



Generación de Insumos y Herramientas para la Toma de Decisiones en la Estrategia Integral para la Recuperación del Río Santiago

7

Conclusiones y Recomendaciones





CONTENIDO

7.1	CONCLUSIONES	7-1
7.2	RECOMENDACIONES.....	7-4





7.1 CONCLUSIONES

1. El presente estudio incluyó la recopilación de los estudios realizados en los ríos Santiago y Verde referentes a la calidad de agua. Se realizó la revisión de 16 estudios de calidad del agua de los ríos Santiago y/o Zula elaborados entre los años 2003 y 2019, por institutos de investigación, empresas consultoras y una persona física; se integraron además los programas de monitoreo realizados por la CONAGUA a nivel federal y por la Comisión Estatal de Agua del Estado de Jalisco a nivel estatal. Con esta información se integró una base de datos en Excel, usando los lineamientos de la instancia federal. Esta base de datos puede ser utilizada para diferentes análisis estadísticos en tiempo y espacio.

De las principales conclusiones del análisis de la base de datos es que se observa una reducción de la contaminación por carga orgánica en el arroyo de El Ahogado cuando inició operaciones la PTAR. Los últimos cinco años la población ha aumentado por lo que la capacidad de la PTAR de El Ahogado actualmente es insuficiente.

2. Para este estudio se establecieron 19 puntos de muestreo y aforo: 7 en el río Zula, desde Santiaguito hasta Ocotlán, 10 en el río Santiago, desde su inicio en Ocotlán hasta Paso de Guadalupe, y 2 en el Arroyo El Ahogado.
3. En estos 19 puntos se realizaron dos campañas de muestreo, la primera en septiembre y la segunda en noviembre de 2019, es importante mencionar que aunque la intención era representar el comportamiento tanto en el período de lluvias como en el de estiaje, las dos campañas tuvieron fueron realizadas en periodos primordialmente lluviosos.

Se determinaron 153 parámetros de calidad de agua en cada evento:

- 8 parámetros de campo.
- 29 parámetros inorgánicos, incluyendo 16 metales, cianuro y sulfuro.
- 2 microbiológicos.
- 114 compuestos orgánicos tóxicos, incluyendo: 39 orgánicos volátiles, 41 orgánicos semivolátiles y extractables básicos, 16 orgánicos semivolátiles y extractables ácidos, 16 pesticidas organoclorados y otros 2 orgánicos tóxicos.

Las muestras y los análisis fueron realizados por un laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditamiento (EMA), además de las mediciones de caudal en cada uno de estos sitios y en cada campaña. La lista completa de parámetros se encuentra en la **Tabla 3-5** de este reporte.

4. La evaluación de calidad del agua en el río Zula muestra:
 - Las aportaciones de descargas comienzan poco después de su nacimiento, inclusive aguas arriba de Arandas. Entre Arandas y Atotonilco el río mejora en su calidad principalmente debido a la diferencia de alturas (cerca de 550 m) que permite la atenuación natural por aeración, además de que no existen descargas en este tramo.
 - A su paso por Atotonilco la calidad de agua se degrada significativamente.



- Entre Atotonilco y Ocotlán el río tiene poco desnivel (pendiente cercana a 1 al millar) y la autodepuración no es suficiente, a pesar de que la calidad del agua mejora alcanzando niveles regulares con respecto a DBO, y disminuyendo el oxígeno disuelto.
5. En el río Santiago se pudo observar:
- Buena calidad en lo referente a materia orgánica y oxígeno disuelto, entre Ocotlán y el puente del Macrolibramiento ubicado aguas debajo de las derivaciones a los canales Atequiza y Aurora.
 - Significativa degradación de calidad del agua tras la aportación del Arroyo El Ahogado, que se manifiesta en el punto crítico: en la caída de agua de cerca de 25 m en el Salto de Juanacatlán, que propicia el desprendimiento del ácido sulfhídrico, debido a las condiciones físicas y químicas del río, en el que la concentración de sulfuros en ambos muestreos fue de 5-6 mg/l.
 - En el tramo entre Puente Grande y Paso de Guadalupe se manifiesta una creciente concentración de materia orgánica fruto de las descargas no tratadas de la Zona Nororiente del Área Metropolitana de Guadalajara, aunado a una relativamente buena concentración de oxígeno disuelto, esto último fruto de la velocidad del río por el desnivel de cerca de 550 m, que si bien reoxigena al río, no tiene el tiempo suficiente para degradar la materia orgánica dadas las múltiples y significativas descargas ya mencionadas.
6. En relación a los parámetros tóxicos se obtuvo lo siguiente:
- Los valores de las concentraciones de metales pesados y otros tóxicos inorgánicos no rebasaron en ninguno de los puntos y en las campañas, los límites señalados por la Ley Federal de Derechos (LFD) para uso 3, correspondiente a la protección de la vida acuática.
 - En relación a las concentraciones de compuestos orgánicos tóxicos evaluados, solamente en el punto Arroyo El Ahogado 2 (próximo a la confluencia al río Santiago) se detectó que la concentración de Bis-2-(Etilhexil) Ftalato (DEHP) rebasó el valor establecido en la LFD. Si bien se detectó la presencia de varios compuestos orgánicos, las concentraciones encontradas no rebasaron los valores señalados en la referida LFD. Esto se presenta en mayor detalle en la sección 3.
7. El punto crítico de calidad del agua a lo largo de los ríos está en el Salto de Juanacatlán por tres motivos principales:
- Baja pendiente y baja velocidad del agua entre Presa Corona y El Salto de Juanacatlán,
 - Bajo caudal en el río que da lugar a baja dilución. Estas dos combinadas resultan en muy baja capacidad de autodepuración.
 - Aportación de agua con alta carga orgánica a través del arroyo de El Ahogado, que desemboca en el río Santiago 4.5 km aguas arriba de El Salto de Juanacatlán. Este estudio midió un caudal de 4.75 m³/s en este punto del Arroyo de El Ahogado, que incluye el caudal tratado por la PTAR El Ahogado (2.25 m³) y la diferencia resultante (cerca de 2.5 m³/s) corresponde a una mezcla de agua pluvial con agua residual sin tratamiento.



8. Se elaboró un modelo hidrológico del Área de Intervención Prioritaria usando el programa SWAT, desarrollado por la Universidad Texas A&M para el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (US Department of Agriculture) que se llama Soil and Water Assessment Tool, por sus siglas conocido como SWAT. El modelo hidrológico responde a la realidad hidráulica de los ríos y es una herramienta fundamental para el análisis del comportamiento de los contaminantes en los mismos. Este programa se alimenta con información topográfica mediante modelo de elevación digital, información climatológica, de uso de suelo, hidrométrica, de población, de consumos de agua, de presas, entre otras cosas, todo esto montado en un sistema de información geográfica. Este programa utilizó la información climatológica de 11 estaciones para el período 2000 a 2009. El área considerada fue desde el río Zula hasta la estación San Cristóbal II, de la que se tiene suficiente información hidrométrica. Este modelo fue calibrado para 6 años y validado para otros 4, satisfaciendo con calificación de muy bueno los criterios estadísticos para estos dos procesos. Esta herramienta es muy valiosa para el manejo del recurso agua en los ríos Santiago y Zula.
9. Aplicando el modelo hidrológico SWAT, se obtuvo el caudal mínimo de 7 días consecutivos para un período de 10 años, denominado 7Q10 en el río Santiago aguas abajo de los Canales Atequiza y Aurora, y se obtuvo un valor de $0.57 \text{ m}^3/\text{s}$.
10. El modelo hidrológico permitió estimar el efecto de 3 escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero (RCP en inglés, Representative Concentration Pathways) y su impacto en el caudal del río Santiago al año 2050 para un RCP de 2.6 W/m^2 de radiación (políticas efectivas de reducción de gases de efecto invernadero), para RCP de 8.5 W/m^2 (siguiendo la tendencia actual) y compararlos con el comportamiento actual de 2020. Se pudo estimar que el caudal medio del río Santiago en San Cristóbal de la Barranca para el año 2050 sería: $11.8 \text{ m}^3/\text{s}$ en el escenario actual, $12.0 \text{ m}^3/\text{s}$ para el escenario RCP 2.6 y de $9.6 \text{ m}^3/\text{s}$ en el escenario 8.5, es decir una disminución del promedio anual del escurrimiento de cerca de 20% del caudal.
11. El control de las descargas al arroyo de El Ahogado es la acción de saneamiento que mejores resultados puede generar en la zona de El Salto de Juanacatlán, punto crítico de contaminación del río Santiago.
12. El control de las descargas de la zona nororiente del AMG mejorará significativamente la mala calidad del agua en el tramo del río Santiago previo a la confluencia del río Verde.
13. La elaboración de este estudio ha establecido las bases para generar herramientas de análisis de las condiciones en las que se encuentran los ríos Santiago y Zula, y también para formular las políticas de control de la contaminación desde una óptica integral de gestión que involucre a los tres niveles de gobierno, las entidades económicas y la sociedad organizada.



7.2 RECOMENDACIONES

1. Reforzar el programa de monitoreo de calidad de agua:
 - Ampliar el número de estaciones para cubrir el río Zula.
 - Incluir aforo en cada evento de muestreo.
 - Ampliar el número de parámetros de compuestos tóxicos a evaluar, incluyendo al menos los identificados en este estudio.
 - Ampliar las capacidades del laboratorio de la CEA.
2. Usar la base de datos de calidad de agua elaborada, para realizar un minucioso análisis estadístico orientado a establecer patrones de tiempo y espacio de los principales parámetros de calidad de agua, y tratar de relacionarlo con eventos de manejo de cantidad y calidad de agua en el río, así como las temporadas de estiaje y lluvias.
3. Para perfeccionar el modelo hidrológico y de calidad del agua se sugiere:
 - Además de aumentar los eventos de muestreo que se realicen, se recomienda que todos los monitoreos que se realicen, ya sean de rutina o como estudios externos incluyan el aforo de la corriente.
 - Completar el inventario de fuentes de contaminación con análisis de las unidades económicas principales, y de información adecuada de las aportaciones industriales y de las granjas pecuarias (número y tipo de cabezas, manejo de desechos y tratamiento de efluentes), inventario o censo de actividades agrícolas (hectáreas, tipo de cultivo y riego, prácticas de fertilización y fumigación).
 - Es de suma relevancia continuar con la complementación del modelo SWAT (o similar), incorporando el eje de calidad del agua, para conocer el comportamiento de los contaminantes de mayor relevancia en los caudales principales, tanto del río Santiago como del río Zula
4. Para mejorar significativamente la calidad del río Santiago a la altura de el Salto de Juanacatlán es necesario el plan maestro de saneamiento del Arroyo El Ahogado que incluya:
 - Trabajos de campo de identificación, caracterización y aforo detallado de cada una de las descargas que actualmente se vierten sin tratamiento hacia este cuerpo de agua.
 - Análisis de la cuenca de aportación a cada una de estas descargas, las fuentes de abastecimiento, la población, la dotación.
 - Catastro de infraestructura de conducción de aguas residuales e identificación de los faltantes.
 - Elaboración de los proyectos ejecutivos de cada línea y de los colectores hacia la(s) planta(s) de tratamiento de aguas residuales.



- Elaboración de los proyectos ejecutivos de la(s) planta(s) de tratamiento requeridas, posiblemente mediante la ampliación en la existente PTAR El Ahogado.
5. Empezar la construcción del túnel interceptor del oriente para recolectar las aguas residuales que se generan en la zona oriente norte del AMG, asimismo incorporar las aguas residuales de los colectores que se encuentran aguas debajo del colector interceptor actual.
 6. Elaborar un plan de saneamiento para las descargas de fraccionamientos cercanos al río Santiago establecidos entre Ixtlahuacán de los Membrillos y Tonalá, para conducir las aguas residuales al número adecuado de sistemas de tratamiento, evitando que éstas se sigan vertiendo crudas a los cuerpos de agua.



