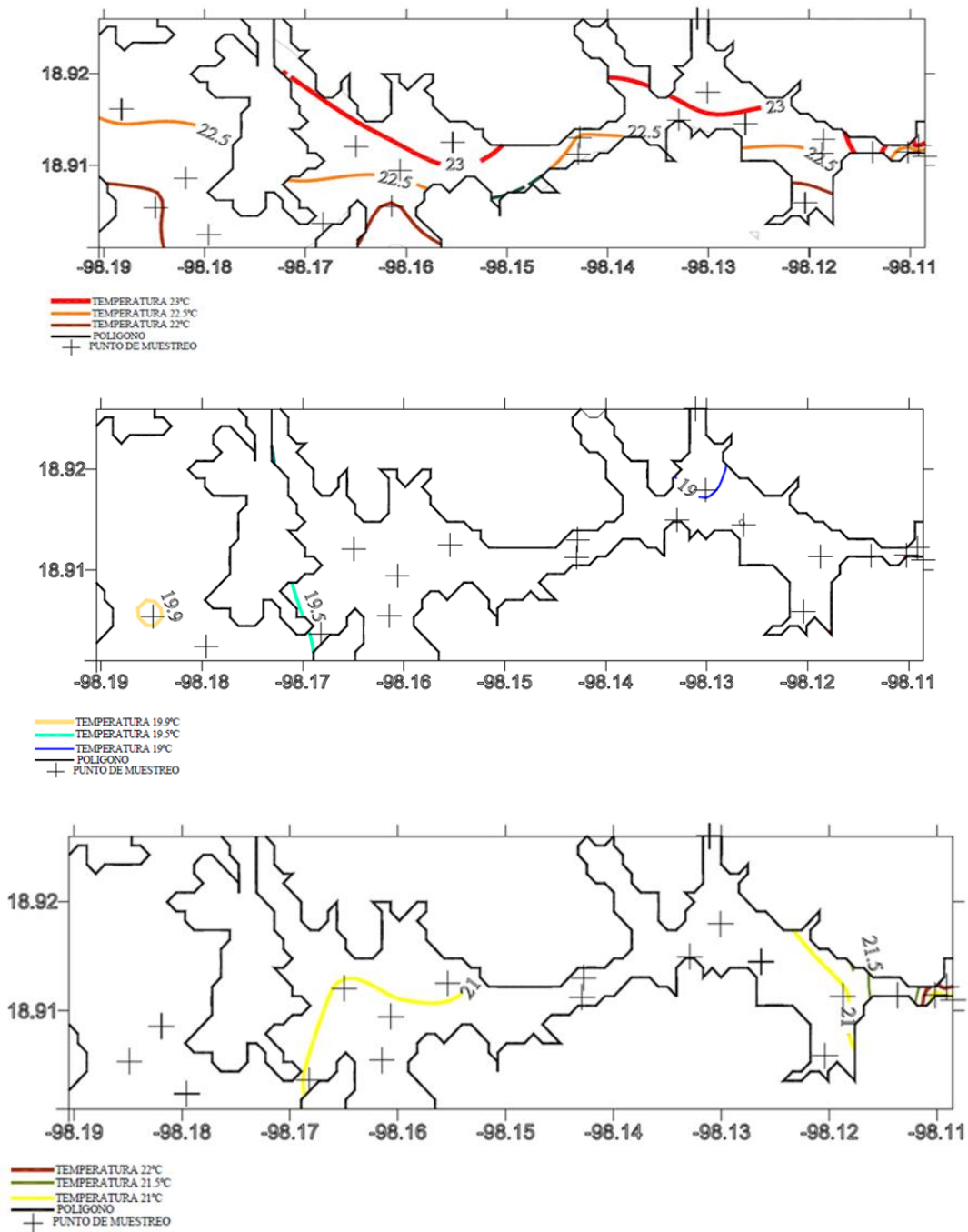
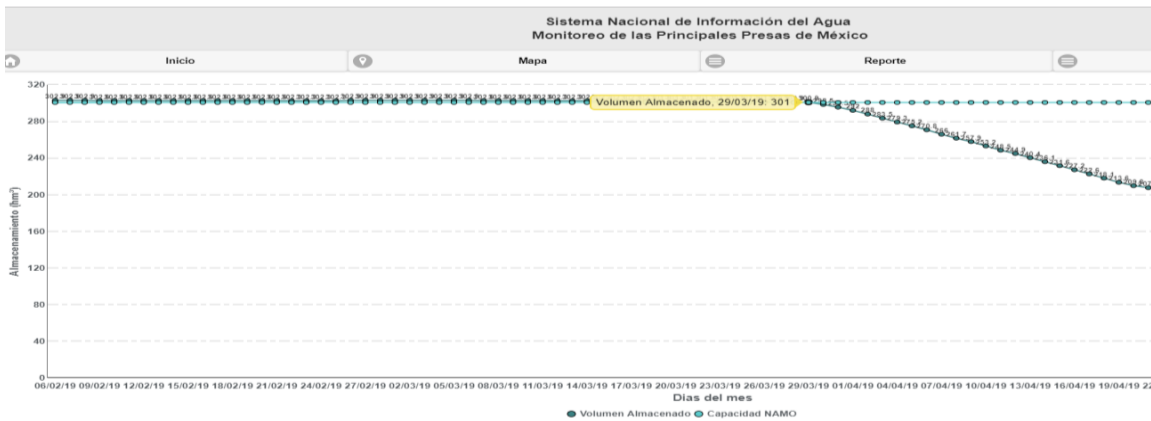
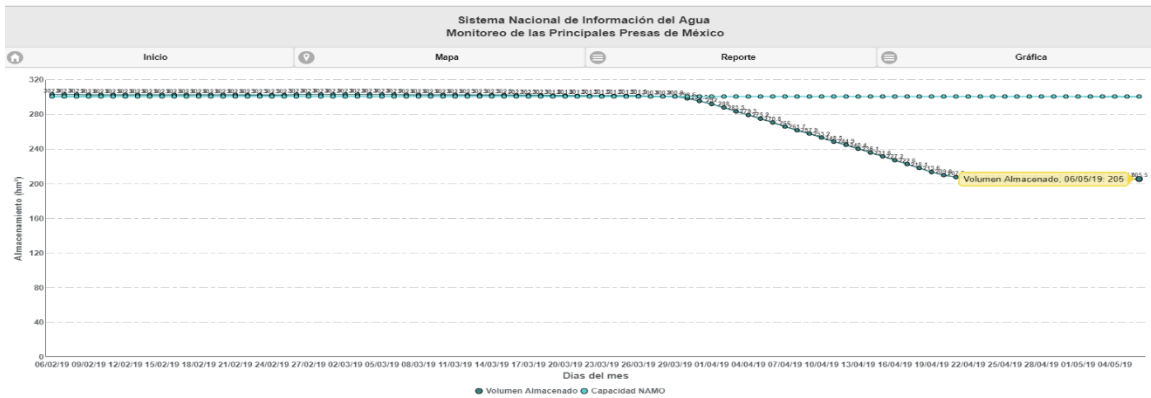


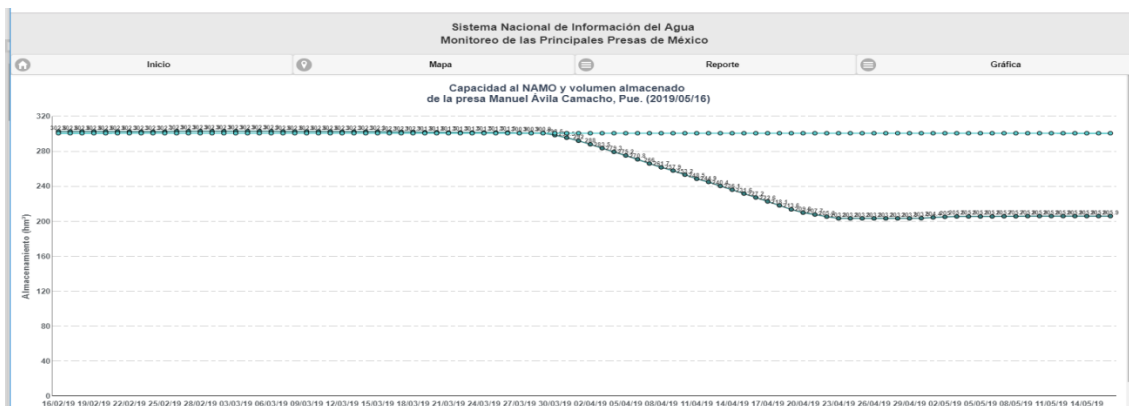
Ilustración 13. Temperatura de la Zona 5 y parte de la Zona 3 del Humedal de Valsequillo. Fuente: CEAS (2019).



Gráfica 2. Volumen almacenado de agua del Humedal de Valsequillo del 6 de Febrero al 22 de Abril de 2019.



Gráfica 3. Volumen almacenado de agua del Humedal de Valsequillo del 6 de Febrero al 06 de Mayo de 2019.



Gráfica 4. Volumen almacenado de agua del Humedal de Valsequillo del 6 de Febrero al 16 de Mayo de 2019.

Calidad del agua (nacional)							
Mapa		Reporte		Gráfica		Niveles	
manuel				SST			
Estaciones de monitoreo de calidad del agua (2017)							
Clave	Estación	Sistema	Clasificación	Valor *	Indicador de calidad	Siglas	
	Presa Manuel Avila Camacho 1		Léntico	Buena Calidad	69.33	Sólidos Suspendedos Totales	SST
Opciones	Presa Manuel Avila Camacho 5		Léntico	Excelente	20.50	Sólidos Suspendedos Totales	SST
	Presa Manuel Avila Camacho 6		Léntico	Excelente	7.25	Sólidos Suspendedos Totales	SST
	Manuel Avila Camacho (Obra De Toma) P1(32)		Léntico	Excelente	6.25	Sólidos Suspendedos Totales	SST

Gráfica 5. Condiciones de calidad del agua en el Humedal de Valsequillo en 2017.

CARACTERÍSTICAS DE LA PRESA	
Nivel de aguas máximas ordinarias (NAMO)	
ELEVACIÓN:	2059.020 msnm
Almacenamiento	300.654 hm ³
Nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME)	
ELEVACIÓN	2062 msnm
Almacenamiento	391.489 hm ³
Uso de la presa	Riego
Tipo de vertedor	Libre
Fecha de inicio de operación	1946
Altura de cortina	85 metros
Elevación de la corona	2064 msnm
Bordo libre	2 metros

Ilustración 14. Características del Humedal de Valsequillo. Fuente: Sistema Nacional de Información del Agua, Conagua (2019).

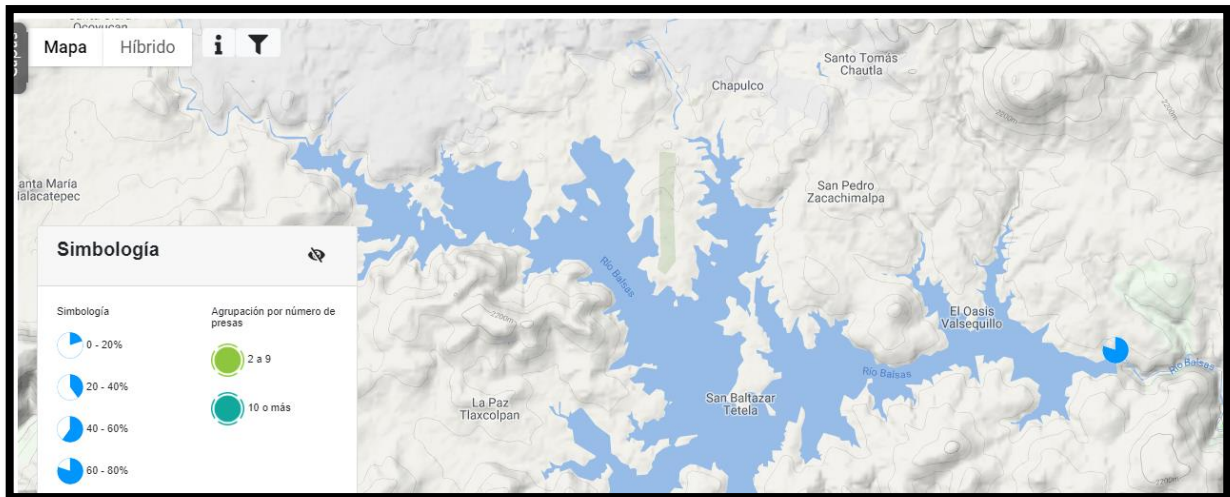


Ilustración 15. Ubicación de la bolla de monitoreo del Humedal de Valsequillo. Fuente: Sistema Nacional de Información del Agua, Conagua (2019)

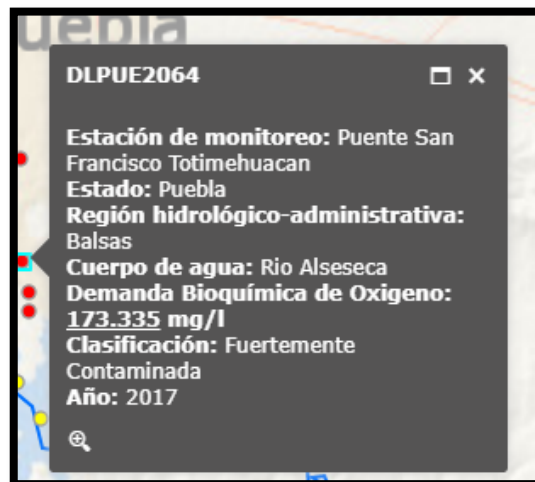


Ilustración 16. Estado del río Alseseca en el año 2017. Fuente: Sistema Nacional de Información del Agua, Conagua (2019).

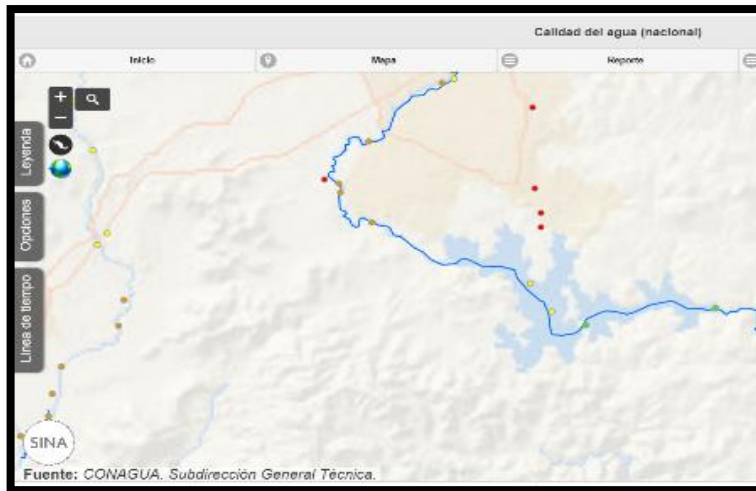


Ilustración 17. Calidad del agua del río Alseseca en el año 2017. Los puntos rojos indican los sitios donde se exceden los límites establecidos por la NOM-001-SEMARNAT-1996. Fuente: Sistema Nacional de Información del Agua, Conagua (2017).

Como puede observarse en la Ilustración 18, los puntos rojos muestran que el sistema del río Alseseca está altamente contaminado y fuera de los límites de la norma de calidad del agua NOM-001-SEMARNAT-1996. La línea azul muestra la dirección preferente de la corriente de agua y los lugares de donde se obtuvo información secundaria. Las Ilustraciones 18 a 56 sirvieron de referencia para la evaluación técnica del Humedal de Valsequillo en 2019.

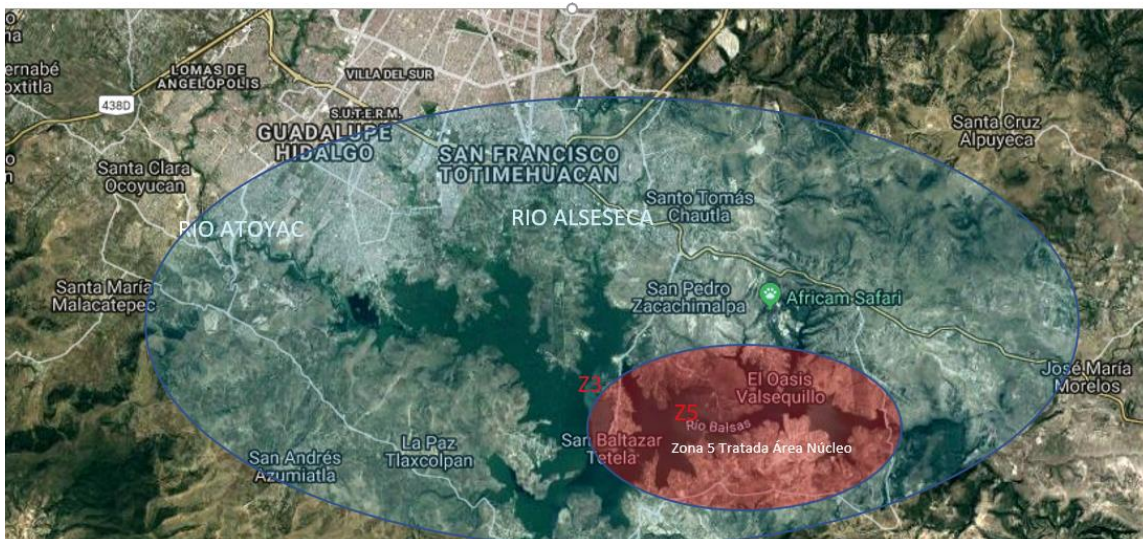


Ilustración 18. Dirección de los principales ríos y área de tratamiento. Fuente: Elaboración propia.

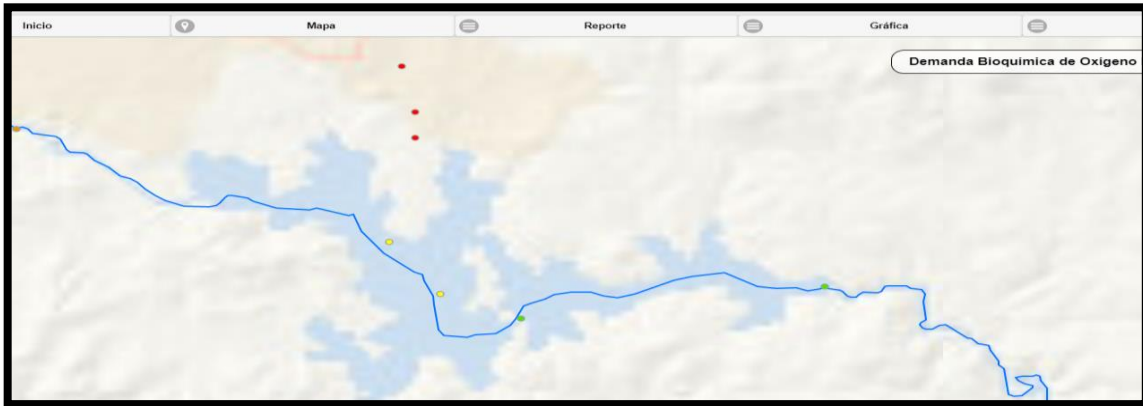


Ilustración 19. Puntos de muestreo en el Humedal de Valsequillo. Se puede observar que la DBO excede los límites establecidos por la NOM-001-SEMARNAT-1996. Fuente: Sistema Nacional de Información del Agua, Conagua (2017).

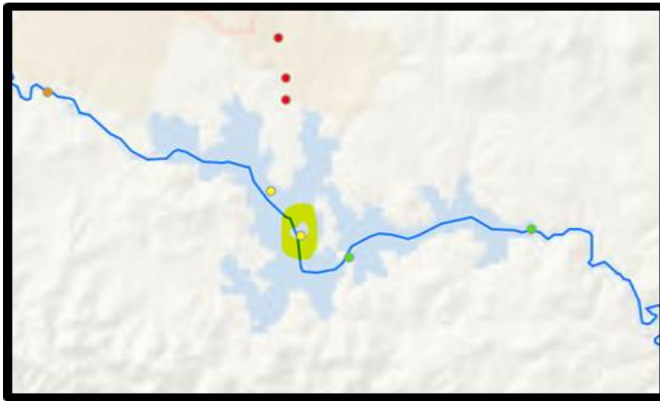
Demanda Bioquímica de Oxígeno por puntos de muestreo en Valsequillo.



Ilustración 20. Muestreo de la DBO en la Zona 5, área de la cortina (5 mg/l).



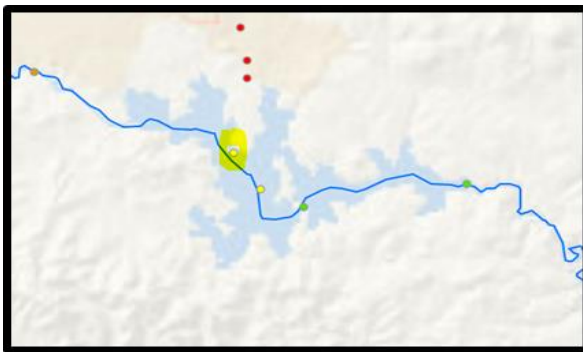
Ilustración 21. Muestreo de la DBO en la Zona 5, área de la panga (5.5 mg/l).



DLPUE2065 (1 de 2)

Estación de monitoreo: Presa Manuel Avila Camacho 5
Estado: Puebla
Región hidrológico-administrativa: Balsas
Cuerpo de agua: Presa Manuel Avila Camacho
Demanda Bioquímica de Oxígeno: 7.835 mg/l
Clasificación: Aceptable
Año: 2017

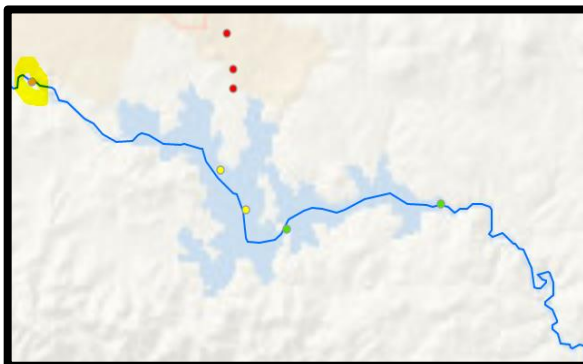
Ilustración 22. Muestreo de la DBO en la Zona 3 (7.835 mg/l).



DLPUE2057 (1 de 2)

Estación de monitoreo: Presa Manuel Avila Camacho 1
Estado: Puebla
Región hidrológico-administrativa: Balsas
Cuerpo de agua: Presa Manuel Avila Camacho
Demanda Bioquímica de Oxígeno: 14.5 mg/l
Clasificación: Aceptable
Año: 2017

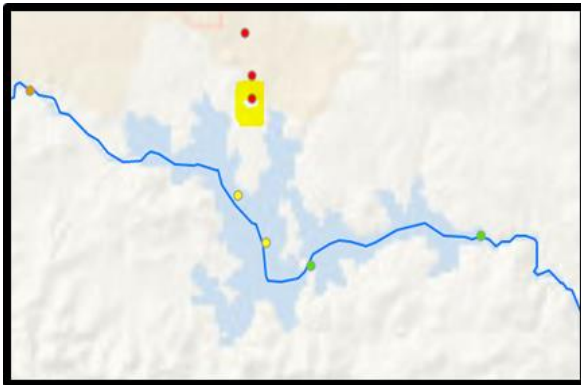
Ilustración 23. Muestreo de la DBO en la Zona 2 (14.5 mg/l).



DLPUE2056 (1 de 2)

Estación de monitoreo: Ampliación Union Antorchista
Estado: Puebla
Región hidrológico-administrativa: Balsas
Cuerpo de agua: Río Atoyac
Demanda Bioquímica de Oxígeno: 60 mg/l
Clasificación: Contaminada
Año: 2017

Ilustración 24. Muestreo de la DBO en la Zona 1 (río Atoyac, entrada a la Presa de Valsequillo) (60 mg/l).



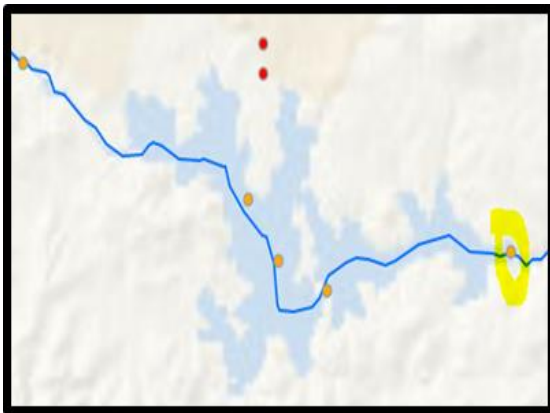
DLPUE2061W1 □ ×

Estación de monitoreo: Alseseca San Francisco Totimehuacan P1 (22)
Estado: Puebla
Región hidrológico-administrativa: Balsas
Cuerpo de agua: Rio Alseseca
Demanda Bioquímica de Oxígeno: **160 mg/l**
Clasificación: Fuertemente Contaminada
Año: 2017

🔍

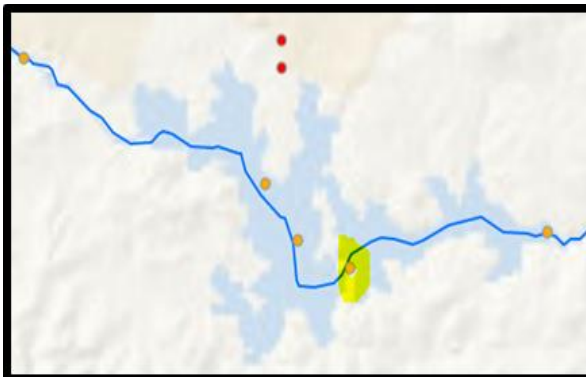
Ilustración 25. Muestreo de la DBO en la Zona 4, río Alseseca (160 mg/l).

Demanda química de Oxígeno (DQO) en el humedal de Valsequillo por ubicación



Estación de monitoreo: Manuel Avila Camacho (Obra de Toma) P1(32)
Estado: Puebla
Región hidrológico-administrativa: Balsas
Cuerpo de agua: Rio Atoyac
Demanda Química de Oxígeno: **55.97 mg/l**
Clasificación: Contaminada
Año: 2017

Ilustración 26 Muestreo de la DQO en la Zona 5, área de la cortina (55.97mg/l)



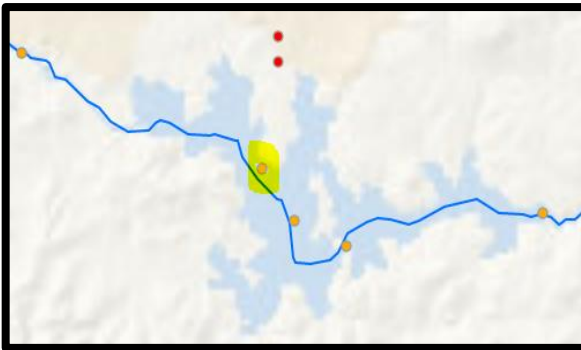
Estación de monitoreo: Presa Manuel Avila Camacho 6
Estado: Puebla
Región hidrológico-administrativa: Balsas
Cuerpo de agua: Presa Manuel Avila Camacho
Demanda Química de Oxígeno: **45.705 mg/l**
Clasificación: Contaminada
Año: 2017

Ilustración 27 Muestreo de la DQO en la Zona 5, área de la panga (45.705 mg/l).



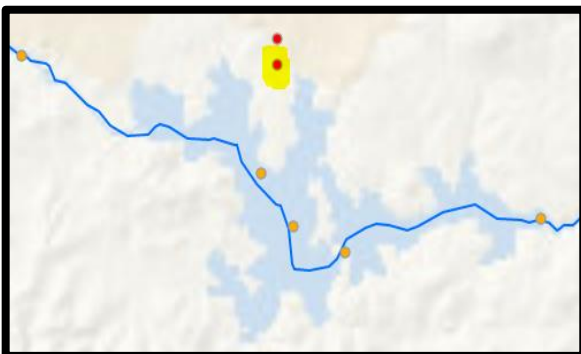
Estación de monitoreo: Presa Manuel Avila Camacho 5
Estado: Puebla
Región hidrológico-administrativa: Balsas
Cuerpo de agua: Presa Manuel Avila Camacho
Demanda Química de Oxígeno: 67.665 mg/l
Clasificación: Contaminada
Año: 2017

Ilustración 28. Muestreo de la DQO en la Zona 3 (67.665 mg/l).



Estación de monitoreo: Presa Manuel Avila Camacho 1
Estado: Puebla
Región hidrológico-administrativa: Balsas
Cuerpo de agua: Presa Manuel Avila Camacho
Demanda Química de Oxígeno: 97.08 mg/l
Clasificación: Contaminada
Año: 2017

Ilustración 29. Muestreo de la DQO en la Zona 2 (97.08 mg/l).



Estación de monitoreo: Alseseca San Francisco Totimehuacan P1 (22)
Estado: Puebla
Región hidrológico-administrativa: Balsas
Cuerpo de agua: Río Alseseca
Demanda Química de Oxígeno: 386.165 mg/l
Clasificación: Fuertemente Contaminada
Año: 2017

Ilustración 30. Muestreo de la DQO en la Zona 4, río Alseseca (386.165 mg/l).



Estación de monitoreo: Ampliacion Union Antorchista
Estado: Puebla
Región hidrológico-administrativa: Balsas
Cuerpo de agua: Rio Atoyac
Demanda Química de Oxígeno: 169.34 mg/l
Clasificación: Contaminada
Año: 2017

Ilustración 31. Muestreo de la DQO en la Zona 1 (río Atoyac, entrada a la Presa de Valsequillo) (169.34 mg/l).

Sólidos suspendidos totales por puntos de muestreo en el humedal Valsequillo



Estación de monitoreo: Manuel Avila Camacho (Obra de Toma) P1(32)
Estado: Puebla
Región hidrológico-administrativa: Balsas
Cuerpo de agua: Rio Atoyac
Sólidos Suspendidos Totales: 6.25 mg/l
Clasificación: Excelente
Año: 2017

Ilustración 32 Muestreo de SST en la Zona 5, área de la cortina (6.25 mg/l).



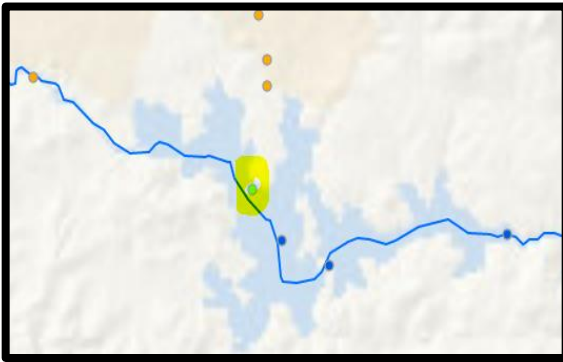
Estación de monitoreo: Presa Manuel Avila Camacho 6
Estado: Puebla
Región hidrológico-administrativa: Balsas
Cuerpo de agua: Presa Manuel Avila Camacho
Sólidos Suspendidos Totales: 7.25 mg/l
Clasificación: Excelente
Año: 2017

Ilustración 33. Muestreo de SST en la Zona 5, área de la panga (7.25 mg/l).



Estación de monitoreo: Presa Manuel Avila Camacho 5
Estado: Puebla
Región hidrológico-administrativa: Balsas
Cuerpo de agua: Presa Manuel Avila Camacho
Sólidos Suspendidos Totales: 20.5 mg/l
Clasificación: Excelente
Año: 2017

Ilustración 34. Muestreo de SST en la Zona 3 (20.5 mg/l).



Estación de monitoreo: Presa Manuel Avila Camacho 1
Estado: Puebla
Región hidrológico-administrativa: Balsas
Cuerpo de agua: Presa Manuel Avila Camacho
Sólidos Suspendidos Totales: 69.33 mg/l
Clasificación: Buena Calidad
Año: 2017

Ilustración 35 Muestreo de SST en la Zona 2 (69.33 mg/l).



Estación de monitoreo: Alseseca San Francisco Totimehuacan P1 (22)
Estado: Puebla
Región hidrológico-administrativa: Balsas
Cuerpo de agua: Río Alseseca
Sólidos Suspendidos Totales: 179.26 mg/l
Clasificación: Contaminada
Año: 2017

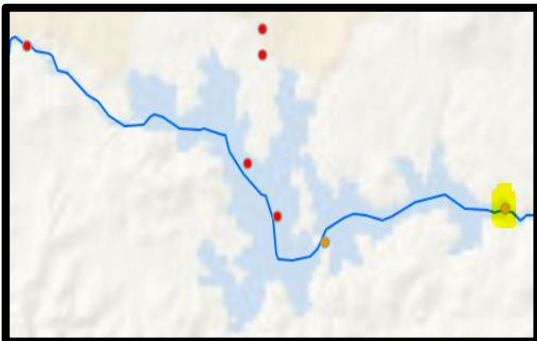
Ilustración 36 Muestreo de SST en la Zona 4, río Alseseca (179.26 mg/l).



Estación de monitoreo: Ampliacion Union Antorchista
Estado: Puebla
Región hidrológico-administrativa: Balsas
Cuerpo de agua: Río Atoyac
Sólidos Suspendidos Totales: 250 mg/l
Clasificación: Contaminada
Año: 2017

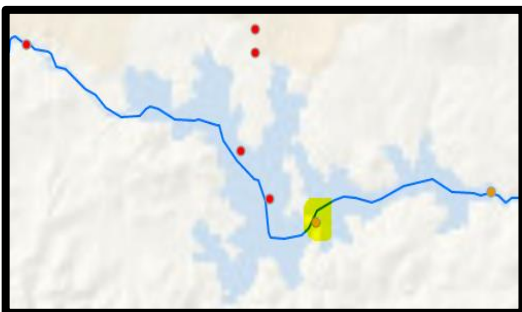
Ilustración 37 Muestreo de SST en la Zona 1 (río Atoyac, entrada a la Presa de Valsequillo) (250 mg/l).

Coliformes Fecales por puntos de muestreo en el Humedal Valsequillo



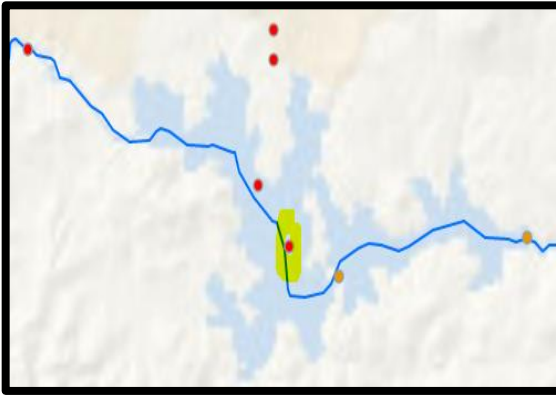
Sitio: Manuel Avila Camacho (Obra de Toma) P1(32)
Estado: Puebla
Municipio: Puebla
Región hidrológico-administrativa: Balsas
Coliformes fecales: 1665 NMP/100 ml
Clasificación: Contaminada
Año: 2017

Ilustración 38. Coliformes en la Cortina, Zona 5.



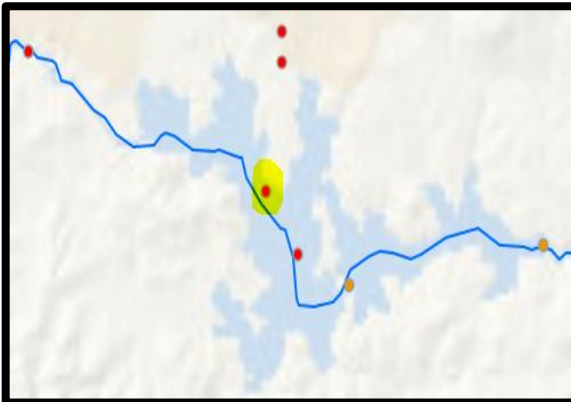
Sitio: Presa Manuel Avila Camacho 6
Estado: Puebla
Municipio: Puebla
Región hidrológico-administrativa: Balsas
Coliformes fecales: 5965 NMP/100 ml
Clasificación: Contaminada
Año: 2017

Ilustración 39. Coliformes a la altura de la panga.



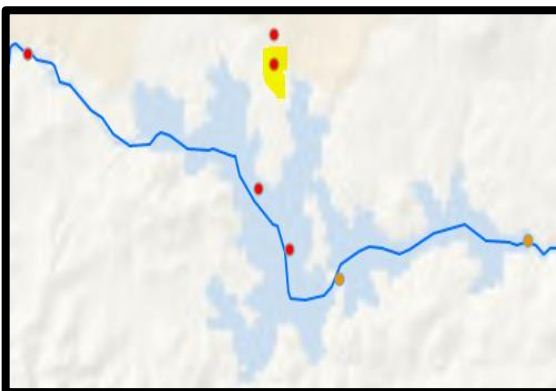
Sitio: Presa Manuel Avila Camacho 5
Estado: Puebla
Municipio: Puebla
Región hidrológico-administrativa: Balsas
Coliformes fecales: 17500 NMP/100 ml
Clasificación: Fuertemente contaminada
Año: 2017

Ilustración 40 Coliformes en la zona III



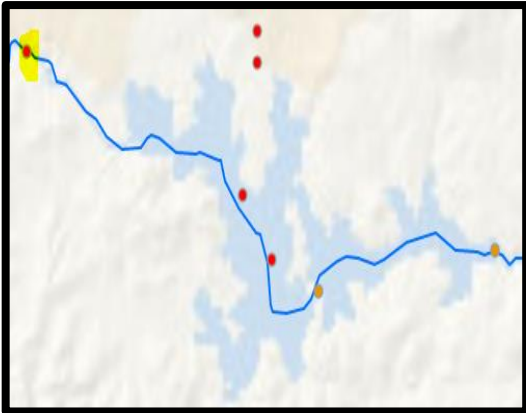
Sitio: Presa Manuel Avila Camacho 1
Estado: Puebla
Municipio: Puebla
Región hidrológico-administrativa: Balsas
Coliformes fecales: 11000 NMP/100 ml
Clasificación: Fuertemente contaminada
Año: 2017

Ilustración 41. Coliformes en la Zona II.



Sitio: Alseseca San Francisco Totimehuacan P1 (22)
Estado: Puebla
Municipio: Puebla
Región hidrológico-administrativa: Balsas
Coliformes fecales: 24000 NMP/100 ml
Clasificación: Fuertemente contaminada
Año: 2017

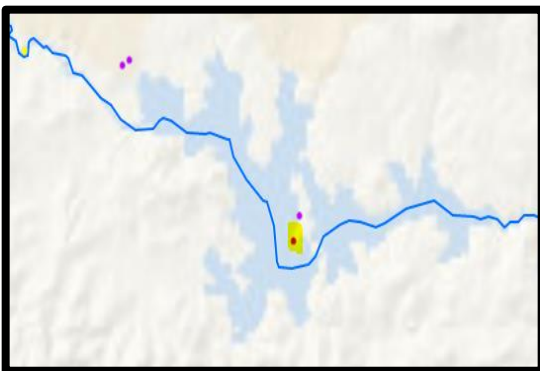
Ilustración 42. Coliformes en la llegada del Alseseca.



Sitio: Ampliación Union Antorchista
Estado: Puebla
Municipio: Puebla
Región hidrológico-administrativa:
 Balsas
Coliformes fecales: 24000 NMP/100 ml
Clasificación: Fuertemente
 contaminada
Año: 2017

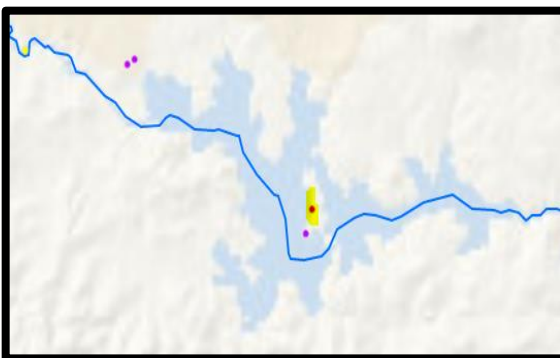
Ilustración 43. Coliformes en la Zona I, Llegada del río Atoyac al Humedal

Sólidos totales disueltos por puntos de muestreo en el humedal Valsequillo



Sitio de monitoreo: San Baltazar Tetela
 Pozo Centro
Estado: Puebla
Región hidrológico-administrativa:
 Balsas
Sólidos Totales Disueltos: 722 mg/l
Clasificación: Dulce
Año: 2017

Ilustración 44. Sólidos totales disueltos en la Zona III.



Sitio de monitoreo: San Baltazar Tetela
 Pozo de La " Y " Griega
Estado: Puebla
Región hidrológico-administrativa:
 Balsas
Sólidos Totales Disueltos: 410 mg/l
Clasificación: Dulce
Año: 2017

Ilustración 45. Sólidos disueltos en la Zona II, a altura de la Panga.



Sitio de monitoreo: Colonia Unión Antorchista
Estado: Puebla
Región hidrológico-administrativa: Balsas
Sólidos Totales Disueltos: 1,016 mg/l
Clasificación: Ligeramente Salobre
Año: 2017

Ilustración 46. Sólidos Disueltos Totales, a la llegada del río Atoyac

<i>Situación del pozo colindante con el Lago de Valsequillo</i>			
<i>Nombre</i>	<i>Valor</i>		<i>Clasificación</i>
<i>Alcalinidad total</i>	<i>354</i>	<i>mg/L</i>	<i>Alta</i>
<i>Conductividad</i>	<i>1018.5</i>	<i>μS/cm</i>	<i>Permisible para riego</i>
<i>Solidos Disueltos Totales</i>	<i>0</i>	<i>mg/L</i>	
<i>Solidos Disueltos Totales Medidos</i>	<i>702</i>	<i>mg/L</i>	
<i>Salinidad</i>	<i>Potable- dulce</i>	<i>Unidad</i>	
<i>Fluoruros Totales</i>	<i>0.5645</i>	<i>mg/L</i>	<i>Media</i>
<i>Dureza total</i>	<i>420</i>	<i>mg/L</i>	<i>Potable- Dura</i>
<i>Coliformes Fecales</i>	<i>16.5</i>	<i>NMP/100 ml</i>	<i>Buena calidad</i>
<i>Nitrógeno de nitratos</i>	<i>14.4675</i>	<i>mg/L</i>	<i>No apta como FAAP</i>
<i>Arsénico Total</i>	<i><0.01</i>	<i>mg/L</i>	<i>Excelente</i>
<i>Cadmio Total</i>	<i><0.003</i>	<i>mg/L</i>	<i>Excelente</i>
<i>Cromo Total</i>	<i>0.005475</i>	<i>mg/L</i>	<i>Excelente</i>
<i>Mercurio Total</i>	<i><0.0005</i>	<i>mg/L</i>	<i>Excelente</i>
<i>Plomo Total</i>	<i><0.005</i>	<i>mg/L</i>	<i>Excelente</i>
<i>Manganeso Total</i>	<i>0.00537</i>	<i>mg/L</i>	<i>Excelente</i>
<i>Hierro Total</i>	<i>0.085735</i>	<i>mg/L</i>	<i>Excelente</i>
<i>Contaminantes presentes en incumplimiento</i>	<i>NO3</i>		

Ilustración 47. Parámetros del pozo colindante con el Humedal de Valsequillo: Dureza total, coliformes fecales, nitrógeno de nitritos, arsénico total, cadmio, cromo, mercurio, plomo y manganeso, entre otros. Fuente: Conagua (2017).

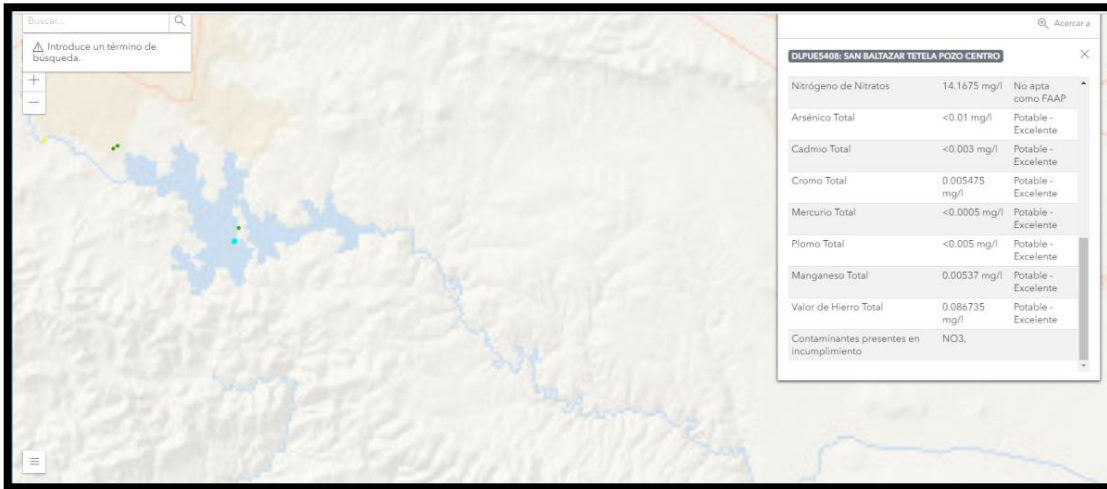


Ilustración 48. Ubicación de monitoreo del pozo colindante con el Humedal de Valsequillo. Fuente: Conagua (2017).

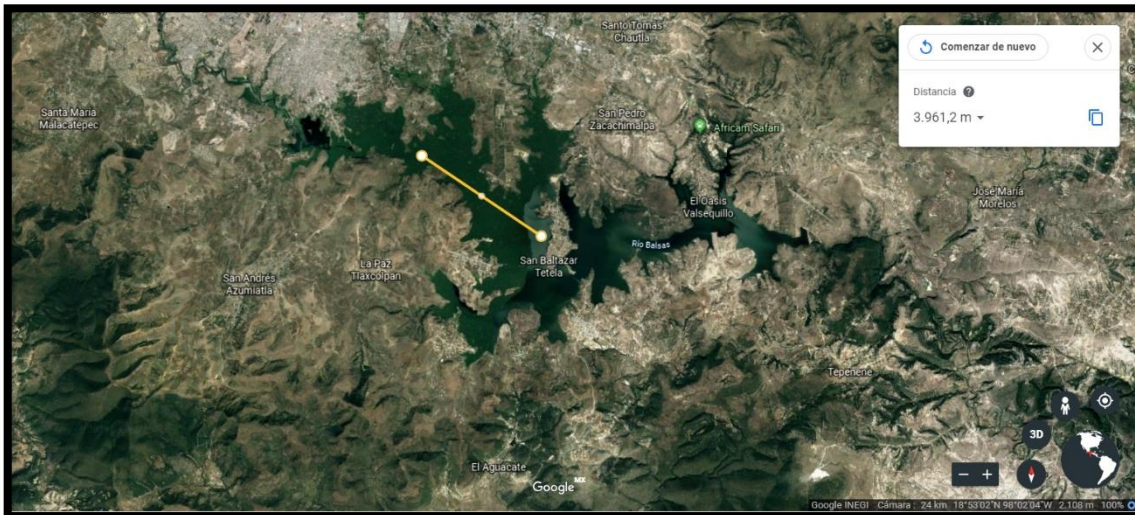


Ilustración 49. Fuerte concentración de lirio, que impide la navegación del sistema Scavenger 2000™ entre las zonas 2 y 3 (~3,961.2 m) del Humedal de Valsequillo. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 50 Parte navegable del sistema Scavenger 2000™ entre las zonas 3 y el embarcadero (~1,652.5 m) del Humedal de Valsequillo. Fuente: Elaboración propia.

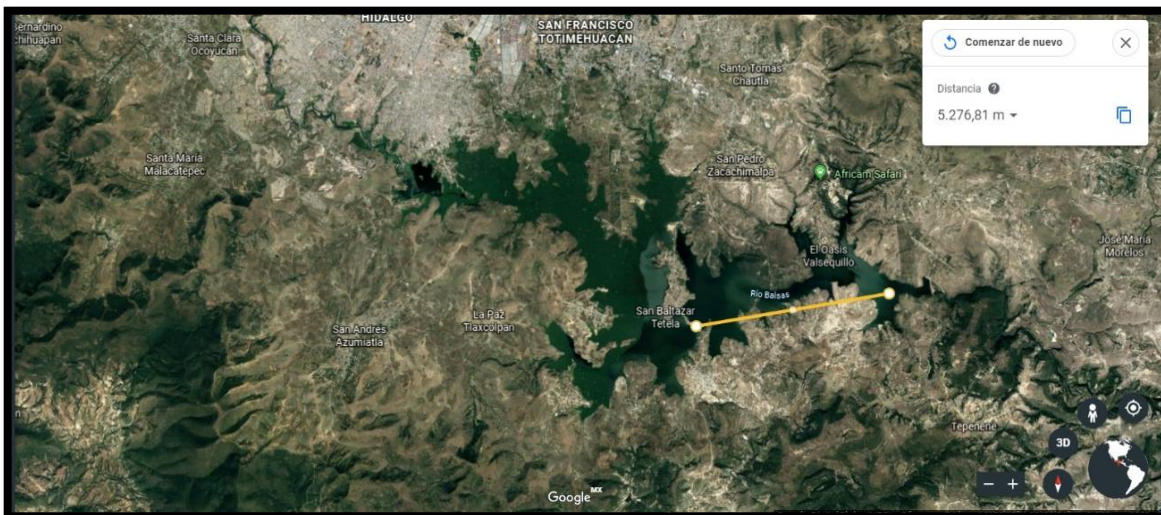


Ilustración 51. Parte totalmente navegable por el sistema Scavenger 2000™ en la Zona 5 (~5,276.8 m) del Humedal de Valsequillo. Fuente: Elaboración propia

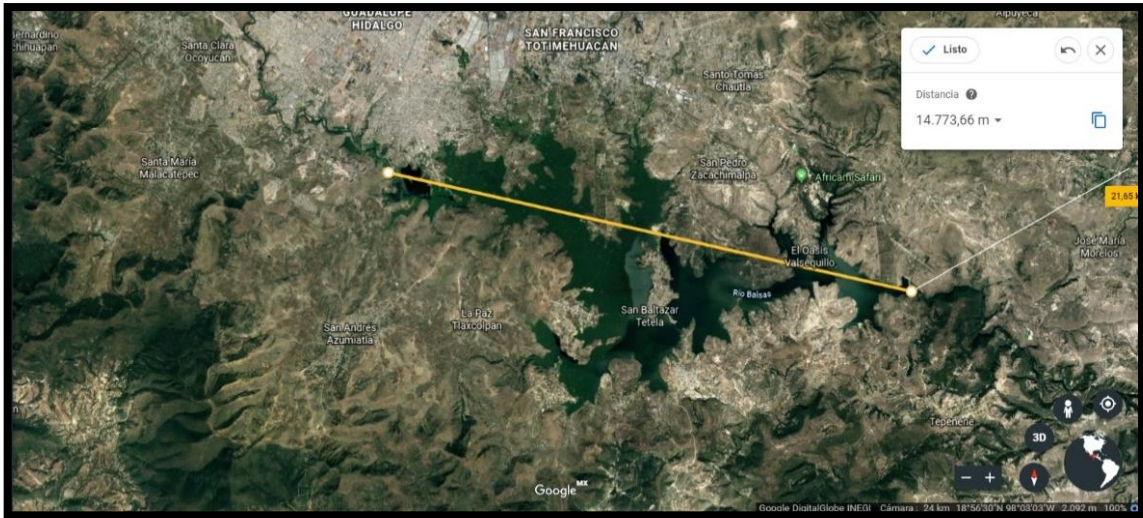


Ilustración 52. Longitud del Humedal de Valsequillo (~14,772.6 m). Fuente: Elaboración propia.

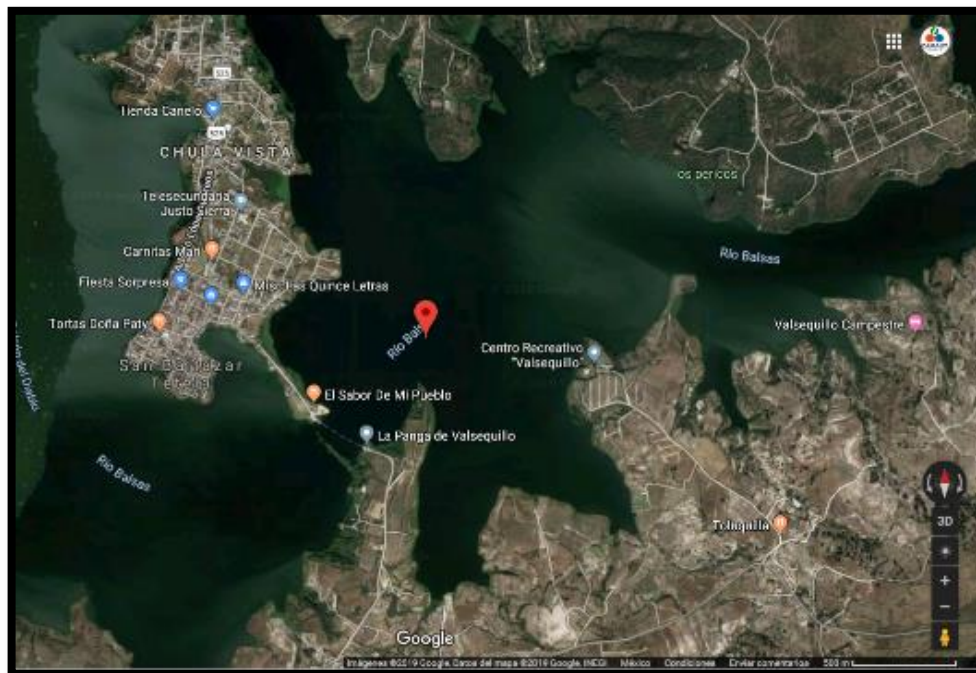


Ilustración 53. Primer punto de muestreo para el estudio técnico de evaluación de la operación del sistema Scavenger 2000™ en el Humedal de Valsequillo. Fuente: elaboración propia.

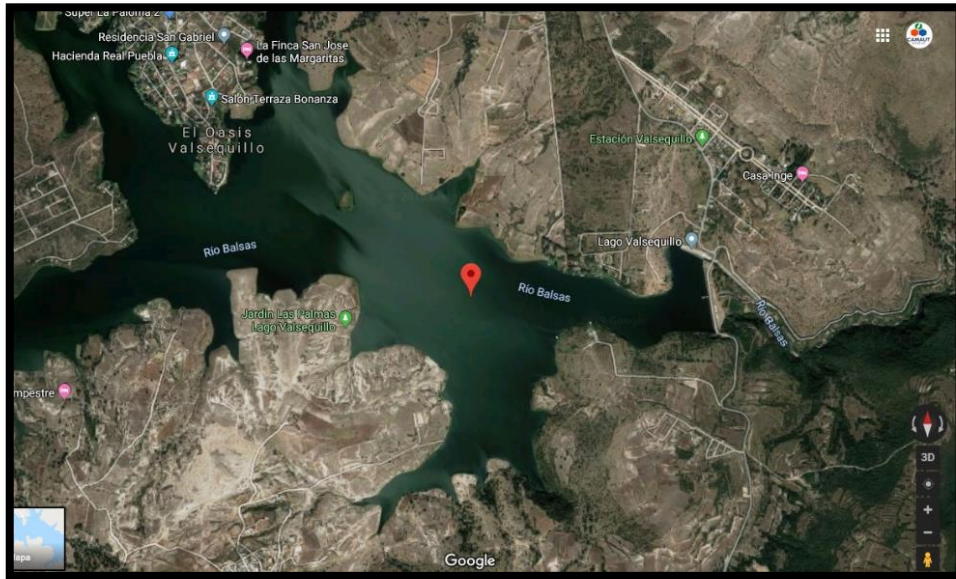


Ilustración 54. Segundo punto de muestreo para el estudio técnico de evaluación de la operación del sistema Scavenger 2000™ en el Humedal de Valsequillo. Fuente: elaboración propia.

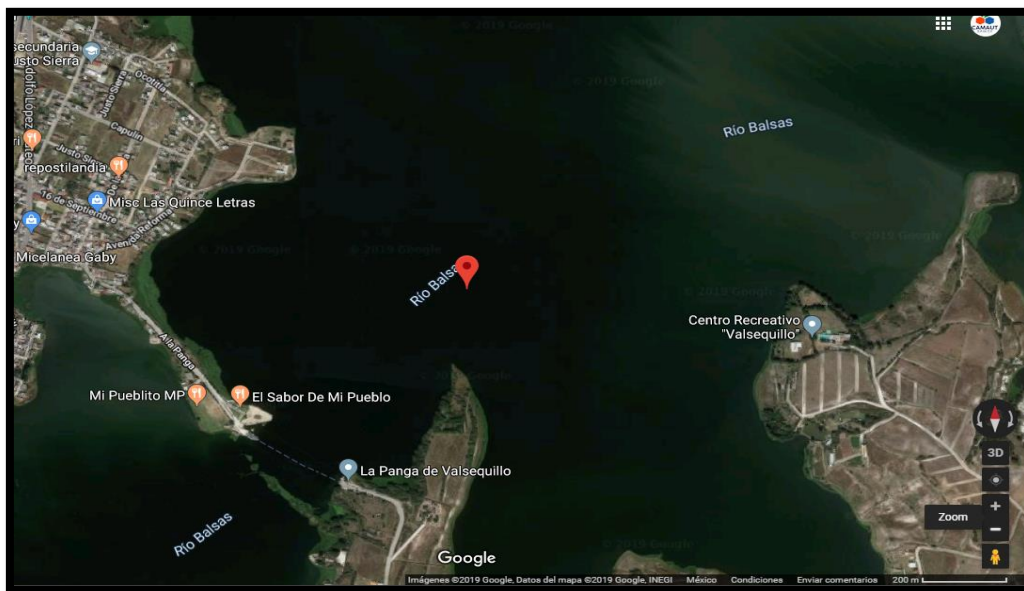


Ilustración 55. Tercer punto de muestreo para el estudio técnico de evaluación de la operación del sistema Scavenger 2000™ en el Humedal de Valsequillo. Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO III

3.1 Análisis de costo-beneficio

El análisis de costo-beneficio es una herramienta para la toma de decisiones en un proyecto. Un buen análisis de costo-beneficio de un proyecto debe considerar en términos monetarios, todos los beneficios tangibles e intangibles de cada opción a evaluar para tomar una decisión consciente, según los costos contemplados contra los beneficios que se ofrecen a lo largo de su vida útil. No es sino la formalización de una práctica cotidiana: sopesar las ventajas e inconvenientes de una determinada alternativa, sea en sí misma o en comparación con otras. Esto es algo que las personas realizan todos los días, con mayor o menor rigor, en función de la importancia de la decisión a tomar (Oyarzun, 2007).

Desde el punto de vista empresarial lo más importante es lograr la rentabilidad, sin olvidar otros factores como crecer o agregar valor a una comunidad. La rentabilidad asegura la permanencia de la empresa para que ésta exista, los ingresos deben ser mayores a los egresos, es decir, que los ingresos por ventas sean mayores a los costos de producción.

El análisis de costo-beneficio es un proceso que, de manera general, se refiere a la evaluación de un determinado proyecto, a un esquema para tomar decisiones de cualquier tipo (Tundidor, 2016). Ello involucra, de manera explícita o implícita, determinar el total de costos y beneficios de todas las alternativas para seleccionar la mejor o la más rentable. Este análisis se deriva de la conjunción de diversas técnicas de gerencia y de finanzas con los campos de las ciencias sociales, que presentan tanto los costos como los beneficios en unidades de medición estándar, usualmente monetarias, para que se puedan comparar directamente (Aguilera, 2017).

En un proyecto medioambiental el análisis de costo-beneficio puede servir como simple indicador de la rentabilidad y aceptación del proyecto (Pearce y Turner, 1990). En el proyecto de saneamiento del Humedal de Valsequillo por proceso de hiperoxidación se compraron tres unidades Scavenger 2000™, cada una con un costo de 68 millones de pesos aproximadamente, lo que resulta en un total de 206 millones 364 mil pesos, destinados a la adquisición de los barcos descontaminadores. El contrato fue inicialmente por 6 meses, tiempo en el que la empresa se comprometió a mejorar la calidad del agua del Humedal de Valsequillo.

En la Tabla 12 se presenta un análisis de costos del proyecto de saneamiento del Humedal de Valsequillo mediante tres unidades Scavenger 2000™. Con base en el contrato, considerando que el caudal de 70 l/s de la bomba de tratamiento es igual al caudal del cañón para remover el lirio y/o incendios, se observan los costos totales de operación por 6 meses operando las 3 embarcaciones los 3 turnos acordados y los costos totales por unidad trabajando un turno únicamente. Como los análisis realizados a la presa no muestran una mejoría significativa se realizó una proyección a 5 años, que fue lo que el proveedor dio de tiempo de vida a los equipos¹ (ver Tabla 13).

¹ El tiempo de vida de los equipos fue dado por el proveedor, más no por una casa certificadora.

COSTOS		
Inversión del proyecto	\$ 209,000,000.00	Costo de las 3 embarcaciones
Costo unitario de los barcos	\$ 68,788,000.00	\$ 206,364,000.00

Base de cálculo			
Meses de funcionamiento	6	Costo del combustible (Diesel)	
Días trabajados a la semana	6	\$ 21.00	L
Días trabajados al mes	24	litros utilizados por día/unidad	50

Análisis por 6 meses					
Días totales trabajados	144				
	Gasto en combustible en pesos (a)	Salario de operadores*(b)	Costo de depreciación (C)	Costo total por 6 meses (d=a+b+c)	Costo por m ³ tratado
Por unidad trabajando 1 turno	\$ 151,200.00	\$18,360.00	\$68,788,000.00	\$206,533,560.00	\$711.44
Por unidad trabajando 3 turnos	\$453,600.00	\$55,080.00	\$68,788,000.00	\$206,872,680.00	\$237.54
Por las 3 unidades trabajando 3 turnos	\$1,360,800.00	\$165,240.00	\$ 68,788,000.00	\$ 207,890,040.00	\$79.57

Tabla 12 Análisis de costos del proyecto de saneamiento del Humedal de Valsequillo mediante tres unidades Scavenger 2000TM. Fuente: elaboración propia, con datos de la SMOT (2018) y reportes de operación del proveedor.

Considerando que durante los 5 años de vida de las embarcaciones y trabajando de manera óptima, el volumen máximo tratado por el equipo Scavenger 2000TM sería de 2,612,7360 m³, lo que representa el 8.7% del volumen total del Humedal de Valsequillo. Tomando como referencia los precios corrientes del agua potable en la Ciudad de Puebla, aplicados por Agua de Puebla, se puede estimar el valor que tendría el agua del humedal si las condiciones fueran

las que marca la NOM-127-SSA1-1994 para agua potable (DOF, 1994) (ver Tabla 14). Esto significa que si se pudiera regenerar el volumen de agua del Humedal de Valsequillo, su valor se incrementaría notoriamente beneficiando a todo el Estado.

Análisis por 5 años					
Días totales trabajados	1440				
	Gasto en combustible en pesos (a)	Salario de operadores*(b)	Costo de depreciación^ (C)	Costo total por 5 años (d)(a+b+c)	Costo por m ³ tratado
Por unidad trabajando 1 turno	\$1,512,000.00	\$146,880.00	\$6,878,800.00	\$208,022,880.00	\$ 71.66
Por unidad trabajando 3 turnos	\$ 4,536,000.00	\$440,640.00	\$6,878,800.00	\$211,340,640.00	\$ 24.27
Por las 3 unidades trabajando 3 turnos	\$ 13,608,000.00	\$1,321,920.00	\$ 6,878,800.00	\$221,293,920.00	\$ 8.47

Tabla 13. Proyección de costos a 5 años de la operación de tres unidades Scavenger 2000 para el saneamiento del Humedal de Valsequillo. Fuente: elaboración propia, con datos de la SMOT (2018) y reportes de operación del proveedor.

*El salario de los operadores se calcula en base al salario mínimo de 2019, según la STPS.

** En base al contrato, considerando que el caudal de la bomba de tratamiento es igual al caudal del cañón para remover el lirio y/o incendios.

*** Se considera el 10% del costo total de la embarcación como costo de mantenimiento al cabo de 5 años, que es el tiempo de vida de las unidades Scavenger 2000 declarado por el proveedor.

	Uso domestico	Uso comercial
Precio por m ³	\$6.31	\$20.63
Costo por volumen total de la presa	\$1,893,000,000.00	\$6,189,000,000.00

Tabla 14. Valor estimado del agua del Humedal de Valsequillo considerando las condiciones de potabilidad establecidas por la NOM-127-SSA1-1994. Fuente: elaboración propia, con datos de Agua de Puebla para 2019.

CAPÍTULO IV

4.1 Consideraciones finales, aprovechamiento y conservación del Humedal de Valsequillo

4.1.1 Conclusiones del proceso de evaluación

De acuerdo al contrato para el saneamiento de la presa Valsequillo por parte de la empresa Consultas Nacionales de Información y Asesoría, S.A. de C.V. en participación conjunta con Dellepere Enterprises Corp. los resultados de laboratorio e indicadores de calidad reportados por la misma y reforzados con el estudio realizado se concluye que el sistema no alcanzó las metas planteadas para 6 meses, al no registrarse una variación significativa en los parámetros de referencia antes de su tratamiento y después de la intervención del sistema Scavenger 2000™. Los parámetros de calidad del agua considerados fueron principalmente fósforo, DBO₅, DQO y SST, mismos que no presentan reducción; los resultados positivos sólo se observaron en la disminución de coliformes en la Zona 5.

Si se considera el resto de parámetros contratados con la empresa y establecidos en la Declaratoria de Clasificación de los Ríos Atoyac y Xochiac y sus Afluentes (DCRAXA) los resultados están en el mismo sentido, no hay variaciones significativas de acuerdo a la evaluación antes y después del citado tratamiento.

Dentro del contrato se estableció un servicio activo de 24 horas al día y como se verificó a través de los “informes de resultados en la Presa de Valsequillo” presentados por la empresa, el sistema sólo operó un turno de 8 horas al día.

El sistema de oxidación ha sido exitoso en otros países con condiciones de operación muy diferentes a las del Humedal de Valsequillo. No obstante en este caso, dado el volumen tratado y las condiciones de carga orgánica, aunado a un suministro insuficiente de oxígeno y ozono, los costos unitarios de operación resultaron sumamente elevados (711 pesos/m³) con respecto a los estimados inicialmente (0.63 pesos/m³).

Otro aspecto importante a señalar es que la cantidad de agua del Humedal tratada en 6 meses de operación fue relativamente mínima (2.8% del total).

Tomando en cuenta que el río Atoyac ha sido un sitio muy estudiado por instancias académicas y asociaciones civiles, se evaluaron diversas fuentes de información primarias y secundarias, recopilando, analizando e interpretando cada una de ellas. Estas fuentes permitieron comparar tres momentos históricos del Humedal de Valsequillo (análisis de referencia 2013, 2017 y 2019) y establecer que no existió una variación significativa en la magnitud de los datos reportados en los años 2017 y 2019, que se comportan prácticamente de manera similar, en contraste con los años 2013 y 2017.

De acuerdo al análisis, se debió establecer un proceso de saneamiento en función de la capacidad de autopurificación natural del sistema (capacidad de asimilación). La recuperación del Humedal de Valsequillo sólo será viable si se seleccionan parámetros de control del proceso en los afluentes, que tengan efecto sobre la carga y que estos últimos se mantengan por debajo de la capacidad de asimilación del humedal.

Con respecto al proceso llevado a cabo por sistema Scavenger 2000™, no se logró la remoción de fósforo, como se observó en los resultados de laboratorio, ya que éste parámetro en la Zona 5 (2.5 ppm ± 3%) se ha mantenido sin cambios desde 2017, después de la instalación de las plantas de tratamiento en 2015.

Por otro lado, se debió revisar la estrategia de operación, pues sólo operó un turno de 8 horas diarias en la Zona 5, que es la menos afectada y básicamente fue para desinfección. Lo que debió proceder es el servicio activo de 24 horas al día de las tres embarcaciones. Debido a los inconvenientes técnico-operativos y características de conservación del sitio RAMSAR, un solo barco, el “Puebla tres” (que es el único que cuenta con sistema S::CAN) debió operar en el área más cercana a la cortina y los otros dos debieron empezar el saneamiento en las subzonas más afectadas de la Zona 5.

Se pudo observar que la descarga del río Alseseca en la Zona 4 no está controlada, lo que la hace una de las más contaminadas y por su cercanía con la Zona 5, puede representar un alto riesgo para esta última, que es la menos contaminada. El tiempo de residencia de las descargas en la Zona 4 es menor en comparación con las demás zonas.

Finalmente, se comprobó que no se dosificó el oxígeno de acuerdo a lo establecido en el contrato de referencia (250 kg/h O₂ y 60 g/h O₃). La cantidad de contaminantes orgánicos (definidos como DBO₅, DQO, TOC y SST) entra de forma continua; sin embargo, el oxígeno sólo se suministró durante 8 horas al día, muy por debajo de lo requerido para la oxidación de la carga orgánica. Como se observó en el “informe de resultados en la Presa de Valsequillo”, el parámetro OPR presentó datos negativos y en ningún caso alcanzó los valores recomendados para una buena calidad del agua.

La idea de considerar el Humedal de Valsequillo como planta de tratamiento con un proceso natural de purificación tiene un alto valor. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que el humedal opera como un sistema estable y su equilibrio es sensible a perturbaciones externas.

En los anexos I, II y III se presentan los resultados de los análisis de laboratorio, cuadros, gráficos y demás elementos que sustentan las presentes conclusiones.

4.1.2 Observaciones sobre los parámetros de control

Haciendo una relación de la desviación estándar de los datos de 2017, se observa que las variables no exceden los límites de control en ninguno de los parámetros (ver Tablas 15-18).

DBO5 mg/l	Promedio	L. Máximo	L. Mínimo
60	18.566	39.5580324	-2.42603239
14.5	18.566	39.5580324	-2.42603239
7.83	18.566	39.5580324	-2.42603239
5.5	18.566	39.5580324	-2.42603239
5	18.566	39.5580324	-2.42603239
Promedio	18.566		
Desviación estandar	20.9920324		

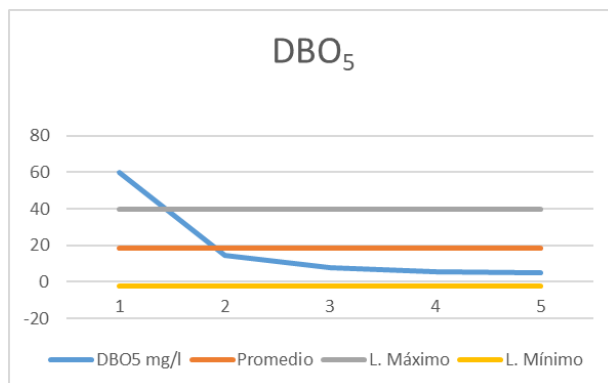


Tabla 15. Desviación estándar de DBO₅ en el Humedal de Valsequillo en 2017. Fuente: elaboración propia, con datos de Conagua

DQO mg/l	Promedio	L. Máximo	L. Mínimo
169.34	87.15	131.700995	42.5990045
97.08	87.15	131.700995	42.5990045
67.66	87.15	131.700995	42.5990045
45.7	87.15	131.700995	42.5990045
55.97	87.15	131.700995	42.5990045
Promedio	87.15		
Desviación estandar	44.5509955		

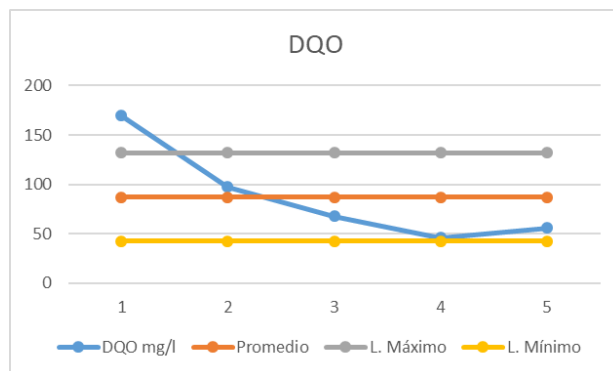


Tabla 16. Desviación estándar de DQO en el Humedal de Valsequillo en 2017. Fuente: elaboración propia, con datos de Conagua (2017).

SST mg/l	Promedio	L. Máximo	L. Mínimo
250	70.666	163.240409	-21.9084091
69.33	70.666	163.240409	-21.9084091
20.5	70.666	163.240409	-21.9084091
7.25	70.666	163.240409	-21.9084091
6.25	70.666	163.240409	-21.9084091
Promedio	70.666		
Desviación estandar	92.5744091		

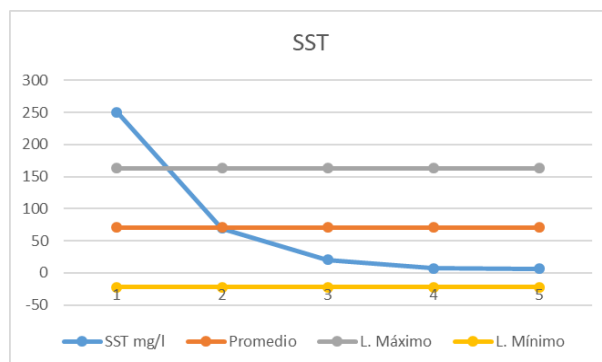


Tabla 17. Desviación estándar de SST en el Humedal de Valsequillo en 2017. Fuente: elaboración propia, con datos de Conagua

COLIFORMES NMP/100ml	Promedio	L. Máximo	L. Mínimo
24000	12026	20006.9783	4045.02174
11000	12026	20006.9783	4045.02174
17500	12026	20006.9783	4045.02174
5965	12026	20006.9783	4045.02174
1665	12026	20006.9783	4045.02174
Promedio	12026		
Desviación estandar	7980.97826		

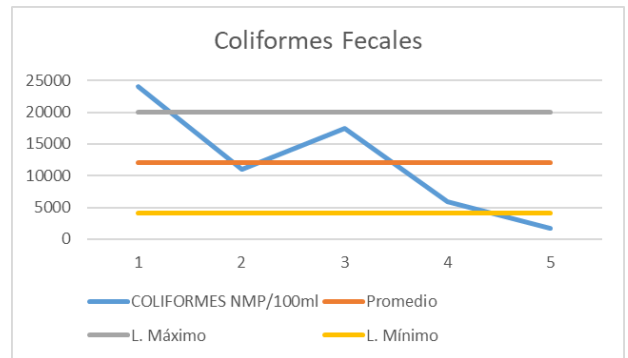


Tabla 18. Desviación estándar de coliformes fecales en el Humedal de Valsequillo en 2017. Fuente: elaboración propia, con datos de Conagua (2017).

Con respecto al análisis de los datos de fecha 31 de octubre de 2018, 24 de enero de 2019 y 6 de abril de 2019, se observa que los parámetros indicadores de calidad DBO₅, DQO, SST y coliformes fecales no presentan reducción y su comportamiento es muy similar al histórico del año 2017. Por lo que se puede concluir que no hay una variación significativa en los 6 meses de tratamiento con el sistema Scavenger 2000™. Los parámetros se obtuvieron del “informe de resultados de la presa de Valsequillo”.

DBO5 mg/L	Promedio	L. máximo	L. mínimo
28.12	29.3	30.5	28.1
28.17	29.3	30.5	28.1
30.2	29.3	30.5	28.1
30.7	29.3	30.5	28.1
Promedio	29.3		
Desviación estandar	1.16611267		

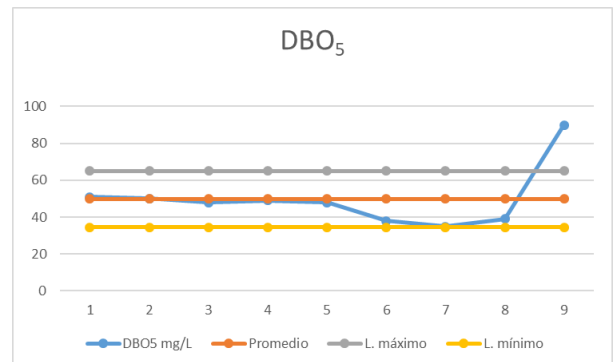


Tabla 19. Desviación estándar de DBO₅ en el Humedal de Valsequillo en 2019. Fuente: elaboración propia, con datos del “informe de resultados de la presa de Valsequillo” (2019).

DQO mg/L	Promedio	L. máximo	L. mínimo
38	37.7	38.2	37.1
36.9	37.7	38.2	37.1
37.3	37.7	38.2	37.1
38.4	37.7	38.2	37.1
Promedio	37.7		
Desviación estandar	0.585235		

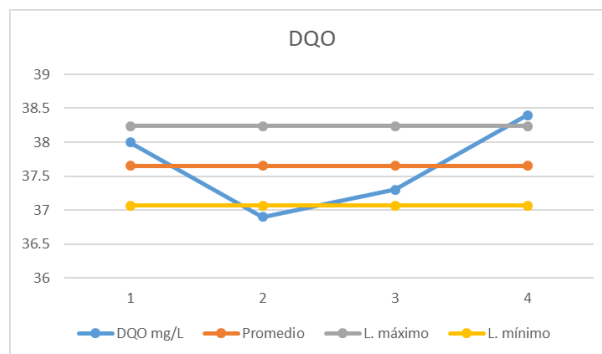


Tabla 20. Desviación estándar de DQO en el Humedal de Valsequillo en 2019. Fuente: elaboración propia, con datos del “informe de resultados de la presa de Valsequillo” (2019).

SST mg/L	Promedio	L. máximo	L. mínimo
22	18.3	20.8	15.7
19	18.3	20.8	15.7
15	18.3	20.8	15.7
17	18.3	20.8	15.7
Promedio	18.3		
Desviación estandar	2.58602011		

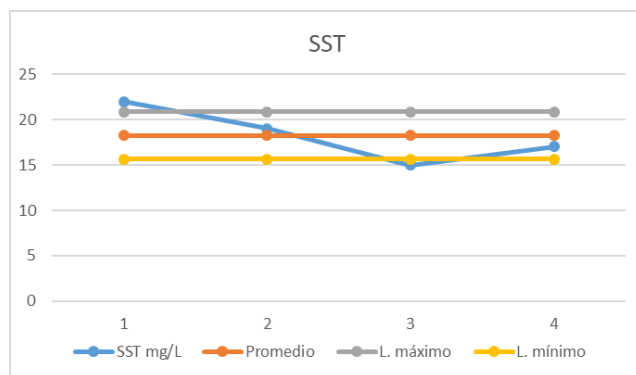


Tabla 21. Desviación estándar de SST en el Humedal de Valsequillo en 2019. Fuente: elaboración propia, con datos del “informe de resultados de la presa de Valsequillo” (2019).

COLIFORMES FECALES			
ENERO	Promedio	L. máximo	L. mínimo
230	138.3	235.0	41.5
3	138.3	235.0	41.5
230	138.3	235.0	41.5
90	138.3	235.0	41.5
Promedio	138.3		
Desviación estandar	96.768732		

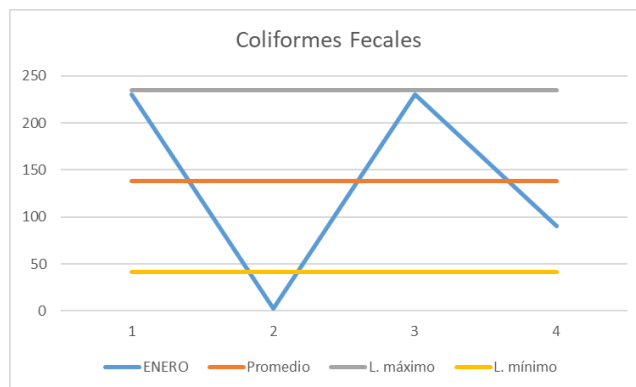


Tabla 22. Desviación estándar de coliformes fecales en el Humedal de Valsequillo en 2019. Fuente: elaboración propia, con datos del “informe de resultados de la presa de Valsequillo” (2019).

4.2 Observaciones técnicas

De acuerdo con la información de Conagua (2017), el volumen en movimiento en el Humedal de Valsequillo es de 300 millones de metros cúbicos en época de estiaje. El sistema Scavenger 2000™ suministra 60 g/h de ozono, por lo que la dosis aplicada sólo desinfecta 2016 m³/h (considerando que el flujo de la bomba es igual al flujo del cañón). Esto equivale a 0.0892 mg/l, valor por debajo de la dosis recomendada para el tratamiento, que es de 2.5 a 5 mg/l para aguas contaminadas (Beltrán *et al.*, 2002), (Singh *et al.*, 2002). Considerando que el fosfato es el reactivo limitante en un proceso de eutrofización, la concentración se mantuvo alrededor 2.5 mg/l y de acuerdo a los análisis llevados a cabo en tres períodos diferentes (octubre 2018, enero 2019 y abril 2019), no se logró disminuir.

El parámetro ORP es utilizado para determinar de forma rápida la calidad de agua; el valor recomendado por la OMS es de 650 mV. Esta condición no se cumple en el Humedal de Valsequillo, encontrándose incluso valores negativos (-84 mV), cuando la recomendación mínima es de 200 mV para uso agrícola y sobrevivencia de peces. El valor más alto de ORP reportado en el humedal fue de 115 mV, sin alcanzar la meta de calidad mínima. El tiempo de retención hidráulico, la carga que recibe y contiene el humedal y la cantidad de oxígeno suministrada, hacen que sea prácticamente imposible alcanzar la meta establecida en el contrato para un periodo de 6 meses. Por lo que en conclusión, la mejora de la presa no es viable en este escenario y sólo será viable bajo otro escenario y en otras condiciones.

Las zonas contratadas para su tratamiento fueron 5. Dadas las características del humedal, las zonas 1, 2 y parte de la 3, no pueden ser tratadas por el sistema Scavenger 2000™, ya que, por las características del barco en cuanto a profundidad, no podría navegar, además de que el proceso de inyección de oxígeno y ozono genera una alta turbulencia, lo que ocasionaría redisolución en las zonas de baja profundidad que se pretenda tratar.

4.3 Comentarios a los informes de resultados

- El informe de “Servicio, operación y mantenimiento correspondiente al contrato de adquisición de equipamiento para el saneamiento de la Presa Valsequillo” (GESFAL-030-285/2018, contrato número: SDRSOT-11/2018) no hace referencia explícita a los objetivos y alcances planteados en el contrato.
- El informe mezcla datos operativos y de mantenimiento de los equipos Scavenger 2000™ con datos de carácter de saneamiento del cuerpo de agua.
- En el caso de los resultados en los parámetros indicadores del saneamiento no se especifican ni se hace referencia a los métodos de muestreo. Por ejemplo, la Tabla 5 del primer informe presenta resultados comparativos respecto a las normas, pero no se indica si los resultados corresponden a una muestra compuesta o una muestra puntual
- El apéndice del informe muestra registros de los problemas de carácter operativo y de mantenimiento correctivo de los equipos Scavenger 2000™ y las acciones que se tomaron en cada caso.
- Se menciona un análisis estadístico de datos con el Programa Sigma Plot 12 y se presentan tablas comparativas.

-
- La toma de decisiones basada en el análisis sistemático de datos no se ve reflejada en el informe.
 - El informe no hace referencia a la manera en que se documentan los parámetros medidos y tomados como indicadores de mejoras en la calidad del agua del Humedal de Valsequillo, si son determinados por métodos físicos, químicos o electrónicos.
 - No se presenta un cronograma de actividades.
 - El análisis de datos para la toma de acciones correctivas a desviaciones de los parámetros o ajustes en un plan de trabajo tampoco están reflejados en el informe.
 - Al no hacerse referencia en el informe a los alcances y objetivos del proyecto, es difícil evaluar de manera objetiva los logros obtenidos; la mezcla de informes también dificulta el análisis y ajustes al plan de trabajo. Sin embargo, se puede concluir desde el punto de vista técnico que en estos tres meses no ha existido una mejora notable con base a los análisis; aun cuando la percepción en cuanto a olor y concentración de coliformes es buena, en ningún caso se han alcanzado los objetivos planteados inicialmente.
 - La operación y mantenimiento correctivo de los equipos Scavenger 2000™, está documentada y se mantienen los registros respectivos; sin embargo, no se ve documentado un plan de mantenimiento preventivo con tareas programadas y registros de cumplimiento a dichas tareas. No se presenta una evaluación de costo-beneficio en la operación y mantenimiento de éstos, por lo que si existiera un plan de mantenimiento preventivo deberían reducirse los costos correctivos.

4.3.1 Recomendaciones para la operación del sistema Scavenger 2000™

- Documentar informes por separado de la operación y mantenimiento de los equipos Scavenger 2000™ y los correspondientes al saneamiento del Humedal de Valsequillo, que incluyan los objetivos y que resuman los logros ligados a los mismos en base a un plan de trabajo.
- El proceso de saneamiento del cuerpo de agua debe incluir registros de las observaciones de campo que serán usadas para la toma de decisiones en las acciones preventivas y correctivas para lograr los objetivos del plan de trabajo.
- Para el caso de los procesos de operación y mantenimiento de los equipos Scavenger 2000™, se debe elaborar un programa de mantenimiento preventivo con el objetivo de crear procesos de mantenimiento predictivo, resultando en un ahorro en los costos de mantenimiento y operación y por ende en los costos generales.

4.3.2 Recomendaciones finales

Aprovechando la DCRAXA (Declaratoria de Clasificación de los ríos Atoyac y Xochiac o Hueyapan, y sus Afluentes) (DOF, 2011) y las facultades de la Secretaría del Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial del Gobierno del Estado de Puebla, se propone verificar el cumplimiento de las condiciones particulares de descarga de las empresas y municipios. De

acuerdo con el marco de la legislación nacional y estatal, se podrían firmar convenios de cooperación con las dependencias involucradas y ayuntamientos que descargan en los ríos Atoyac y Alseseca y por tanto al humedal, para mejorar las condiciones del afluente, mediante el adecuado funcionamiento de las plantas de tratamiento de agua y la implementación de las sanciones a los municipios que los incumplan.

Diseñar un programa de tratamiento y/o plan de trabajo de saneamiento, considerando el objetivo del programa de manejo de jurisdicción estatal del área natural protegida denominado Humedal de Valsequillo, donde se Incluya la obligatoriedad de cumplir con las condiciones de descarga de los 22 municipios y sus localidades.

Considerar el Humedal de Valsequillo como una macro planta de tratamiento hasta su recuperación. El principal problema que se tendrá es la disposición del lirio, por lo que será necesario confinarlo y cubrirlo con capa vegetal, restituyendo vegetación perdida para que no altere el paisaje (considerando la posibilidad de que contenga metales pesados). La cubierta vegetal debe tener como principal utilidad el mejoramiento del impacto ambiental y visual. En este sentido se hace necesario establecer un proceso de disposición adecuado.

Con la información disponible, tanto de la red de monitoreo como del sistema S::CADA, se propone crear un modelo de simulación de calidad del agua que nos permita establecer parámetros de control con metas y objetivos claros para determinar la eficiencia del tratamiento y el restablecimiento del sistema en términos reales.

4.3.3 El saneamiento del Humedal de Valsequillo como resultado de una política económica de la cuarta revolución tecnológica y la economía circular

El análisis indica que incluso cuando Puebla y Tlaxcala cuentan con infraestructura para el tratamiento de aguas residuales, ésta no es suficiente para disminuir la carga de contaminantes que arriban al embalse y en caso de que esto no se mitigue, el agua continuará degradándose al grado de presentar niveles de contaminación tan severos que perderán totalmente su capacidad de formar nichos ecológicos para las diversas especies que la habitan. Así se refiere que la estrategia para resarcir la contaminación depende de un saneamiento integral que contemple al Humedal de Valsequillo y sus afluentes, así como un cambio de paradigma que considere al humedal como un área de oportunidad y no como un problema. Los subproductos que contiene pueden ser aprovechados; en el caso del lirio, debe asegurarse que cumpla su papel de biofiltro evitando su destrucción total y su deposición dentro del humedal, lo que provocaría mayores problemas. Se recomienda mantener lirios de edades menores a un año porque se ha demostrado que estos tienen mayor absorción, posteriormente comienza su desorción y muerte (Dègremont, 1994).

Consideraciones para la conservación del lirio. - El tiempo de duplicación de la superficie cubierta puede ser de 6 a 18 días en condiciones óptimas de temperatura y humedad, llegándose a alcanzar una tasa de crecimiento de hasta 60 cm/mes y una producción de 140 toneladas de materia seca por hectárea al año (Malik, 2007).

Siguiendo con el concepto de economía circular (posibles usos y aplicaciones)

Aun cuando pareciera que el lirio es responsable de la problemática mencionada anteriormente, se debe considerar a esta planta como una potencial fuente de biomasa y proteína para muchos procesos actuales (Lindsey y Hirt, 2000), (Malik, 2007). Se han desarrollado diversos procedimientos para darle un uso práctico a esta maleza y otros aún siguen discutiéndose. Algunos de ellos son:

- **Agente de biorremediación.** - El lirio acuático es una planta que ha llamado la atención por su capacidad de crecer en agua altamente contaminada, además de ser capaz de acumular cationes metálicos principalmente en las raíces. Se sabe que las macrófitas acuáticas son capaces de remover iones metálicos por adsorción superficial y/o absorción e incorporación de ellos a sus propios sistemas (principalmente enzimáticos) o almacenamiento en forma ligada.
- **Removedor de materia orgánica.** - Se han llevado a cabo investigaciones a nivel piloto para remover materia orgánica y disminuir la demanda bioquímica de oxígeno en aguas residuales domésticas, obteniendo resultados prometedores. También se ha demostrado la posibilidad de reducir la DBO en aguas residuales de criaderos de cerdos en estanques piloto e industriales en estado continuo.
- **Productor de biogás.** - Por último, se ha observado que los lodos de plantas utilizadas para fitoremediación producen significativamente más biogás que el producido por plantas crecidas en aguas limpias. Debido a estas características, uno de los primeros usos que se le dio fue como agente de tratamiento de aguas residuales y ha sido muy efectivo, al grado que se dice que los suelos húmedos que han sido invadidos por el lirio acuático funcionan como riñones naturales (Malik, 2007; Gakwavu, 2007).

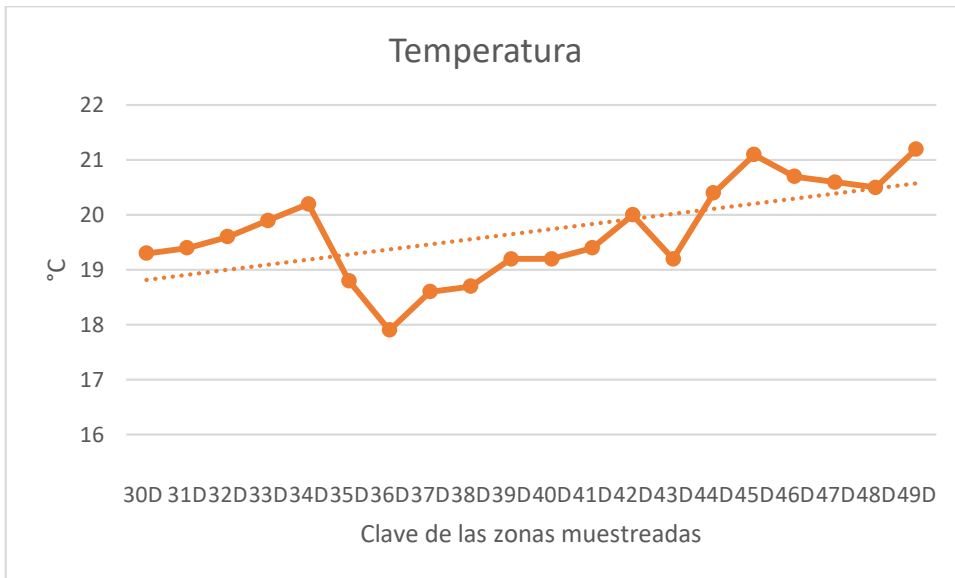
ANEXOS

Anexo I Gráficas de los parámetros reportados en los años 2013, 2017 y 2019

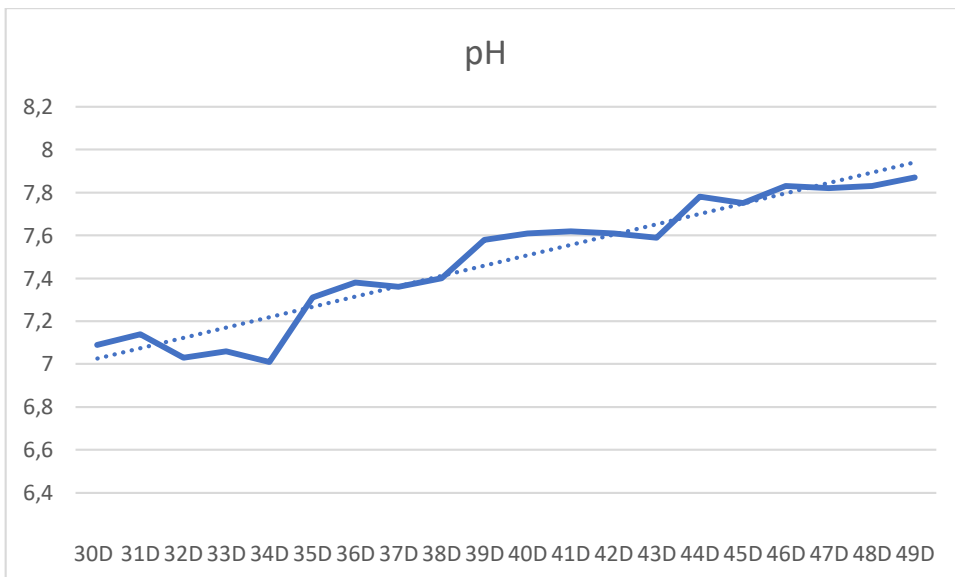
A1.1 Parámetros fisicoquímicos, instrumentales y de laboratorio a lo largo de la subcuenca del Alto Atoyac y del Humedal de Valsequillo en la época de estiaje del año 2013

	ID	N ^o Estacion	temp (°C)	ph	COND	O.DIS mg/l	SAC	ORP	TURBIDEZ	DQO(mg/l)	DBO(mg/l)	ST(mg/l)	sst(mg/l)	SDT(mg/l)
ZONA DE VALSEQUILLO	30D	P36	19.3	7.09	762	2	0.332	-150	21.6	62	40	35	15	20
	31D	P16	19.4	7.14	819	1.5	0.308	-73.2	16	62	36	520	0	520
	32D	P38	19.6	7.03	807	1.5	0.33	-229.6	24	63	40	575	5	570
	33D	P69	19.9	7.06	875	1.3	0.365	-259.2	13.5	86	36	540	5	535
	34D	P70	20.2	7.01	849	1.2	0.371	-248.6	20.9	76	50	580	20	560
	35D	P71	18.8	7.31	809	1.5	0.262	3.6	7.04	59	36	540	0	540
	36D	P3	17.9	7.38	791	1.4	0.238	42.7	3.95	50	30	490	5	485
	37D	P68	18.6	7.36	785	1.4	0.226	23.5	1.95	52	26	515	0	515
	38D	P73A	18.7	7.4	772	1.8	0.222	17.9	3.4	78	32	500	5	495
	39D	P35	19.2	7.58	774	2.6	0.211	-15.8	2.3	50	20	515	0	515
	40D	P73B	19.2	7.61	769	2.8	0.213	-4.7	1.4	62	20	562	10	555
	41D	P72	19.4	7.62	780	2.6	0.211	-3.4	2.2	50	33	500	0	500
	42D	P74	20	7.61	772	3	0.211	46.5	1.7	48	26	520	0	520
	43D	P12	19.2	7.59	779	2.2	0.208	25.5	1.7	46	10	550	0	550
	44D	P75	20.4	7.78	769	3.3	0.208	1.2	1.5	54	40	470	0	470
	45D	P32	21.1	7.75	774	3.3	0.21	8.5	2.7	49	32	510	15	495
	46D	p76	20.7	7.83	770	3.7	0.205	30.3	1.2	52	28	505	10	495
	47D	P77	20.6	7.82	768	3.7	0.204	-56.1	1.06	46	13	510	0	510
	48D	P78	20.5	7.83	761	3.7	0.198	-56	1.7	48	26	500	0	500
	49D	P24	21.2	7.87	778	3.8	0.209	-43.8	2.1	68	10	475	0	475
	PROMEDIO		19.695	7.4835	788.15	2.415	0.2471	-47.035	6.595	58.05	29.2	495.6	4.5	491.25

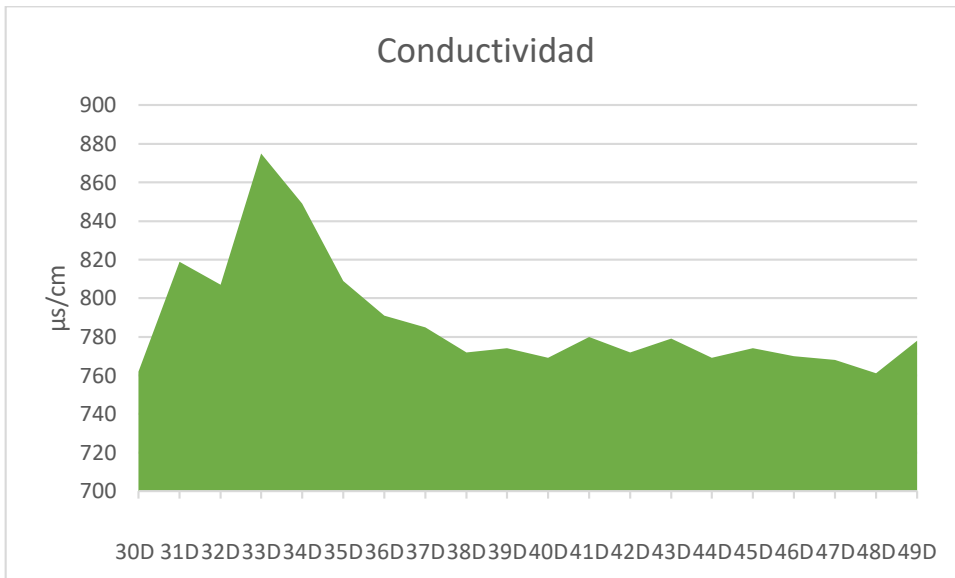
Tabla A 1 . Parámetros fisicoquímicos, instrumentales y de laboratorio a lo largo de la subcuenca del Alto Atoyac y del Humedal de Valsequillo en la época de estiaje del año 2013. Fuente: elaboración propia con datos de la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento, Puebla, SSAOT y SRDSOT, Puebla, reportados en CIEMAD-IPN (2013).



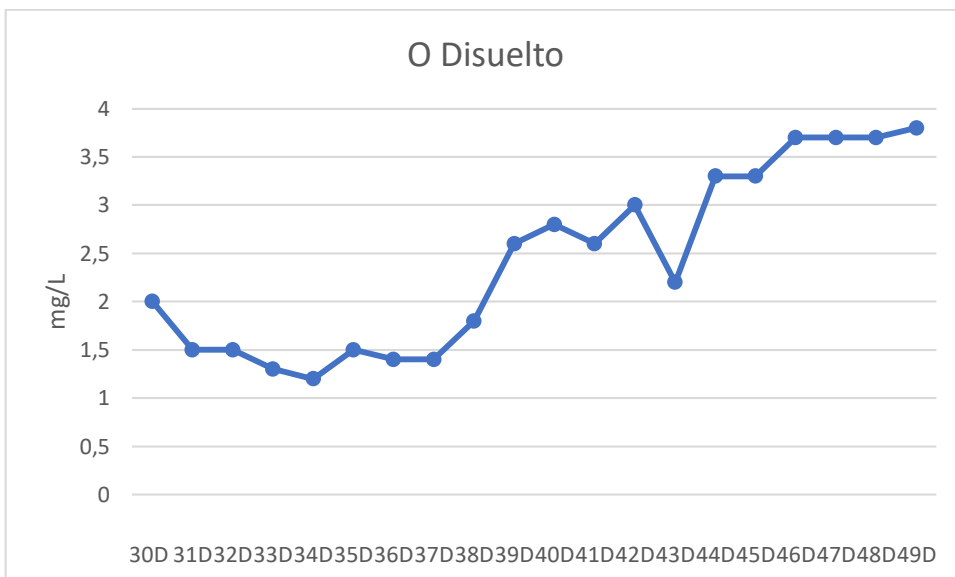
Gráfica A 1 . Temperatura a lo largo la subcuenca del Alto Atoyac.



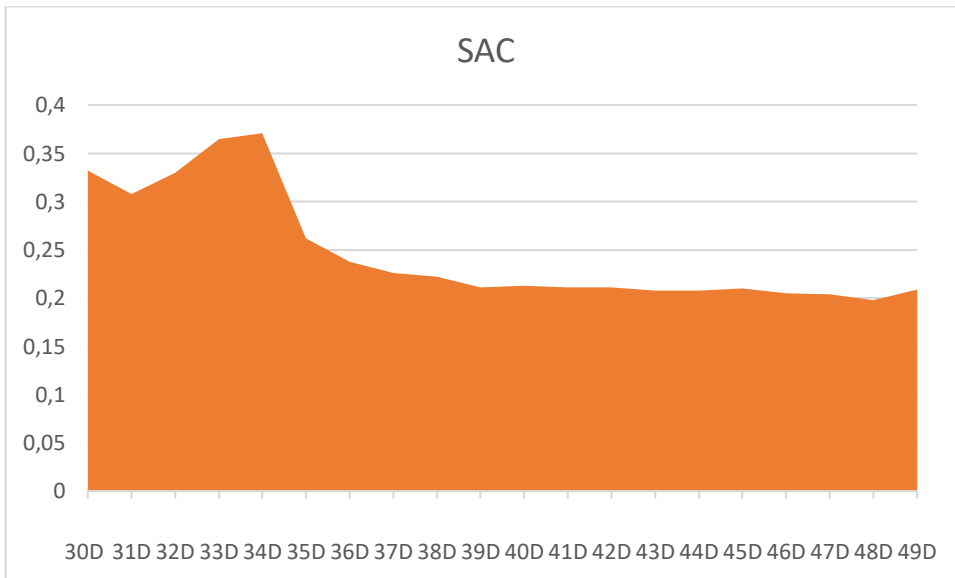
Gráfica A 2. Potencial de hidrógeno a lo largo la subcuenca del Alto Atoyac.



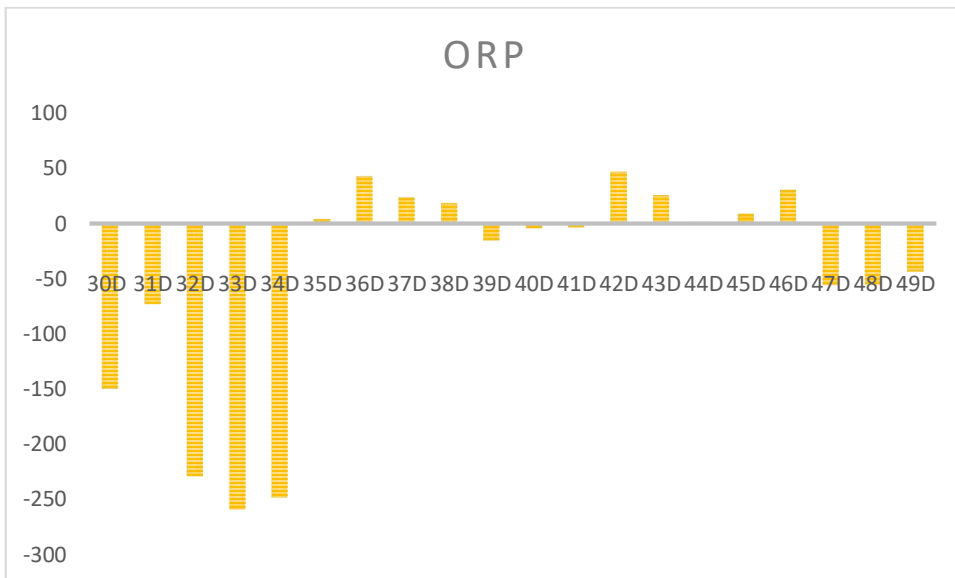
Gráfica A 3. Conductividad a lo largo la subcuenca del Alto Atoyac.



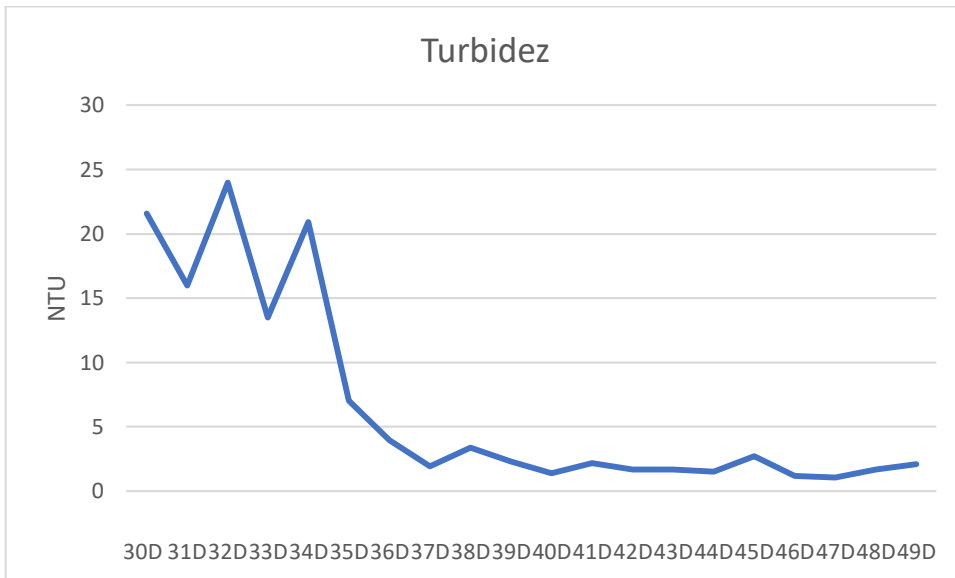
Gráfica A 4. Oxígeno disuelto a lo largo la subcuenca del Alto Atoyac.



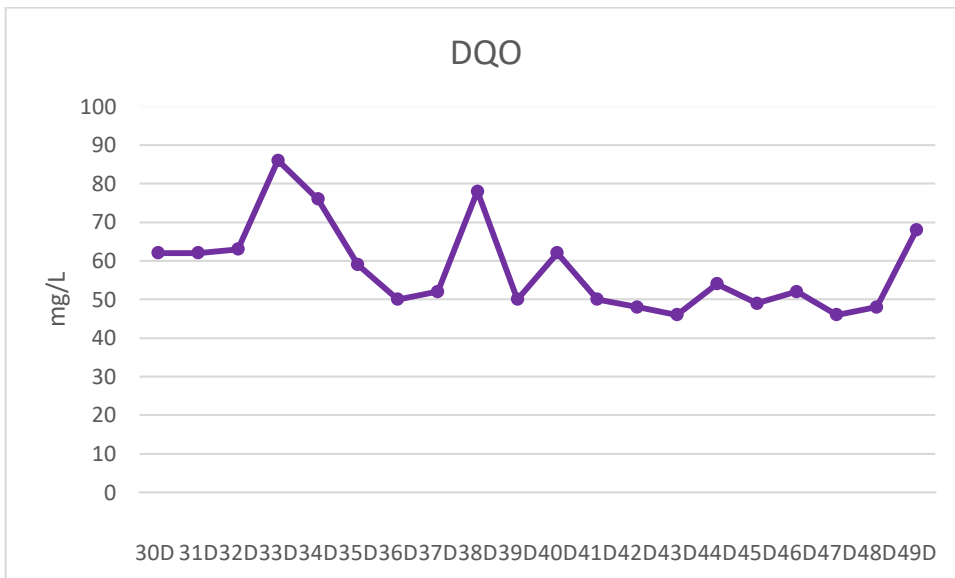
Gráfica A 5 . Medición de longitud de onda por infrarrojo a lo largo la subcuenca del Alto Atoyac.



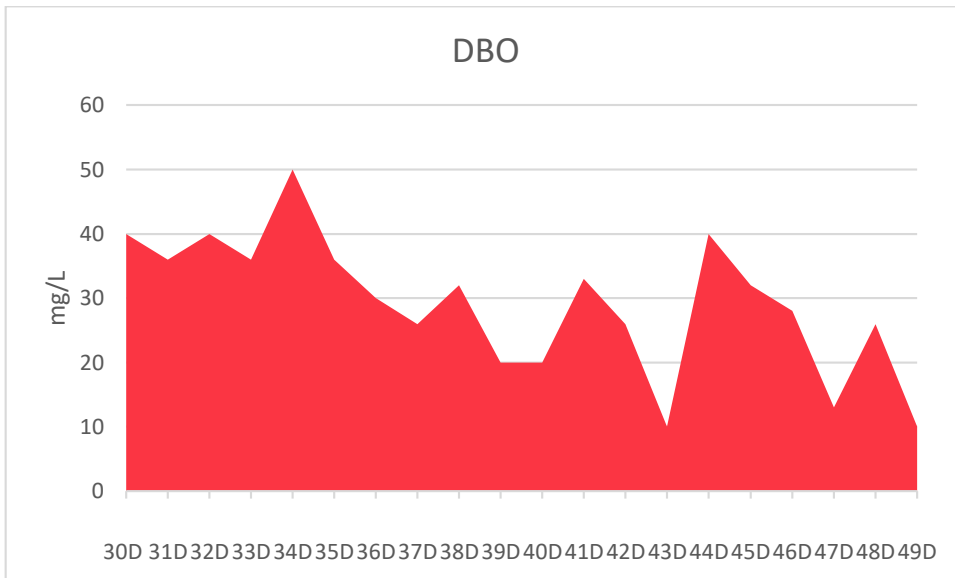
Gráfica A 6 . Potencial de óxido-reducción a lo largo la subcuenca del Alto Atoyac.



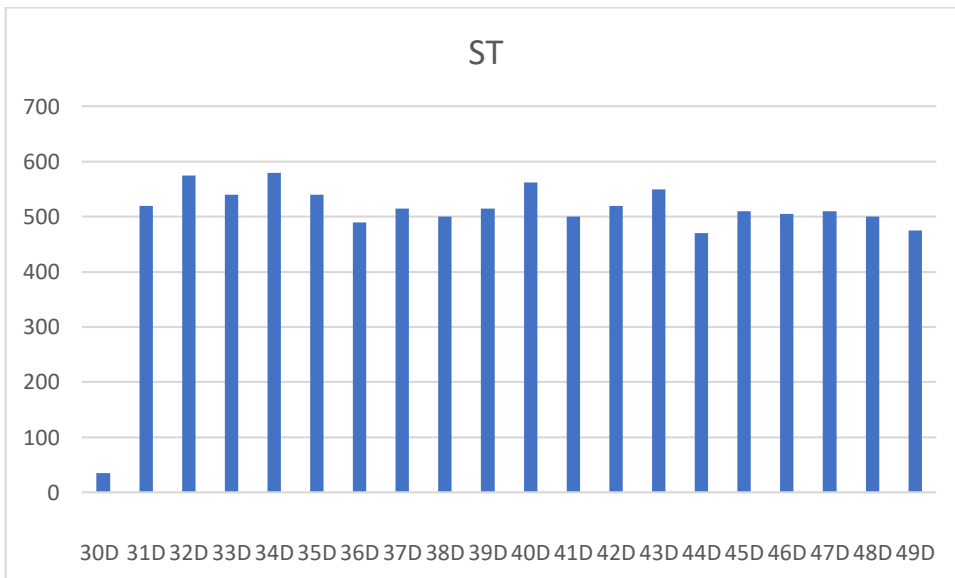
Gráfica A 7 Turbidez a lo largo la subcuena del Alto Atoyac.



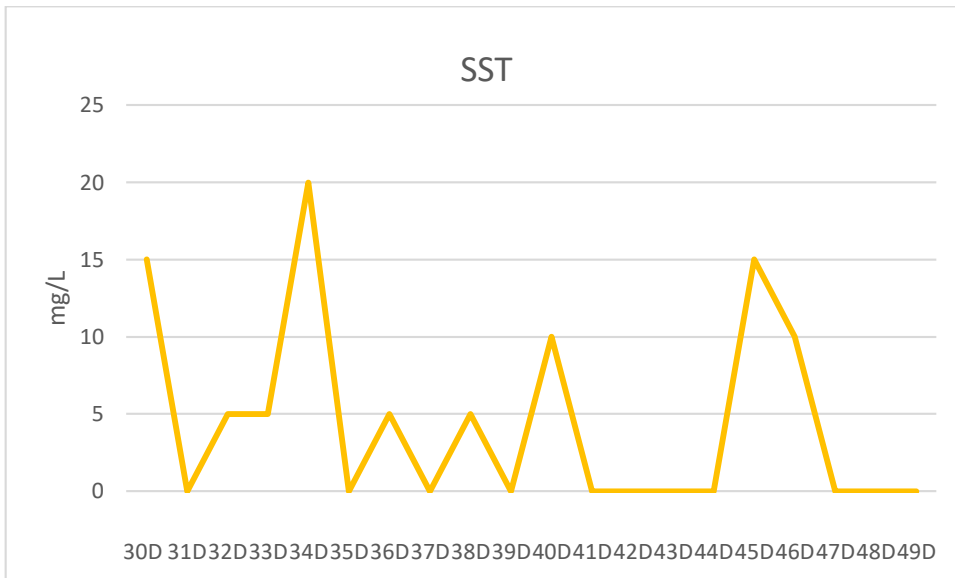
Gráfica A 8 .Demanda Química de Oxígeno a lo largo la subcuena del Alto Atoyac.



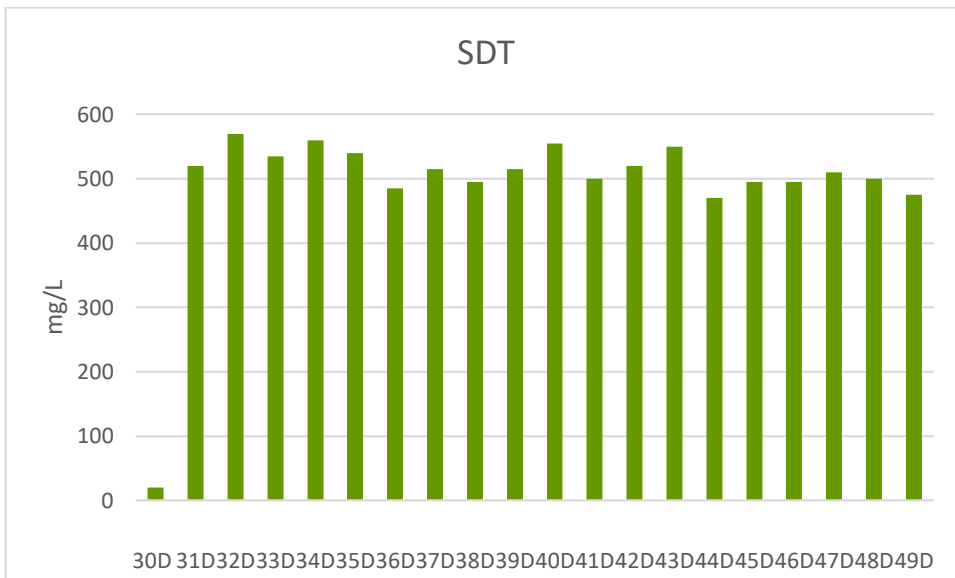
Gráfica A 9. Demanda Bioquímica de Oxígeno a lo largo la subcuenca del Alto Atoyac.



Gráfica A 10 Sólidos Totales a lo largo la subcuenca del Alto Atoyac.



Gráfica A 11 Sólidos Suspendedos Totales a lo largo la subcuenca del Alto Atoyac.

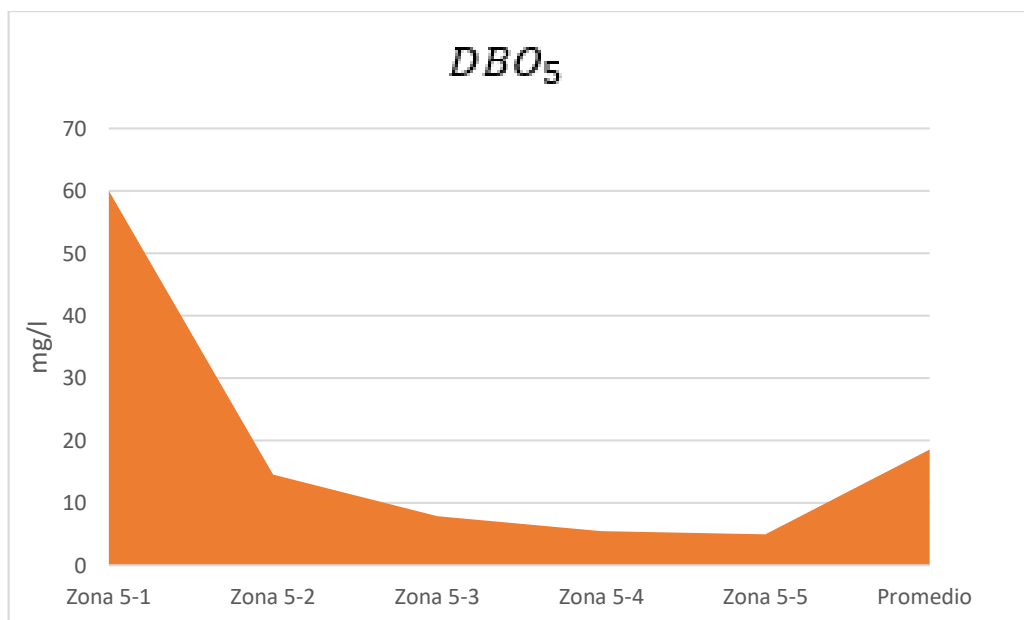


Gráfica A 12 Sólidos Disueltos Totales a lo largo la subcuenca del Alto Atoyac.

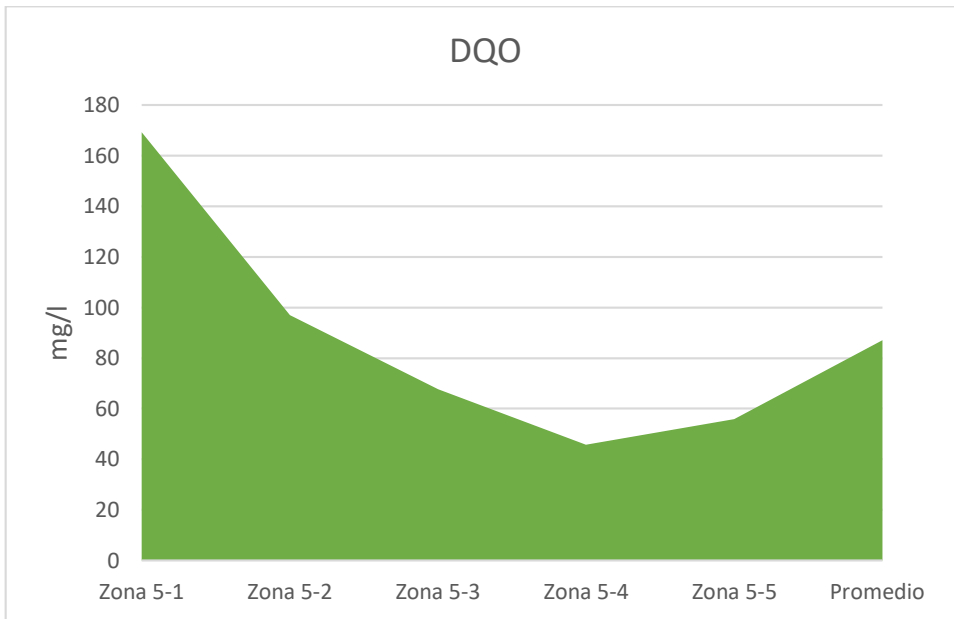
A1.2 Parámetros fisicoquímicos del Humedal de Valsequillo en el año 2017 (la Zona 1 es la entrada al embalse, proveniente del río Atoyac)

Valsequillo				
	<i>DBO₅</i> mg/l	DQO mg/l	SST mg/l	COLIFORMES NMP/100ml
Z 1	60	169.34	250	24000
Z 2	14.5	97.08	69.33	11000
Z 3	7.83	67.66	20.5	17500
Z 4	5.5	45.7	7.25	5965
Z 5	5	55.97	6.25	1665
Promedio	18.566	87.15	70.666	12026

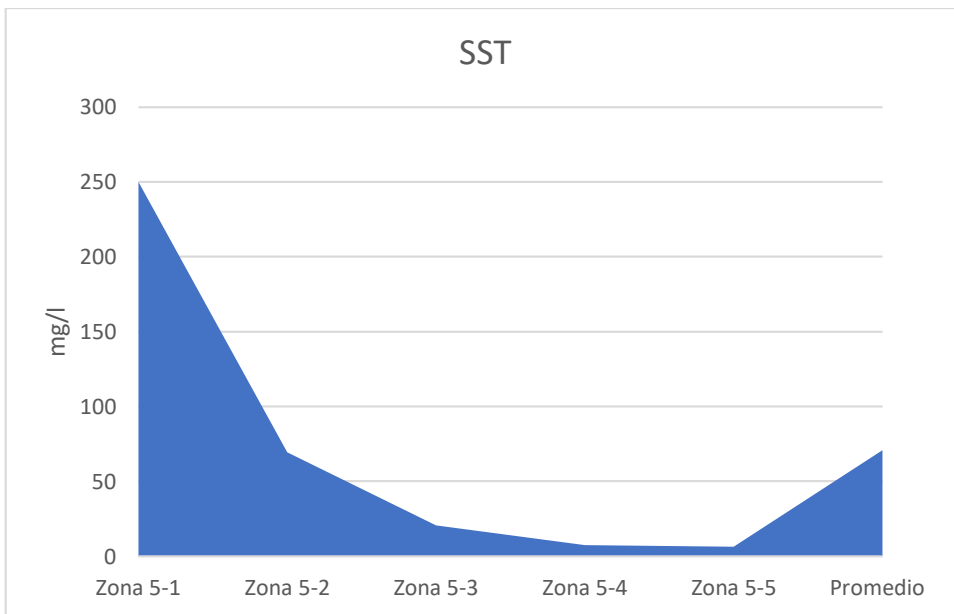
Tabla A 2. Parámetros fisicoquímicos del Humedal de Valsequillo en el año 2017. Fuente: elaboración propia, con datos de Conagua (2017).



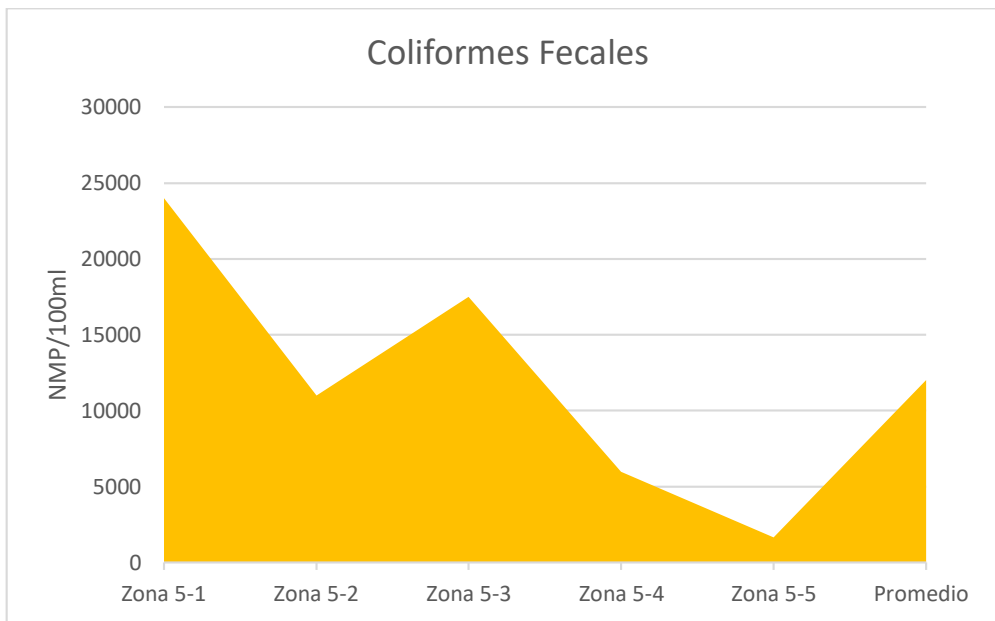
Gráfica A 13. Demanda Bioquímica de Oxígeno del Humedal de Valsequillo en el año 2017. Fuente: elaboración propia, con datos de Conagua (2017).



Gráfica A 14 Demanda Química de Oxígeno del Humedal de Valsequillo en el año 2017. Fuente: elaboración propia, con datos de Conagua (2017).



Gráfica A 15 Sólidos Suspendedos Totales del Humedal de Valsequillo en el año 2017. Fuente: elaboración propia, con datos de Conagua (2017).

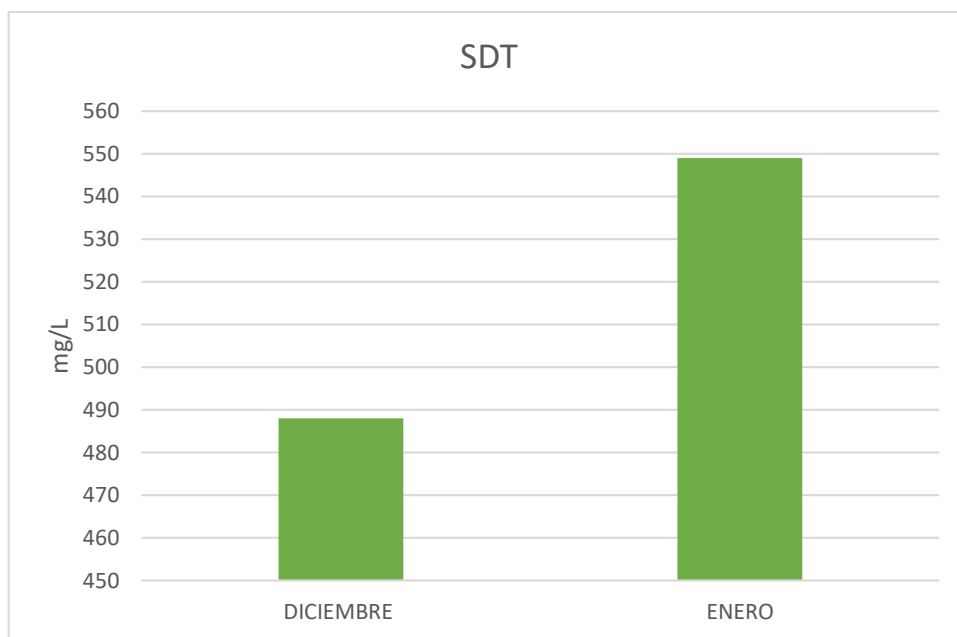


Gráfica A 16 Coliformes fecales del Humedal de Valsequillo en el año 2017. Fuente: elaboración propia, con datos de Conagua (2017)

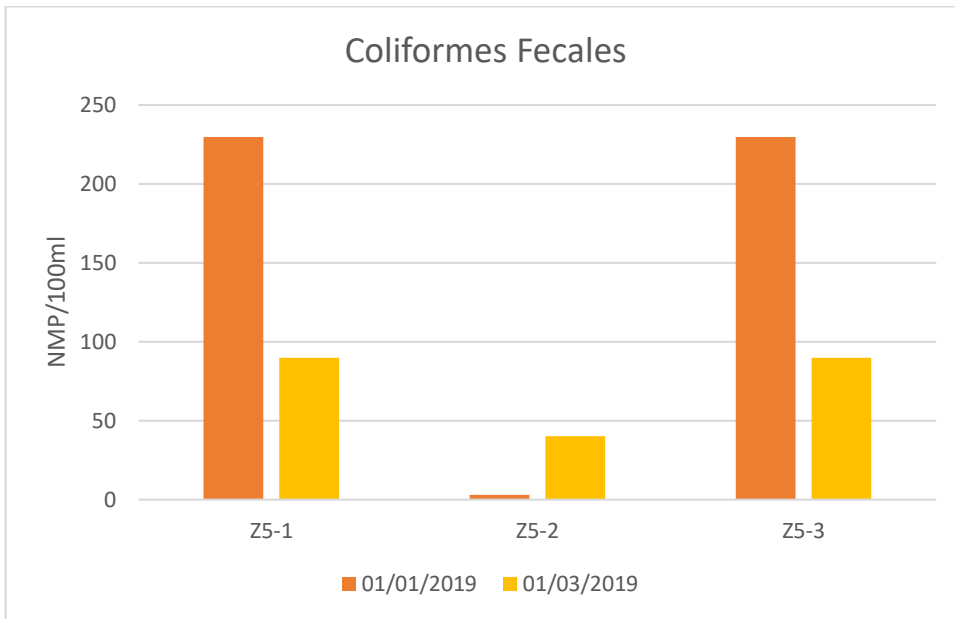
Graficas 2019

Valsequillo									
	COLIFORMES FECALES		DBO5 mg/L	SDT mg/L		DQO mg/L	SST mg/L	ORP	
	ENERO	MARZO	ENERO	DICIEMBRE	ENERO	ENERO	ENERO	ENERO	MARZO
Z5-1	230	90	28.12	488	549	38	22	18.4	89.6
Z5-2	3	40	28.17			36.9	19	-7.9	115
Z5-3	230	90	30.2			37.3	15	-84.6	5.3
Z5-4	90		30.7			38.4	17		
PROMEDIO	138.3	73.3	29.3	488.0	549.0	37.7	18.3	-24.7	70.0

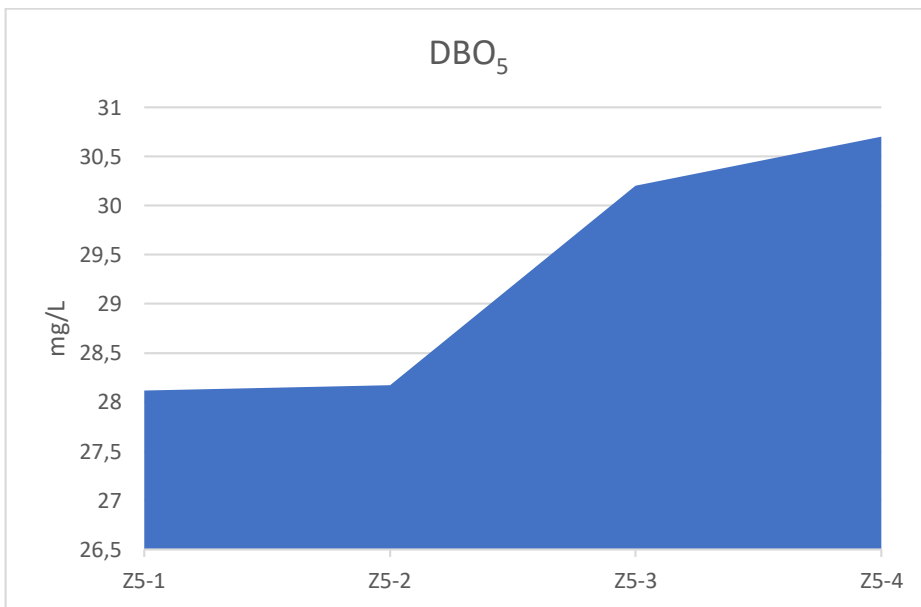
Tabla A 3 Parámetros fisicoquímicos del Humedal de Valsequillo en el año 2019. Fuente: elaboración propia, con datos de laboratorio (Consultas Nacionales de Información y Asesoría, S.A., de C.V., 2019).



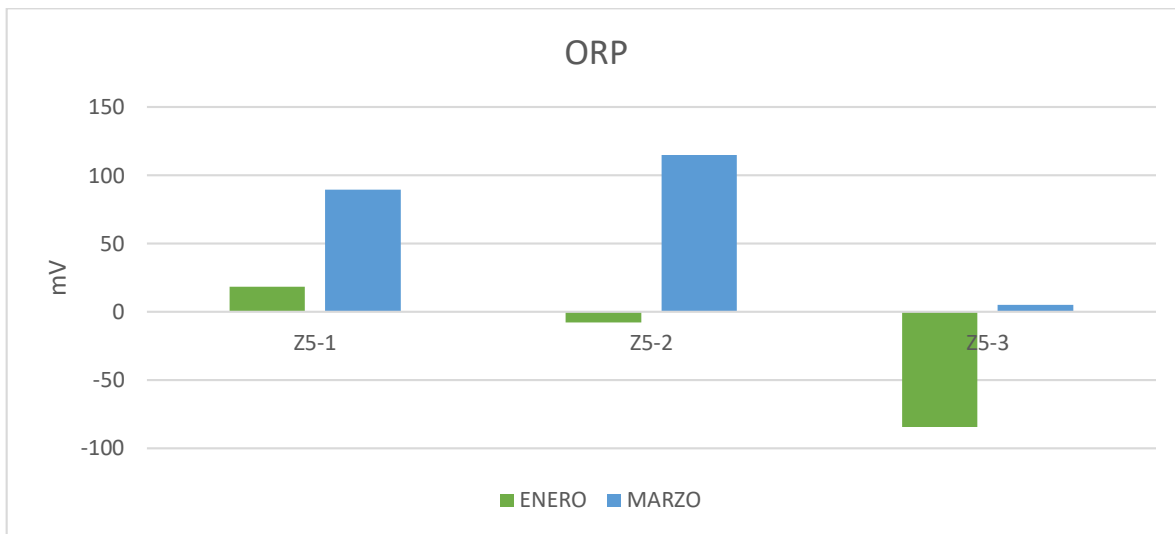
Gráfica A 17. Sólidos Disueltos Totales del Humedal de Valsequillo en el año 2019. Fuente: elaboración propia, con datos de laboratorio (Consultas Nacionales de Información y Asesoría, S.A., de C.V., 2019).



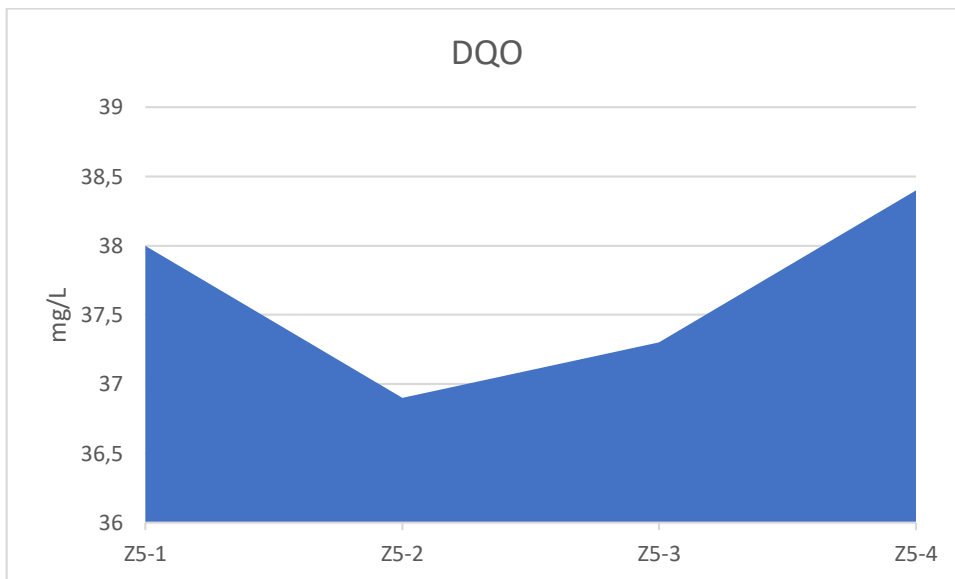
Gráfica A 18 Coliformes fecales del Humedal de Valsequillo en el año 2019. Fuente: elaboración propia, con datos de laboratorio (Consultas Nacionales de Información y Asesoría, S.A., de C.V., 2019).



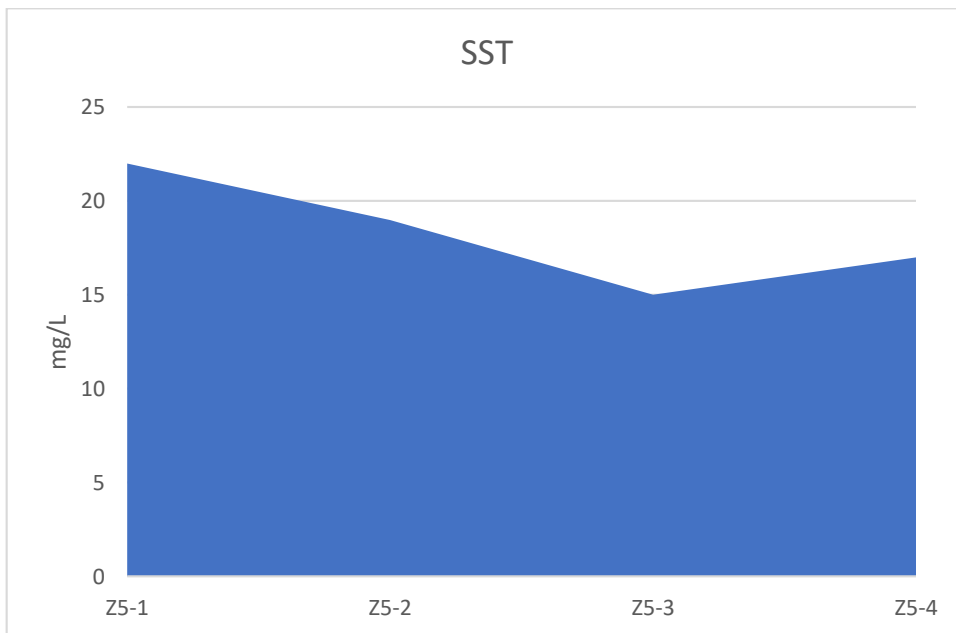
Gráfica A 19. Demanda Bioquímica de Oxígeno al cabo del 5° día del Humedal de Valsequillo en el año 2019. Fuente: elaboración propia, con datos de laboratorio (Consultas Nacionales de Información y Asesoría, S.A., de C.V., 2019).



Gráfica A 20. Potencial de Óxido Reducción del Humedal de Valsequillo en el año 2019. Fuente: elaboración propia, con datos de laboratorio (Consultas Nacionales de Información y Asesoría, S.A., de C.V., 2019).



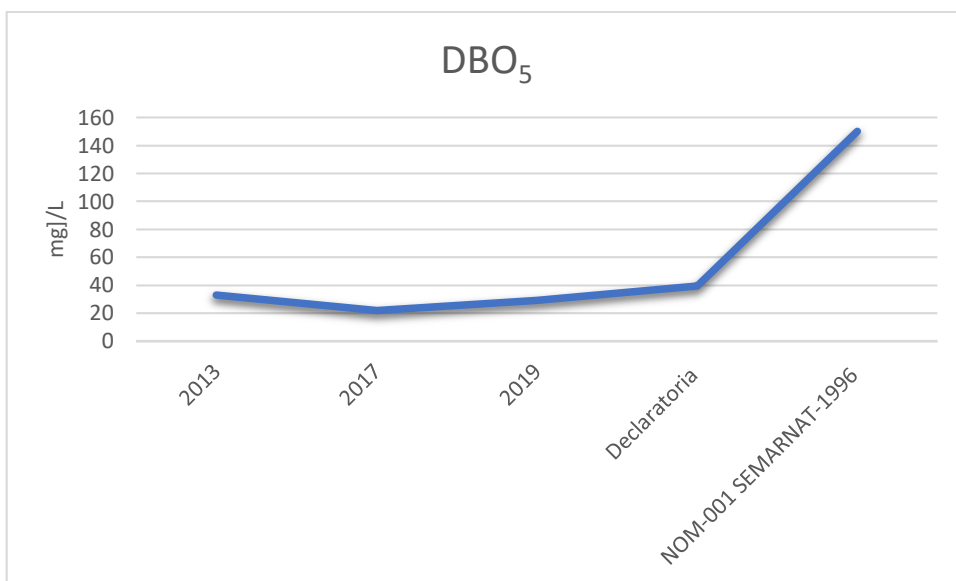
Gráfica A 21. Demanda Química de Oxígeno del Humedal de Valsequillo en el año 2019. Fuente: elaboración propia, con datos de laboratorio (Consultas Nacionales de Información y Asesoría, S.A., de C.V., 2019).



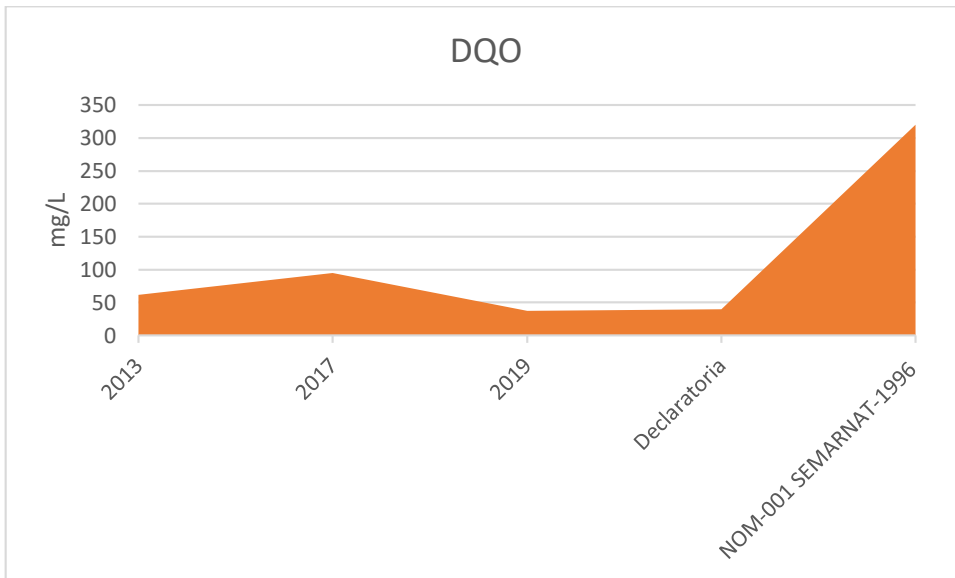
Gráfica A 22. Sólidos Suspendidos Totales del Humedal de Valsequillo en el año 2019. Fuente: elaboración propia, con datos de laboratorio (Consultas Nacionales de Información y Asesoría, S.A., de C.V., 2019).

A.1.4 Comparativo de parámetros fisicoquímicos del Humedal de Valsequillo en los años 2013, 2017, 2019, la “Declaratoria de Clasificación de los Ríos Atoyac y Xochiac y sus Afluentes” y la NOM-001-SEMARNAT-1996

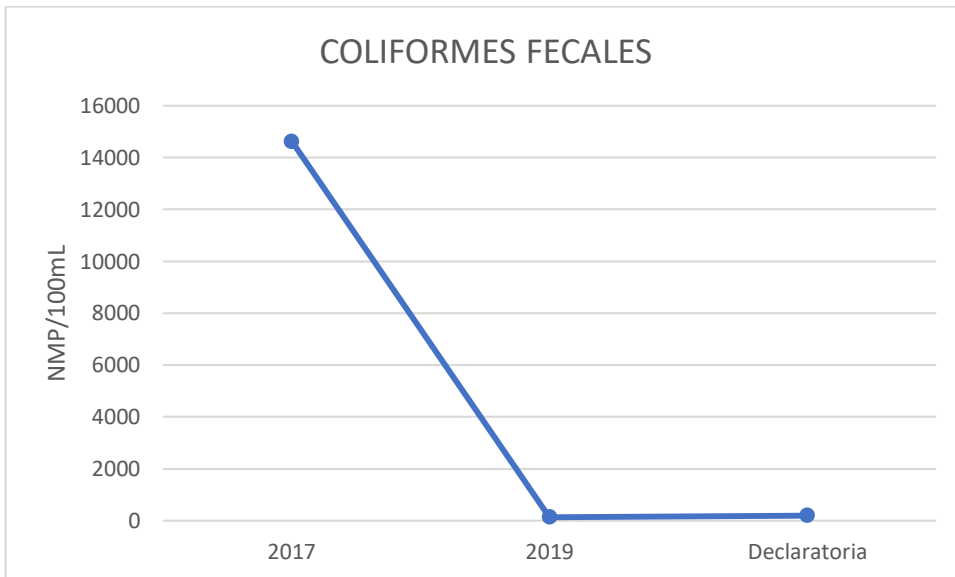
Conforme a los datos obtenidos en los años mencionados y con fines comparativos, se graficaron los resultados de los parámetros más significativos y los límites máximos permisibles según la NOM-001-SEMARNAT-1996 y la “Declaratoria de clasificación de los ríos Atoyac y Xochiac y sus afluentes” (DCRAXA).



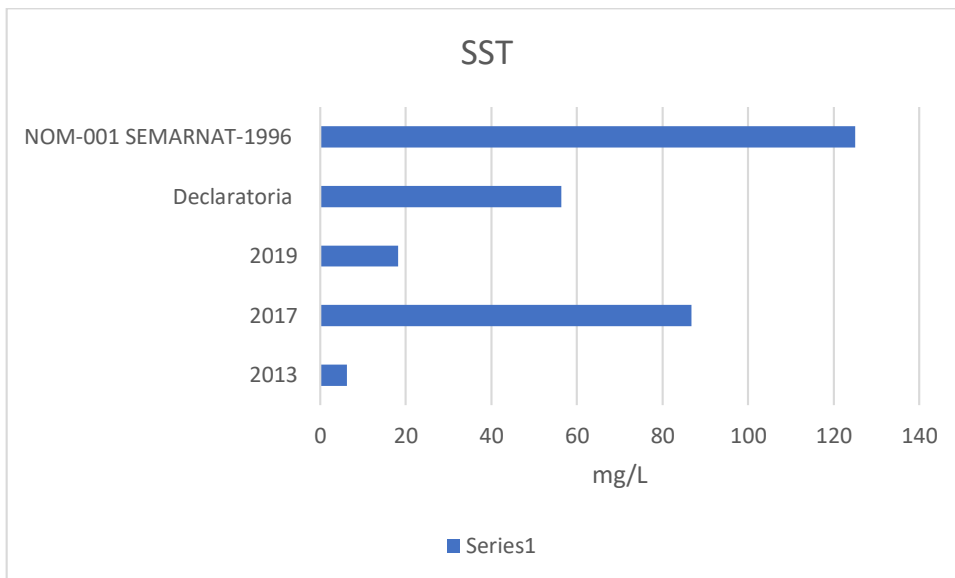
Gráfica A 23. Comparativa de la Demanda Bioquímica de Oxígeno del Humedal de Valsequillo en los años 2013, 2017, 2019, la “Declaratoria de Clasificación de los Ríos Atoyac y Xochiac y sus Afluentes” y la NOM-001-SEMARNAT-1996.



Gráfica A 24. Comparativa de la Demanda Química de Oxígeno del Humedal de Valsequillo en los años 2013, 2017, 2019, la “Declaratoria de Clasificación de los Ríos Atoyac y Xochiac y sus Afluentes” y la NOM-001-SEMARNAT-1996.



Gráfica A 25 Comparativa de coliformes fecales del Humedal de Valsequillo en los años 2017 2019 y la “Declaratoria de Clasificación de los Ríos Atoyac y Xochiac y sus Afluentes”



Gráfica A 26 . Comparativa de Sólidos Suspending Totales del Humedal de Valsequillo en los años 2013, 2017, 2019, la “Declaratoria de Clasificación de los Ríos Atoyac y Xochiac y sus Afluentes” y la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Anexo II Fotográfico

En esta parte se muestra una serie de fotografías que fundamenta las diferentes observaciones.



Ilustración AII 1. Tablero indicador del equipo de hiperoxidación de un Scavenger 2000™ cuando está en operación en el Humedal de Valsequillo. Fuente: propia (2019).



Ilustración All 2 Durante el monitoreo de parámetros del Humedal de Valsequillo se observó la coloración del agua en la Zona 5, antes del inicio de la temporada de lluvias. Fuente: propia (2019).



Ilustración All 3. Acumulación de lirio después de la apertura de las compuertas del Humedal de Valsequillo y muestras para estudio: La apertura de la compuerta sirvió como una purga natural de lirio. Fuente: propia (2019).



Ilustración All 4. Visita de verificación y toma de muestras en la Zona 5 del Humedal de Valsequillo: se observa la disminución en la altura del nivel del agua debido a la apertura de la presa. Fuente: propia (2019).



a) Parte interior



Ilustración All 5. Área de embarque de los sistemas Scavenger 2000™ “Puebla 1, 2 y 3” en el Humedal de Valsequillo. Fuente: propia (2019).



Ilustración AII 6. Vista general de la Zona 5 del Humedal de Valsequillo, muestreada: dirección a la compuerta. Fuente: propia (2019).



Ilustración AII 7 Equipo de medición GPS: posición N 18°54.408', W 98°09.895' y 27.1 m de profundidad, utilizada para referenciar los puntos de muestreo del Humedal de Valsequillo. Fuente: propia (2019).



Ilustración AII 8. Equipo de medición GPS: posición N 18°54.407', W 98°09.894'y 27.0 m de profundidad, utilizada para referenciar los puntos de muestreo del Humedal de Valsequillo. Fuente: propia (2019).



Ilustración AII 9. Sistema analógico para control de presión hidráulica del sistema Scavenger 2000™ en el Humedal de Valsequillo. Fuente: propia (2019).



Ilustración All 10. Lirio acuático sudamericano (Eichhorniacrassipes) presente en el Humedal de Valsequillo. Fuente: propia (2019).



Ilustración All 11 Revisión de la operación del contenedor de sólidos del sistema Scavenger 2000™ en el Humedal de Valsequillo. Fuente: propia (2019).

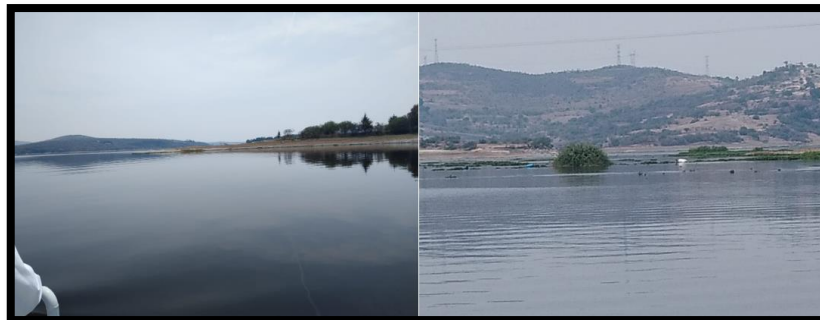


Ilustración All 12 Comparativa de la distribución del lirio acuático por las diferentes corrientes de agua en el Humedal de Valsequillo. Fuente: propia (2019).



Ilustración All 13 Tratamiento de agua por oxidación con el sistema Scavenger 2000™ en el Humedal de Valsequillo. Fuente: propia (2019).



Ilustración All 14 A la izquierda: aro salvavidas de 24" del sistema Scavenger 2000™. A la derecha: vista de la Zona 5 del Humedal de Valsequillo para la evaluación de impacto ambiental. Fuente: propia (2019).



Ilustración All 15. Posible ubicación de un cable para iniciar tratamiento de lirio: llegada del Alseseca, Zona 4 del Humedal de Valsequillo. Fuente: propia (2019).



Ilustración All 16 Contraste de la vegetación a la orilla del Humedal de Valsequillo en la Zona 4 (izquierda) y Zona 5 (derecha). Fuente: propia (2019).



Ilustración All 17. Transporte de automóviles atravesando las zonas 3 y 5, “La Panga”, en el Humedal de Valsequillo. Fuente: propia (2019).



Ilustración All 18 Capa vegetal en la zona de la compuerta del Humedal de Valsequillo, monitoreada para la evaluación de impacto ambiental. A la izquierda: zona de purga del sistema de enfriamiento. A la derecha: sistema Scavenger 2000™. Fuente: propia (2019).



Ilustración AII 19. A la izquierda: recolector de sólidos suspendidos del sistema Scavenger 2000TM. A la derecha: turbidez generada por el sistema Scavenger 2000TM en la Zona 3 del Humedal de Valsequillo durante el proceso de tratamiento. Fuente: propia (2019).



Ilustración AII 20. Electrodo de medición de parámetros de calidad del agua del sistema S::CADA, cuyas salidas son programables para optimizar el proceso de tratamiento del Humedal de Valsequillo. Fuente: propia (2019).



Ilustración AII 21. Propuesta de equipo de limpia en las zonas de los afluentes del río Atoyac, para establecer un sistema de pretratamiento de los afluentes al Humedal de Valsequillo, utilizando el lecho del río.

Anexo III Resultados de laboratorio que acompañan al "Informe de resultados en la Presa de Valsequillo"



INTERTEK TESTING SERVICES DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
 Intertek + ABCAnalytic | Laboratorio Matriz – Delegación Azcapotzalco, Ciudad de México
 PONIENTE 134 No 660, COL INDUSTRIAL VALLEJO, AZCAPOTZALCO, CD MEX. C.P. 02300
 Tel. 52 (55) 5998-0900 e-mail: web.iao-mex@intertek.com Página Web: www.intertek.com.mx

intertek + ABCAnalytic
 Total Quality. Assured. Veracidad que Genera Confianza.

F-IP1-2

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA S.A. DE C.V. (59268)
 CARRETERA COATEPEC-XALAPA - KM 7.5 ZONCUANTLA COATEPEC, VERACRUZ, 91500
 At'n: JACOBO TABLA HERNÁNDEZ

INFORME DE PRUEBAS

No. DE ORDEN: 888333
 No. DE LABORATORIO: 888333-1
 FOLIO: 1437109
 FECHA DE EMISIÓN: 01/03/19
 Página 1 de 7



ESTE INFORME DE PRUEBAS SUSTITUYE AL EMITIDO EL 12 DE FEBRERO DEL 2019 CON No. FOLIO 1424637

DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	Z5-2
FECHA Y HORA DE MUESTREO:	24/01/2019 11:25
MUESTREADO POR:	LABS. ABC MATRIZ (CD MEX)
MUESTREADOR:	EDDIE JONATHAN ANDRADE SALINAS
MATRIZ:	AGUAS NATURALES / LÓTICAS
OBSERVACIONES DE MUESTREO:	EL VALOR DEL O.D. ES MENOR AL LÍMITE DE DETECCIÓN 0.16 mg/L

DATOS DE RECEPCION DE LA MUESTRA

FECHA Y HORA: 25/01/2019 09:54	No. FRASCOS: 19	PRESERVACION ADECUADA: SI
OBSERVACIONES: NINGUNA		
DESCRIPCIÓN: NINGUNA		

RESULTADOS DE ANALISIS DE CAMPO

AA	PARAMETRO	METODO ANALÍTICO	UNIDADES	RESULTADO	D	LDM	LPC	ANALIZADO	
								FECHA	AN
1,11,29,3 0	CONDUCTIVIDAD ELECTROLITICA EN CAMPO	NMX-AA-093-SCFI-2018	uS/cm	1119.0	1	NA	10	24/01/19	ANS
1,11,29,3 0	OXIGENO DISUELTU EN CAMPO	NMX-AA-012-SCFI-2001	mg/L	VER OBSERV.	1	NA	0.50	24/01/19	ANS
1,11,17,2 9,30,32	pH EN CAMPO	NMX-AA-008-SCFI-2016	U pH	7.30	1	NA	NA	24/01/19	ANS
1,11,29,3 0	POTENCIAL REDOX	SM 2580B-2011	Eh(mV)	-84	1	NA	NA	24/01/19	ANS
1,11,17,2 9,30,32	TEMPERATURA EN CAMPO	NMX-AA-007-SCFI-2013	°C	20.00	1	NA	0.10	24/01/19	ANS

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

AA	PARAMETRO	METODO ANALÍTICO	UNIDADES	RESULTADO	D	LDM	LPC	ANALIZADO	
								FECHA	AN
1,11	ALUMINIO TOTAL	US EPA 6010C-2007	mg/L	ND	1	0.0008	0.010	30/01/19	CSA
1,11,17	ARSENICO TOTAL	US EPA 6010C-2007	mg/L	ND	1	0.0015	0.010	30/01/19	CSA
1,11,17	CADMIO TOTAL	US EPA 6010C-2007	mg/L	ND	1	0.0003	0.0020	30/01/19	CSA
1,11	CLORUROS TOTALES	NMX-AA-073-SCFI-2001	mg/L	94.1	1	NA	9.0	28/01/19	MRL
1,11,17	CIANUROS TOTALES	US EPA 335.3-1978	mg/L	0.0023	1	0.0005	0.0050	31/01/19	HCE
1,11	COLOR REAL (Pt-Co)	NMX-AA-045-SCFI-2001	U Pt/Co	60.00	1	NA	2.50	25/01/19	LAJ
1,11	CARBONO ORGANICO FIJO TOTAL (COT)	US EPA 415.3-2009	mg/L	9.463	1	0.06	0.50	31/01/19	RPC
1,11,17	CROMO TOTAL	US EPA 6010C-2007	mg/L	ND	1	0.0005	0.0050	30/01/19	CSA
1,11,17	COBRE TOTAL	US EPA 6010C-2007	mg/L	0.0010	1	0.0003	0.0010	30/01/19	CSA
1,11,17	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO5) TOTAL	NMX-AA-028-SCFI-2001	mg/L	6.2	6	NA	2.0	25/01/19	HGE
B	DIGESTION ACIDA CON HORNO DE MICROONDAS	EPA 3015-1996	NA	REALIZADO	1	NA	NA	29/01/19	CSA
1,11	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO) TOTAL	NMX-AA-030/2-SCFI-2011	mg/L	38.0	1	NA	10.0	30/01/19	VMA
1,11	FENOLES TOTALES	US EPA 9066-1986	mg/L	0.0088	1	0.0003	0.0010	31/01/19	HCE

En la columna AA se indica la clave que liga con el laboratorio que realizó la prueba y el reconocimiento legal que lo ampara (ver apartado Reconocimientos Legales)



INTERTEK TESTING SERVICES DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
 Intertek + ABCAnalitic | Laboratorio Matriz - Delegación Azcapotzalco, Ciudad de México
 PONIENTE 134 No 660, COL INDUSTRIAL VALLEJO, AZCAPOTZALCO, CD MEX, C.P. 02300
 Tel: 52 (55) 5596-0500 e-mail: web.lao-mex@intertek.com Página Web: www.intertek.com.mx

intertek + ABCAnalitic
 Total Quality Assured. Veracidad que Demanda Confianza.

F-IPR1-2

INFORME DE PRUEBAS

No. DE ORDEN: 888333
 No. DE LABORATORIO: 888333-1
 FOLIO: 1437/03
 FECHA DE EMISION: 01/03/19
 Página 2 de 7



ESTE INFORME DE PRUEBAS SUSTITUYE AL EMITIDO EL 12 DE FEBRERO DEL 2019 CON No. FOLIO 1424637

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	D	LDM	LPC	ANALIZADO	
								FECHA	AM
1.11	FERRO TOTAL	US EPA 8010C-2007	mg/L	0.0655	1	0.00120	0.010	30/01/19	CSA
1.11.17	GRASAS Y ACEITES	NMX-AA-005-SCFI-2015	mg/L	ND	1	NA	5.0	30/01/19	VOC
1.11.17	MERCURIO TOTAL	US EPA 7470A-1994	mg/L	ND	1	0.009027	0.00050	29/01/19	GVR
1.11	HUEVOS DE HELMINTO	NMX-AA-113-SCFI-2012	HH/L	<0.2	1	NA	0.20	01/02/19	MRV
1.11	MANGANESO TOTAL	US EPA 8010C-2007	mg/L	0.3701	1	0.0051	0.0010	30/01/19	CSA
1.11	NITROGENO AMONICAL	US EPA 350.1-1995	mg/L	13.9554	10	0.0029	0.010	31/01/19	MSM
1.11.17	NIQUEL TOTAL	US EPA 8010C-2007	mg/L	ND	1	0.0054	0.0010	30/01/19	CSA
1.11.17	PLOMO TOTAL	US EPA 8010C-2007	mg/L	ND	1	0.00030	0.0050	30/01/19	CSA
1.11	SULFATOS	US EPA 8008-1989	mg/L	61.762	1	0.440	5.0	30/01/19	CCL
1.11	SOLIDOS SEDIMENTABLES	NMX-AA-004-SCFI-2015	ml/L	ND	1	NA	0.10	26/01/19	MRL
1.11	SULFUROS	NMX-AA-084-1982	mg/L	ND	1	0.0140	0.05	30/01/19	RUR
1.11.17	ZINC TOTAL	US EPA 8010C-2007	mg/L	ND	1	0.0028	0.010	30/01/19	CSA
2.12	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	NMX-AA-034-SCFI-2015	mg/L	549.0	1	NA	25.0	30/01/19	LDR
2.12	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	NMX-AA-034-SCFI-2015	mg/L	11.0	1	NA	10.0	30/01/19	LDR
5.14	SAAM (CALCULADO COMO L.A.S. PM 240 UMa)	NMX-AA-039-SCFI-2001	mg/L	0.724	2	0.0100	0.05	30/01/19	ANO
	TOXICIDAD VIBRIO FISCHERI								
	TOXICIDAD VIBRIO FISCHERI	ISO 11348-3-2007	EC50	>100	1	NA	NA	26/01/19	SGM
	TOXICIDAD VIBRIO FISCHERI	ISO 11348-3-2007	UT	<1	1	NA	NA	26/01/19	SGM
	COSVS EXTRACTABLES ACIDOS								
1.11	2,3,4,6-TETRACLOROFENOL (58-90-2)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0240	0.20	07/02/19	PMM
1.11	2,5-DICLOROFENOL (578-34-9)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0360	0.20	07/02/19	PMM
1.11	2,4,5-TRICLOROFENOL (95-95-4)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0240	0.20	07/02/19	PMM
1.11	2,4,6-TRICLOROFENOL (59-06-2)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0240	0.20	07/02/19	PMM
1.11	2,4-DICLOROFENOL (120-69-2)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0240	0.20	07/02/19	PMM
1.11	2,4-DIMETILFENOL (105-67-8)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0240	0.20	07/02/19	PMM
1.11	2,4-DINITROFENOL (51-28-5)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0440	0.20	07/02/19	PMM
1.11	2-CLOROFENOL (85-57-8)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0240	0.20	07/02/19	PMM
1.11	2-NITROFENOL (89-75-5)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0250	0.20	07/02/19	PMM
1.11	4-CLORO-3-METILFENOL (59-56-7)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0260	0.20	07/02/19	PMM
1.11	4-NITROFENOL (100-02-7)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0260	0.20	07/02/19	PMM
1.11	DINITRO-p-CRESOL (534-52-1)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0340	0.20	07/02/19	PMM
1.11	FENOL (108-95-3)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0260	0.20	07/02/19	PMM
1.11	m-p-CRESOL	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0430	0.40	07/02/19	PMM
1.11	o-CRESOL (95-46-7)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0240	0.20	07/02/19	PMM
1.11	PENTACLOROFENOL (67-95-5)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0220	0.20	07/02/19	PMM
	COSVS EXTRACTABLES BASICOS								
B	EXTRACCION DE COSVS ACIDOS	EPA 3610C-1996	—	REALIZADA	1	NA	NA	31/01/19	VEA
1.11	1-CLORONAFTALENO (99-13-1)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0220	0.20	07/02/19	PMM
1.11	1,3-DIFENILHIDRACINA (123-65-7)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0300	0.20	07/02/19	PMM
1.11	2-CLORONAFTALENO (91-58-7)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0220	0.20	07/02/19	PMM
1.11	2,4-DINITROCLUENO (121-14-2)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0220	0.20	07/02/19	PMM

En la columna AA se indica la clave que liga con el laboratorio que realizó la prueba y el reconocimiento legal que lo ampara (ver apartado Reconocimientos Legales).

Versión 19.5

**INTERTEK TESTING SERVICES DE MÉXICO, S.A. DE C.V.**

Intertek + ABCAnalitic | Laboratorio Matriz - Delegación Azoapotecas, Ciudad de México
 PONIENTE 134 No.660, COL INDUSTRIAL VALLEJO, AZCAPOTZALCO, CD MEX, C.P. 02300
 Tel. 52 (55) 5958-0500 e-mail: web.uso-mex@intertek.com Página Web: www.intertek.com.mx

intertek + ABCAnalitic
 Total Quality Assured. Veracidad que Genera Confianza.

F-SPR1-2

INFORME DE PRUEBAS

No. DE ORDEN: 888333
 No. DE LABORATORIO: 888333-1
 FOLIO: 1437109
 FECHA DE EMISIÓN: 01/03/19
 Página 3 de 7



ESTE INFORME DE PRUEBAS SUSTITUYE AL EMITIDO EL 12 DE FEBRERO DEL 2019 CON No. FOLIO 1434637

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	D	LDM	LPC	ANALIZADO	
								FECHA	AN
1.11	2,4-DINITROTOLUENO (999-29-2)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0300	0.30	07/02/19	PMM
1.11	4-BROMOFENIL FENIL ETER (101-55-3)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0310	0.30	07/02/19	PMM
1.11	ACENAPTENO (83-32-6)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0220	0.30	07/02/19	PMM
1.11	ACENAPTELENO (268-66-6)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0240	0.30	07/02/19	PMM
1.11	ANTRACENO (120-12-7)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0260	0.30	07/02/19	PMM
1.11	BENCIDINA (62-67-6)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0460	0.20	07/02/19	PMM
1.11	BENZO (A) ANTRACENO (56-55-3)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0250	0.30	07/02/19	PMM
1.11	BENZO (A) PIRENO (50-32-6)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0250	0.30	07/02/19	PMM
1.11	BENZO (B) FLUORANTENO (206-96-2)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0240	0.30	07/02/19	PMM
1.11	BENZO (G,H,I) PERLENO (191-24-2)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0220	0.30	07/02/19	PMM
1.11	BENZO (K) FLUORANTENO (207-06-6)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0220	0.20	07/02/19	PMM
1.11	BIS-2-(CLOROETIL) ETER (107-30-2)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0220	0.30	07/02/19	PMM
1.11	BIS-2-(CLOROISOPROPIL) ETER (106-65-1)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0220	0.20	07/02/19	PMM
1.11	BIS-2-(ETILHEXIL) FTALATO (117-81-7)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0220	0.20	07/02/19	PMM
1.11	CRISENO (218-01-0)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0250	0.20	07/02/19	PMM
1.11	DI-2-(ETIL-HEXIL)-ADIPATO (105-23-1)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0240	0.20	07/02/19	PMM
1.11	DIBENZO (A,H) ANTRACENO (53-70-3)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0250	0.30	07/02/19	PMM
1.11	DISULFTALATO (84-74-2)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0220	0.30	07/02/19	PMM
1.11	DITILFTALATO (84-66-2)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0220	0.30	07/02/19	PMM
1.11	DIMETILFTALATO (131-11-3)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0240	0.30	07/02/19	PMM
1.11	DI-N-OCTILFTALATO (117-84-0)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0220	0.30	07/02/19	PMM
1.11	FENANTRENO (85-01-8)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0220	0.30	07/02/19	PMM
1.11	FLUORANTENO (206-44-0)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0220	0.30	07/02/19	PMM
1.11	FLUORENO (86-73-7)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0220	0.20	07/02/19	PMM
1.11	HEXACLOROBUTADIENO (87-68-3)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0340	0.20	07/02/19	PMM
1.11	HEXACLOROCICLOPENTADIENO (77-47-4)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0220	0.30	07/02/19	PMM
1.11	HEXACLOROETANO (67-72-1)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0240	0.20	07/02/19	PMM
1.11	INDENO (1,2,3,C-D)PIRENO (193-39-5)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0250	0.20	07/02/19	PMM
1.11	ISOPORONA (79-59-1)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0220	0.20	07/02/19	PMM
1.11	NAFTALENO (91-20-3)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0220	0.20	07/02/19	PMM
1.11	NITROBENCENO (98-96-3)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0250	0.20	07/02/19	PMM
1.11	N-NITROSODIPENLAMINA (86-30-6)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0200	0.20	07/02/19	PMM
1.11	N-NITROSODIMETILAMINA (62-76-9)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0220	0.20	07/02/19	PMM
1.11	N-NITROSO-DI-N-PROPILAMINA (521-54-7)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0220	0.34	07/02/19	PMM

En la columna AA se indica la clave que liga con el laboratorio que realizó la prueba y el reconocimiento legal que lo ampara (ver apartado Reconocimientos Legales)

Versión 18.3

**INTERTEK TESTING SERVICES DE MÉXICO, S.A. DE C.V.**

Intertek + ABCAnalytic | Laboratorio Matriz - Delegación Azcapotzalco, Ciudad de México
 POBONTE 134 No 693, CDL INDUSTRIAL VALLEJO, AZCAPOTZALCO, CD MEX, C.P. 02300
 Tel. 52 (55) 3999-0900 e-mail: web.iso-mex@intertek.com | Página Web: www.intertek.com.mx

intertek + ABCAnalytic
 Total Quality Assured. Veracidad que Genera Confianza.

F-IPR1-2

INFORME DE PRUEBAS

No. DE ORDEN: 888333
 No. DE LABORATORIO: 888333-1
 FOLIO: 1437169
 FECHA DE EMISIÓN: 01/03/19
 Página 4 de 7



ESTE INFORME DE PRUEBAS SUSTITUYE AL EMITIDO EL 12 DE FEBRERO DEL 2019 CON No. FOLIO 1424537

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	Ø	LDM	LPC	ANALIZADO	
								FECHA	JM
1,11	PENTACLOROBCENCENO (958-83-5)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0249	0.20	07/02/19	PMM
1,11	PIRENO (129-00-6)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0230	0.20	07/02/19	PMM
1,11	PIRIDINA (110-95-1)	US EPA 8270D 2007	ug/L	ND	10	0.0230	0.20	07/02/19	PMM
B	EXTRACCION DE CO3V3 BASICOS	EPA 8210C-1996	---	REALIZADA	1	NA	NA	21/01/19	VEA
COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES									
1,11	1,1,1-TRICLOROETANO (71-55-6)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.13	1.03	29/01/19	JRA
1,11	1,1,1,2-TETRACLOROETANO (635-20-6)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.13	1.05	29/01/19	JRA
1,11	1,1,2,2-TETRACLOROETANO (79-34-6)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.15	1.03	29/01/19	JRA
1,11	1,1,2-TRICLOROETANO (78-00-6)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.13	1.03	29/01/19	JRA
1,11	1,1-DICLOROETENO (1,1-DICLOROETILENO) (75-35-4)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.11	1.03	29/01/19	JRA
1,11	1,2-DICLOROBCENCENO (95-50-1)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.14	1.04	29/01/19	JRA
1,11	1,2-DICLOROETANO (107-06-2)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.14	1.04	29/01/19	JRA
1,11	1,2-DICLOROPROPANO (78-87-5)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.11	1.04	29/01/19	JRA
1,11	1,3-DICLOROBCENCENO (541-73-1)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.13	1.03	29/01/19	JRA
1,11	1,4-DICLOROBCENCENO (106-46-7)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.13	1.04	29/01/19	JRA
1,11	2-CLOROETIL VINIL ETER (110-75-8)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.12	1.00	29/01/19	JRA
A	ACETATO DE VINILO (166-05-4)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.19	1.57	29/01/19	JRA
1,11	ACRILONITRILLO (107-13-1)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.13	1.00	29/01/19	JRA
1,11	ACROLEINA (107-02-8)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.12	1.04	29/01/19	JRA
1,11	BENCENO (71-43-2)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.12	1.04	29/01/19	JRA
1,11	BROMODICLOROMETANO (75-27-4)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.14	1.04	29/01/19	JRA
1,11	BROMOFORMO (75-25-2)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.11	1.04	29/01/19	JRA
A	BROMURO DE METILO (74-83-9)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.10	1.04	29/01/19	JRA
A	cis-1,2-DICLOROETENO (156-59-2)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.12	1.04	29/01/19	JRA
1,11	cis-1,3-DICLOROPROPILENO (19981-01-5)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.11	1.04	29/01/19	JRA
1,11	CLOROBCENCENO (106-90-7)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.15	1.04	29/01/19	JRA
1,11	CLOROBROMOMETANO (124-48-1)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.12	1.04	29/01/19	JRA
1,11	CLOROFORMO (67-66-3)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.11	1.04	29/01/19	JRA
1,11	CLORURO DE METILENO (74-87-3)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.13	1.03	29/01/19	JRA
A	CLORURO DE METILO (CLOROMETANO) (74-87-3)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.12	1.04	29/01/19	JRA
1,11	CLORURO DE VINILO (75-01-4)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.17	1.53	29/01/19	JRA
1,11	DISULFURO DE CARBONO (75-15-0)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.10	1.02	29/01/19	JRA
A	ESTIRENO (100-42-5)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.11	1.05	29/01/19	JRA
1,11	ETILBENCENO (100-41-4)	US EPA 8260C 2006	ug/L	ND	1	0.13	1.03	29/01/19	JRA

En la columna AA se indica la clave que liga con el laboratorio que realizó la prueba y el reconocimiento legal con la empresa (ver apartado Reconocimientos Legales)

Versión 19.5



INTERTEK TESTING SERVICES DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
 Intertek + ABCAnalytic | Laboratorio Matriz – Delegación Azcapotzalco, Ciudad de México
 PONIENTE 134 No 680, COL INDUSTRIAL VALLEJO, AZCAPOTZALCO, CD MEX. C.P. 02300
 Tel: 52 (55) 5508-0300 e-mail: web_lao-mex@intertek.com Página Web: www.intertek.com.mx

INFORME DE PRUEBAS

No. DE ORDEN: 888333
 No. DE LABORATORIO: 888333-1
 FOLIO: 1437199
 FECHA DE EMISION: 01/03/19
 Página 6 de 7



ESTE INFORME DE PRUEBAS SUSTITUYE AL EMITIDO EL 12 DE FEBRERO DEL 2019 CON No. FOLIO 1424837

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	D	LDM	LPC	ANALIZADO	
								FECHA	AN
1.11	m+p-XILENO	US EPA 8250C 2008	ug/L	ND	1	0.20	2.07	29/01/19	JRA
1.11	MTBE (METIL-T-BUTIL ETHER) (1034-04-4)	US EPA 8250C 2008	ug/L	ND	1	0.11	1.01	29/01/19	JRA
1.11	p-XILENO (95-47-0)	US EPA 8250C 2008	ug/L	ND	1	0.14	1.03	29/01/19	JRA
1.11	TAME (T-AMYL METIL ETHER) (564-06-0)	US EPA 8250C 2008	ug/L	ND	1	0.12	1.01	29/01/19	JRA
1.11	TETRACLOROETILENO (127-18-4)	US EPA 8250C 2008	ug/L	ND	1	0.12	1.03	29/01/19	JRA
1.11	TETRACLORURO DE CARBONO (35-23-5)	US EPA 8250C 2008	ug/L	ND	1	0.11	1.06	29/01/19	JRA
1.11	TOLUENO (108-88-3)	US EPA 8250C 2008	ug/L	ND	1	0.12	1.04	29/01/19	JRA
1.11	trans-1,2-DICLOROETILENO (156-60-5)	US EPA 8250C 2008	ug/L	ND	1	0.10	1.04	29/01/19	JRA
1.11	trans-1,3-DICLOROPROPILENO (10661-82-8)	US EPA 8250C 2008	ug/L	ND	1	0.15	1.03	29/01/19	JRA
1.11	TRICLOROETILENO (79-01-6)	US EPA 8250C 2008	ug/L	ND	1	0.14	1.04	29/01/19	JRA
	NITRITOS + NITRATOS PARA CÁLCULO DE NITRÓGENO TOTAL								
C	NITRÓGENO TOTAL	CALCULO	mg/L	12.324	1	NA	NA	31/01/19	SMF
1.11	NITRITOS (NITRÓGENO DE)	US EPA 353.2-1993	mg/L	0.0471	1	0.0006	0.0050	29/01/19	VOV
1.11	NITRATOS (NITRÓGENO DE)	US EPA 353.2-1993	mg/L	0.075	1	0.0015	0.010	29/01/19	VOV
	NITRÓGENO TOTAL KJELDHAL (NTK)								
B	DIGESTION NITRÓGENO TOTAL KJELDHAL (NTK)	US EPA 351.2-1993	NA	REALIZADA	1	NA	NA	30/01/19	MSF
1.11	NITRÓGENO TOTAL KJELDHAL (NTK)	US EPA 351.2-1993	mg/L	12.324	1	0.050	0.10	31/01/19	SMF
B	DIGESTION FOSFORO TOTAL	US EPA 355.1-1993	NA	REALIZADA	1	NA	NA	30/01/19	MSF
	FOSFORO TOTAL								
1.11	FOSFORO TOTAL	US EPA 355.1-1993	mg/L	0.0014	1	0.0014	0.0050	31/01/19	SMF
	TOXICIDAD DAPHNIA MAGNA								
	TOXICIDAD DAPHNIA MAGNA	ISO 8341 2012	EC50 (48 H)	>100	1	NA	NA	29/01/19	HLR
	TOXICIDAD DAPHNIA MAGNA	ISO 8341 2012	UT (48-H)	<1	1	NA	NA	29/01/19	HLR

OBSERVACIONES ANALITICAS: COLOR A pH 7.6 SE DETECTAN OTROS COSVS ESTIMADOS, VER REPORTE ANEXO.
 LOS PARAMETROS REPORTADOS SON COMPLEMENTO DEL INFORME EMITIDO CON N°FOLIO 1437199, DE FECHA 01 DE MARZO DEL 2019, DEBIDO A QUE SE TRATA DE LA MISMA MUESTRA, SE REPORTAN POR SEPARADO A PETICION DEL CLIENTE.



INTERTEK TESTING SERVICES DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
Intertek + ABCAnalitic | Laboratorio Matriz – Delegación Azcapotzalco, Ciudad de México
PONIENTE 134 No 660, COL INDUSTRIAL VALLEJO, AZCAPOTZALCO, CD MEX, C.P. 02300
Tel. 52 (55) 5998-0900 e-mail: web.iao-mex@intertek.com Página Web: www.intertek.com.mx

INFORME DE PRUEBAS

No. DE ORDEN: 888333
No. DE LABORATORIO: 888333-1
FOLIO: 1437109
FECHA DE EMISION: 01/03/19
Página 6 de 7



ESTE INFORME DE PRUEBAS SUSTITUYE AL EMITIDO EL 12 DE FEBRERO DEL 2019 CON No. FOLIO 1424637

NOTAS EXPLICATIVAS PARA MEJOR INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

D: Dilución efectuada a la Muestra **NA: No aplica** AA: Prueba Acreditada o Aprobada (ver Tabla siguiente) AN: Clave del Analista que realizó la prueba
ND: Significa que el resultado del analito es un valor menor al expresado en la celda LDM. Otra forma de expresarlo es <LDM. NE: Análisis No Efectuado

- Para calcular la Cantidad Mínima Detectable en la muestra analizada, se debe multiplicar el LDM por la dilución efectuada (D)
- Si el resultado es mayor que el Límite de Detección del Método (LDM) y menor que el Límite Práctico de Cuantificación (LPC), debe ser tomado como estimado.
- Cuando en la columna LPC se expresa ***, significa que el valor reportado corresponde a la Cantidad Mínima Cuantificable, LDM no aplica para este Método.
- En los casos en los que se reportan Métodos Alternos, éstos han sido Autorizados por la dependencia correspondiente y de acuerdo al Art. 49 de la LFMN.
 - (1) El análisis fue realizado con el Método Extranjero (EPA, ISO, SM, ASTM, etc) que se indica, el cual es un Método Alterno al Método Nacional (NMX o NOM). El reconocimiento de este Método Alterno por las autoridades competentes se indica en la columna AA.

- Los valores de las Incertidumbres Expandidas de cada uno de los parámetros reportados en este informe se encuentran a su disposición, previa solicitud.

DECLARACIONES

- Este Informe de Pruebas no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización previa y por escrito de un Representante Legal de Intertek+ABCAnalitic.

- Los resultados de las pruebas reportadas fueron realizados con los métodos y procedimientos aquí asentados, y sólo afectan a la muestra sometida a prueba.

ESTIMADO CLIENTE LE RECORDAMOS EL COMPROMISO DE ABC ANALITIC CON LOS 10 PRINCIPIOS DEL PACTO MUNDIAL DE LAS NACIONES UNIDAS EN MATERIA DE DERECHOS HUMANOS, TRABAJO, MEDIO AMBIENTE Y ANTI-CORRUPCIÓN. EN ESTE SENTIDO LE SOLICITAMOS DENUNCIAR A LA BREVEDAD POSIBLE CUALQUIER SITUACIÓN QUE USTED CONSIDERE QUE ATENTE CONTRA ESTOS PRINCIPIOS Y QUE DERIVE DE LAS OPERACIONES DE ALGÚN COLABORADOR DE NUESTRA ORGANIZACIÓN O ALGÚN TERCERO RELACIONADO AL PROCESO DE PRESTACIÓN DE NUESTROS SERVICIOS. LA DENUNCIA PODRÁ HACERLA AL CORREO ELECTRÓNICO: denuncias@abcanalitic.com

ING. VERONICA LUNA MONDRAGON
GERENTE DE OPERACIONES - LABORATORIO MATRIZ

En la columna AA se indica la clave que liga con el laboratorio que realizó la prueba y el reconocimiento legal que lo ampara (ver apartado Reconocimientos Legales)



INTERTEK TESTING SERVICES DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
 Intertek + ABCAnalytic | Laboratorio Matriz – Delegación Azcapotzalco, Ciudad de México
 PONIENTE 134 No 660, COL INDUSTRIAL VALLEJO, AZCAPOTZALCO, CD MEX, C.P. 02300
 Tel. 52 (55) 5998-0900 e-mail: web.iao-mex@intertek.com Página Web: www.intertek.com.mx

intertek + ABCAnalytic
 Total Quality. Assured. Veracidad que Genera Confianza.

F-IP1R-2

INFORME DE PRUEBAS

No. DE ORDEN: 888333
 No. DE LABORATORIO: 888333-1
 FOLIO: 1437109
 FECHA DE EMISION: 01/03/19
 Página 7 de 7



RECONOCIMIENTOS LEGALES

(Actualizado al 26 de Febrero del 2019)

DEPENDENCIA O INSTITUCIÓN	AA	LABORATORIO QUE REALIZÓ LA PRUEBA Y No. DE ACREDITACIÓN, APROBACIÓN Y/O AUTORIZACIÓN		
<p>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO*</p>	1	LABORATORIOS ABC QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, SA DE CV - Laboratorio Matriz, Delegación Álvaro Obregón, Ciudad de México: Acreditación N° AG-096-029/11 - Fecha de Acreditación 2011-07-28 - Rama Agua Acreditación N° A-027-001/11 - Fecha de Acreditación 2011-08-01 - Rama Alimentos Acreditación N° R-0081-008/11 - Fecha de Acreditación 2011-08-23 - Rama Residuos		
	2	LABORATORIOS ABC QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, SA DE CV - Laboratorio Tlaquepaque, Jalisco: Acreditación N° AG-072-018/11 - Fecha de Acreditación 2011-08-09 - Rama Agua		
	3	LABORATORIOS ABC QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, SA DE CV - Laboratorio Mérida, Yucatán: Acreditación N° AG-096-029/11 - 01 - Fecha de Acreditación 2014-03-25 - Rama Agua		
	4	LABORATORIO FERM, SA DE CV - Laboratorio Matriz, Delegación Álvaro Obregón, Ciudad de México: Acreditación N° AG-022-028/11 - Fecha de Acreditación 2011-08-18 - Rama Alimentos		
	35	LABORATORIO FERM, S.A. DE C.V. - Laboratorio Guadalupe, Nuevo León: Acreditación N° A-188-016/12 - Fecha de Acreditación 2012-12-11 - Rama Alimentos		
	5	LABORATORIOS ABC QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, SA DE CV - Laboratorio Tijuana, Baja California: Acreditación N° AG-0063-012/11 - Fecha de Acreditación 2011-09-01 - Rama Agua		
	27	LABORATORIOS ABC QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, SA DE CV - Laboratorio Guadalupe, Nuevo León: Acreditación N° AG-035-018/11 - Fecha de Acreditación 2011-06-14 - Rama Agua Acreditación N° R-0283-022/11 - Fecha de Acreditación 2011-06-09 - Rama Residuos		
	21	GAMATEK, SA DE CV - Laboratorio Matriz - Monterrey, Nuevo León: Acreditación No. FF-0020-001/12 - Fecha de Acreditación 2012-02-24 - Rama Fuentes Fijas Acreditación No. AL-0035-004/12 - Fecha de Acreditación 2012-02-07 - Rama Ambiente Laboral Acreditación No. FL - 08 - Fecha de Acreditación 2009-08-26 - Área Fugas		
	29	INTERTEK TESTING SERVICES DE MÉXICO, SA DE CV - Laboratorio Matriz, Delegación Azcapotzalco, Ciudad de México: Acreditación N° AG-188-051/11 - Fecha de Acreditación 2011-05-18 - Rama Agua Acreditación N° R-0544-053/11 - Fecha de Acreditación 2011-04-23 - Rama Residuos Acreditación N° FF-0043-002/11 - Fecha de Acreditación 2011-05-23 - Rama Fuentes Fijas Acreditación N° AL-0212-019/10 - Fecha de Acreditación 2010-05-23 - Rama Ambiente Laboral		
	COMISION FEDERAL PARA LA PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS (COFEPRIS)	7	LABORATORIOS ABC QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, SA DE CV - Laboratorio Matriz, Ciudad de México: Tercero Autorizado como Laboratorio de Pruebas - Autorización N° TA-78-18 - Vigencia del 2018-12-13 al 2020-12-13 Rama Alimentos	
8		LABORATORIO FERM, SA DE CV - Laboratorio Matriz - Ciudad de México Tercero Autorizado como Laboratorio de Pruebas - Autorización N° TA-24-18 - Vigencia del 2018-05-17 al 2020-05-17 - Rama Alimentos		
9		LABORATORIO FERM, SA DE CV - Laboratorio Mérida, Yucatán: Tercero Autorizado como Laboratorio de Pruebas - Autorización N° TA-64-17 - Vigencia del 2017-09-14 al 2019-09-14 - Rama Alimentos		
11		LABORATORIOS ABC QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, SA DE CV - Laboratorio Matriz, Delegación Álvaro Obregón, Ciudad de México: Aprobación N° CMA-GCA-1922 - Vigencia del 2018-10-24 al 2019-06-21 - Rama Agua		
12		LABORATORIOS ABC QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, SA DE CV - Laboratorio Tlaquepaque, Jalisco: Aprobación N° CNA-GCA-1934 - Vigencia del 2018-10-31 al 2020-10-18 - Rama Agua		
13		LABORATORIOS ABC QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, SA DE CV - Laboratorio Mérida, Yucatán: Aprobación N° CMA-GCA-1925 - Vigencia del 2018-02-22 al 2020-02-22 - Rama Agua		
14		LABORATORIOS ABC QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, SA DE CV - Laboratorio Tijuana, Baja California: Aprobación N° CNA-GCA-1925 - Vigencia del 2018-10-24 al 2019-06-21 - Rama Agua		
28		LABORATORIOS ABC QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, SA DE CV - Laboratorio Guadalupe, Nuevo León Aprobación N° CNA-GCA-1985 - Vigencia del 2018-12-19 al 2020-12-19 - Rama Agua		
30		INTERTEK TESTING SERVICES DE MÉXICO, SA DE CV - Laboratorio Matriz, Delegación Azcapotzalco - Ciudad de México: Aprobación N° CNA-GCA-1921 - Vigencia del 2018-10-24 al 2019-03-01 - Rama Agua		
COMISION NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA)		17	LABORATORIOS ABC QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, SA DE CV - Laboratorio Matriz, Ciudad de México Aprobación N° PFFPA-APR-LP-RS-002M5/2017 - Por la norma NMX-AA-132-SCFI-2016, Vigencia del 2017-07-28 al 2021-08-28 - Rama Suelos (Muestras) Aprobación N° PFFPA-APR-LP-RS-002/2017 - Por la norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, numeral 7 - Vigencia del 2017-07-28 al 2021-07-28 - Rama Suelos (Muestras) Aprobación N° PFFPA-APR-LP-RS-002/2017 - Por la norma NOM-004-SEMARNAT-2002, Anexo II - Vigencia del 2017-07-28 al 2021-07-28 - Lodos y Biosólidos (Muestras) Aprobación N° PFFPA-APR-LP-RS-0002A/2017 - Vigencia 2017-06-15 al 2021-06-15 - Rama Suelos, Lodos y Biosólidos (Análisis)	
	22	GAMATEK, SA DE CV - Laboratorio Matriz - Monterrey, Nuevo León: Aprobación N° PFFPA-APR-LP-RS-028/2018 - Fecha de aprobación 2018-05-31 Rama Fuentes Fijas Aprobación N° PFFPA-APR-LP-RUIDO-007/2018 - Fecha de aprobación 2018-01-22 Rama Ruido de Fuentes Fijas		
	31	INTERTEK TESTING SERVICES DE MÉXICO, SA DE CV - Laboratorio Matriz - Ciudad de México: Aprobación N° PFFPA-APR-LP-RS-010M5/2017 - Vigencia del 2017-08-22 al 2021-08-22 - Rama Suelos (Muestras) Aprobación N° PFFPA-APR-LP-RS-10M5/2015 - Vigencia 2015-05-06 al 2019-05-06 - Rama Residuos (Muestras) Aprobación N° PFFPA-APR-LP-RS-C10A/2016 - Vigencia 2016-06-19 al 2020-06-10 - Rama Suelos y Residuos (Análisis) Aprobación N° PFFPA-APR-LP-RUIDO-012/2018 - Vigencia 2018-03-23 al 2022-03-23 - Rama Ruido de Fuentes Fijas		
	PROCURADURIA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE (PROFEPA)	17	LABORATORIOS ABC QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, SA DE CV - Laboratorio Matriz, Ciudad de México Registro N° PADLA/CDMX/CA/038/AAR - Vigencia del 2018-01-31 al 2019-01-31 - Norma NADF-015-AGUA-2009 - Rama Agua	
		24	GAMATEK, SA DE CV - Laboratorio Matriz - Monterrey, Nuevo León: Registro N° PADLA/CDMX/CA/014/AGC - Vigencia del 2018-11-14 al 2019-11-14 - Norma NOM-085-SEMARNAT-2011 - Rama Gases de Combustión Registro N° PADLA/CDMX/CA/014/VM - Vigencia del 2018-11-14 al 2019-11-14 Norma NADF-004-AMBT-2004 Rama Vibraciones Mecánicas Registro N° PADLA/CDMX/CA/014/ECI - Vigencia del 2018-08-08 al 2019-08-08 Norma NADF-016-AMBT-2016 Rama Equipos de Calentamiento indirecto	
		32	INTERTEK TESTING SERVICES DE MÉXICO, SA DE CV - Laboratorio Matriz - Ciudad de México: Registro N° PADLA/CDMX/CA/038/AAR - Vigencia del 2018-01-17 al 2019-01-17 - Norma NADF-015-AGUA-2009 - Rama Agua Registro N° PADLA/CDMX/CA/036/RD - Vigencia del 2018-01-11 al 2019-01-11 Norma NADF-005-AMBT-2013 Rama Ruido Perimetral	
		PADRÓN DE LABORATORIOS AMBIENTALES DEL GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO	18	LABORATORIOS ABC QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, SA DE CV - Laboratorio Matriz, Ciudad de México Registro N° MEXQRO/REDLAD/IAEMER/2012-2013 - Vigencia del 2012-04-01 al 2013-04-01 - Rama Fuentes Fijas Los Gobiernos del Estado de México y Querétaro no han vuelto a publicar una Convocatoria para formar parte de la Red de Laboratorios Ambientales. La última convocatoria fue el 2011-11-29. Se desconoce si se emitirá una nueva Convocatoria.
			20	LABORATORIOS ABC QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, SA DE CV - Laboratorio Tijuana, Baja California: Registro No. SPA-LAMB-002/04 Vigencia del 2019-01-21 a la próxima convocatoria - Rama Fuentes Fijas y Agua
			23	GAMATEK, SA DE CV - Laboratorio Matriz - Monterrey, Nuevo León: Aprobación N° LPSTPS-028/17 - Vigencia a partir del 2017-08-24 Agentes Físicos Ambiente Laboral Aprobación N° LPSTPS-028/2018 - Vigencia a partir del 2018-03-22 Agentes Químicos Ambiente Laboral
			GOBIERNOS DEL ESTADO DE MEXICO Y QUERÉTARO	25
33				LABORATORIOS ABC QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, SA DE CV - Laboratorio Sucreal - Monterrey, Nuevo León: Registro No. PSSA-14/2018 Vigencia del 2018-02-12 al 2019-01-31 - Rama Agua
29				LABORATORIOS ABC QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, SA DE CV - Laboratorio Sucreal - Monterrey, Nuevo León: Registro No. PS-01-LAB-18 (2018) Vigencia del 2018-11-31 al 2019-01-31 - Rama Agua
GOBIERNO DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA				34
	36			LABORATORIOS ABC QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, SA DE CV - Laboratorio Matriz, Ciudad de México Registro Rama de Agua No. JMA-PSMA-024-89 - Vigencia 2018-12-09 al 2019-12-08 - Muestra y No. JMA-PSAL-024-100 - Vigencia del 2018-12-09 al 2019-12-08 - Análisis Puntos no acreditados ni autorizados o aprobados por alguna institución o dependencia sin embargo el análisis se realiza de acuerdo a los requerimientos marcados en nuestro Sistema de Gestión de Calidad, Responsabilidad Social y Tecnología, el cual está basado en la Norma NMX-EC-17025-IMNC-2006.
	A			Parámetro que por ser una preparación de muestra no requiere ser acreditado ni aprobado o autorizado de acuerdo con los procedimientos internos tanto de la eme a.c. como de las respectivas dependencias gubernamentales. Estas preparaciones son parte del proceso analítico.
	SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL			B
		C		

En la columna AA se indica la clave que liga con el laboratorio que realizó la prueba y el reconocimiento legal que lo amparará (ver apartado Reconocimientos Legales)

Versión 19.5



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

Laboratorio de Calidad Ambiental
Informe de Resultados de Ensayo

Av. 14 Oct. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. C.P. 72340
Tel. +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 754 9 03 al 06
www.icays.com

Rev: 07
Fecha: Sep-18

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. 30M 7.5
COATEPEC
ZONCUANTLA, VERACRUZ, -
(55) 369 4477, jacobocubla@hotmail.com

INFORME No.	100925
SS No	20087
CLAVE MUESTRA	34091-1

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por este conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1 / 1

PUNTO DE MUESTREO:	ZS - 1		
MUESTRA:	---		
TIPO DE ENVASE:	TEMPERATURA:	LOTE:	
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA:	---		
NÚMERO DE MUESTRA:	1-3	NÚMERO DE CONTENEDORES:	---
FECHA DE MUESTREO:	25-Mar-2019 (10:20)	FECHA DE RECEPCIÓN:	25-Mar-2019
TIPO DE MUESTREO:	SIMPLE	LAPSO DE ANÁLISIS:	25-Mar-2019 al 4-Abr-2019
		ELABORACIÓN DEL INFORME:	5-Abr-2019

ACEL. INTACTO	PARÁMETROS ANALIZADOS	UNIDADES	CONCENTRACION OBTENIDA	NOVEDAD/CMC-LPC	LDM	MÉTODO DE PRUEBA
SI	NITROGENO AMONIACAL	mg/l	1.96	0.550/ 3.500	---	NMX-AA-026-SOFI-2019

Observaciones de Muestra:

Se toma muestra a 2.5 m de profundidad. Muestreo conforme a la norma NMX-AA-014-1985.

Observaciones Analíticas:

Observaciones del Informe de Resultados:

C: Sonda Inyectora a 30 x 1°C en modo forzado 45 KEE a 44.0°C 48 h. ODSH-C0802 Se realiza verificación de la sonda. Puntos valid mg PL. Nitrogeno amoniacal: N-NH3 - SMMH Prueba validada. Substrato de agua dulce.

REVISO
Q. B. ANTONIO ROJAS
ANALISTA LEON DE LABORATORIO

AUTORIZO
Q. EDGAR AREAS
JEFE DE LABORATORIO

Informe de resultados compuesto por el presente dato. LFC= Límite máximo de contaminación. INDEFINIDO = indeterminado. CMC-LPC (%) Capacidad máxima cuantificable - Límite máximo de contaminación. ND = No Detectado. LDM= Límite de detección del método. Interpretar la clave (1) como signo normal según norma NOM-058-SOFI-2002.

Los datos serán emitidos en negro con proporcionalidad por el cliente.

ACLARACIONES: 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del informe de Resultados

AGUA No. de Acreditación: AG-008-15210 Vigente a partir del 22/10/2010

ALIMENTOS No. de Acreditación: AL-088-00711 Vigente a partir del 30/09/2011



ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

Laboratorio de Calidad Ambiental Informe de Resultados de Ensayo

Rev: 07
Fecha: Sep-18

Av. 14 Ote. 4017 Col. América Sur, Puebla, Puc. C.P. 72340
Tel. +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 736 9 03 al 06
www.icays.com

LAF-104

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRITERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCIANTEA, VERACRUZ, -
(55) 369 4477, jacobohabia@hotmail.com

INFORME No.	100928
SS No.	20097
CLAVE MUESTRA	34091-1

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por esto conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1 / 1

PUNTO DE MUESTREO:	Z5 - 1		
MUESTRA:	---		
TIPO DE ENVASE:	TEMPERATURA:	LOPE:	
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA:	---		
NUMERO DE MUESTRA:	1-3	NUMERO DE CONTENEDORES:	---
FECHA DE MUESTREO:	25-Mar-2019 10:20	FECHA DE RECEPCION:	25-Mar-2019
TIPO DE MUESTREO:	SIMPLE	LAPSO DE ANALISIS:	25-Mar-2019 al 4-Abr-2019
		ELABORACION DEL INFORME:	5-Abr-2019

ACR. DETALLE	PARAMETRO ANALIZADO	UNIDADES	CONCENTRACION OBTENIDA	INCERTID. (C.V. D.C.M. I.M.)	UM	METODO DE PRUEBA
SI	FOSFORO TOTAL	mg/l	3.4447	0.2289 0.3001	0.1021	NMX-AA-026-SCFI-2001

Observaciones de Muestreo:

Se toma muestra a 2.5 m de profundidad. Muestreo conforme a la norma NMX-AA-014-1980.

Observaciones Analíticas:

Observaciones del Informe de Resultados:

Cinco volúmenes a 25 ± 1°C en medio tampón de 500 ± 400 µL ± 5. 0829-00001 Se realiza análisis de la muestra. Método: mg/L. Método estándar: NMX-AA-026-SCFI-2001. Método utilizado: Sulfato de aluminio.

REVISO
Q.F.B. ANTONIO ROJAS
ANALISTA EN JEFE DEL LABORATORIO

AUTORIZO
Q. EDGAR ARIAS
JEFE DEL LABORATORIO

Informe de resultados consultado con el proveedor diario. LPI= Límite inferior de certificación. INCERTID. = Incertidumbre. DAC/LPI=04 Control interno satisfactorio - Límite inferior de certificación. HD = No Detectado. LMP= Límite de detección del método. Incertidumbre la norma (L) como signo decimal según norma NMX-AA-008-SCFI-2002.

Los datos estadísticos se registran con autorización por el cliente.

ACLARACIONES: 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del Informe de Resultados

AGUA No. de Acreditación: AG-508-152/10 Vigente a partir del 22/10/2010

ALIMENTOS No. de Acreditación: A-069-007/11 Vigente a partir del 30/09/2011



ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

LAF-104

Laboratorio de Calidad Ambiental Informe de Resultados de Ensayo

Av. 14 Cto. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. C.P. 72340
Tel. +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 756 9 03 al 06
www.icays.com

Rev: 07
Fecha: Sep-18

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCUANTLA, VERACRUZ, -
(55) 389 4477, jacobertabla@hotmail.com

INFORME No.	100026
SS No.	20067
CLAVE MUESTRA	34091-1

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por este conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1 / 1

PUNTO DE MUESTREO:	ZS - 1		
MUESTRA:			
TIPO DE ENVASE:	TEMPERATURA:	LOTE:	
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA:			
NÚMERO DE MUESTRA:	1,3	NÚMERO DE CONTENEDORES:	—
FECHA DE MUESTREO:	25-Mar-2019 10:20	FECHA DE RECEPCIÓN:	25-Mar-2019
TIPO DE MUESTREO:	SIMPLE	LAPSO DE ANÁLISIS:	25-Mar-2019 al 4-Abr-2019
		ELABORACIÓN DEL INFORME:	4-Abr-2019

ACRÓ- NÍMICO	PARÁMETRO ANALIZADO	UNIDADES	CONCENTRACION OBTENIDA	INCRÉM. CMC-LEM- LIM	LIM	NOTACIÓN DE RESULTADO
SE	S.A.A.M.	mg/l	0.4138	0.1740/ 0.1030	0.0930	MMX-AA-028-SCFI-2001

Observaciones de Muestra:

Se toma muestra a 2,5 m de profundidad. Muestreo conforme a la norma MMX-AA-014-1980.

Observaciones Analíticas:

Observaciones del Informe de Resultados:

C: Resulto Inicializado a 30 ± 1°C en modo estándar de A-FC a 444.0°C de S. ORO-CORO. Se realiza informe de la concentración. Punto de corte: mg PL. Método analítico: HPLC. S.A.M. Punto de corte: Sulfato de etilo de agua.

Q. F. ANTONIO ROJAS
ANALISTA JEFE DE LABORATORIO

Q. EDGAR ARIAS
JEFE DE LABORATORIO

Norma de resultado comparado con el promedio diario. (PC) Límite máximo de concentración. (CMC) Límite de concentración. (L) Límite de selección del método. (L) Límite de selección del método. (L) Límite de selección del método. (L) Límite de selección del método.

Los datos en negrita en negrita son proporcionados por el cliente.

ACLARACIONES: Si sus dudas a partir de la fecha de recepción del Informe de Resultados

AGUA No. de Acreditación: AG-008-152/10 Vigente a partir del 22/10/2010

ALIMENTOS No. de Acreditación: A-088-007/11 Vigente a partir del 30/09/2011



ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA.
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

Laboratorio de Calidad Ambiental
Informe de Resultados de Ensayo

Av. 14 Oto. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. CP. 72540
Tel. +52 (232) 236 7759 / 236 7747 / 756 9 03 al 06
www.icays.com

Rev: 07
Fecha: Sep-18

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA.

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCLIANTLA, VERACRUZ, -
(55) 309 4477, jacoboo@bri@hotmail.com

INFORME No.	100925
SS No.	20067
CLAVE MUESTRA	34001-1

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por este conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1 - 1

PUNTO DE MUESTREO:	Z5 - 1		
MUESTRA:			
TIPO DE ENVASE:	TEMPERATURA:	LOTE:	
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA:			
NUMERO DE MUESTRA:	1-3	NUMERO DE CONTENEDORES:	
FECHA DE MUESTREO:	25-Mar-2019 10:20	FECHA DE RECEPCIÓN:	25-Mar-2019
TIPO DE MUESTREO:	SIMPLE	LAPSO DE ANALISIS:	25-Mar-2019 al 3-Abr-2019
		ELABORACIÓN DEL INFORME:	5-Abr-2019

ACR. DIFEREN.	PARÁMETRO ANALIZADO	UNIDADES	CONCENTRACION OBSERVADA	INCERTID. (MAC, LCM, EPC)	LIM.	METODO DE PRUEBA
SI	COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	90.00	0,17 3,00	---	NMX-AA-042-SCF-2015

Observaciones de Muestreo:
Se toma muestra a 2,5 m de profundidad. Muestreo conforme a la norma NMX-AA-014-1980.
Observaciones Analíticas:
Observaciones del informe de Resultados:

Cloratos reducidos a 34 °C en medio lactado 0,8% JC a 44,0°C 45s. 2009-C0205 Se realiza estimación de la distribución. Método anal. mg PL. Método analítico: 10190. 0,001M Puntos utilizados: Sufrido de agua libre.

REVISÓ
Q. J. ANTONIO ROJAS
ANALISTA LABOR. DE CALIDAD AMBIENT.

AUTORIZÓ
Q. EDGAR ARIAS
JEFE DE LABORATORIO

Informe de resultados comparado con el promedio diario. LFC Límite crítico de contaminación. INCERTO: e incertidumbre. CMCL/PC Control externo cuantitativo - Límite crítico de contaminación. ND = No Detectable. LCM/Limita de detección del método. Interpretar la coma (,) como signo decimal según norma NMX-AA-042-SCF-2015

Los datos señalados en negro son proporcionados por el cliente.

ACLARACIONES: 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del informe de Resultados



AGUA No. de Acreditación: AG-038-152/10 Vigente a partir del 22/10/2010

ALIMENTOS No. de Acreditación: A-086-037/11 Vigente a partir del 30/09/2011

ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

LAF-104

Laboratorio de Calidad Ambiental Informe de Resultados de Ensayo

Av. 14 Óta. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. C.P. 72340
Tel. +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 756 9 03 al 05
www.icays.com

Rev: 07
Fecha: Sep-18

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCUANTLA, VERACRUZ, -
(55) 3019 4477 ; jacobotabla@hotmail.com

INFORME No.	10025
SS No.	20087
CLAVE MUESTRA	34091-1

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por este conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1 - 1

PUNTO DE MUESTREO:	Z5 - 1		
MUESTRA:	---		
TIPO DE ENVASE:	TEMPERATURA:	LOTE: -	
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA: -	---		
NUMERO DE MUESTRA:	1-3	NUMERO DE CONTENEDORES:	---
FECHA DE MUESTREO:	25-Mar-2019 10:20	FECHA DE RECEPCION:	25-Mar-2019
TIPO DE MUESTREO:	SIMPLE	LAPSO DE ANALISIS:	25-Mar-2019 al 4-Abr-2019
		ELABORACIÓN DEL INFORME:	26-Abr-2019

ACER. DETALDO	PARAMETROS ANALIZADOS	UNIDADES	CONCENTRACION OBTENIDA	INCERTID. OBTENIDA INC./CM. LPC	LDM	METODO DE PRUEBA
SI	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO	mg/l	6,24	0,88/ 0,90	---	NMX-AA-028-SCFI-2001

Observaciones de Muestreo:

Se toma muestra a 2,5 m de profundidad. Muestreo conforme a la norma NMX-AA-016-1980.

Observaciones Analíticas:

Observaciones del Informe de Resultados:

C: Acidez titulable a 20 ± 1°C en medio tamponado 45 mM a HClO₄ 40%. DEOS-CDBOS: Se realiza verificación de la certificación. Factor total mg PL. Método analítico: NMX-AA-028-SCFI-2001. Método utilizado: Sulfato de alquilon.

REVISO
Q.F.B. ANTONIO ROJAS
ANALISTA LEÍDE DE LABORATORIO

AUTORIZO
Q. EDGAR ARIAS
JEFE DEL LABORATORIO

Informe de resultados comparado con el promedio diario. LPC= Límite probable de cuantificación. INCERTO = Incertidumbre. CMO=LPC (+) Capacidad máxima cuantificable - Límite probable de cuantificación. NO = No Detectado. LD(4)= Límite de detección del método. Interpretar la zona () como signo decimal según norma NOM-008-SCFI-2002

Los datos estadísticos en negro son proporcionados por el cliente.

ACLARACIONES: 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del Informe de Resultados

AGUA No. de Acreditación: AG-008-152/10 Vigente a partir del 22/10/2010

ALIMENTOS No. de Acreditación: A-068-007/11 Vigente a partir del 30/09/2011



ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

Laboratorio de Calidad Ambiental Informe de Resultados de Ensayo

Av. 14 Ote. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. C.P. 72340
Tel. +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 756 9 03 al 06
www.icays.com

Rev: 07
Fecha: Sep-18

LAF-104

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCUANTLA, VERACRUZ, -
(55) 3019 4477, jacobotabla@hotmail.com

INFORME No.	100925
SS No	20067
CLAVE MUESTRA	34091-1

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por este conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1 : 1

PUNTO DE MUESTREO:		Z5 - 1				
MUESTRA:						
TIPO DE ENVASE:		TEMPERATURA: -		LOTE: -		
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA: -				NUMERO DE CONTENEDORES: -		
NUMERO DE MUESTRA:		1-3		FECHA DE RECEPCION: 25-Mar-2019		
FECHA DE MUESTREO:		25-Mar-2019 10:20		LAPSO DE ANALISIS: 25-Mar-2019 al 4-Abr-2019		
TIPO DE MUESTREO:		SIMPLE		ELABORACION DEL INFORME: 5-Abr-2019		

ACREDITADO	PARAMETROS ANALIZADOS	UNIDADES	CONCENTRACION OBTENIDA	INCERTID./CMC/LCM/LPC	LOM	METODO DE MUESTRA
SI	DETERMINACION DE COLOR PLATINO COBALTO	u Pt-Co	30,000	----	----	NMX-AA-045-SCFI-2001

Observaciones de Muestreo:

Se toma muestra a 2,5 m de profundidad. Muestreo conforme a la norma NMX-AA-014-1980.

Observaciones Analíticas:

Observaciones del Informe de Resultados:

C: heces incubadas a 35 ± 1°C en medio lactado 48 h EC a 44±0.5°C 48 h. DBO5=CDBO5 Se realiza selección de la nitrificación. Fósforo total: mg P/L. Nitrogeno amoniacal: N-NH4. SAAMI Patrón utilizado: Sulfitato de alquilo azul.

REVISO

Q.F.B. ANTONIO ROJAS
ANALISTA LEÍDE DE LABORATORIO

AUTORIZO

Q. EDGAR ARIAS
JEFE DE LABORATORIO

Informe de resultados comparado con el promedio diario. LPC= Límite práctico de cuantificación INCERTID. = Incertidumbre
CMC(LPC) = Cantidad mínima cuantificable - Límite práctico de cuantificación. ND = No Detectable
LOM=Límite de detección del método. Interpretar la coma (,) como signo decimal según norma NMX-009-SCFI-2002

Los datos analíticos en negrita son proporcionados por el cliente.

ACLARACIONES: 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del Informe de Resultados

AGUA No. de Acreditación: AG-008-152/10 Vigente a partir del 22/10/2010

ALIMENTOS No. de Acreditación: A-008-007/11 Vigente a partir del 30/09/2011



ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA.
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

Laboratorio de Calidad Ambiental Informe de Resultados de Ensayo

Rev: 07
Fecha: Sep-18

Av. 14 Ote. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. C.P. 72340
Tel. +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 756 9 03 al 06
www.icays.com

LAF-104

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCUANTLA, VERACRUZ, -
(55) 3019 4477, jacobotabla@hotmail.com

INFORME No.	100926
SS No	20087
CLAVE MUESTRA	34091-2

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por este conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1 : 1

PUNTO DE MUESTREO:	Z5 - 2		
MUESTRA:	---		
TIPO DE ENVASE:	---	TEMPERATURA:	---
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA:	---	NUMERO DE CONTENEDORES:	---
NUMERO DE MUESTRA:	2:3	FECHA DE RECEPCION:	25-Mar-2019
FECHA DE MUESTREO:	25-Mar-2019 11:08	FECHA DE ANALISIS:	25-Mar-2019 al 4-Abr-2019
TIPO DE MUESTREO:	SIMPLE		ELABORACION DEL INFORME:
			5-Abr-2019

ACR. (PTA):	PARAMETROS ANALIZADOS	UNIDADES	CONCENTRACION OBTENIDA	INCERTID./C.V. (L.C.M./L.P.C.)	LDM	METODO DE PRUEBA
SI	NITROGENO AMONICAL	mg/l	1,64	0,550/ 0,500	---	NMX-AA-026-SCFI-2010

Observaciones de Muestreo:

Se toma muestra a 2,5 m de profundidad. Muestreo conforme a la norma NMX-AA-014-1980.

Observaciones Analíticas:

Observaciones del Informe de Resultados:

C: Muestras incubadas a 55 ± 1°C en medio lactado a 48 h EC a 44±0,5°C 48 h. DBO5/COBOS Se realiza inhibición de la nitrificación. Fósforo total mg PL. Nitrógeno amoniacal NH4O - SAAM Patrón utilizado: Sulfato de amonio 100mg/l

REVISO
Q.F.B. ANTONIO ROJAS
ANALISTA JEFE DE LABORATORIO

AUTORIZO
Q. EDGAR ARIAS
JEFE DE LABORATORIO

Informe de resultados comparado con el promedio diario. L.P.C. Límite práctico de cuantificación. INCERTID. = Incertidumbre
C.V. = C.V. (%) Cantidad máxima cuantificable - Límite práctico de cuantificación. ND = No Detectable
LDM = Límite de detección del método. Interpretar la coma (,) como signo decimal según norma NOM-006-SCFI-2002

Los datos enfatizados en negrita son proporcionados por el cliente.

ACLARACIONES: 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del Informe de Resultados



AGUA No. de Acreditación: AG-006-152/10 Vigente a partir del 22/10/2010

ALIMENTOS No. de Acreditación: A-088-007/11 Vigente a partir del 30/09/2011

ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA.
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

LAF-104

Laboratorio de Calidad Ambiental Informe de Resultados de Ensayo

Av. 14 Ote. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. C.P. 72340
Tel. +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 756 9 03 al 06
www.icays.com

Rev: 07
Fecha: Sep-18

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCUANTLA, VERACRUZ, -
(55) 3019 4477, jacobotabla@hotmail.com

INFORME No.	100926
SS No	20067
CLAVE MUESTRA	34091-2

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por este conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1 : 1

PUNTO DE MUESTREO:	Z5 - 2		
MUESTRA:	---		
TIPO DE ENVASE:	---	TEMPERATURA:	---
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA:	---	LOTE:	---
NUMERO DE MUESTRA:	2:3	NUMERO DE CONTENEDORES:	---
FECHA DE MUESTREO:	25-Mar-2019 11:08	FECHA DE RECEPCION:	25-Mar-2019
TIPO DE MUESTREO:	SIMPLE	LAPSO DE ANALISIS:	25-Mar-2019 al 4-Abr-2019
		ELABORACION DEL INFORME:	5-Abr-2019

ACREDITADO	PARAMETROS ANALIZADOS	UNIDADES	CONCENTRACION OBTENIDA	INCERTID./CMC-LCM-LPC	LDM	METODO DE PRUEBA
SI	FOSFORO TOTAL	mg/l	2.4246	0,2289/ 0,3001	0,1051	NMX-AA-029-SCFI-2001

Observaciones de Muestreo:

Se toma muestra a 2,5 m de profundidad. Muestreo conforme a la norma NMX-AA-014-1980.

Observaciones Analíticas:

Observaciones del Informe de Resultados:

C. Incubos Incubados a 35 ± 1°C en medio lactosado 48 h. EC a 44±0,5°C 48 h. DB5=CDB5 Se realiza inhibición de la nitrificación Fósforo total mg P/L Nitrógeno amoniacal N-NH3 SAAM Patrón utilizado: Sulfonato de alquil lineal

REVISÓ
Q.F.B. ANTONIO ROJAS
ANALISTA LÍDER DE LABORATORIO

AUTORIZÓ
Q. EDGAR ARIAS
JEFE DE LABORATORIO

Informe de resultados comparado con el promedio diario. LPC= Límite práctico de cuantificación INCERTID. = Incertidumbre
CMC-LPC (+) Cantidad mínima cuantificable - Límite práctico de cuantificación. ND = No Detectable
LDM(+) Límite de detección del método. Interpretar la coma (,) como signo decimal según norma NOM-008-SCFI-2002

Los datos enlazados en negrita son proporcionados por el cliente.

ACLARACIONES: 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del Informe de Resultados

AGUA No. de Acreditación: AG-008-152/10 Vigente a partir del 22/10/2010

ALIMENTOS No. de Acreditación: A-088-007/11 Vigente a partir del 30/09/2011



ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

Laboratorio de Calidad Ambiental Informe de Resultados de Ensayo

Av. 14 Ote. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. C.P. 72340
Tel. +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 756 9 03 al 06
www.icaYS.com

Rev: 07
Fecha: Sep-18

LAF-104

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCUANTLA, VERACRUZ, -
(55) 3019 4477, jacobotabla@hotmail.com

INFORME No.	100926
SS No	20067
CLAVE MUESTRA	34081-2

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por este conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1 : 1

PUNTO DE MUESTREO:	Z5 - 2		
MUESTRA:	---		
TIPO DE ENVASE:	---	TEMPERATURA:	---
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA:	---	NUMERO DE CONTENEDORES:	---
NUMERO DE MUESTRA:	2:3	FECHA DE RECEPCION:	25-Mar-2019
FECHA DE MUESTREO:	25-Mar-2019 11:08	LAPSO DE ANALISIS:	25-Mar-2019 al 4-Abr-2019
TIPO DE MUESTREO:	SIMPLE		ELABORACIÓN DEL INFORME:
			5-Abr-2019

ACR. DITADO	PARAMETROS ANALIZADOS	UNIDADES	CONCENTRACION OBTENIDA	INCERTID./CMC-LPC-LPC	LDM	METODO DE PRUEBA
SI	S.A.A.M.	mg/l	0,5260	0,1740/ 0,1000	0,0930	NMX-AA-039-SCFI-2001

Observaciones de Muestreo:

Se toma muestra a 2,5 m de profundidad. Muestreo conforme a la norma NMX-AA-014-1980.

Observaciones Analíticas:

Observaciones del Informe de Resultados:

C. fecales incubados a 35 ± 1°C en medio lactosado 48 h. EC a 44±0,5°C 48 h. DBO5=CDBO5 Se realiza inhibición de la nitrificación Fósforo total mg PL. Nitrógeno amoniacal N-NH3 SAAM Patrón utilizado: Sulfonato de etilgl. lineal

REVISO
Q.F.B. ANTONIO ROJAS
ANALISTA JEFE DE LABORATORIO

AUTORIZO
Q. EDGAR ARIAS
JEFE DE LABORATORIO

Informe de resultados comparado con el promedio diario. LPC= Límite práctico de cuantificación INCERTID. = Incertidumbre
CMC-LPC [n] Cantidad mínima cuantificable - Límite práctico de cuantificación. ND = No Detectable
LDN[n]=límite de detección del método. Interpretar la coma (,) como signo decimal según norma NOM-038-SCFI-2002

Los datos enfatizados en negrita son proporcionados por el cliente.

ACLARACIONES: 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del Informe de Resultados



AGUA No. de Acreditación: AG-008-152/10 Vigente a partir del 22/10/2010

ALIMENTOS No. de Acreditación: A-088-007/11 Vigente a partir del 30/09/2011

ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

Laboratorio de Calidad Ambiental Informe de Resultados de Ensayo

Av. 14 Ote. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. C.P. 72340
Tel. +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 756 9 03 al 06
www.icays.com

Rev: 07
Fecha: Sep-18

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCUANTLA, VERACRUZ, -
(55) 3019 4477, jacobotabla@hotmail.com

INFORME No.	100926
SS No	20067
CLAVE MUESTRA	34091-2

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por este conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1 : 1

PUNTO DE MUESTREO:	Z5 - 2		
MUESTRA:	---		
TIPO DE ENVASE:	TEMPERATURA: -	LOTE: -	
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA: -	NUMERO DE CONTENEDORES: ---		
NUMERO DE MUESTRA:	2:3	FECHA DE RECEPCION:	25-Mar-2019
FECHA DE MUESTREO:	25-Mar-2019 11:08	LAPSO DE ANALISIS:	25-Mar-2019 al 4-Abr-2019
TIPO DE MUESTREO:	SIMPLE	ELABORACIÓN DEL INFORME:	5-Abr-2019

ACREDITADO	PARAMETROS ANALIZADOS	UNIDADES	CONCENTRACION OBTENIDA	INCERTID./CMC-I,CM-LPC	IJM	METODO DE PRUEBA
SI	COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	40,00	0,17/ 3,00	---	NMX-AA-042-SCFI-2015

Observaciones de Muestreo:
Se toma muestra a 2,5 m de profundidad. Muestreo conforme a la norma NMX-AA-014-1980.

Observaciones Analíticas:

Observaciones del Informe de Resultados:

C. fecales incubados a 35 ± 1°C en medio lactosado 48 h. EC a 44±0,5°C 48 h. DBO5=CDBO5 Se realiza inhibición de la nitrificación Fósforo total mg P/L. Nitrógeno amoniacal N-NH3 SAAM Patrón utilizado: Sulfonato de alquil lineal

REVISÓ

Q.F.B. ANTONIO ROJAS
ANALISTA LÍDER DE LABORATORIO

AUTORIZÓ

Q. EDGAR ARIAS
JEFE DE LABORATORIO

Informe de resultados comparado con el promedio diario. LPC= Límite práctico de cuantificación INCERTID. = Incertidumbre
CMC-I,LPC [n] Cantidad mínima cuantificable - Límite práctico de cuantificación. ND = No Detectable
LDM[=]Límite de detección del método. Interpretar la coma (,) como signo decimal según norma NOM-008-SCFI-2002

Los datos enfatizados en negrita son proporcionados por el cliente.

ACLARACIONES: 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del Informe de Resultados

AGUA No. de Acreditación: AG-008-152/10 Vigente a partir del 22/10/2010

ALIMENTOS No. de Acreditación: A-088-007/11 Vigente a partir del 30/09/2011



ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

LAF-104

Laboratorio de Calidad Ambiental Informe de Resultados de Ensayo

Av. 14 Ote. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. C.P. 72340
Tel. +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 756 9 03 al 06
www.icays.com

Rev: 07
Fecha: Sep-18

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCUANTLA, VERACRUZ, -
(55) 3019 4477, jacobotabla@hotmail.com

INFORME No.	100926
SS No	20067
CLAVE MUESTRA	34091-2

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por este conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1 : 1

PUNTO DE MUESTREO:	Z5 - 2		
MUESTRA:	---		
TIPO DE ENVASE:	---	TEMPERATURA:	---
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA:	---	NUMERO DE CONTENEDORES:	---
NUMERO DE MUESTRA:	2:3	FECHA DE RECEPCION:	25-Mar-2019
FECHA DE MUESTREO:	25-Mar-2019 11:08	LAPSO DE ANALISIS:	25-Mar-2019 al 4-Abr-2019
TIPO DE MUESTREO:	SIMPLE	ELABORACION DEL INFORME:	5-Abr-2019

ACRE-DITADO	PARAMETROS ANALIZADOS	UNIDADES	CONCENTRACION OBTENIDA	INCERTID./CMC-LCM-LPC	LDM	METODO DE PRUEBA
SI	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	mg/l	4,24	0,68/ 0,99	---	NMX-AA-028-SCFI-2001

Observaciones de Muestreo:

Se toma muestra a 2,5 m de profundidad. Muestreo conforme a la norma NMX-AA-014-1980.

Observaciones Analíticas:

Observaciones del Informe de Resultados:

C: fecales incubados a 35 ± 1°C en medio lactosado 48 h. EC a 44±0,5°C 48 h. DBO5=CDBO5 Se realiza inhibición de la nitrificación Fósforo total mg P/L Nitrógeno amoniacal N-NH3 SAAM Patrón utilizado: Sulfonato de alquilo sintal

REVISO
Q.E.B. ANTONIO ROJAS
ANALISTA LÍDER DE LABORATORIO

AUTORIZO
Q. EDGAR ARIAS
JEFE DE LABORATORIO

Informe de resultados comparado con el promedio diario LPC= Límite práctico de cuantificación INCERTID. = Incertidumbre
CMC-LPC (=) Cantidad mínima cuantificable - Límite práctico de cuantificación. ND = No Detectable
LDM(=) Límite de detección del método. Interpretar la coma (,) como signo decimal según norma NOM-008-SCFI-2002

Los datos enfatizados en negrita son proporcionados por el cliente.

ACLARACIONES: 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del Informe de Resultados

AGUA No. de Acreditación: AG-008-152/10 Vigente a partir del 22/10/2010

ALIMENTOS No. de Acreditación: A-088-007/11 Vigente a partir del 30/09/2011



ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

Laboratorio de Calidad Ambiental
Informe de Resultados de Ensayo

Av. 14 Ote. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. C.P. 72340
Tel. +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 756 9 03 al 06
www.icays.com

Rev: 07
Fecha: Sep-18

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCUANTLA, VERACRUZ, -
(55) 3019 4477, jacobotabla@hotmail.com

INFORME No.	100926
SS No	20067
CLAVE MUESTRA	34091-2

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por este conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1 : 1

PUNTO DE MUESTREO:		Z5 - 2				
MUESTRA:		---				
TIPO DE ENVASE:		TEMPERATURA: -		LOTE: -		
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA: -		NUMERO DE CONTENEDORES: ---				
NUMERO DE MUESTRA: 2:3		FECHA DE RECEPCION: 25-Mar-2019				
FECHA DE MUESTREO: 25-Mar-2019 11:08		LAPSO DE ANALISIS: 25-Mar-2019 al 4-Abr-2019				
TIPO DE MUESTREO: SIMPLE		ELABORACION DEL INFORME: 5-Abr-2019				

ACREDITADO	PARAMETROS ANALIZADOS	UNIDADES	CONCENTRACION OBTENIDA	INCERTID./CMC-LCM-LPC	LDM	METODO DE PRUEBA
SI	DETERMINACION DE COLOR PLATINO COBALTO	u Pt-Co	40,000	---	---	NMX-AA-045-SCFI-2001

Observaciones de Muestreo:
Se toma muestra a 2,5 m de profundidad. Muestreo conforme a la norma NMX-AA-014-1980.
Observaciones Analíticas:
Observaciones del Informe de Resultados:

C: hecitas incubados a 35 ± 1°C en medio lactosado 48 h. EC a 44±0.5°C 48 h. DBO5=CDBO5 Se realiza inhibición de la nitrificación Fósforo total mg PL. Nitrógeno amoniacal N-NH3 SAAM Patrón utilizado: Sulfonato de alquili lineal

REVISO
Q.F.B. ANTONIO ROJAS
ANALISTA LIDER DE LABORATORIO

AUTORIZO
Q. EDGAR ARIAS
JEFE DE LABORATORIO

Informe de resultados comparado con el promedio diario. LPC= Límite práctico de cuantificación INCERTID. = Incertidumbre
CMC-LPC [u] Cantidad mínima cuantificable - Límite práctico de cuantificación. ND = No Detectable
LDM [u] Límite de detección del método. Interpretar la coma (,) como signo decimal según norma NCM-006-SCFI-2002

ACLARACIONES: 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del Informe de Resultados
AGUA No. de Acreditación: AG-008-152/10 Vigente a partir del 22/10/2010 ALIMENTOS No. de Acreditación: A-088-007/11 Vigente a partir del 30/09/2011



ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

Laboratorio de Calidad Ambiental
Informe de Resultados de Ensayo

Av. 14 Ote. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. C.P. 72340
Tel. +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 756 9 03 al 06
www.icays.com

Rev: 07
Fecha: Sep-18

LAF-104

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCUANTLA, VERACRUZ, -
(55) 3019 4477, jacobotabla@hotmail.com

INFORME No.	100927
SS No	20067
CLAVE MUESTRA	34091-3

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por este conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1 : 1

PUNTO DE MUESTREO:	Z5 - 3		
MUESTRA:	---		
TIPO DE ENVASE:	TEMPERATURA: -	LOTE: -	
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA: -	NUMERO DE CONTENEDORES: ---		
NUMERO DE MUESTRA:	3:3	FECHA DE RECEPCION: 25-Mar-2019	
FECHA DE MUESTREO: 25-Mar-2019 12:20	LAPSO DE ANALISIS: 25-Mar-2019 al 4-Abr-2019		
TIPO DE MUESTREO: SIMPLE	ELABORACION DEL INFORME: 5-Abr-2019		

ACRE-DITADO	PARAMETROS ANALIZADOS	UNIDADES	CONCENTRACION OBTENIDA	INCERTID./CMC-LCM-LPC	LDM	METODO DE PRUEBA
SI	NITROGENO AMONICAL	mg/l	1,96	0,550/ 0,500	---	NMX-AA-026-SCFI-2010

Observaciones de Muestreo:
Se toma muestra a 2,5 m de profundidad. Muestreo conforme a la norma NMX-AA-014-1980.
Observaciones Analíticas:
Observaciones del Informe de Resultados:

C. facales incubados a 35 ± 1°C en medio lactosado 48 h. EC a 44±0,5°C 48 h. DBO5=CDBO5 Se realiza inhibición de la nitrificación Fósforo total mg P/L. Nitrógeno amoniacal N-NH3 SAAM Patrón utilizado: Sulfonato de alquil lineal

REVISO

Q.F.B. ANTONIO ROJAS
ANALISTA LIDER DE LABORATORIO

AUTORIZO

Q. EDGAR ARIAS
JEFE DE LABORATORIO

Informe de resultados comparado con el promedio diario. LPC= Límite práctico de cuantificación INCERTID. = Incertidumbre
CMC=LPC (S) Cantidad mínima cuantificable - Límite práctico de cuantificación. ND = No Detectable
LDM=Límite de detección del método. Interpretar la coma (,) como signo decimal según norma NOM-008-SCFI-2002

Los datos enfatizados en negrita son proporcionados por el cliente.

ACLARACIONES: 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del Informe de Resultados
AGUA No. de Acreditación: AG-008-152/10 Vigente a partir del 22/10/2010 ALIMENTOS No. de Acreditación: A-088-007/11 Vigente a partir del 30/09/2011



ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

Laboratorio de Calidad Ambiental Informe de Resultados de Ensayo

Av. 14 Ote. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. C.P. 72340
Tel. +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 756 9 03 al 06
www.icays.com

Rev: 07
Fecha: Sep-18

LAF-104

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCUANTLA, VERACRUZ, -
(55) 3019 4477, jacobotabla@hotmail.com

INFORME No.	100927
SS No	20067
CLAVE MUESTRA	34091-3

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por este conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1 : 1

PUNTO DE MUESTREO:	Z5 - 3		
MUESTRA:	---		
TIPO DE ENVASE:	TEMPERATURA:	LOTE: -	
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA: -	NUMERO DE CONTENEDORES: ---		
NUMERO DE MUESTRA:	3:3	FECHA DE RECEPCION:	25-Mar-2019
FECHA DE MUESTREO:	25-Mar-2019 12:20	LAPSO DE ANALISIS:	25-Mar-2019 al 4-Abr-2019
TIPO DE MUESTREO:	SIMPLE	ELABORACION DEL INFORME:	5-Abr-2019

ACRE-DITADO	PARAMETROS ANALIZADOS	UNIDADES	CONCENTRACION OBTENIDA	INCERTID./CMC-LCM-LPC	LDM	METODO DE PRUEBA
SI	FOSFORO TOTAL	mg/l	2,4232	0,2269/ 0,3001	0,1051	NMX-AA-029-SCFI-2001

Observaciones de Muestreo:

Se toma muestra a 2,5 m de profundidad. Muestreo conforme a la norma NMX-AA-014-1980.

Observaciones Analíticas:

Observaciones del Informe de Resultados:

C fecales incubados a 35 ± 1°C en medio lactosado 48 h. EC a 44±0,5°C 48 h. DBOS=CDBOS Se realiza inhibición de la nitrificación Fósforo total mg P/L Nitrogeno amoniacal N-NH3 SAAM Patrón utilizado: Sulfonato de etquil lineal

REVISÓ

Q.E.B. ANTONIO ROJAS
ANALISTA LÍDER DE LABORATORIO

AUTORIZÓ

Q. EDGAR ARIAS
JEFE DE LABORATORIO

Informe de resultados comparado con el promedio diario. LPC= Límite práctico de cuantificación INCERTID. = Incertidumbre
CMC-LPC [=] Cantidad mínima cuantificable - Límite práctico de cuantificación. ND = No Detectable
LDM[=] Límite de detección del método. Interpretar la coma (,) como signo decimal según norma NOM-008-SCFI-2002

Los datos enfatizados en negrita son proporcionados por el cliente.

ACLARACIONES: 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del Informe de Resultados

AGUA No. de Acreditación: AG-008-152/10 Vigente a partir del 22/10/2010

ALIMENTOS No. de Acreditación: A-088-007/11 Vigente a partir del 30/09/2011



ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

LAF-104

Laboratorio de Calidad Ambiental Informe de Resultados de Ensayo

Av. 14 Ote. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. C.P. 72340
Tel. +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 756 9 03 al 06
www.icays.com

Rev: 07
Fecha: Sep-18

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCUANTLA, VERACRUZ, -
(55) 3019 4477, jacobotabla@hotmail.com

INFORME No.	100927
SS No	20067
CLAVE MUESTRA	34091-3

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por este conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1:1

PUNTO DE MUESTREO:	Z5 - 3		
MUESTRA:			
TIPO DE ENVASE:	-	TEMPERATURA:	---
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA:	-	NUMERO DE CONTENEDORES:	---
NUMERO DE MUESTRA:	3:3	FECHA DE RECEPCIÓN:	25-Mar-2019
FECHA DE MUESTREO:	25-Mar-2019 12:20	LAPSO DE ANALISIS:	25-Mar-2019 al 4-Abr-2019
TIPO DE MUESTREO:	SIMPLE	ELABORACIÓN DEL INFORME:	5-Abr-2019

ACRIF-DITADO	PARAMETROS ANALIZADOS	UNIDADES	CONCENTRACION OBTENIDA	INCERTID./CMC LCM-LPC	LDM	METODO DE PRUEBA
SI	S.A.A.M.	mg/l	0,5295	0,1740/ 0,1000	0,0930	NMX-AA-039-SCFI-2001

Observaciones de Muestreo:
Se toma muestra a 2,5 m de profundidad. Muestreo conforme a la norma NMX-AA-014-1980.

Observaciones Analíticas:

Observaciones del Informe de Resultados:

C. fecales incubados a 35 ± 1°C en medio lactosado 48 h. EC a 44±0.5°C 48 h. DBO5=CDBO5 Se realiza inhibición de la nitrificación Fósforo total mg P/L. Nitrógeno amoniacal N-NH3 SAAM Patrón utilizado: Sulfonato de alquil lineal

REVISO
Q.F.B. ANTONIO ROJAS
ANALISTA LÍDER DE LABORATORIO

AUTORIZO
Q. EDGAR ARIAS
JEFE DE LABORATORIO

Informe de resultados comparado con el promedio diario. LPC= Límite práctico de cuantificación INCERTID. = Incertidumbre
CMC-LPC [=] Cantidad mínima cuantificable - Límite práctico de cuantificación. ND = No Detectable
LDM[=] Límite de detección del método. Interpretar: la coma (,) como signo decimal según norma NOM-008-SCFI-2002

Los datos enfatizados en negrita son proporcionados por el cliente.

ACLARACIONES: 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del Informe de Resultados

AGUA No. de Acreditación: AG-008-152/10 Vigente a partir del 22/10/2010

ALIMENTOS No. de Acreditación: A-088-007/11 Vigente a partir del 30/09/2011



ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

Laboratorio de Calidad Ambiental Informe de Resultados de Ensayo

Av. 14 Ote. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. C.P. 72340
Tel. +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 756 9 03 al 06
www.icays.com

Rev: 07
Fecha: Sep-18

LAF-104

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCUANTLA, VERACRUZ, -
(55) 3019 4477, jacobotabla@hotmail.com

INFORME No.	100927
SS No	20067
CLAVE MUESTRA	34091-3

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por este conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1 : 1

PUNTO DE MUESTREO:	Z5 - 3		
MUESTRA:	---		
TIPO DE ENVASE:	---	TEMPERATURA:	---
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA:	---	LOTE:	---
NUMERO DE MUESTRA:	3:3	NUMERO DE CONTENEDORES:	---
FECHA DE MUESTREO:	25-Mar-2019 12:20	FECHA DE RECEPCION:	25-Mar-2019
TIPO DE MUESTREO:	SIMPLE	LAPSO DE ANALISIS:	25-Mar-2019 al 4-Abr-2019
		ELABORACIÓN DEL INFORME:	5-Abr-2019

ACRE- DITADO	PARAMETROS ANALIZADOS	UNIDADES	CONCENTRACION OBTENIDA	INCERTID./ CMC-LCM- LPC	IJDM	METODO DE PRUEBA
SI	COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	90,00	0,17/ 3,00	---	NMX-AA-042-SCFI-2015

Observaciones de Muestreo:

Se toma muestra a 2,5 m de profundidad. Muestreo conforme a la norma NMX-AA-014-1980.

Observaciones Analíticas:

Observaciones del Informe de Resultados:

C.fecales Incubados a 35 ± 1°C en medio lactosado 48 h. EC ± 44 ± 0,5°C 48 h. DBO5=CDBO5 Se realiza inhibición de la nitrificación Fósforo total mg P/L Nitrógeno amoniacal N-NH3 SAAM Patrón utilizado: Sulfonato de alquil lineal

REVISO

Q.F.B. ANTONIO ROJAS
ANALISTA JEFE DE LABORATORIO

AUTORIZO

Q. EDGAR ARIAS
JEFE DE LABORATORIO

Informe de resultados comparado con el promedio diario. LPC= Límite práctico de cuantificación INCERTID. = Incertidumbre
CMC-LPC [±] Cantidad mínima cuantificable - Límite práctico de cuantificación. ND = No Detectable
LDM=[L] Límite de detección del método. Interpretar la coma (,) como signo decimal según norma NOM-006-SCFI-2002

Los datos enfatizados en negrita son proporcionados por el cliente.

ACLARACIONES: 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del Informe de Resultados

AGUA No. de Acreditación: AG-008-152/10 Vigente a partir del 22/10/2010

ALIMENTOS No. de Acreditación: A-088-007/11 Vigente a partir del 30/09/2011



ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

Laboratorio de Calidad Ambiental
Informe de Resultados de Ensayo

Av. 14 Ote. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. C.P. 72340
Tel. +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 756 9 03 al 06
www.icays.com

Rev: 07
Fecha: Sep-18

LAF-104

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCUANTLA, VERACRUZ, -
(55) 3019 4477, jacobotabla@hotmail.com

INFORME No.	100927
SS No	20067
CLAVE MUESTRA	34091-3

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por este conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1 : 1

PUNTO DE MUESTREO:	Z5 - 3		
MUESTRA:	---		
TIPO DE ENVASE:	-	TEMPERATURA: -	LOTE: -
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA: -	NUMERO DE CONTENEDORES: ---		
NUMERO DE MUESTRA:	3:3	FECHA DE RECEPCION:	25-Mar-2019
FECHA DE MUESTREO:	25-Mar-2019 12:20	LAPSO DE ANALISIS:	25-Mar-2019 al 4-Abr-2019
TIPO DE MUESTREO:	SIMPLE	ELABORACIÓN DEL INFORME:	5-Abr-2019

ACREDITADO	PARAMETROS ANALIZADOS	UNIDADES	CONCENTRACION OBTENIDA	INCERTID./CMC-LCM-LPC	LDM	METODO DE PRUEBA
SI	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO	mg/l	4.94	0.68/ 0.99	---	NMX-AA-028-SCFI-2001

Observaciones de Muestreo:
Se toma muestra a 2,5 m de profundidad. Muestreo conforme a la norma NMX-AA-014-1980.
Observaciones Analíticas:
Observaciones del Informe de Resultados:

C. fecales incubados a 35 ± 1°C en medio lactosado 48 h. EC a 44±0.5°C 48 h. DBO5=CBO5 Se realiza inhibición de la nitrificación Fósforo total mg P/L Nitrogeno amoniacal N-NH3 SAAM Patrón utilizado: Sulfonato de alquil lineal

REVISO
Q.F.B. ANTONIO ROJAS
ANALISTA JEFE DE LABORATORIO

AUTORIZO
Q. EDGAR ARIAS
JEFE DE LABORATORIO

Informe de resultados comparado con el promedio diario. LPC= Límite práctico de cuantificación INCERTID. = Incertidumbre CMC-LPC [%] Cantidad mínima cuantificable - Límite práctico de cuantificación. ND = No Detectable LDM=[%]Límite de detección del método. Interpretar la coma (,) como signo decimal según norma NOM-008-SCFI-2002

ACLARACIONES: 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del Informe de Resultados
AGUA No. de Acreditación: AG-008-152/10 Vigente a partir del 22/10/2010 ALIMENTOS No. de Acreditación: A-088-007/11 Vigente a partir del 30/09/2011



ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

Laboratorio de Calidad Ambiental
Informe de Resultados de Ensayo

Av. 14 Ote. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. C.P. 72340
Tel. +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 756 9 03 al 06
www.icays.com

Rev: 07
Fecha: Sep-18

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCUANTLA, VERACRUZ, -
(55) 3019 4477, jacobotabla@hotmail.com

INFORME No.	100927
SS No	20067
CLAVE MUESTRA	34091-3

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por este conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1 : 1

PUNTO DE MUESTREO:		Z5 - 3	
MUESTRA:		---	
TIPO DE ENVASE:	-	TEMPERATURA:	-
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA: -		NUMERO DE CONTENEDORES: ---	
NUMERO DE MUESTRA:	3:3	FECHA DE RECEPCION:	25-Mar-2019
FECHA DE MUESTREO:	25-Mar-2019 12:20	LAPSO DE ANALISIS:	25-Mar-2019 al 4-Abr-2019
TIPO DE MUESTREO:	SIMPLE	ELABORACIÓN DEL INFORME:	5-Abr-2019

ACR-FIOTADO	PARAMETROS ANALIZADOS	UNIDADES	CONCENTRACION OBTENIDA	INCERTID/CMC-LCM-LPC	LDM	METODO DE PRUEBA
SI	DETERMINACION DE COLOR PLATINO COBALTO	u Pt-Co	30,000	---	---	NMX-AA-045-SCFI-2001

Observaciones de Muestreo:
Se toma muestra a 2,5 m de profundidad. Muestreo conforme a la norma NMX-AA-014-1980.
Observaciones Analíticas:
Observaciones del Informe de Resultados:

C: fecales incubados a 35 ± 1°C en medio lactosado 48 h. EC a 44±0.5°C 48 h. DBOS=CDBOS Se realiza inhibición de la nitrificación Fósforo total mg P/L. Nitrógeno amoniacal N-NH3 SAAM Patrón utilizado: Sulfonato de atiqui lineal

REVISO

Q.F.B. ANTONIO ROJAS
ANALISTA LIDER DE LABORATORIO

AUTORIZO

Q. EDGAR ARIAS
JEFE DE LABORATORIO

Informe de resultados comparado con el promedio diario. LPC= Límite práctico de cuantificación INCERTID. = Incertidumbre
CMC-LPC [n] Cantidad mínima cuantificable - Límite práctico de cuantificación. ND = No Detectable
LDM= Límite de detección del método. Interpretar la coma (,) como signo decimal según norma NOM-008-SCFI-2002

Los datos enfatizados en negrita son proporcionados por el cliente.

ACLARACIONES: 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del Informe de Resultados



AGUA No. de Acreditación: AG-008-152/10 Vigente a partir del 22/10/2010

ALIMENTOS No. de Acreditación: A-088-007/11 Vigente a partir del 30/09/2011

ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de
Control Ambiental y
Saneamiento S.A. de C.V.

Clave: LAF-180
Revisión: 00
Fecha: Sep-18

Página 1 de 19

INFORME DE RESULTADOS DE MUESTREO

Puebla, Pue. a, 9 de Abril de 2019

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCUANTLA, VERACRUZ, -
(55) 3019 4477 , jacobotabla@hotmail.com
SOLICITUD DE SERVICIO: 20067

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por medio de este conducto se hace entrega de las mediciones realizadas en campo por nuestro personal técnico de una muestra de las siguientes características:

FECHA DE MUESTREO:	25 DE MARZO DEL 2019
TIPO DE MUESTREO:	SIMPLE
MATRIZ:	Agua Residual

34091-1 Z5 - 1
34091-2 Z5 - 2
34091-3 Z5 - 3

Agradezco su atención y sin más por el momento quedo de usted.

Autorizó


I.A. PEDRO PABLO DÍAZ RAMOS.
JEFE DE CAMPO

Los datos enfatizados en negrita son proporcionados por el cliente.

C.e.p. EXP / LAB. DE CALIDAD AMBIENTAL (ICAYS)
ESTE INFORME SÓLO REPRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA TOMADA.
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.

www.icays.com

Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

Av. 14 de Marzo 8000 Cuicatlan, Puebla, Pue. C.P. 72160. Tel: 52 221 236 7700. Fax: 52 221 236 7701



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

Laboratorio de Calidad Ambiental Informe de Resultados de Ensayo

Av. 14 Ote. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. C.P. 72340
Tel. +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 756 9 03 al 06
www.icays.com

Rev: 07
Fecha: Sep-18

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCUANTLA, VERACRUZ, -
(55) 3019 4477, jacobotabla@hotmail.com

INFORME No.	99147
SS No	19761
CLAVE MUESTRA	33439-1

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por este conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1 : 1

PUNTO DE MUESTREO:	Z5 - 1		
MUESTRA:	---		
TIPO DE ENVASE:	ENVASE DE PLASTICO	TEMPERATURA:	5°C
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA:	0.05 L.	LOTE:	-
NUMERO DE MUESTRA:	1:3	NUMERO DE CONTENEDORES:	2
FECHA DE MUESTREO:	29-Ene-2019	FECHA DE RECEPCION:	29-Ene-2019
TIPO DE MUESTREO:	SIMPLE	LAPSO DE ANALISIS:	29-Ene-2019 al 5-Feb-2019
		ELABORACIÓN DEL INFORME:	6-Feb-2019

ACREDITADO	PARAMETROS ANALIZADOS	UNIDADES	CONCENTRACION OBTENIDA	INCERTID./CMC-LCM-LPC	LDM	METODO DE PRUEBA
SI	COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	230,00	0,17/ 3,00	---	NMX-AA-042-SCFI-2015

Observaciones de Muestreo:

Observaciones Analíticas:

Observaciones del Informe de Resultados:

C. fecales incubados a 35 ± 1°C en medio lactosado 48 h. EC a 44±0,5°C 48 h.

REVISO
Q. B. ANTONIO ROJAS
ANALISTA LÍDER DE LABORATORIO

AUTORIZO
Q. EDGAR ARIAS
JEFE DE LABORATORIO

Informe de resultados comparado con el promedio diario. LPC= Límite práctico de cuantificación INCERTID = Incertidumbre. Los datos enfatizados en negrita son proporcionados por el cliente.
CMC-LPC [%] Cantidad mínima cuantificable - Límite práctico de cuantificación. ND = No Detectable
LDM[%] Límite de detección del método. Interpretar la coma (,) como signo decimal según norma NOM-008-SCFI-2002
El laboratorio no se hace responsable de la representatividad de la muestra, debido a que esta fue proporcionada por el cliente, y analizada tal cual se recibió.

ACLARACIONES: 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del Informe de Resultados



AGUA No. de Acreditación: AG-008-152/10 Vigente a partir del 22/10/2010

ALIMENTOS No. de Acreditación: A-088-007/11 Vigente a partir del 30/09/2011

ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

LAF-104

Laboratorio de Calidad Ambiental Informe de Resultados de Ensayo

Av. 14 Ote. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. C.P. 72340
Tel. +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 756 9 03 al 06
www.icays.com

Rev: 07
Fecha: Sep-18

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCUANTLA, VERACRUZ, -
(55) 3019 4477, jacobotabla@hotmail.com

INFORME No.	99148
SS No	19761
CLAVE MUESTRA	33439-2

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por este conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1 : 1

PUNTO DE MUESTREO:	Z5 - 3		
MUESTRA:	---		
TIPO DE ENVASE:	ENVASE DE PLASTICO	TEMPERATURA: 5°C	LOTE: -
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA:	0,05 L.	NUMERO DE CONTENEDORES:	2
NUMERO DE MUESTRA:	2-3	FECHA DE RECEPCION:	29-11-ne-2019
FECHA DE MUESTREO:	29-11-ne-2019 --:--	LAPSO DE ANALISIS:	29-11-ne-2019 al 5-12-eb-2019
TIPO DE MUESTREO:	SIMPLE	ELABORACION DEL INFORME:	6-12-eb-2019

ACRE-DITADO	PARAMETROS ANALIZADOS	UNIDADES	CONCENTRACION OBTENIDA	INCERTID./ CMC-LCM-LPC	LDM	METODO DE PRUEBA
SI	COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	230,00	0,17/ 3,00	---	NMX-AA-042-SCFI-2015

Observaciones de Muestreo:

Observaciones Analíticas:

Observaciones del Informe de Resultados:

C.fecales incubados a 35 ± 1°C en medio lactosado 48 h EC a 44±0,5°C 48 h.

REVISO

Q.F.B. ANTONIO ROJAS
ANALISTA JEFE DE LABORATORIO

AUTORIZO

Q. EDGAR ARIAS
JEFE DE LABORATORIO

Informe de resultados comparado con el promedio diario. LPC= Limite práctico de cuantificación. INCERTID. = Incertidumbre. Los datos enfatizados en negrita son proporcionados por el cliente.
CMC-LPC (+) Cantidad mínima cuantificable - Limite práctico de cuantificación. ND = No Detectable
LDM(+) Limite de detección del método. Interpretar la coma (,) como signo decimal según norma NOM-009-SCFI-2002
El laboratorio no se hace responsable de la representatividad de la muestra, debido a que esta fue proporcionada por el cliente, y analizada tal cual se recibió.

ACLARACIONES: 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del Informe de Resultados

AGUA No. de Acreditación: AG-008-152/10 Vigente a partir del 22/10/2010

ALIMENTOS No. de Acreditación: A-088-007/11 Vigente a partir del 30/09/2011



ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

Laboratorio de Calidad Ambiental Informe de Resultados de Ensayo

Av. 14 Ote. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. C.P. 72340
Tel. +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 756 9 03 al 06
www.icays.com

Rev: 07
Fecha: Sep-18

LAF-104

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCUANTLA, VERACRUZ, -
(55) 3019 4477, jacobotabla@hotmail.com

INFORME No.	99149
SS No	19761
CLAVE MUESTRA	33439-3

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por este conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1 : 1

PUNTO DE MUESTREO:		Z5 - 4	
MUESTRA:		---	
TIPO DE ENVASE:	ENVASE DE PLASTICO	TEMPERATURA:	5°C
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA: 0.05 l.		LOTE: -	
NUMERO DE MUESTRA:	3:3	NUMERO DE CONTENEDORES:	2
FECHA DE MUESTREO:	29-ene-2019	FECHA DE RECEPCION:	29-ene-2019
TIPO DE MUESTREO:		ELABORACIÓN DEL INFORME:	
SIMPLE		29-ene-2019 al 5-feb-2019	
		6-feb-2019	

ACRE- DITADO	PARAMETROS ANALIZADOS	UNIDADES	CONCENTRACION OBTENIDA	INCERTID./ CMC-LCM- LPC	LDM	METODO DE PRUEBA
SI	COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	90,00	0,17/ 3,00	---	NMX-AA-042-SCFI-2015

Observaciones de Muestreo:

Observaciones Analíticas:

Observaciones del Informe de Resultados:

C. fecales incubados a 35 ± 1°C en medio lactosado 48 h. EC a 44±0,6°C 48 h.

REVISÓ
Q.F.B. ANTONIO ROJAS
ANALISTA LÍDER DE LABORATORIO

AUTORIZÓ
Q. EDGAR ARIAS
JEFE DE LABORATORIO

Informe de resultados comparado con el promedio diario. LPC= Límite práctico de cuantificación. INCERTID. = Incertidumbre. Los datos enfatizados en negrita son proporcionados por el cliente.
CMC-LPC [-] Cantidad mínima cuantificable - Límite práctico de cuantificación. ND = No Detectable
LDM [-] Límite de detección del método. Interpretar la coma (,) como signo decimal según norma NOM-008-SCFI-2002
El laboratorio no se hace responsable de la representatividad de la muestra, debido a que esta fue proporcionada por el cliente, y analizada tal cual se recibió.

ACLARACIONES: 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del Informe de Resultados



AGUA No. de Acreditación: AG-008-152/10 Vigente a partir del 22/10/2010

ALIMENTOS No. de Acreditación: A-088-007/11 Vigente a partir del 30/09/2011

ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

Laboratorio de Calidad Ambiental
Informe de Resultados de Ensayo

Rev: 07
Fecha: Sep-18

Av. 14 Ote. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. C.P. 72340
Tel. +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 756 9 03 al 06
www.icays.com

LAF-104

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCUANTLA, VERACRUZ, -
(55) 3019 4477 , jacobotabla@hotmail.com

INFORME No.	99663
SS No	19866
CLAVE MUESTRA	33667-1

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por este conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1 : 1

PUNTO DE MUESTREO:	Z5 - 2		
MUESTRA:	---		
TIPO DE ENVASE:	-	TEMPERATURA: -	LOTE: -
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA: -	NUMERO DE CONTENEDORES: ---		
NUMERO DE MUESTRA:	1:2	FECHA DE RECEPCION:	15-Feb-2019
FECHA DE MUESTREO:	15-Feb-2019 16:22	LAPSO DE ANALISIS:	15-Feb-2019 al 18-Feb-2019
TIPO DE MUESTREO:	SIMPLE	ELABORACIÓN DEL INFORME:	23-Feb-2019

ACREDITADO	PARAMETROS ANALIZADOS	UNIDADES	CONCENTRACION OBTENIDA	INCERTID./CMC-LCM-LPC	LDM	METODO DE PRUEBA
SI	COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	< 3	0,17/ 3,00	---	NMX-AA-042-SCFI-2015

Observaciones de Muestreo:

La muestra fue tomada a 2,5 metros de profundidad. Muestreo conforme a la norma NMX-AA-014-1980.

Observaciones Analíticas:

Observaciones del Informe de Resultados: Este informe de resultados sustituye al primer informe emitido con fecha 19-Feb-2019 y el N° de Informe 99587, dicho cambio se deriva a solicitud del cliente quien requiere que se coloque la profundidad a la cual se realizó la toma de muestra, las Observaciones de Muestreo deben decir:

"La muestra fue tomada a 2,5 metros de profundidad."

C.fecales Incubados a 35 ± 1°C en medio lactosado 48 h, EC a 44±0.5°C 48 h.

REVISÓ
Q.F.B. ANTONIO ROJAS
ANALISTA LÍDER DE LABORATORIO

AUTORIZÓ
Q. EDGAR ARIAS
JEFE DE LABORATORIO

Informe de resultados comparado con el promedio diario. LPC= Límite práctico de cuantificación INCERTID. = Incertidumbre
CMC-LPC (±) Cantidad mínima cuantificable - Límite práctico de cuantificación. ND = No Detectable
LDM(±) Límite de detección del método. Interpretar la coma (,) como signo decimal según norma NOM-008-SCFI-2002

Los datos enfatizados en negrita son proporcionados por el cliente.

ACLARACIONES: 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del Informe de Resultados

AGUA No. de Acreditación: AG-008-152/10 Vigente a partir del 22/10/2010

ALIMENTOS No. de Acreditación: A-088-007/11 Vigente a partir del 30/09/2011



ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

Laboratorio de Calidad Ambiental Informe de Resultados de Ensayo

Rev: 07
Fecha: Sep-18

Av. 14 Ote. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. C.P. 72340
Tel. +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 756 9 03 al 06
www.icays.com

LAF-104

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5
COATEPEC
ZONCUANTLA, VERACRUZ, -
(55) 3019 4477, jacobotabla@hotmail.com

INFORME No.	99664
SS No	19866
CLAVE MUESTRA	33667-2

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por este conducto presento a usted el resultado de análisis de una muestra de las siguientes características.

PAGINA: 1 : 1

PUNTO DE MUESTREO:		Z5 - 1.5				
MUESTRA:		---				
TIPO DE ENVASE:		TEMPERATURA:		LOTE:		
-		-		-		
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA:		NUMERO DE CONTENEDORES:				
-		---				
NUMERO DE MUESTRA:		2:2		FECHA DE RECEPCION:		
				15-Feb-2019		
FECHA DE MUESTREO:		15-Feb-2019 16:46		LAPSO DE ANALISIS:		
				15-Feb-2019 al 18-Feb-2019		
TIPO DE MUESTREO:		SIMPLE			ELABORACION DEL INFORME:	
					23-Feb-2019	

ACRE-DITADO	PARAMETROS ANALIZADOS	UNIDADES	CONCENTRACION OBTENIDA	INCERTID / CMC-LCM-LPC	LDM	METODO DE PRUEBA
SI	COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	< 3	0,17/ 3,00	---	NMX-AA-042-SCFI-2015

Observaciones de Muestreo:

La muestra fue tomada a 2,5 metros de profundidad. Muestreo conforme a la norma NMX-AA-014-1980.

Observaciones Analíticas:

Observaciones del Informe de Resultados: Este informe de resultados sustituye al primer informe emitido con fecha 19-Feb-2019 y el N° de Informe 99588, dicho cambio se deriva a solicitud del cliente quien requiere que se coloque la profundidad a la cual se realizó la toma de muestra, las Observaciones de Muestreo deben decir:

"La muestra fue tomada a 2,5 metros de profundidad."

C. fecales incubados a 35 ± 1°C en medio lactosado 48 h, EC a 44±0.5°C 48 h.

REVISÓ

Q.F.B. ANTONIO ROJAS
ANALISTA JEFE DE LABORATORIO

AUTORIZÓ

Q. EDGAR ARIAS
JEFE DE LABORATORIO

Informe de resultados comparado con el promedio diario. LPC= Límite práctico de cuantificación INCERTID. = Incertidumbre
CMC-LPC [±] Cantidad mínima cuantificable - Límite práctico de cuantificación. ND = No Detectable
LDM=[L] límite de detección del método. Interpretar la coma (,) como signo decimal según norma NOM-008-SCFI-2002

Los datos enfatizados en negrita son proporcionados por el cliente.

ACLARACIONES: 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del Informe de Resultados



AGUA No. de Acreditación: AG-008-152/10 Vigente a partir del 22/10/2010

ALIMENTOS No. de Acreditación: A-088-007/11 Vigente a partir del 30/09/2011

ESTE INFORME SÓLO PRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA ANALIZADA
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.



Ingeniería de
Control Ambiental y
Saneamiento S.A. de C.V.

Clave: LAF-180
Revisión: 00
Fecha: Sep-18

Página 1 de 13

INFORME DE RESULTADOS DE MUESTREO

Puebla, Pue. a, 19 de Febrero de 2019

CONSULTAS NACIONALES DE INFORMACIÓN Y ASESORÍA

CARRETERA COATEPEC - XALAPA No. KM 7.5

COATEPEC

ZONCUANTLA, VERACRUZ, -

(55) 3019 4477, jacobotabla@hotmail.com

SOLICITUD DE SERVICIO: 19866

AT'N: M. EN C. JACOBO TABLA HERNÁNDEZ.

Por medio de este conducto se hace entrega de las mediciones realizadas en campo por nuestro personal técnico de una muestra de las siguientes características:

FECHA DE MUESTREO:	15 DE FEBRERO DEL 2019
TIPO DE MUESTREO:	SIMPLE
MATRIZ:	Agua Residual

33667-1 Z5 - 2

33667-2 Z5 - 1.5

Agradezco su atención y sin más por el momento quedo de usted.

Autorizó


I.A. PEDRO PABLO DÍAZ RAMOS.
JEFE DE CAMPO

Los datos enfatizados en negrita son proporcionados por el cliente.

C.e.p. EXP / LAB. DE CALIDAD AMBIENTAL (ICAYS)

ESTE INFORME SÓLO REPRESENTA LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA TOMADA.

SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.

www.icays.com

Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

Av. 14 Oct. 4017 Col. América Sur, Puebla, Pue. C.P. 72346, Tel: +52 (222) 236 7759 / 236 7747 / 756 9803 al 09

Referencias bibliográficas

- ⁱ C.P. Huang, Ch. Dong y Z. Tang, *Waste Management*, 13, 361-377 (1993).
- ⁱ Domènech, Xavier & Jardim, Wilson & Litter, Marta. (2004). *Procesos avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes*. Colección Documentos.
- ⁱ Urkiaga, Gómez R, Gutiérrez R. (2002) *Aplicación de procesos de oxidación avanzada al tratamiento de efluentes de diferentes sectores industriales*. Centro Tecnológico,
- ⁱ "Water Treatment Handbook, Degremont", 6a Edición. Editorial Lavoisier Publishing, Paris (1991).
- ⁱ CHAMARRO, E.; ESPLUGAS, S. (1993). Photochemical elimination of pesticides in wastewater, *Trends in Chem. Engineering*, Vol. 1, pp. 13-23.
- ⁱ OLLIS, D.F.; AL EKABI, H. (1993). Photocatalytic purification and treatment of water and air, *Proceedings of the 1st International Conference in TiO2 Photocatalytic Purification and Treatment of Water and Air*, London, Ontario, Canada, 8-13 Nov. 92, Elsevier Science Publishers.
- ⁱ H. Gulyas, R. von Bismarck, L. Hemmerling. (1995). *Tratamiento de aguas residuales industriales con ozono/peróxido de hidrógeno*. ELSEVIER, pp 127-134
- ⁱSEMARNAT
- ⁱRodríguez Córdoba R. *Economía y recursos naturales*. Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, 2002.
- ⁱYong Bai, Qiang Bai, (2014)*Oil Spill Response Plan*.
- ⁱⁱⁱ"Impacto ambiental". Autor: María Estela Raffino. Para: *Concepto.de*. Disponible en: <https://concepto.de/impacto-ambiental/>. Consultado: 13 de junio de 2019
- ⁱEnvironmental Protection Agency (EPA)
- ⁱUN Environment (2018). *Assessing Environmental Impacts- A Global Review of Legislation*, Nairobi, Kenya.
- ⁱJohn Glasson, Riki Therivel y Andrew Chadwick. *Introduction to environmental impact assessment*, 4th ed.
- ⁱ Azqueta Oyarzun D. *Introducción a la economía ambiental*, Mc Graw Hill higher education, 2007.
- ⁱCÓMO INNOVAR EN LAS PYMES Manual de mejora a través de la innovación. Por TUNDIDOR DÍAZ, Alberto, 2016, Alfaomega, MARGE, p. 2.
- ⁱAnalys Aguilera Diaz, *El análisis costo-beneficio como una herramienta de decisión en la inversión de actividades científicas*, Cuba, 2017.
- ⁱPEARCE, D.; TURNER, R.K. *Economics of natural resources and the environment*. Baltimore: John Hopkins University Press. 1990.
- ⁱ Urkiaga, Gómez R, Gutiérrez R. (2002) *Aplicación de procesos de oxidación avanzada al tratamiento de efluentes de diferentes sectores industriales*. Centro Tecnológico,
- ⁱ "Water Treatment Handbook, Degremont", 6a Edición. Editorial Lavoisier Publishing, Paris (1991).
- ⁱ CHAMARRO, E.; ESPLUGAS, S. (1993). Photochemical elimination of pesticides in wastewater, *Trends in Chem. Engineering*, Vol. 1, pp. 13-23.
- ⁱ OLLIS, D.F.; AL EKABI, H. (1993). Photocatalytic purification and treatment of water and air, *Proceedings of the 1st International Conference in TiO2 Photocatalytic Purification and Treatment of Water and Air*, London, Ontario, Canada, 8-13 Nov. 92, Elsevier Science Publishers.