

Capítulo 1.4

Gestión, sustentabilidad y ecohidrología del Río Santiago

Tania Villaseñor Vargas¹

Aida Alejandra Guerrero-de León²

<https://doi.org/10.61728/AE24004275>



¹ Estudiante del Doctorado en Agua y Energía, adscrito al Departamento de Estudios del Agua y la Energía del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. *e-mail:* tania.villasenor3610@alumnos.udg.mx

² Profesora investigadora Departamento de Estudios del Agua y la Energía del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. *e-mail:* aida.guerrero@academicos.udg.mx

Introducción

El planeta tierra se cubre con más del 70 % de agua en su superficie, esta se puede encontrar distribuida mayormente en océanos, ríos, lagos, en el suelo y aire; de ese total de agua el 97.5 % del agua es salado mientras que el 2.5 % es agua dulce; el 80 % del agua dulce esta principalmente en los glaciares, la nieve y el hielo de los cascos polares, el 19 % es agua subterránea y el 1 % está en la superficie (en lagos o humedales) (Fernández, 2012). El agua es una fuente indispensable para vivir y por eso se han desarrollado distintas obras que permiten asegurar disponibilidad de agua cerca de cualquier entorno, entre las obras se encuentran: canales, pozos, acueductos, drenes, presas, reservorios artificiales, entre otro más.

El recurso hídrico es muy importante en la sociedad y en la economía, por lo que es muy importante su manejo sustentable; la sustentabilidad es definida como “el uso de agua que sostiene una sociedad para que dure y en un futuro indefinido sin que se altere el ciclo hidrológico para que los ecosistemas puedan depender de él”. La sustentabilidad necesita que se establezcan varios criterios que vayan dirigidos al diseño y manejo de las infraestructuras, calidad ambiental, mantener estándares de cuerpos de agua constante, desarrollar mecanismos que prevengan y resuelvan conflictos del agua; siguiendo este paso se puede iniciar la sustentabilidad en el agua (Cervera, 2007).

El mundo, la sociedad y el medioambiente están en cambio constante al igual que el planeta y el ciclo hidrológico, a lo que lleva a adaptar y aprobar herramientas utilizadas en el presente para el manejo hidrológico y de los recursos hídricos. Las alteraciones importantes del medioambiente en las corrientes fluviales provocadas por el cambio climático afectan la provisión de bienes ecológicos y servicios del ecosistema en sistemas acuáticos. Se están desarrollando herramientas científicas para la conservación y recuperación de los sistemas acuáticos, por medio de estas investigaciones se han desarrollado nuevos conceptos y métodos analíticos en una disciplina

complementaria a la hidrobiología llamada: Ecohidrología (Martínez y Villalejo, 2019).

Esta revisión bibliográfica analiza los problemas del desarrollo sustentable que hay en la Zona Metropolitana de Guadalajara, a partir de la contaminación industrial y urbana que son directamente vertidos en el Río Santiago, desde su salida en Chapala hasta desembocar en el estado de Nayarit en el Océano Pacífico. En México hay una mayor preocupación por el agua potable que por el tratamiento de aguas residuales. En el año 2000 México fue uno de los países más bajos entre los que se encuentra en la Organización Cooperación Económica para el Desarrollo (OCDE) ya que solo trató un 23 % de sus aguas residuales. Los tratamientos para aguas residuales tienen costos económicos, sociales, ambientales y de salud (Durán y Torres, 2009). Este rápido crecimiento industrial – urbano provocó una presión sobre los recursos hídricos de la región.

El crecimiento poblacional de Guadalajara se ha dado principalmente por la migración y la creciente industrialización que ha tenido estas últimas décadas, a su vez se han mejorado las condiciones de salud y gracias a eso mejoraron las tasas de natalidad. El crecimiento demográfico provocó una expansión urbana y conurbada en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), a su vez otras ciudades en el país presentaron este mismo fenómeno (Núñez, 1999). El crecimiento de la industria ha generado un aumento en la infraestructura urbana, demanda de agua y de vivienda; la industrialización no solo se dio en Guadalajara, sino también en Tlaquepaque, Zapopan y Tonalá (los cuales se fueron incorporando a la ZMG), en 1998 ya había 16 730 industrias, lo cual había convertido a Guadalajara en una de las ciudades de mayor importancia económica en el país (Durán y Torres, 2009).

El Salto, Juanacatlán, Tlajomulco de Zúñiga, Zapotlanejo e Ixtlahuacán de los membrillos estaban muy cerca de la ciudad y se agregaron a la conurbación metropolitana. Para entender el problema de contaminación es importante mencionar que en el Salto se desarrolló el famoso “corredor industrial de Jalisco”, que es de los más importantes del estado de Jalisco y del país. Debido a esto, la demanda de agua en los últimos años ha rebasado la oferta disponible en la ZMG y se han buscado nuevas fuentes de abastecimiento (además de Chapala) y se han construido diversas obras hi-

dráulicas para llevar agua y asegurar agua en un futuro, sin embargo, estas obras solo han respondido a corto plazo y se continua en la búsqueda de alternativas para el abastecimiento de agua (Durán y Torres, 2004).

Ecohidrología y sustentabilidad

La ecohidrología es la regulación de los ciclos hídricos y de nutrientes y tiene la finalidad de mejorar la conducción del ecosistema global; esto se entiende como la mejora de los recursos hídricos, la biodiversidad, los servicios ambientales que brindan los ecosistemas acuáticos para la población y el aumento de resiliencia ante el impacto ambiental que se ha ocasionado por el cambio climático (WWAP, 2018). La ecohidrología se relaciona con la hidrología y la ecología del ciclo hidrológico, estos procesos se llevan a cabo en ríos, lagunas, aguas subterráneas y balances energéticos termodinámicos en la superficie terrestre.

La agenda 2030 con sus objetivos del desarrollo sostenible ha mencionado en la meta 6.6: “proteger y restaurar los ecosistemas acuáticos, incluyendo acuíferos, montañas, bosques, humedales y lagos para el 2030” con la finalidad de apoyar el logro del ODS: “garantizar la disponibilidad y gestión sostenible de agua y saneamiento para todos” incluyendo otros objetivos de agua, saneamiento, eficiencia en el uso del agua, calidad del agua y gestión integrada (UNESCO, 2012).

La ecohidrología es un enfoque innovador que promueve la integración de la ecología y la hidrología con miras a la gestión sostenible de los recursos hídricos. La gestión de los recursos hídricos depende de la capacidad para mantener los procesos de circulación del agua junto con sus nutrientes y flujos energéticos mediante varios procesos: biológicos, biogeoquímicos e hidrológicos como herramientas de gestión. La ecohidrología elabora y pone en práctica métodos innovadores y eficaces para la mejorara de la calidad del agua, frente al exceso consumo del recurso hídrico (UNESCO, 2012).

Menciona Maestu (2015) que existen algunos retos para la implementación de los diferentes objetivos de desarrollo sustentable en relación con el recurso hídrico y son:

a) Agua, saneamiento e higiene - WASH: Hay una gran necesidad de localizar y aumentar financiamiento, capacidad institucional, apoyo político y la gestión en la aplicación de la normativa en gestión del agua. Es necesario desarrollar y mejorar tecnologías para enfrentar problemáticas para el saneamiento y la higiene.

b) Gestión del recurso de agua – WRM: El dinero destinado a los recursos hídricos es insuficiente y es importante mejorar la financiación para la gestión del agua. En muchos países hay un déficit de estructura hídrica y eso ocasiona complicaciones para cumplir con sus objetivos. También existen desafíos para implementar tecnologías adecuadas. La eficiencia del agua en varios países es causada por la gestión del recurso hídrico. Muy pocos países avanzan en la ejecución de técnicas de mejora del riego y la recolección del agua de lluvia. La tecnología debería abordarse con la finalidad de que sea un medio efectivo y así alcanzar el desarrollo social y ecológicamente sustentable. También hay bastantes casos que mencionan la falta de capacidad humana como en conocimientos para planificar y gestionar.

c) Calidad de aguas: en el presente hay bastantes retos en la implementación en protección de los ecosistemas y de los sistemas de calidad del agua en el que se necesita financiamiento de las instituciones encargadas, también es necesario el desarrollo y la actualización de normas y reglamentos, la mejora de información y la experiencia limitada en la contabilización de la protección de los ecosistemas y de calidad del agua y la separación entre las regulaciones hídricas de usos del territorio.

d) Riesgos: Los distintos retos de la implementación con respecto a la gestión de riesgos afectan mayormente a los más pobres en el mundo. Entre los riesgos se incluyen la mejora y el acceso al financiamiento, insuficiencia de la mejora y actualización de tecnologías, falta de conocimientos y actualizaciones, mejoría de la gobernanza del agua con un énfasis en el recurso, incluir la participación de todos los sectores desde la comunidad hasta las instituciones gubernamentales en cuestión de agua y falta de información hidrológica.

Río Santiago, una región contaminada

El río Santiago es uno de los cuerpos de agua más importantes del occidente del país. Forma parte de la cuenca hidrológica Lerma-Chapala-Santiago, este nace en el lago de Chapala en Jalisco, tiene aproximadamente 475 km y desemboca en el estado de Nayarit en el Océano Pacífico. En Jalisco pasa por Poncitlán, Ocotlán, Atequiza, Juanacatlán, Atotonilquillo,

El Salto, Tonalá, etc. Guadalajara desde 1956 se abastece del río Santiago entre el 70 % y 80 % de sus necesidades hídricas (Duran y Torres, 2006).

Este río es uno de los más contaminados del país, la calidad del agua es afectada directamente por el desarrollo industrial que se conforma aproximadamente de 741 empresas las cuales no cumplen con el marco normativo y legal. Las industrias son de los giros metálicos, electrónica, química, plásticos, mueblerías y alimenticios (McCulligh C., 2012). Las industrias que mayor aportan aguas residuales son: Celanese mexicana, Ciba especialidades químicas, IBM de México, Nestlé, Industrias Ocotlán y Harinera de Maíz de Jalisco. Algunas industrias grandes cuentan con plantas de tratamiento, pero la mayoría no somete sus aguas residuales a ningún tratamiento. Se hizo un análisis de estas aguas por la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento de Jalisco (CEAS), se mencionó que: las descargas de estos giros contienen elementos que son difíciles de remover y asimilar en los sistemas de tratamiento biológico y en los sistemas acuáticos. Son contaminantes que presentan alta resistencia a la degradación y son muy tóxicos para microorganismos y todos los seres vivos (McCulligh, et al., 2007).

La contaminación en el Río Santiago no es un tema nuevo, investigaciones realizadas por Durán y Partida (1990) en el corredor industrial de Jalisco, demostraba que la contaminación provenía principalmente del sur de la ciudad de Guadalajara. Hace más de 30 años se generaban aguas residuales urbanas e industriales que en su mayoría eran vertidas al río, con tratamiento, tratamientos deficientes o sin tratamientos. Las empresas que están en el corredor industrial descargaban sus aguas directamente en el río Santiago o en la presa del Ahogado. En los años 80, en el nacimiento del río Santiago y la presa Corona desechaban aguas residuales las poblaciones de Ocotlán y Poncitlán, además había una industria lechera y una de fibras. En el tramo de la presa Corona y el salto, vaciaban sus aguas al río los pueblos de Atotonilquillo y Atequiza y aparte 5 industrias (SEDUE, 1984). Para el año 2000 se calculaba que aproximadamente el 3 % de las industrias trataban sus aguas residuales y del total de descargas al menos un 14 % recibía algún tratamiento (Duran y Torres, 2009).

Se realizaron varios estudios por parte de la SEDUE en el estado de Jalisco y también en otros laboratorios contratados por las fábricas a las que se les efectuaban reportes que están enviados a la SEDUE sin necesidad de que fueran los inspectores solo para verificar la información enviada

por dichos industriales (Durán y Partida, 1990), los resultados consistieron en: a) la variable del pH rebasa en varios casos más del 9.0 permisible, b) la temperatura del agua en varios casos fue mayor a 30°C hasta los 53°C, c) los colores de las aguas residuales tenían varias tonalidades: azul, amarillo y verde, d) en el caso de sólidos suspendidos y grasas siempre que fueron analizadas excedieron el límite, e) para ese entonces no analizaban metales pesados.

De acuerdo con estos resultados, el río Santiago ya estaba fuertemente contaminado; era un río incapaz de soportar la vida acuática; era un río sin oxígeno disuelto, fuente de olores y con espuma de detergente. Debido a toda esta problemática el gobierno federal en 1989 hizo un convenio con varios estados (México, Querétaro, Michoacán, Jalisco y Nayarit) que se benefician del río, sin embargo, hasta la fecha ninguno de los estados mencionados se ha puesto en funcionamiento de tener el total de plantas de tratamiento solicitadas (Martínez y Hernández, 2009).

En 1997 el daño ambiental ya alcanzaba los mantos subterráneos, apenas se trataba el 20 % de las aguas residuales, había 30 fábricas que ya realizaban reciclaje de sus aguas, sin embargo, no eran suficientes 16 plantas de tratamiento ya instaladas en la cuenca Chapala – Santiago para tratar desechos generados por el desarrollo industrial – urbano (Durán y Torres, 2009).

En el año 2006 varias organizaciones sociales realizadas por habitantes de las más afectadas por la contaminación (El Salto y Juanacatlán) comenzaron a mostrar a la luz pública el desgaste del afluente y denunciaron los daños ocasionados a la salud. Varias instituciones llevan a cabo varias actividades para que las autoridades hagan caso, sin embargo, mencionan que prevalece la impunidad y la falta de soluciones. En el 2008 el gobierno construyó en la Cuenca de El Ahogado una planta de tratamiento para limpiar las aguas municipales, pero solo fue una medida parcial frente a la magnitud del problema (Martínez y Hernández, 2009).

En el 2007 se metió una presión social por la Comisión Estatal de los Derechos Humanos de Jalisco (CEDHJ) y se metió una queja solicitando estudios epidemiológicos, sin embargo, esos resultados nunca fueron entregados. En el 2009 la CEDHJ hizo una publicación dirigida al gobernador del estado, a los directores de la CEAS, al SIAPA, a varios presidentes municipales para que se realizara un monitoreo constante de calidad de

agua en el río, pero tampoco se entregaron los resultados (Martínez y Hernández, 2009).

La presa del Ahogado es una obra para almacenar agua específicamente para riego que beneficiaba 600 hectáreas, ubicada en El Salto, la principal fuente de contaminación eran las descargas residuales del aeropuerto Miguel Hidalgo, de la ciudad de Guadalajara, más dos industrias de aceite comestible y otra más de fertilizantes. En la zona de la presa y el río se disminuyó considerablemente la actividad agropecuaria por la pésima calidad del agua, producida por la gran cantidad de aguas residuales industriales sin tratamiento, que añadían sales y otras sustancias; esto provocó excesivas salinidades de suelos agrícolas, problemas de salud pública, cierre de áreas de recreación en las riberas del río y ya no se utilizó al río Santiago como fuente de abastecimiento para el poblado de Juanacatlán. La planta de tratamiento del área no era suficiente para tratar el agua que iba en el trayecto del río en ese punto, se podía notar una visible capa de grasa y aceites, esto impedía la autodepuración de las aguas y provocaba malas condiciones para la vida acuática y peligro para las personas adyacentes al río (Duran y Torres, 2009).

Las autoridades en cuestión de agua en el río Santiago afirman que la contaminación industrial es menor que la municipal y que las industrias si cumplen la normatividad; otra persona comento que el 20 % de las empresas incumplen normatividad que regula las descargas y que la CONAGUA no cuenta un número grande de inspectores para estar al pendiente de todas las descargas; ya que la región Lerma – Santiago – Pacífico abarca una superficie de 191 500 km², en donde habitan aproximadamente 8.6 millones de personas (INEGI, 2021) y se produce un 17.1 % del PIB nacional.

Otra causa más de contaminación en el río, son los lodos de las plantas de tratamiento industriales que se desechan dentro del cárcamo de bombeo del SIAPA, en el municipio de El Salto, en el canal de Las Pintas / El Ahogado, que también contienen aguas del drenaje de Guadalajara. En ese punto se pudo comprobar que empresas descargaban lodos industriales, ahí no hay plantas de tratamiento que eliminen residuos, por lo que los contaminantes de vierten directamente (McCulligh, et al., 2007).

En el agua del río Santiago se han detectado una gran cantidad de grasas, aceites, solidos disueltos, metales pesados (zinc, mercurio, benceno y arsénico), niveles altos de amoniaco y fosfatos que ocasionan hiperferti-

lización del medio, también se han encontrado una alta cantidad de coliformes fecales, a causa de todo lo que se ha encontrado en el río se llegó a la conclusión de que el agua no es apta para consumo humano ni mucho menos para uso agropecuario (Olcina, 2009).

La cantidad de materia orgánica que se descarga en el río rebasa su capacidad de depuración, ya que ocasiona la desaparición de oxígeno disuelto, flora y fauna (los cuales indican que son un cuerpo de agua sanos); los residuos industriales producen salinización de los suelos y degradan los nutrientes necesarios para el uso agrícola (Duran y Torres, 2006).

Problemática del río Santiago

En el río Santiago hay un mal uso del agua, lo que está alterando de forma alarmante del régimen hidrológicos y, por lo tanto, la calidad, la disponibilidad y temporalidad en la cuenca (Nilsson y Renöfält, 2008). También, la deforestación, los cambios de uso de suelo, el crecimiento urbano, las descargas residuales y el desarrollo de carreteras son una fuente indirecta que afecta gravemente la calidad y cantidad de agua disponible (Toledo, 2006, Postel y Ritcher 2003, Revenga, et al., 2000, Dynesius y Nilsson, 1994).

La mayor problemática se deriva de la canalización y desvió deliberado del río es la mala calidad del agua que es utilizada para regar terrenos agrícolas y el agua es revertida a este cuerpo de agua, regresa llena de sedimentos, pesticidas, fertilizantes y otros más compuestos utilizados en actividades agrícolas (Revenga, et al., 1998, Dynesius y Nilsson, 1994). Al igual la construcción de carreteras y la extracción ilimitada de aguas superficiales, modifican su cantidad, calidad y estacionalidad de sistemas fluviales (Jones, et al., 2000, Revenga, et al., 1998, Allan, et al., 1997). Otra problemática que altera la calidad, temporalidad y cantidad de agua del río es el crecimiento incontrolado de las ciudades y a su vez una gran demanda del recurso; la ZMG desecha sus descargas urbanas y las industrias sus aguas residuales directamente en el río, esto afecta la disponibilidad de agua no solamente en Guadalajara, sino que a nivel mundial (Revenga, et al., 2000, CONAGUA - SEMARNAT, 2008, Toledo, 2006). La contaminación del río afecta la biota, reduce la disponibilidad del recurso hídrico para los distintos usos de agua y aumenta enfermedades en las poblaciones humanas por exposición a sustancias, contaminación de alimentos por riego.

Importancia del río Santiago

Los ríos son una parte muy compleja dentro de los sistemas acuáticos, son muy importantes para el planeta ya que se encargan de la circulación y del transporte del agua mundialmente y lleva la escorrentía hacia el mar, la cual regresa hacia los continentes por la atmósfera para precipitarse sobre la tierra, gracias a este proceso la cantidad del agua se renueva constantemente en la tierra y sostiene la vida sobre la superficie terrestre. Los ríos no solamente llevan agua, sino que también influyen en otros ecosistemas estructurando cadenas tróficas y ciclos de nutrientes de una infinidad de organismos (Postel y Richter, 2003).

Los ríos intercambian materia y energía con las zonas ribereñas y las cuencas, permitiendo así el establecimiento de sistemas biodiversos como estuarios y humedales. Los sistemas fluviales son determinantes del ciclo hidrológico de la cuenca, influyendo directamente en la flora y fauna (Nilsson y Renöfält, 2008, Naiman, et al., 1993). Las zonas bajas y medias de las cuencas dependen de la cantidad y calidad de agua transportada por los ríos desde la cuenca alta (Jiménez, et al., 2005).

Del río Santiago se puede obtener varios servicios ambientales como la provisión del agua potable para uso y consumo humano, disminución de inundaciones, fertilidad de suelos, purificación de aguas residuales, distribución de nutrientes por toda la cuenca, mantenimiento del equilibrio salino de las zonas costeras, también es un lugar turístico y recreativo (Postel y Richter, 2003, Postel, 2000). El caudal ecológico del río Santiago tiene que ver con la calidad y cantidad de agua ya que este mantiene el funcionamiento y estructura adecuada y permite mantener a otros ecosistemas en donde hay una competencia por el uso de agua (Dyson, et al., 2003).

En el aspecto ecológico el río Santiago es importante por las siguientes razones:

- a) Mantienen la diversidad de los ecosistemas, diversidad de especies y diversidad genética.
- b) Mantienen la permanencia y equilibrio dinámico de los ecosistemas.
- c) Garantizan el funcionamiento adecuado del ciclo ecológico.
- d) Reaccionan adecuadamente a las características esenciales de la naturaleza.

- e) Mantiene niveles adecuados de calidad y disponibilidad de bienes como el aire, el agua, el suelo, el clima y energía (Amartya, 2019).

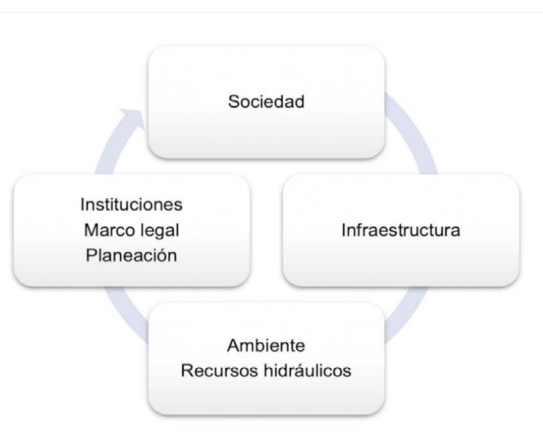
Agua sustentable

Un componente muy importante en tema de sustentabilidad del agua es por medio de una explotación equilibrada tanto de agua superficial y subterránea en una región hidrológica con un límite y potencial que ha sido descrito en un documento (OECD, 1998) que menciona lo siguiente: “el hecho de relacionar extracción de agua versus su tasa de renovabilidad es un punto central”. A lo que se puede entender que es muy importante realizar una determinación de cuánta agua se puede extraer para que esta extracción se realice de forma sustentable en relación con el volumen total disponible, esto deberá establecerse al principio y al final de un periodo.

Bossel (1999) menciona que el desarrollo coevolución influye entre los humanos y sus sistemas naturales, en el tema de uso sustentable del agua se considera que los elementos son la sociedad y el agua, así que debe establecerse un sistema en el que se presente la interacción descrita anteriormente. Hay un modelo sistemático que une todos los componentes de un sistema sustentable y es el siguiente:

Figura 1

Componentes principales de un sistema sustentable



Fuente: Cervera, 2007.

El sistema anterior cuenta con varias etapas, considerándose esencial:

1. Sistema social: Crecimiento de la población, estructura de clases, distribución de ingresos, organizaciones y grupos sociales.
2. Gobierno: planeación y organismos operadores.
3. Infraestructura: red de drenaje y de agua potable, pozos, distribución de agua.
- 4 Recursos y ambiente: agotamiento, reciclamiento, contaminación y degradación del agua.

Con la finalidad de mitigar la escasez del agua, varios países han adoptado un enfoque de gestión integral de cuencas; el objetivo de esto es mejorar la administración y el manejo del recurso hídrico para poder resolver situaciones particulares de los usuarios involucrados en el proceso para que todos puedan participar efectivamente en la toma de decisiones, mejorando las bases de un manejo sustentable (Dourojeanni, Jouravlev y Chávez, 2002).

Para que la gestión del agua pueda ser sustentable, se debe asegurar que el líquido esté disponible, se debe dar acceso a todas las personas y para eso se deben mejorar las bases para que haya una administración financiera viable para que se establezcan condiciones asegurando el consumo a futuras generaciones. Para eso se debe buscar un equilibrio entre el consumo y la disponibilidad y realizar acciones para que el ciclo hidrológico y los recursos naturales permanezcan (Carabias y Landa, 2005).

La naturaleza es considerada como materia prima para producir servicios y bienes para satisfacer necesidades, tiene lugar un crecimiento que se basa en las acciones en distintos ámbitos: cultural, social, intelectual y económico, esto potencia el uso excesivo de los recursos naturales (Foladori, 1999). Se pone en riesgo la sustentabilidad de los recursos naturales debido a lo mencionado anteriormente la consecuencia de esto es limitar el desarrollo económico, la integridad de los ecosistemas y la estabilidad social. El capitalismo utiliza a la naturaleza como fuente inagotable, de forma gratuita para su único beneficio del desarrollo y crecimiento (Gutiérrez y González, 2010). De este uso excesivo se ocasiona la escasez, la contaminación, el agotamiento y el deterioro del agua (Barkin, 2006).

Los indicadores y el sistema del agua sustentable

Existe una forma de medir el uso sustentable del agua por medio de indicadores que midan la interacción entre la sociedad y el recurso de agua, estos indicadores dan información acerca de los sistemas que dan forma al desarrollo sustentable y se necesitan para guiar políticas y ayudar en la toma de decisiones en varios niveles de la sociedad. Menciona Bossel (1999) varias características que deben tener los indicadores:

- a) Representaran problemas importantes en la interacción de los sistemas y su ambiente.
- b) Deberán ser claros, compactos cubriendo los aspectos más relevantes.
- c) El indicador deberá ser participatorio para asegurar que tenga visiones y valores de la comunidad o región para la cual se desarrollan.
- d) Deben ser claros, definidos, reproducibles, no ambiguos y prácticos.

Deberán ayudar a deducir la viabilidad y sustentabilidad de desarrollos actuales para que permitan compararse con proyectos alternos. Estos indicadores deberán revelar cuales son las limitaciones físicas y humanas para el manejo sustentable del agua en ciertas regiones. En las restricciones físicas los indicadores dan cuenta de la capacidad del sistema natural para ofrecer el recurso, así como la tasa de renovabilidad del agua en las zonas de captación.

Dentro del sistema anteriormente mencionado se considerará un número compacto de indicadores que cubran los componentes y su interacción. Los indicadores ayudaran a deducir la viabilidad y sustentabilidad del desarrollo actual, con la finalidad de evaluar los componentes sociales y ambientales de un desarrollo sustentable. Los indicadores de Bossel (1999) subdivide en indicadores de presión, estado y respuesta. Se describen a continuación:

- **Indicadores de presión:** Miden la presión en el ambiente que ha sido afectado por la actividad humana.
- **Indicadores de estado:** Miden la calidad del ambiente y la cantidad de recursos naturales, efectos en la salud y en los ecosistemas ocasionados por el deterioro ambiental.

- **Indicadores de respuesta:** Miden los esfuerzos de la sociedad para responder a cambios ambientales.

Elementos necesarios para una gestión sustentable del agua

La gestión sustentable se relaciona con un servicio eficiente en su administración y operatividad, para satisfacer de manera neutral a los usuarios, pero también con factores ambientales que permitan conservar a los ecosistemas la permanencia del ciclo hidrológico. A continuación, se describen varios aspectos de la sustentabilidad:

• Aspecto ambiental

La gestión del agua será sustentable cuando se contemplen los requerimientos del ecosistema, la influencia de las actividades humanas en el régimen del flujo y la incompatibilidad de las necesidades ambientales y humanas. Esto se puede conseguir por medio de un trabajo en conjunto con todos los sectores sociales, con base en gestión del agua que permitan hacer una base de información para la toma de decisiones acerca del diseño e implementación que junte todos los intereses del ecosistema y de los sectores (Mathews, 2005).

En el país, la conagua toma las decisiones de la gestión del agua a nivel nacional, avalado por los consejos de la cuenca. Los procesos de conciliación y acuerdos entre los usuarios y los usos son muy complejos, debido a la diversidad y cantidad de usuarios y de usos del agua, que en ocasiones se pierde la operatividad. La ausencia de un reglamento para la distribución y uso del agua en las cuencas, afecta el entorno ambiental y social (CONAGUA, 2010).

• Calidad del agua

Otro aspecto de la gestión sustentable aplica en la calidad del agua (Biswas, 2007). Biswas hace mención de que no se puede hacer gestión sustentable si no se agregan aspectos relacionados con la calidad del recurso hídrico.

En México hay problemas relacionados con el deterioro del agua, por lo cual no es posible conocer con exactitud por falta de información de los acuíferos, de instrumentos para hacer un diagnóstico confiable y al uso de tecnologías de saneamiento insuficientes (Carabias y Landa, 2005). La calidad del agua se puede visualizar desde dos ángulos:

1. El agua suministrada por medio de la red de distribución del organismo operador deberá ser de buena calidad conforme lo menciona la Norma Oficial Mexicana NOM-179-SSA1-1998.
2. Del agua que vuelve de las fuentes receptoras al completar el ciclo de utilización, una parte presenta contaminación por parte de las descargas industriales y urbanas que provienen de descargas residuales, añadiendo la contaminación por la actividad agrícola. Las descargas industriales y urbanas deben cumplir con las normas NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-002-SEMARNAT-1996, estas normas regulan las descargas de aguas residuales en los cuerpos de agua del país (CONAGUA, 2010).

• Aspecto social

El aspecto social de la sustentabilidad, la gestión será sustentable cuando sea equitativa, implicando que los usuarios paguen la parte proporcional del servicio de agua que reciben (Boland, 1993). Es muy importante que el acceso a un agua de calidad para consumo humano se considere como un derecho, independientemente del pago de las personas, esto reviste un importante esquema de subsidios cruzados que permiten que los usuarios efectúen un pago justo pero ajustado a su economía (Rogers, et al., 2002).

Respecto al sector no urbano, la gestión del agua en México no es equitativa porque las comunidades rurales o zonas marginadas no disponen del servicio ya que no están conectados a la red de distribución (Rogers, et al., 2002). Collado (1999) hace mención de que el incumplimiento de las leyes por falta de reglamentos y la corrupción existente en el país, explican en parte de los problemas de inequidad en acceso a servicios del agua. También Biswas (2007) mencionada que los marcos institucionales y legales no son los convenientes para el país, ya que estos son muy limitados.

• Aspecto financiero

Este aspecto también es importante para tener una gestión sustentable. En el país la inversión en infraestructura se aplica mediante la Comisión Nacional del Agua y los gobiernos municipales, sin embargo, hay una gran necesidad de una fuerte inversión para la modernización, creación y mantenimiento de las redes de distribución ya que esto limita a los organismos públicos a brindar un servicio eficiente. En México los sistemas de agua no son sustentablemente financieros por los costos ambientales, estos se dividen entre varias instancias: Semarnat, Conagua, Profepa. Conafor, entre otras más estos solventan costos del mantenimiento ambiental de forma independiente, pero tampoco se agregan los costos de oportunidad del uso del agua para diversos fines (Monforte, et al., 2012).

Gestión y planificación del agua

La acción pública debe promover la estrategia, la planificación hidrológica y la gestión del agua en todos sus ciclos, como bien económico, social y ambiental, manteniendo las cuencas hidrológicas evitando la escasez permanente o los excesos temporales del agua. La planificación hidrológica debe ser aplicada en todo el mundo y concordar con el resto de las planificaciones económicas y sectoriales, con el objetivo de aumentar la disponibilidad del recurso hídrico para el desarrollo sustentable, mejorar su calidad y racionalizar sus usos. La planificación hidrológica mejora los desequilibrios sectoriales, territoriales y la calidad de vida, con carácter de permanencia, introduciéndose en la participación de los interesados en los usuarios e interesados (Sancho, 2015).

Para esta planificación se necesitan estudios técnicos para la relevancia normativa para configurar los ordenamientos sobre el agua. Como reflexión adicional mencionada por Sancho (2015) sobre la planificación hidrológica se puede añadir:

- El agua deberá ponerse en servicio de más necesidades del hombre de la sociedad, acompañándose de forma especial de la energía y la alimentación.
- Los procesos de la planificación son una garantía para la aplicación de

medidas efectivas. Deberá ajustarse el alcance de los mismos y respetarse el papel propietario de los usuarios del agua, estos deben colaborar en la resolución de problemas y gestión de las medidas que se lleguen a plantear.

- Las medidas y los estudios de planificación y gestión deberán desarrollarse por profesionales en el área con equipos interdisciplinarios, pero liderados por personas que entiendan más el tema del agua.
- La planificación hidrológica debe basarse en un análisis detallado para tomar decisiones con base en modelos ya existentes que permitan el avance del desarrollo en la sociedad y el medioambiente.

Técnicas e instrumentos para la sustentabilidad del agua

La evaluación de los recursos hídricos es muy importante para la toma de decisiones de políticas ambientales e hídricas. El uso económico del agua exige aplicar instrumentos, en los que se debe tomar en cuentas costos financieros, ambientales, económicos con la finalidad de alcanzar un uso eficiente y sostenible.

La sustentabilidad es una responsabilidad agrupada e individual por el mantenimiento de dichos bienes. La huella hídrica (HH) es un indicador del uso del agua (Victoria, 2018), este indicador fue creado para mapear el impacto del consumo humano de agua dulce, este relaciona el agua con el consumo en todos los niveles de población (Vázquez del Mercado y Buenfin, 2012). La huella hídrica es el volumen de agua necesaria para la elaboración de servicios y productos consumidos por la población o por actividades humanas. Este indicador aproxima el volumen de agua contaminado o consumido para producir un producto. A partir de esta información es posible evaluar los impactos sociales, ambientales y económicos que implican el consumo de agua (Ferrer y Viegas, 2014).

Para utilizar la huella hídrica se tiene en cuenta tres tipos de agua: verde, azul y gris. Los cultivos necesitan agua, esta agua proviene de la precipitación absorbida del suelo o agua verde y cuando esta no es suficiente, del aporte extra en forma de riego o agua azul. El agua que no utiliza la planta se infiltra y vuelve a los cuerpos de agua. La disponibilidad de agua en el suelo y la evapotranspiración dependerá de diferentes factores, edáficos, fisiológicos y climáticos. La huella hídrica verde se conoce como el consu-

mo de agua acumulada en el suelo que viene de la precipitación, satisface la demanda sin mediación humana, es importante para la agricultura y se refiere a la evapotranspiración del agua de lluvia total y el agua incorporada a la cosecha (Vázquez del Mercado Arribas y Buenfin Rodríguez, 2012).

Para cuantificar este tipo de huella hídrica es necesario tomar datos climatológicos todos los días para hacer un seguimiento en la precipitación, para contar con el nivel de agua de lluvia y cuantificar el total de la evapotranspiración (Victoria, 2018). La huella hídrica azul es el consumo de agua que es extraída de una fuente superficial o subterránea para satisfacer la demanda de agua no satisfecha por causa de una deficiencia en la disponibilidad de agua que proviene de la lluvia, necesita de intervención humana para ser distribuida. Esta agua no vuelve a la cuenca de la que fue extraída; en la agricultura se hace un seguimiento en la producción (Victoria, 2018).

La huella hídrica gris es el volumen de agua dulce que asimila la carga de contaminantes por parte de un cuerpo receptor, relacionando los límites de normas establecidas a una buena calidad para el ambiente y las personas. Es el agua que se necesita para disminuir la concentración de contaminantes hasta que llegue el punto en que la calidad del agua se encuentre por encima de las normas establecidas de calidad de agua. Para cuantificar la huella hídrica gris se monitorea continuamente la calidad del agua de los sistemas evaluados (Vázquez del Mercado y Buenfin, 2012).

La huella hídrica tiene una relación directa entre el consumo humano y los sistemas hídricos con los cuales se pueden determinar factores como la contaminación del agua, la escasez y permite mejorar la producción y gestión del agua; también es muy importante para el cuidado del medioambiente; además, cuantifica la magnitud de la calidad de agua utilizada y los riesgos a los que se enfrenta un sistema productivo, con la finalidad de generar conciencia de como y donde se debe utilizar el recurso hídrico para manejar y gestionar procesos del recurso hídrico (Victoria, 2018).

Se puede evaluar la sustentabilidad ambiental en las cuencas por medio de la huella hídrica en un tiempo determinado, este proceso se define como el cociente entre el total de las huellas hídricas verde a la disponibilidad de agua verde. La disponibilidad de agua verde se conoce como la evapotranspiración de la tierra que se utiliza para la vegetación natural sin incluir la evapotranspiración de la tierra improductiva, entonces, el indicador de sustentabilidad de agua verde es la fracción del agua verde disponible.

Para evaluar la sustentabilidad ambiental de la huella hídrica azul en una cuenca en cierto tiempo, se deberá hacer una comparación del causal consumido con el caudal disponible (escorrentía natural menos el requerimiento de flujo ambiental). González (2012) menciona que la huella hídrica azul y verde permiten:

- 1) Ayuda a establecer políticas ambientales del uso de agua para tener un mayor control del recurso.
- 2) Identifica oportunidades para mejorar el desempeño ambiental para la toma de decisiones estratégicas. El agua para ser sustentable con el medioambiente no deberá exceder los límites máximos sustentables del recurso. Los impactos ambientales que se incluyen en la evaluación de sustentabilidad de la huella hídrica, se pueden identificar impacto en el flujo del agua comparándose con las condiciones naturales.

La sustentabilidad consiste en medir la huella hídrica con el objetivo de planificar los bienes y servicios ambientales, en un esquema de ordenamiento territorial y en la cuenca hidrologica. La huella hidrologica es un indicador sustentable que permite identificar impactos (Victoria , 2018).

Gestión del río Santiago

La contaminación del río Santiago conlleva una serie de factores que se perciben como independientes que necesitan una visión integral desde el territorio el cual permite gestionar la cuenca entera, por medio de todos los factores y actores que contribuyen de forma indirecta o directa con la recuperación de la cuenca. Esta visión tiene el objetivo de contar con ríos sanos para trabajar en toda la cuenca y aprovechar el recurso natural y las prácticas productivas sean sustentables para poder controlar la contaminación.

La sustentabilidad del río Santiago implica el equilibrio entre los factores económico, social y ambiental para el bienestar social y su permanencia para las futuras generaciones. La problemática del río es muy compleja, resulta indispensable elaborar una estrategia a largo plazo en la cual se consideren a todos los sectores que intervienen en la recuperación del río e incluir todos los elementos que se involucren en su solución: la salud ciu-

dadana, la gobernanza, el patrimonio natural, el desarrollo económico, la infraestructura y el marco legal. Todo esto se lleva a cabo por distintas secretarías y deben trabajar de forma coordinada para logra un objetivo común (Coordinación General Estratégica de Gestión del Territorio, 2023).

Para la preservación del río Santiago se incluyeron varios programas, se ayuda a mejorar las condiciones ambientales, sociales y ambientales en las zonas afectadas por los grandes niveles de contaminación; se han seguido distintos ejes de gobernanza enfocándose en las estrategias de acción para que se pueda lograr, por lo tanto, se determinaron cuatro criterios para la inclusión en el proyecto:

- Plantas de tratamiento
- Agua limpia
- Infraestructura hidráulica
- Recuperación integral

Para que se lleve a cabo esta recuperación y saneamiento se necesita tiempo y la transición camino hacia la sustentabilidad de la cuenca por la dimensión del río Santiago es un reto que mira hacia el 2050, dándosele continuidad a la estrategia.

Conclusión

En el río Santiago descargan aguas industriales y residuales de la ZMG desde hace más de 30 años. Hay una insuficiencia y un claro manejo ineficaz de los planes de saneamiento y gestión del río. Desde 1990 distintos esfuerzos empresariales y municipales han tratado de resolver el problema, sin embargo, se justifican social y económicamente en la conservación de la calidad de vida y de los ecosistemas a largo plazo. Con todo esto se puede afirmar que se le da muy poca atención a la integración de las políticas del control de aguas residuales, a la calidad del agua y la contaminación de la cuenca. Esta situación ambiental ha generado la aparición de varias enfermedades, algunas graves, a los habitantes adyacentes al río Santiago.

En este capítulo se realizó el análisis de los elementos más importantes para que se pueda llevar a cabo una gestión sustentable del agua en el río Santiago, en el que se puede observar que para que la sustentabilidad se lle-

ve a cabo es necesario seguir una serie de pasos: que exista financiamiento, cuidado del medioambiente, que se lleve a cabo una participación social y que las autoridades correspondientes en cuestión de agua se reúnan para llegar a acuerdos y esos acuerdos se lleven a cabo.

Para evaluar la sustentabilidad de la gestión del agua se utilizó el río Santiago ya que es una zona de interés por su alto nivel de demanda, una baja disponibilidad de agua en la región, es muy importante hacer monitoreos constantes en el río para poder saber cuál es la calidad de agua que tiene, para poder tomar medidas adecuadas de solución, esto con la finalidad de que el río sea sustentable y en nuestro presente se puedan satisfacer necesidades sin afectar la capacidad del futuro y garantizar un equilibrio económico, cuidando el bienestar social y el medioambiente.

Referencias bibliográficas

- Allan, D. J., Donna, L. E., & Fay, J. (1997). The influence of catchment land use on stream integrity across multiple spatial scales. *Freshwater Biology*, 149-161. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1997.d01-546.x>
- Amartya. (2019). *Promoviendo Sustentabilidad*. <https://www.idealists.org/es/ong/71eacf03be0a47808e0c523d52e68786-amartya-promoviendo-sustentabilidad-villa-crespo>
- Barkin, D. (2006). *La gestión del agua urbana en México: retos, debates y bienestar*. Guadalajara:
- Biswas, A. (2007). *¿A dónde va el mundo del agua? Obtenido de Firmemos la paz con la tierra:*
- Boland, J. (1993). Pricing Urban Water: principles and Compromises. *Journal of Contemporary. Water Research and Education*, 7-10. <https://opensiuc.lib.siu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1420&context=jcwre>
- Bossel, H. (1999). Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development. <https://www.iisd.org/publications/indicators-sustainable-development-theory-method-applications>
- Carabias, J., & Landa, R. (2005). *Agua, medio ambiente y sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México*. México: UNAM / El Colegio de México / Fundación Gonzalo Río Arronte.

- Carabias, J., & Landa, R. (2005). *Agua, medio ambiente y sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México*. México: UNAM.
- Cervera-Gómez, L. E. (2007). *Indicadores de uso sustentable del agua en Ciudad Juárez, Chihuahua. Estudios fronterizos*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-69612007000200001&script=sci_abstract
- Collado, J. (1999). *Marco legal para el manejo de cuencas en México*. México: IX Congreso Nacional de Irrigación.
- Coloquios del siglo XXI: ¿cuál será el futuro del planeta y de la especie humana?: <https://thirdworldcentre.org/mundoaguaakb.pdf>
- CONAGUA (2010). *Estadísticas del agua en México*. México: Conagua/Semarnat.
- CONAGUA (2010). *Estadísticas del agua en México*. México: Conagua/Semarnat.
- CONAGUA-SEMARNAT (2008). *Informe de la situación del medio ambiente en México*. México: Comisión Nacional de Agua-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Coordinación General Estratégica de Gestión del Territorio. (2023). *Recuperación del Río Santiago*. Guadalajara: Gobierno del Estado de Jalisco.
- Dourojeanni, A., Jouravlev, A., & Chavez, G. (2002). *Gestión del agua a nivel de cuenca: teoría y práctica. Serie Recursos Naturales e Infraestructura*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Durán Juárez, J. M., & Torres Rodríguez, A. (2009). *La sustentabilidad de la cuenca del Río Santiago y su relación con la metropolización de Guadalajara*. *Cultura, Tecnología y Patrimonio*, 5-30.
- Durán Juárez, J. M., & Partida Rocha, R. (1990). *Empresas y contaminación ambiental. El caso del corredor Industrial de Jalisco*. *Revista de Ciencias Sociales*, (13), 7-45. Universidad de Guadalajara.
- Durán Juárez, J. M., & Torres Rodríguez, A. (2004). *Los costos ambientales del abastecimiento de agua a las ciudades. El caso de la Zona Metropolitana de Guadalajara, algunas reflexiones sobre el abastecimiento a la ZMG y el proyecto de Arcediano*. Chapala, Jalisco.
- Duran, J. M., & Torres, A. (2009). *La sustentabilidad de la cuenca del río Santiago y su relación con la metropolización de Guadalajara*. *Cultura, Tecnología y Patrimonio*, 5 - 30. <https://biblat.unam.mx/hevila/Culturatecnologiay-patrimonio/2009/vol4/no7/1.pdf>

- Duran, J. M., & Torres, A. (2006). *¿Agua para Guadalajara? En BARKIN D*, (coordinador). La gestión del agua urbana en México. Retos, debates y bienestar. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- Dynesius, M., & Nilsson, C. (1994). *Fragmentations and flow regulation of river systems in the Northern third of the World. Science*, 753-762. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.266.5186.753>
- Dyson, M., Bergkamp, G., & Scanlon, J. (2003). *Flow. The essentials of environmental flows*. UK: UICN.
- Fernández Cirelli, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química viva*, 11(3), 147-170. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- Ferrer, M., & Viegas, M. (2014). *Huella hídrica: la nueva norma internacional ISO 14046: 2014 y su implementación*. CONAMA. Congreso Nacional de Medio Ambiente.
- Foladori, G. (1999). Los límites del desarrollo sustentable. *Trabajo y capital*, 135-158.
- González Reyes, L. (2012). La sostenibilidad parte de la gestión de los bienes comunes. *Revista de Información y Debate*. <http://www.revistapueblos.org/old/spip.php?article2502>
- Gutiérrez, E., & González Gaudiano, E. (2010). *De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable*. México: Siglo Veintiuno Editores.
- INEGI (2021). Principales resultados por localidad (ITER). *Censo de población y vivienda 2020*.
- Jiménez, J. A., Cavo, J., Pizarro, F., & Gonzalez, E. (2005). *Conceptualización de caudal ambiental en Costa Rica: determinación inicial para el Río Tempisque*. Costa Rica: UICN. <https://iucn.org/es/content/conceptualizacion-de-caudal-ambiental-en-costa-rica>
- Jones, J. A., Federick, J. S., Beverly, C., & Wemple & Kai, U. (2000). Effects of roads on hydrology, geomorphology, and disturbance patches in stream networks. *Conservation biology*, 14(1), 76-85. https://www.researchgate.net/publication/227626455_Effects_of_Roads_on_Hydrology_Geomorphology_and_Disturbance_Patches_in_Stream_Networks
- Journal of Contemporary Water Research and Education*, 131, 60-65. McCulligh DeBlasi, C., Paez. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=72ff8bec9a2492e0addcd23b303b47b4d2725ca7>

- Maestu, J. (2015). Agua y desarrollo sostenible: aplicación de los objetivos de desarrollo sostenible relacionados con el agua. La Relevancia de la tecnología. *Water Monographies*, 4-11. https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/WM_IIIESP.pdf
- Martínez González, P., & Hernández, E. (2009). Impactos de la contaminación del Río Santiago en el bienestar de los habitantes de El Salto. *Espacio Abierto*, 709-729. <https://www.redalyc.org/pdf/122/12211871006.pdf>
- Martínez Valdés, Y., & Villalejo Garcia, V. M. (2019). Ecohidrología - Ecohidráulica: claves para la gestión integrada de los recursos hídricos. *Ingeniería hidráulica y ambiental*, 40(2), 95-109. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1680-03382019000200095
- Mathews, R. (2005). A Six-Step Framework for Ecologically Sustainable Water Management.
- McCullingh, C., Tetreault, D., & Martinez - González, P. (2012). Conflicto y contaminación: el movimiento socioecológico en torno al río Santiago. En H. Ochoa - García, & B. Hans – Joachim, *Gobernanza y gestión del agua en el occidente de México: la metrópoli de Guadalajara* (págs. 129 - 172). Guadalajara: ITESO.
- Monforte García, G., Aguilar Benitez, I., & González Gaudiano, E. (2012). Limitaciones de sustentabilidad de una gestión sectorizada para la sustentabilidad del agua: caso Monterrey, México. *Bitácora Urbano Territorial*, 20(1), 53-63. <https://www.redalyc.org/pdf/748/74824041006.pdf>
- Naiman, R. J., Decamps, H., & Poolock, M. (1993). The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological Applications*, 3(2), 209-212. <https://www.jstor.org/stable/1941822>
- Nilsson, C., & Renöfält, B. M. (2008). Linking flow regime and water quality in rivers: a challenger to adaptative catchment management. *Ecology and Society*, 13(2), 12-18. https://www.researchgate.net/publication/283863859_Linking_Flow_Regime_and_Water_Quality_in_Rivers_a_Challenge_to_Adaptive_Catchment_Management
- Núñez Miranda, B. (1999). Guadalajara una visión del siglo XX. Zapopan, Jalisco, Guadalajara.
- OECD (1998). *Toward Sustainable Development: Environmental Indicators*. Francia: OECD. https://www.oecd-ilibrary.org/environment/towards-sustainable-development_9789264163201-en

- Olcina Alvarado, M. (2009). Ecologista en acción. *Revista el ecologista*. <https://www.ecologistasenaccion.org/revista/>
- Pedrozo Acuña, A. (2022). Sustentabilidad y ética: pilares de la nueva gestión del agua. En SEMARNAT, *Reflexiones para la sustentabilidad hídrica* (pp. 27-29). México. <https://www.gob.mx/imta/articulos/sustentabilidad-y-etica-pilares-de-la-nueva-gestion-del-agua?idiom=es>
- Postel, S., & Richter, B. (2003). *Rivers for life. Managing water for people and nature*. E.E.U.U.: Island press.
- Postel, S. (2000). Entering an era water scarcity: the challenges ahead. *Ecological applications*, 10(4), 941-948. <https://www.jstor.org/stable/2641009>
- Revenge, C., Brunner, J., Kassem, K., & Payne, R. (2000). *Pilot Analysis of Global Ecosystems. Freshwater Systems*. Washington: World Resources institute. <https://www.wri.org/research/pilot-analysis-global-ecosystems-freshwater-systems>
- Revenge, C., Murray, S., Abramovits, J., & Hammond, A. (1998). *Waters of the World. Ecological value and Vulnerability*. Washington: World Resources Institute. <https://www.wri.org/watersheds-world>
- Rogers, P., De Silva, R., & Bhatia, R. (2002). Water is an economic good: How to use prices to promote equity, efficiency, and sustainability. *Water policy, World Water Council*, 4(1), 1-17. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1366701702000041>
- Sancho Marco, T. A. (2015). Agua y desarrollo sostenible: retos para la ingeniería civil. *Water Monographies*, 54-67.
- SEDUE. (1984). *Evaluación de la calidad del agua del río Santiago*. Guadalajara.
- Toledo, A. (2006). *Agua, hombre y paisaje*. México: SEMARNAT - INE.
- Trombulak, S. C., & Frissell, C. A. (2000). Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*, 18-30. <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1523-1739.2000.99084.x>
- UNESCO. (2012). Seguridad hídrica: respuestas a los desafíos locales, regionales y mundiales”,
- Universidad de Guadalajara. *Programa Hidrológico Internacional (PHI), Octava Fase, Plan Estratégico*. París, Francia: PHI-VIII 2014-2021.
- Vázquez del Mercado Arribas, R., & Buenfin Rodríguez, M. O. (2012). *Huella hídrica de América Latina: retos y oportunidades*. Aqua - LAC.

- Victoria, M. A. (2018). *Sustentabilidad ambiental del agua de riego como bien común a partir de la huella hídrica*. IV Curso de Posgrado sobre Derecho Agrario y Ambiental y Jornada Internacional CUIA-UNLP (p. 18). Argentina: UNSE.
- Vieyra, J. C., & Moya Garcia, G. (2007). *Mártires del Río Santiago*. Guadalajara: Agencias de Cooperación Internacional EDD y Misereor.
- WWAP. (2018). *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2018: soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua, programa mundial de las naciones unidas de evaluación de los recursos hídricos/ONU-agua*. París, Francia: Org. de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).