



CENTRO DE ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS,
URBANOS Y AMBIENTALES

LA GESTIÓN DE LOS CONSEJOS DE CUENCA FRENTE A LA
CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL DEL AGUA.
CUENCA SANTIAGO-GUADALAJARA 2009-2015

Tesis presentada por
VERHONICA ZAMUDIO SANTOS
para optar por el grado de
DOCTORA EN ESTUDIOS URBANOS Y AMBIENTALES

Directora de tesis
DRA. MARIA PEREVOCHTCHIKOVA

CIUDAD DE MÉXICO A 24 DE AGOSTO DE 2018



CENTRO DE ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS,
URBANOS Y AMBIENTALES
Doctorado en Estudios Urbanos y Ambientales

Constancia de aprobación

Ciudad de México a 24 de agosto de 2018

Directora de tesis: _____

Aprobada por el jurado Examinador:

1.

(Nombre)

(Firma)

2.

(Nombre)

(Firma)

3.

(Nombre)

(Firma)

4.

(Nombre)

(Firma)

*A la educación pública en México que me ha brindado
maravillosas posibilidades educativas, pero sobre todo de vida.*

AGRADECIMIENTOS

La elaboración de esta tesis ha sido posible gracias a la beca de posgrado que me otorgó el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, así como al apoyo extendido de El Colegio de México.

Agradezco a la Dra. Maria Perevochtchikova quien dirigió este trabajo, por su compromiso y acompañamiento a lo largo del doctorado, sobre todo por su confianza y disposición. De igual manera agradezco a la Dra. Landy Sanchez por enriquecer el horizonte de la investigación. A la Dra. Fabiola Sosa y a la Dra. Sandra Martínez por sus oportunas y valiosas observaciones a la tesis. A los profesores y profesoras de clases, a la coordinación del Doctorado en Estudios Urbanos y Ambientales y a la dirección del Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales.

Gracias por la compañía de las personas que transitaron junto a mí en la travesía “Colmex”, me refiero a Eduardo Alvarado, Carmen Caballero, Jaime Erazo, Roberto Benavides, Oscar Hernández, Olinca Avilés, Carlos Oporto, Rigoberto Alfaro, Jhon Henry, Malú Ballinas, Leonel Flores, Yanet Jiménez, Gibrán Ramírez, Elena García, Mariana Janix. Y todos los que decidieron reunirse para conformar la Sociedad de Estudiantes con el fin de plasmar las demandas colectivas del estudiantado del colegio, así como al Dr. Guillermo Figueroa y a la Dra. Brígida García por sumarse en apoyo.

Mi gratitud infinita a Malú Quijano y a Ricardo Jair. Han sido mi soporte en la CDMX. Mi familia extendida. A mi hija Sofia Dmitrieva quien tuvo la paciencia para pasar horas en las aulas y los pasillos del colegio, y por su capacidad para hacer cómodas las sillas para dormir mientras yo tomaba clases. A mi familia y amistades, principalmente a mis tías y a mi hermana por apoyarme con los cuidados de la niña y darme aliento.

Mi más sincero agradecimiento a la A.C. Un Salto de Vida que me permitió conocer de cerca la problemática de contaminación en el Río Santiago y me brindó una lección de servicio y lucha. A quienes aceptaron colaborar en mi trabajo de campo de las instituciones tales como la Universidad de Guadalajara, la CEA Jalisco, el Organismo de Cuenca Lerma-Santiago-Pacífico y el Consejo de Cuenca del Río Santiago. A quienes me apoyaron durante mi estancia en Argentina, nuevamente gracias a la Dra. Sandra Martínez, y a Ariel Quiroga y familia por su linda compañía.

RESUMEN

La contaminación del agua por metales pesados es una problemática socioambiental con implicaciones a la salud, la ecología y economía, que está asociada al desarrollo de las actividades industriales. La industria manufacturera produce aguas residuales que son tratadas previo a su vertimiento en cuerpos receptores o infiltración bajo el principio de autorregulación de control y tratamiento de los vertidos industriales, con sustento en la legislación mexicana. Es así que en el caso de contaminación por metales pesados en el cauce y sedimentos del río Santiago y afluentes se ha responsabilizado a la industria manufacturera establecida en la margen izquierda del río (Lu, M., 2006; AyMA, 2006; IMTA, 2011; (Arellano-Aguilar, O., Ortega, L., y Gesundheit, P.; 2012).

La Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua no realiza un monitoreo periódico de los metales pesados en las aguas nacionales, se enfoca a contaminantes orgánicos. En el caso del río Santiago se determinó la creación del Sistema de Calidad del Agua a cargo de la Comisión Estatal del Agua de Jalisco, que inició en 2009 el monitoreo periódico de arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn) en 13 sitios distribuidos a lo largo de 262.5 km que abarcan la cuenca Santiago-Guadalajara.

En tanto, se cuenta con instituciones y órganos de gestión del agua para la preservación de su cantidad y calidad, como los Consejos de Cuenca, que son órganos colegiados de integración mixta. El Consejo de Cuenca del Río Santiago tiene por objetivo coordinar, consultar, apoyar la formulación y ejecución de programas y acciones, y proponer en la programación hídrica acciones para sanear las cuencas, subcuencas, barrancas, acuíferos y cuerpos receptores de agua, y prevenir y corregir su contaminación (CONAGUA, 2011c:4)

Este trabajo parte del supuesto que el Consejo de Cuenca del Río Santiago no ha gestionado adecuadamente el problema de contaminación del agua en la cuenca Santiago-Guadalajara en el periodo 2009-2015. Las deficiencias de la gestión se centran en el incumplimiento de las atribuciones y funciones del Consejo, orientadas al saneamiento y la prevención de la contaminación; lo que tiene que ver con las limitaciones en la coordinación institucional, la falta de la participación social para la remediación y del control de la contaminación de los metales pesados que llegan a exceder los límites máximos permisibles.

A partir del enfoque de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), que está plasmada en la Ley de Aguas Nacionales como principio rector de la planeación hídrica, se

analizan los alcances del Consejo de Cuenca del Río Santiago frente al problema de contaminación industrial del agua al considerar la aplicación del modelo de la GIRH en lo local, puesto que la contaminación se delimita en el territorio donde se desempeñan las actividades industriales e interactúan los usuarios del agua y las instituciones. Se considera también el marco jurídico que define las atribuciones y las funciones del correspondiente Consejo de Cuenca para analizar el cumplimiento de su objetivo en materia de saneamiento, prevención y remediación de la contaminación en la cuenca Santiago-Guadalajara, por lo que para fines de este trabajo se adecuan los principios de la GIRH en las dos funciones principales de los Consejos de Cuenca: recomendación y consulta (Molle, 2009), que se traducen en participación social y coordinación institucional.

La estrategia metodológica consiste en un análisis de la distribución de la industria manufacturera de la cuenca Santiago-Guadalajara asociada al uso de metales pesados, mediante el uso de herramientas espaciales; así como en el análisis de las acciones de gestión del Consejo de Cuenca del Río Santiago en torno al saneamiento, basado en sus funciones principales. El análisis permite relacionar tres elementos clave de la investigación: la gestión del Consejo de Cuenca del Río Santiago enmarcada por la GIRH; los recursos hídricos desde el ángulo de la contaminación por metales pesados; y el territorio como el espacio en el que se desempeñan las actividades industriales.

Es así que se detectan 453 unidades económicas industriales que potencialmente generan descargas residuales peligrosas, con base en su distribución espacial en la cuenca Santiago-Guadalajara. De las cuales 131 se localizan en el área de influencia directa de 0 a 5 kilómetros de distancia al río Santiago y cuerpos de agua. Destacan las unidades económicas manufactureras de productos metálicos y metales básicos, de la industria química y de productos electrónicos y de cómputo. Los sitios de monitoreo con mayor densidad de unidades económicas que potencialmente generan descargas residuales peligrosas se localizan en la cercanía del arroyo El Ahogado (sitio AA-01) y el municipio de Ocotlán (sitios RS-01 y RZ-01).

A su vez, se corrobora el incumplimiento de las atribuciones y funciones del Consejo de Cuenca del Río Santiago en relación a la escasa participación social y coordinación institucional que dé seguimiento a las estrategias de saneamiento integral de las aguas residuales y control de la contaminación por metales pesados. Por ejemplo, no se ha propuesto una comisión de cuenca enfocada a coordinar, consultar, apoyar la formulación y ejecución de programas y acciones para corregir y prevenir la contaminación por mercurio (Hg), cadmio (Cd), zinc (Zn), cobre (Cu) y cromo (Cr) detectados por encima de las

concentraciones permitidas en el periodo 2009-2015, en los 13 sitios de monitoreo del Sistema de Calidad del Agua.

ÍNDICE GENERAL

Introducción	3
CAPÍTULO 1. Elementos teóricos para la gestión de la contaminación del agua	13
1.1 Principios de gestión frente a la crisis del agua	13
1.1.1 Paradigma de la gestión integral del agua	18
1.2 Entidades de Cuenca como instituciones de gestión	23
1.3 Contaminación industrial del agua por metales pesados	27
1.4 Metodología	31
1.4.1 Análisis de la distribución de la industria manufacturera asociada al uso de metales pesados en la cuenca Santiago-Guadalajara	36
1.4.2 Análisis de la gestión del Consejo de Cuenca del Río Santiago frente a la contaminación por metales pesados en la cuenca Santiago-Guadalajara	38
1.4.2.1 Índice de participación	39
1.4.2.2 Índice de coordinación	41
Consideraciones finales	44
CAPÍTULO 2. La experiencia mexicana de gestión de la contaminación del agua	47
2.1 La gestión del agua como estrategia de crecimiento económico	47
2.2 La regulación de la contaminación del agua	54
2.3 Control y tratamiento de vertidos industriales	62
2.3.1 Descargas a aguas nacionales y a la red de drenaje y alcantarillado	63
2.4 Creación de Consejos de Cuenca	68
2.4.1 Estructura de los Consejos de Cuenca	72
2.4.2 Alcances de la gestión de los Consejos de Cuenca	75
2.4.3 Gestión horizontal: participación de usuarios y sociedad organizada	79
2.4.4 Gestión vertical: coordinación institucional	82
Consideraciones finales	85
CAPÍTULO 3. Contaminación del río Santiago en relación al desarrollo de la industria manufacturera en Jalisco	89
3.1 El sistema hidrológico de la cuenca del río Santiago	89
3.2 El río Santiago entre dos cuencas y el complejo industrial Jalisco	93
3.3 Contaminación por metales pesados en el río Santiago	100
3.4 Composición de la industria manufacturera en la cuenca Santiago-Guadalajara	112
3.5 Distribución de la industria en la cuenca Santiago-Guadalajara	115
3.6 Descargas residuales de la industria manufacturera en la cuenca Santiago-Guadalajara	119
3.7 Asociación de metales pesados por arriba del límite máximo permisible a la localización las actividades industriales en la cuenca Santiago-Guadalajara.....	123

Consideraciones finales	133
-------------------------------	-----

CAPÍTULO 4. Análisis de la participación y la coordinación del Consejo de Cuenca del Río Santiago para remediar la contaminación industrial del agua en la cuenca Santiago-Guadalajara

.....	137
4.1 Gestión horizontal: la participación de usuarios y sociedad organizada en el Consejo de Cuenca del Río Santiago para la solución de la contaminación del agua por metales pesados.....	137
4.1.1 Participación institucional	140
4.1.2 Representatividad de vocales	143
4.1.3 Participación social no institucional	145
4.2 Gestión vertical: la coordinación institucional del Consejo de Cuenca del Río Santiago para la solución de la contaminación del agua por metales pesados	149
4.2.1 Planificación y programación de saneamiento de las aguas residuales	151
4.2.2 Reuniones en el Consejo de Cuenca del Río Santiago	154
4.2.3 Toma de decisiones en el Consejo de Cuenca del Río Santiago	155
4.3 Capacidad de respuesta del Consejo de Cuenca del Río Santiago frente a la contaminación del agua por metales pesados en la cuenca Santiago-Guadalajara	158
Conclusiones	165
Referencias bibliográficas	173
Anexos	187
Índice de cuadros	196
Índice de figuras	197
Índice de gráficas	197
Índice de mapas	198

INTRODUCCIÓN

Las actividades económicas intensivas son una fuerza motriz a la contaminación de los ecosistemas (PNUMA, 2010). México extrae 4.29 km³/año de recursos hídricos para procesos industriales, lo que representa el tercer volumen más importante en la región de América Latina y el Caribe (ALC), después de Brasil y Ecuador (UNESCO-WWAP, 2006). En México, el agua residual tratada que se recolecta a través de los sistemas de alcantarillado asciende a 57 por ciento durante 2015 (CONAGUA, 2016), mientras que en la región ALC se trata aproximadamente 14 por ciento del total de las aguas residuales generadas en zonas urbanas (OMS, 2000).

El tratamiento de las aguas residuales municipales en el país se encuentra por arriba del promedio de ALC, sin embargo, se reconoce escasez de datos, espacial y temporalmente, para toda la región, por lo cual no se tiene un panorama certero de los volúmenes de las aguas residuales de tipo industrial que se generan y que se tratan (PNUMA, 2010). A pesar de que las descargas industriales están asociadas a un tipo de contaminación tóxica cada vez más preocupante porque ocasiona daños a la salud humana y genera desequilibrios ecológicos (Espinosa, Aguilar y Mazari, 2010).

Los informes internacionales y nacionales sobre calidad del agua tienden a reportar principalmente la presencia de contaminantes orgánicos. Por ejemplo, en las Perspectivas del Medio Ambiente Regional para ALC (GEO, por sus siglas en inglés) se precisa la contaminación de ríos y cuerpos de agua únicamente por patógenos (PNUMA, 2016). Asimismo, los reportes nacionales se centran en parámetros orgánicos como DBO₅, DQO y SST, es decir, la cantidad de materia orgánica biodegradable, la cantidad total de materia orgánica y la cantidad de sólidos sedimentables, sólidos y materia orgánica en suspensión y/o coloidal, respectivamente (CONAGUA, 2016).

La contaminación industrial del agua en ALC se debe principalmente a las ramas de alimentos y bebidas, a la de pulpa y papel y a la industria química y farmacéutica (Escobar, 2002). La industria es una de las principales fuentes antropogénicas emisoras de metales pesados, junto a la minería y a la lixiviación de vertederos de desechos sólidos. La contaminación del agua por metales pesados está vinculada al tratamiento inadecuado de las aguas residuales urbanas y a la gestión de la escorrentía urbana acompañada del desarrollo industrial en las grandes áreas metropolitanas (Kraemer, Choudhury y Kampa, 2001).

En el caso de México, la mayoría de las pequeñas y medianas industrias se abastecen mediante sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento por tanto, descargan aguas

residuales al alcantarillado de la red municipal (CANAJAD, 2017). Si bien, la legislación establece que las industrias son responsables del tratamiento de las aguas residuales previo al vertimiento, Castelán (2003) apunta que las micro y pequeñas industrias presentan dificultades para adquirir nuevas tecnologías de menor impacto ambiental. Las aguas residuales urbanas (o municipales) no están exentas de contener metales pesados derivados de actividades industriales.

Los metales pesados son constituyentes naturales de la corteza terrestre (Duruibe *et al.*, 2007). Se caracterizan por una densidad mayor a 5 g/cm^3 , además de no ser degradables, es decir que el medio ambiente no los asimila, al contrario microorganismos acuáticos pueden transformarlos y provocar alteraciones en el nivel de toxicidad, como en el caso del mercurio (Lennett y Gutiérrez, 2016). Son liberados al agua mediante la escorrentía de lluvias y descargas de aguas residuales (Järup, 2003). En altas concentraciones son potencialmente peligrosos para los organismos vivos y para el ser humano al entrar en contacto por vía respiratorias, por la piel o la boca (Förstner y Wittmann, 1983).

Los daños a la salud que se asocian al contacto con los metales pesados son afectaciones en los riñones por falla renal crónica, daño esquelético por osteomalacia y osteoporosis, daño pulmonar, intoxicación, eczema y lesiones en la piel, afectaciones gastrointestinales, cardiovasculares y en el sistema nervioso central, además de potenciar el desarrollo de cáncer de pulmón, riñón, vejiga y piel (Järup, 2003). Los daños a los ecosistemas acuáticos se vinculan a la acumulación en plantas e intoxicación de animales marinos, que al ser consumidos por el ser humano afectan su salud, además de provocar la muerte de flora y fauna acuática.

En tanto, el tipo y el nivel de la contaminación del agua está estrechamente relacionado al uso de los recursos hídricos (Kraemer; Choudhury; Kampa, 2001). Las actividades industriales que se desarrollan en el territorio usan agua para sus procesos productivos, por lo que extraen grandes volúmenes con una calidad específica, de cuerpos de agua y acuíferos que, se ve modificada después de su uso, sobre todo si no hay un adecuado tratamiento de las aguas residuales previo al vertimiento en corrientes superficiales e infiltración superficial.

El territorio mexicano enfrenta problemas de contaminación del agua por metales pesados principalmente en el río Lerma (Cotler, 2004; Durán, Partida y Torres, 1999), río Atoyac (Saldaña, *et al.*, 2002), río Santiago (McCulligh, 2014; Ochoa y Bürkner, 2012), río San Juan (Yarto, Gavilán y Castro, 2004), río Sonora y río Bacanuchi (Ibarra y Moreno, 2017). Los primeros cuatro en relación a actividades de la industria manufacturera, mientras que los dos últimos se deben a derrames derivados de la minería extractiva (Mendoza, 2014). No obstante, México ha sido referente internacional en el manejo de los recursos hídricos a partir

de la adopción jurídico-normativo e institucional de los principios de la sustentabilidad, que fue la base para que la Ley de Aguas Nacionales estipulara funciones de coordinación, concertación y planeación de carácter general con relación al agua (Doujereanni, 2002).

En la actualidad, el sector hidrológico, a nivel nacional, cuenta con una estructura compuesta por un marco jurídico-normativo, así como institucional y de infraestructura hidráulica, que se guía bajo el paradigma de la llamada “sustentabilidad de los recursos hídricos” o la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH). Dicha estructura está inmersa en el territorio en el que se desarrollan actividades industriales que modifican la calidad del agua. Por lo cual, *la gestión de los recursos hídricos se traduce como una pieza clave en la comprensión de la problemática de contaminación por metales pesados.*

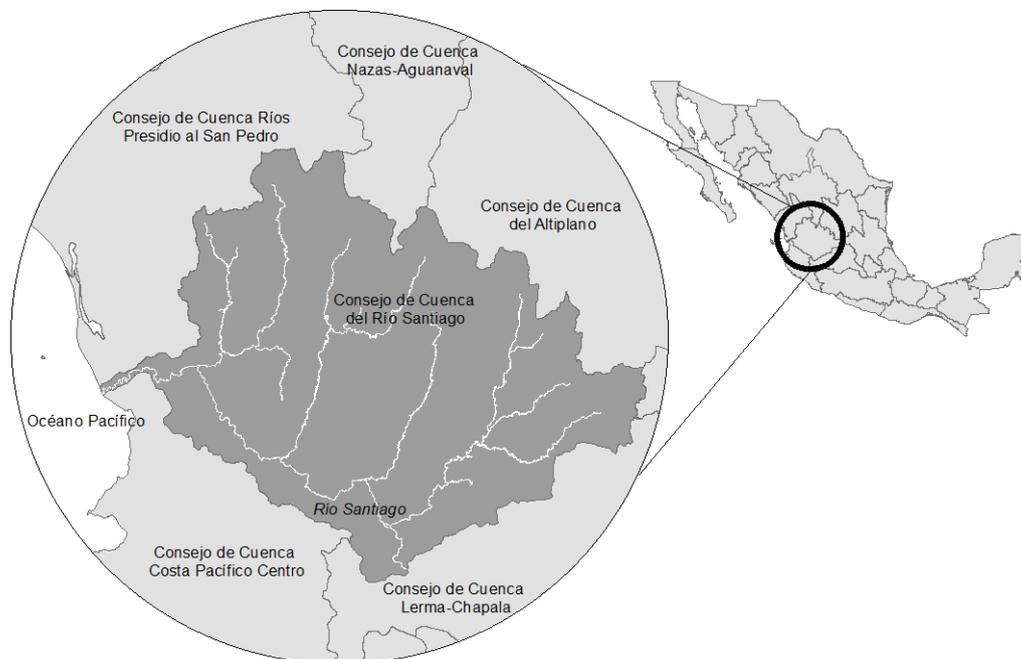
En tanto, la crisis actual del agua se deriva de las formas de gestión no de la escasez o de la contaminación de los recursos hídricos (GWP, 2017). A su vez, la GIRH se ha determinado como la estrategia para mejorar el manejo de los recursos hídricos, por lo que a nivel internacional se ha instaurado ampliamente (Muktharov, 2008). En este sentido, la gestión del agua que envuelve a los procesos de prevención, control y regulación de la contaminación del agua por metales pesados, forma parte del paradigma de la GIRH. Las evidencias actuales indican que el impacto de la GIRH para mejorar la gestión del agua ha sido marginal (Biswas, 2004:255).

El paradigma de la GIRH prioriza la gestión del agua mediante Entidades de Cuenca que tienen por objeto el manejo sustentable del agua. Son instituciones de consulta y recomendación, que realizan tareas de coordinación y concertación. Su unidad espacial son las cuencas hidrológicas, delimitadas naturalmente, pero en constante conflicto debido a las estructuras económicas y políticas propias del territorio (Molle, 2006). Articulan a los múltiples actores sociales, gubernamentales, usuarios y sector privado que interactúan en la cuenca. En tanto, constituyen espacios para generar acuerdos y aterrizar los problemas hídricos de escala local.

En el caso mexicano, las Entidades de Cuenca se establecieron a manera de Consejos de Cuenca a partir de la década de 1990. Son órganos colegiados de integración mixta que funcionan como instancias de coordinación, concertación, apoyo, consulta y asesoría entre diversas instituciones y actores que tienen injerencia en la gestión del agua. Entre sus objetivos está sanear las cuencas, barrancas y cuerpos receptores de agua para prevenir su contaminación (CONAGUA, 2010). A su vez, la legislación determina que la gestión del agua por cuenca hidrológica o por región hidrológica se basa en los Consejos de Cuenca (artículo 5 LAN).

En el caso del río Santiago, ubicado en el occidente del territorio mexicano (figura 1), se han instalado parques y ciudades industriales en su margen izquierda desde la década de 1970. Del que se destaca el municipio de El Salto, Jalisco (Durán, *et al.*, 1999). Predomina la industria de las ramas alimenticia y química, de la electrónica y la mueblera, así como la de autopartes y la metalmecánica. El problema de contaminación en el río Santiago se ha corroborado a partir de estudios que documentan la contaminación por metales pesados en su cauce, así como por un gran número de casos de habitantes de la cuenca con padecimientos de salud crónicos (Islas, 2009), además del deceso de un menor por intoxicación de arsénico al caer al río en 2008 (CNDH, 2010).

Figura 1. Ubicación del río Santiago y delimitación del Consejo de Cuenca del Río Santiago



Fuente: elaboración propia.

El Santiago recibe regularmente las descargas residuales de al menos 20 unidades de origen municipal, 271 unidades de origen industrial y 14 pecuarias (AyMA, 2006). En él se descargan 118 kg/día de zinc (Zn), 11.4 kg/día de níquel (Ni), 7.5 kg/día de cobre (Cu) y 2.1 kg/día de plomo (Pb) (IMTA, 2011). El arroyo El Ahogado, afluente del Santiago, recibe más de 217.9 hm³/año de aguas residuales crudas procedentes de industriales y de la ZMG (CONAGUA, 2003). Se detectó la presencia de cromo (Cr), cobalto (Co), mercurio (Hg), plomo (Pb) y arsénico (As) en los sedimentos de los lechos del río en 2004 (Lu, M., 2006). Para ciertos tramos del río, como lo es la cuenca Santiago-Guadalajara, se ha señalado que la

calidad del agua es tan mala que se asemeja a la de un afluente de un sistema de tratamiento (AyMA, 2006).

El Tribunal Latinoamericano del Agua ante el caso “Deterioro y Contaminación del Río Santiago. Municipios de El Salto y Juanacatlán, Estado de Jalisco, República Mexicana”, sometido por Asociaciones Civiles de Jalisco, resolvió en 2007 responsabilizar a las autoridades en los tres niveles de gobierno por el alarmante deterioro del río Santiago y de la cuenca a la que pertenece, así como por las repercusiones sobre las condiciones de vida y la salud de las poblaciones del municipio de El Salto y Juanacatlán. Por lo que, recomendó: 1) que en los Consejos de la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago-Pacífico se discuta la problemática de degradación del río Santiago, y se relacione con los problemas de salud pública de las poblaciones de El Salto y Juanacatlán, con la participación activa de los denunciantes, los municipios y sus pobladores; 2) que los mecanismos de monitoreo implementados por las autoridades se hagan públicos y participativos; 3) que se ejecute un monitoreo periódico en los principales corredores industriales de la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago-Pacífico, garantizando el acceso de la población interesada a la información generada de ese proceso, entre otras recomendaciones.

El problema de contaminación en el río Santiago está directamente asociado al desarrollo de actividades industriales en la cuenca Santiago-Guadalajara, en la que se ubica el complejo industrial más importante a nivel estatal. Se detectó que entre 87 y 94 por ciento de las industrias que descargan aguas residuales incumplen en al menos uno de los parámetros de la NOM-001-SEMARNAT-1996 (IMTA, 2011). En consecuencia, se emprendió el sistema de monitoreo de la calidad del agua en la cuenca Santiago-Guadalajara. Con base en el modelo de la GIRH, que se encuentra plasmado en la Ley de Aguas Nacionales, el Consejo de Cuenca del Río Santiago constituye el órgano colegiado del que se dispone para coordinar y concertar acciones en favor de la sustentabilidad del agua en la región, el cual en su acta de instalación de 1999 tiene entre sus objetivos “fomentar el cuidado y el saneamiento de las aguas de la cuenca y la vigilancia y control de su calidad”.

La presente investigación tiene por objetivo analizar la gestión del Consejo de Cuenca del Río Santiago frente a la contaminación del agua por metales pesados en la cuenca Santiago-Guadalajara durante 2009-2015. El periodo de análisis responde a la implementación del sistema de monitoreo de la calidad del agua en la cuenca, bajo un muestreo puntual de parámetros orgánicos e inorgánicos, a cargo de la Comisión Estatal del Agua (CEA) Jalisco, a partir del 2009. Con lo cual, el Santiago es uno de los pocos ríos en el país que cuenta con información pública sistematizada sobre calidad del agua por metales pesados.

La investigación se inserta en el análisis de los alcances de los Consejo de Cuenca para incidir en la contaminación del agua por metales pesados desde sus funciones principales: coordinación institucional y la concertación de intereses. Dado que, el problema de contaminación del agua por metales pesados se reconoce como multidimensional, multisectorial y multirregional por lo que, puede ser resuelto mediante una adecuada coordinación multiinstitucional, donde participen las múltiples partes interesadas (Biswas, 2004) por lo que, los Consejos de Cuenca juegan un papel importante desde su integración y funciones.

El análisis parte del supuesto que el Consejo de Cuenca del Río Santiago no ha gestionado adecuadamente el problema de contaminación del agua en la cuenca Santiago-Guadalajara en el periodo 2009-2015. Las deficiencias de la gestión se centran en el incumplimiento de las atribuciones y funciones del Consejo, orientadas al saneamiento y la prevención de la contaminación; lo que tiene que ver con las limitaciones en la coordinación institucional, la falta de la participación social para la remediación y del control de la contaminación de los metales pesados que llegan a exceder los límites máximos permisibles.

Para comprobar el supuesto anterior la investigación se basa en la perspectiva analítica del pluralismo metodológico, que sugiere que los sistemas complejos sólo pueden ser entendidos a través de múltiples metodologías (Nogaard, 1989). En tanto, implica el acercamiento al problema de investigación desde la comprensión de un sistema que está integrado por tres elementos: la gestión, los recursos hídricos y el territorio. Es decir que, la contaminación del agua por metales pesados se suscita en el territorio donde se desempeñan actividades industriales e interactúan usuarios del agua e instituciones que concurren en Consejos de Cuenca. En tanto, los Consejos mediante sus funciones principales de coordinación institucional y concertación de intereses pueden incidir y mediar los niveles de contaminación del agua al proyectar acciones localmente.

A diferencia de otras investigaciones sobre Consejos de Cuenca en México, el presente trabajo no se centra en el nivel de adopción de los principios de la sustentabilidad hídrica (GIRH) ni de la gobernanza, como Juárez (2013) y Jiménez (2012). Ya que, como lo señala Giordano y Shah, (2014) se ha prestado mayor atención a la implementación de los principios de la GIRH, y se ha desviado la atención de los problemas reales suscitados en el contexto local. Tampoco se centra en el arreglo institucional y la estructura jurídico-normativa, como lo han hecho Wester, Melville y Ramos (2001), Pacheco-Vega y Basurto (2008), Perevochtchikova y Monterrosas (2008) es decir, no es de interés para la investigación analizar la pertinencia de las funciones del Consejo de Cuenca del caso de estudio. Estas entidades a

escala internacional, indistintamente del nivel de autonomía y de la modalidad uni o multipropósito, se han constituido como órganos colegiados con funciones de recomendación y consulta (Molle, 2009), tal como en el caso mexicano. La investigación se dirige a analizar los alcances de la gestión del Consejo de Cuenca del Río Santiago con base en sus funciones generales y atribuciones, destacando su forma de operar y, no en las que podrían o deberían ser sus funciones y atribuciones desde otros escenarios deseable de gestión.

La estrategia metodológica se compone de dos secciones: la primera es un ejercicio de análisis de la *distribución de la industria manufacturera* asociada al uso de metales pesados en la cuenca del Santiago-Guadalajara, mediante el uso de herramientas espaciales. Por lo que, se genera la categoría de análisis “establecimientos industriales potencialmente generadores de descargas residuales peligrosas” en relación a su cercanía al río Santiago, sus afluentes y cuerpos de agua. Con el fin de localizar la industria contaminante y los sitios de monitoreo que presentan problemas con metales pesados por arriba del límite máximo permisible.

Mientras que, la segunda sección se centra en las *acciones de gestión del Consejo de Cuenca del Río Santiago* en torno al saneamiento de la cuenca Santiago-Guadalajara, basado en sus funciones principales. Por lo que, se construyen dos índices: 1) participación social y 2) coordinación institucional. Con el fin de analizar cómo ha sido el trabajo del Consejo de Cuenca a partir de los elementos que componen a la coordinación institucional y a la participación social. Así como proyectar las acciones del Consejo en el territorio, una vez identificados los sitios más afectados por contaminación de metales pesados, en la primera parte metodológica.

El aporte de la presente investigación reside en el análisis de la gestión de los recursos hídricos desde su vinculación con lo territorial. Si bien, el cuidado, el saneamiento y el control de la calidad del agua no es una tarea exclusiva de los Consejos de Cuenca, el análisis de estos órganos colegiados se dirige a disgregar la extensión de puentes de la gestión hídrica hacia la gestión territorial, a partir de las actividades industriales. En tanto, el aporte metodológico consiste en una propuesta de análisis adaptada a las principales funciones de los Consejos de Cuenca, con la cual también se pretende abonar a las evidencias de impacto de la GIRH, establecida en la Ley de Aguas Nacionales como prioridad y asunto de seguridad nacional (artículo 7 LAN), para mejorar la gestión del agua desde contextos locales.

El estudio apunta a que la transformación en la regulación mexicana de la contaminación del agua, de fuente de descarga a cuerpo receptor, favoreció la autorregulación de las descargas residuales de la industria, que constituye un contexto complejo para el monitoreo de los metales pesados y su asociación a fuentes contaminantes. Es así que el Sistema de Calidad del Agua a cargo de CEA Jalisco no caracteriza la contaminación en

relación a las actividades de la industria manufacturera que se desempeñan localmente, a pesar de que la industria no se distribuye de manera homogénea a lo largo de la cuenca.

El texto se organiza en cuatro capítulos, el primero denominado *elementos teóricos para la gestión de la contaminación del agua* tiene por objeto desarrollar el concepto de gestión hídrica como una práctica de planeación y de ejercer influencia sobre el sistema hídrico, en el cual está imbricado el sistema económico que, a su vez, modifica la calidad del agua. A partir de la comprensión del agua como un activo ecosocial (Arrojo, 1995) que es más que un bien productivo, que moviliza la discusión del modelo de la sustentabilidad hídrica para dar solución a los problemas de contaminación. Es así que se retoman los elementos básicos del concepto de la GIRH ya que, es el paradigma de gestión que predomina en la actualidad y que está estrechamente vinculado a la creación de Entidades de Cuenca como órganos de gestión del agua. A su vez, se desarrolla la propuesta metodológica.

El capítulo segundo, de nombre *la experiencia mexicana de gestión de la contaminación del agua* expone el desarrollo de la gestión del agua en México a partir de modelo hídrico asociado al crecimiento económico y su evolución hacia la GIRH; presenta la regulación de la contaminación del agua desde su marco jurídico, con hincapié en las descargas residuales de la industria; además de examinar la creación, evolución y estructura, de los Consejos de Cuenca, así como sus alcances en el saneamiento de las cuencas y el cuidado de la calidad del agua a partir de sus funciones principales de concertación de intereses y de coordinación de las acciones.

El tercer capítulo, con título *Contaminación del río Santiago en relación al desarrollo de la industria manufacturera en Jalisco* se centra en analizar la estructura de la industria manufacturera en el corredor industrial Ocotlán-El Salto, así como en la cuenca del Santiago-Guadalajara, al considerar a la industria manufacturera potencialmente generadora de descargas peligrosas debido al uso de metales pesados en sus correspondientes procesos productivos. Una primera parte analiza la contaminación de la cuenca a partir de los parámetros de metales pesados que genera el CEA Jalisco mediante el Sistema de Calidad del Agua, específicamente cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), mercurio (Hg) y zinc (Zn) ya que el promedio anual de estos parámetros rebasa el límite máximo permisible.

La segunda parte del capítulo es un acercamiento al análisis espacial de las actividades industriales que potencialmente generan descargas peligrosas. Para lo cual, se destaca la localización y concentración de las unidades económicas de la industria manufacturera por rama y tamaño. Así como los volúmenes de descargas de aguas residuales con título industrial, la localización de las descargas y su clasificación por rama industrial. Finalmente, se tiene una

aproximación de asociación entre metales pesados por arriba del límite máximo permisible y su cercanía al río Santiago y afluentes, por sub rama industrial.

El cuarto capítulo, con título *Análisis de la participación y la coordinación del Consejo de Cuenca del Río Santiago para remediar la contaminación industrial del agua en la cuenca Santiago-Guadalajara* se enfoca al análisis de las acciones de gestión del Consejo de Cuenca del Río Santiago en torno al saneamiento de la cuenca. Se basa en la construcción de los índices de coordinación y participación, que respectivamente agrupan la gestión vertical y horizontal del modelo de la GIRH, con base en información documental de los órganos funcionales del Consejo de Cuenca, entre otros. Trata de dar cuenta de qué alcances y avances ha tenido el Consejo de Cuenca del Río Santiago para remediar la contaminación del agua por metales pesados desde acciones focalizadas territorial y temporalmente, durante 2009-2015.

Se detectó que la gestión del Consejo de Cuenca del Río Santiago frente a la contaminación industrial del agua ha estado acompañada de un bajo desempeño de la participación social y de la coordinación de las acciones de las múltiples instancias que concurren al interior del Consejo de Cuenca. En el caso de la participación social se señalan problemas en el funcionamiento periódico de los órganos y asambleas del Consejo que son espacios para la participación, además de dificultades en torno a la representatividad de los vocales. Mientras que el bajo desempeño en la coordinación apunta a inconvenientes en la planeación y programación del saneamiento de la cuenca, cuya principal acción se centró en promover la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales El Ahogado que no trata metales pesados.

El estudio corrobora la contaminación por mercurio (Hg), cadmio (Cd), zinc (Zn), cobre (Cu) y cromo (Cr), en al menos uno de los años del periodo 2009-2015 en la cuenca Santiago-Guadalajara. Detecta que la industria de productos metálicos y metales básicos, la industria química y la industria de productos electrónicos y de computo están asociadas a descargas residuales potencialmente peligrosas por el uso de metales pesados en sus procesos. De las unidades económicas en el área de influencia directa al cauce del río Santiago y principales afluentes (0 a 5 km), 44 están asociadas al uso de cromo, 84 al uso de cobre, 125 al uso de zinc y 22 al uso de mercurio, además de que un gran número de unidades económicas de estas ramas se localizan en el área de influencia directa al cauce del río Santiago y principales afluentes.

CAPÍTULO 1.

ELEMENTOS TEÓRICOS PARA LA GESTIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

1.1 PRINCIPIOS DE GESTIÓN FRENTE A LA CRISIS DEL AGUA

La gestión del agua es una práctica de planeación y de ejercer influencia sobre el sistema hídrico para dirigirlo en una dirección determinada (Pahl-Wostl *et al.*, 2011). Esta definición nos ofrece dos ideas principales, por un lado, que *el agua es un elemento comprendido dentro de un sistema que interactúa con otros elementos que son parte del sistema mismo*. Por otro lado, que *la gestión del agua es capaz de mediar los impactos de los factores y de los procesos que modifican al sistema hídrico*.

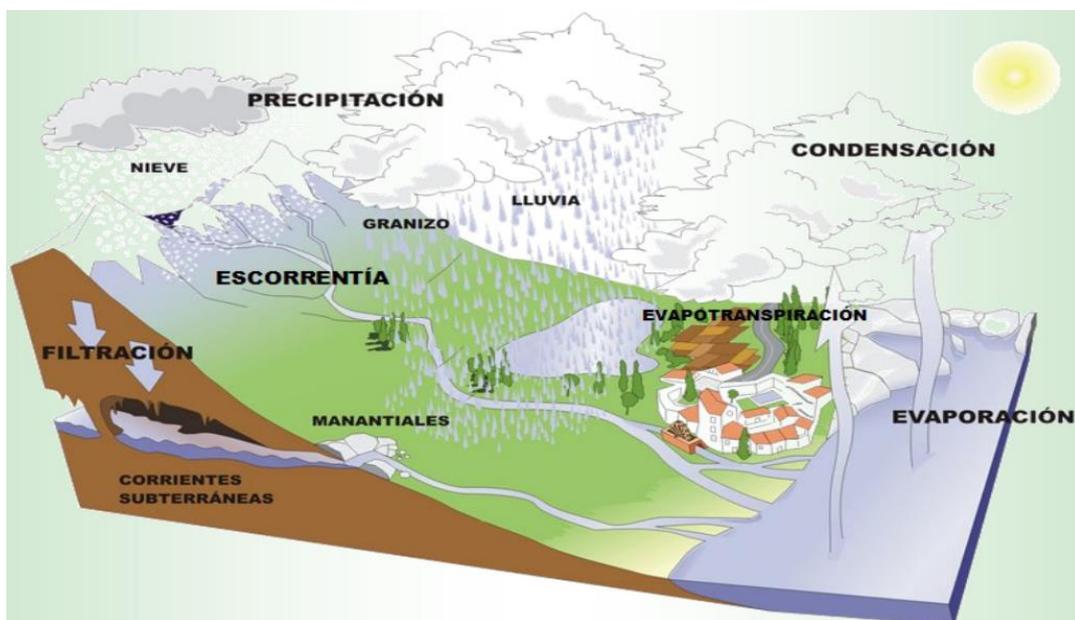
La primera idea del concepto de gestión del agua brinda la noción de que los recursos hidrológicos refieren a sistemas. Es decir que, el agua conforma sistemas hídricos que son conjuntos de elementos o procesos físicos unidos a través de una forma de interdependencia (Campos, 1998). El ciclo hidrológico, las condiciones atmosféricas y climatológicas, las características topográficas del terreno y la cubierta vegetal son elementos que integran a los sistemas hidrológicos. Cada uno de los elementos o procesos de estos sistemas es el resultado de complicadas interrelaciones de muchos factores de gran variabilidad espacial y temporal (Campos, 1998:6).

El ciclo del agua juega un papel muy importante en los sistemas hidrológicos. Se compone de fases y procesos como la evaporación, la transpiración, la condensación, la precipitación y los escurrimientos, que se repiten sucesivamente de manera indefinida. Sin embargo, la sucesión de fenómenos indefinidamente no implica que sucedan con la misma intensidad en todas las ocasiones (del Valle, 1991:13), lo que involucra cambios en las precipitaciones y los escurrimientos que para el presente estudio, se consideran las principales variables de entrada y de salida al ciclo hidrológico (diagrama 1).

Las entradas –precipitaciones– son la principal fuente de acumulación de agua en ríos, lagunas, océanos y subsuelo. La lluvia es el principal origen de todas las aguas utilizables por el ser humano (del Valle, 1991:13). Mientras que las salidas —escurrimientos— representan el agua que llega al suelo que se vierte al rebasar su depósito o cauce natural o artificial y circula sobre la superficie, que desemboca en diversos cuerpos de agua superficiales o subterráneos a la vez que, los escurrimientos por medio de los ríos y arroyos, regresan el agua al mar (del Valle, 1991:11). Es así que, las entradas y salidas al ciclo hidrológico están interrelacionadas.

Las entradas y salidas del ciclo hidrológico constituyen procesos altamente modificables por las actividades antropogénicas. En el sistema hidrológico, como en todo sistema abierto, existen fuerzas externas capaces de constreñirlo, desencadenarlo o conducirlo (Meadows, 2008:2). Por lo que, la actividad humana puede provocar variaciones en la calidad del agua, en el nivel de las precipitaciones y en el volumen de escurrimientos, a lo largo del ciclo anual en diferentes espacios (Peña, 2012). Para muestra, en la actualidad, a nivel mundial, en un gran número de cuencas hidrológicas se extrae más agua de la que el ciclo hidrológico es capaz de proveer de manera natural (Soares y Vargas, 2008:90).

Figura 1. Sistema hidrológico abierto



Fuente: Sociedad geográfica de Lima, 2011. ¿Qué es cuenca hidrológica? GWP South America.

Las actividades económicas o productivas son interacciones al sistema hidrológico capaz de modificarlo¹. Las actividades productivas que generan descargas de aguas residuales a cuerpos de agua o infiltraciones subterráneas, como la industria, representan *entradas externas al ciclo hidrológico*, mientras que los escurrimientos originados por las lluvias que arrastran contaminantes derivados de las actividades productivas, como la agricultura o el arrastre de lixiviados representan *salidas externas al ciclo hidrológico*. Ambas fuerzas externas modifican los depósitos de agua superficial y subterránea.

¹ Todas las actividades humanas modifican el medio natural aunado a que, en la mayoría de las ocasiones, las decisiones de gestión ignoran el comportamiento del entorno natural donde se aplican (Doujereanni y Jouravlev, 2001:7), lo que acrecienta el impacto de las actividades antropogénicas sobre los recursos hidrológicos.

La segunda idea del concepto de gestión del agua brinda la noción de que se trata de una práctica que media los impactos de los factores y de los procesos que modifican al sistema hídrico. Se vincula con la primera idea a partir de que la mediación es sobre las variables *externas de entrada y de salida a los sistemas hídricos* derivadas de actividades productivas. Las actividades antropogénicas que muestran mayores impactos en el ciclo del agua son la agricultura, la ganadería, la industria, la minería, la generación de energía eléctrica y el uso doméstico ya que, modifican la morfología de los ríos, la calidad de las aguas, el almacenamiento en acuíferos, además de perturbar a los sistemas acuáticos (Aguilar, 2010).

Los impactos de los factores y de los procesos que modifican al sistema hídrico pueden ser digeridos o asimilados social y ecológicamente hasta ciertos órdenes de magnitud, además de que abren procesos degenerativos con afectaciones tan complejas como graves (Arrojo, 1995). La cada vez mayor contaminación de ríos y lagos a nivel mundial incrementa la escasez de los recursos hídricos de calidad para uso potable (Carabias y Landa, 2005). En el caso de la contaminación por agentes químicos o sustancias industriales el agua deja de ser apta para el consumo y contacto humano, además de provocar degradación del medio ambiente al no poder éste último absorber todos los desechos mediante procesos naturales.

Los sistemas naturales son capaces de degradar sustancias que por lo general se encuentran en la naturaleza como es el caso de los nutrientes, pero no pueden absorber sustancias industriales que modifican drásticamente el balance químico o el pH del agua (Zambrano, 2010:205). Por lo que se hace necesaria la gestión del agua para el control y la reducción de los impactos de las variables *externas de entrada y de salida a los sistemas hídricos* que se derivan de las actividades productivas.

Con la finalidad de mejorar la disponibilidad del agua en distintos usos se han construido presas, canales de riego, se ha alterado la vegetación propia a los cuerpos de agua, se ha intensificado la extracción del agua para el desarrollo industrial y urbano. Estas modificaciones han agudizado la situación de los recursos hidrológicos. Por lo que, se vive una actual *crisis del agua vinculada a los usos y a la gestión parcial y limitada sectorialmente del agua* (Cuadrat-Prats, 2006) *que no articula las interacciones de los elementos que conforman a los sistemas hídricos*.

Ahora bien, por crisis del agua se entiende un conjunto de procesos de deterioro de la calidad y cantidad del agua para la reproducción de la vida, enmarcados en un contexto

civilizatorio² que los atiende para abrir camino a nuevas formas de relación del hombre con el agua (Peña, 2012:31,32). Al retomar esta definición, nos centramos en el deterioro de la calidad del agua como una consecuencia derivada de la relación del ser humano con el agua a partir del desarrollo de actividades productivas. Esta relación se basa, por un lado, en la noción del agua como un recurso del que se privilegia su uso eficiente; por otro lado, la noción de las prácticas de gestión que enuncian las formas de relación del ser humano con el agua.

En primera instancia, la noción del agua como *recurso a usar eficientemente* está vinculada a su aprovechamiento bajo estrategias de desarrollo (García, 1998), es decir el fortalecimiento del sector hidrológico que impulsa el desarrollo económico y social (Grey y Sadoff, 2005). Técnicamente se refiere a la relación entre el volumen de agua extraída y el volumen de agua aprovechada por ende, la gestión de los recursos hidrológicos dirige el aprovechamiento del agua a los usos más eficientes (Blignaut y Heerden, 2009) y con mayor productividad (Ku y Yoo, 2012). Así, *los objetivos principales de la gestión se basan en la eficiencia y la productividad hídrica* (Boelens y Vos, 2012), *que enfatiza la noción del agua como un recurso*.

Al considerar que los *recursos hidrológicos* son parte del cúmulo de los *recursos naturales* el ser humano reduce al medio ambiente en una *canasta de recursos* que pueden ser extraídos y utilizados libremente (Gudynas, 2004). Sin embargo, los recursos naturales están inmersos en procesos simultáneos y anidados con los ecosistemas a diferentes escalas espaciales y temporales (Maass, 2004). En tanto, *la gestión del agua que comprende al vital líquido como un recurso favorece una visión fraccionada de los recursos hídricos*, que aleja la comprensión sistémica del agua o lo que Zalewski (2013) llama el predominio del pensamiento orientado a la “naturaleza” sobre los “procesos ambientales”.

Arrojo (1995) señala que el agua no es un recurso sino un *activo ecosocial* que tiene la capacidad de satisfacer un conjunto de funciones económicas, sociales y ambientales. La noción del agua como un *recurso* sustenta la intensificación de los usos consuntivos del agua, es decir la extracción de agua de ríos, embalses, cuerpos de agua, etcétera, para abastecimiento urbano, industrial y agrícola (Falkenmark y Lannerstad, 2004). No obstante, el agua es más que un bien productivo, puesto que no se reduce a la capacidad de generar un valor monetario relacionado a su utilización en actividades productivas.

² Un contexto civilizatorio en el que el agua ha evolucionado de bien libre a bien público bajo la responsabilidad de la Administración (Arrojo, 1995) del que se destacan las políticas tecnológicas en materia ambiental (Foladori, 2005), así como un proceso de reducción del Estado que prioriza la temática ambientalista (Aboites, 2009).

El agua como un bien productivo carece de consistencia si no se condiciona previamente al respeto y valoración de sus funciones básicas en los equilibrios ecológicos y sociales más vitales (Arrojo, 1995:90). El agua es esencial para la supervivencia biológica, es una condición necesaria para el sostenimiento de la ecología por tanto es más que una mercancía. Sin embargo, desde el ámbito de la gestión prevalece la complejidad de valores y prioridades entre las funciones del agua ya que, tales funciones interactúan y se superponen entre ellas, aunado a que cada una conlleva impactos ecosociales.

Las diversas funciones del agua se pueden categorizar en cuatro, según Arrojo (2006:184) *El agua para la vida*, se trata de la supervivencia de los seres humanos y los demás seres vivos en la naturaleza; *el agua para actividades de interés general*, se refiere a funciones de salud y cohesión social, como los servicios urbanos de agua y saneamiento; *el agua para el desarrollo*, está ligada a actividades productivas, que es la que más volúmenes de agua extrae de ríos y acuíferos, a su vez es clave en la generación de contaminación y escasez hídrica y; *el agua sobre bases ilegítimas* —cuando no ilegales— se refiere a la extracción del agua con usos productivos que incurren en la sobreexplotación de acuíferos y ríos, así como de vertidos contaminantes.

Desde la crisis del agua, las prácticas de gestión enuncian e inciden en las formas de relación del ser humano con el agua. La gestión hídrica por un lado *enuncia* el contexto civilizatorio de la crisis del agua —que se deriva de la comprensión del agua como un recurso en lugar de un activo ecosocial— y, por otro lado, *incide* en dicho contexto al brindar múltiples direcciones posibles de planeación hídrica. Soarez, Vargas y Nuño (2008) señalan que la crisis del agua reconocida internacionalmente se sustenta en el eje del mal manejo de los recursos hídricos ya que, los usos del agua continúan afectando al ambiente. En el caso del uso del agua para la industria y el uso doméstico se estima que por cada volumen unitario de agua usada que es devuelto a los cuerpos receptores, la contaminación echa a perder de ocho a diez volúmenes equivalentes de agua natural (García, 1998:10) por mal manejo en el tratamiento de las aguas residuales, es decir que se degrada la calidad del agua.

Biswas y Tortajada (2011) siguieron que la crisis del agua se deriva en parte, de la mala gestión continua de los recursos hídricos, *particularmente del excesivo énfasis en la cantidad y asignación del agua que pone en segundo lugar el tema de la calidad hídrica*, que deviene de la preocupación por el uso eficiente del agua bajo estrategias de desarrollo, aunque la contaminación del agua es de una urgencia e importancia tal que los contaminantes limitan el uso del agua para fines de consumo humano y diversas funciones (Jiménez, 2008). Tortajada (2010) señala que los problemas hídricos actuales son resultado de la falta de una gestión que

considere los continuos cambios tanto dentro como fuera del sector hídrico, dada la dependencia de la planificación e implementación del sector con otros sectores económicos, productivos, intereses de múltiples actores públicos, privados y sociales.

Por tanto, la gestión del agua entendida como una práctica de planeación y de ejercer influencia sobre el sistema hídrico está inmersa en un contexto de crisis relacionada con las prácticas de planificación e implementación del sector hídrico que no logra articularse con las actividades económicas que se desempeñan en el territorio (Farinós, 2007), al partir de que no hay gestión del agua sin gestión del territorio en relación a los diversos usos que tiene el vital líquido (Aguilera, 2006).

La relevancia que las prácticas de gestión tienen en la calidad de los recursos hídricos implica la revisión de los paradigmas de gestión, particularmente de los más implementados a partir del reconocimiento de que se está atravesando por una crisis del agua, con el fin de revisar los principios que dan sustento a la dirección y a los objetivos de los modelos de gestión del agua ya que, las prácticas de gestión están guiadas por un paradigma particular, que determina, pone énfasis y prioriza usos del agua que se vincula con las prácticas de las entidades de cuenca.

1.1.1 PARADIGMA DE LA GESTIÓN INTEGRADA DEL AGUA

Un régimen de gestión del agua es un complejo de tecnologías, instituciones, factores ambientales y paradigmas que están altamente interconectados y juntos forman la base para el funcionamiento del sistema de gestión dirigido a cumplir una función social (Pahl-Wost, 2007:54). Para la presente investigación es de importancia el paradigma de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) que es uno de los más implementados a nivel internacional desde la década de 1990, así como uno de los más debatidos por sus alcances en la solución de problemas locales del sector hídrico.

La GIRH es definida como un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales (GWP, 2000). *El paradigma de la GIRH deviene de los principios de la sustentabilidad* expresada como la capacidad de satisfacer las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades, es decir que el aprovechamiento actual del agua no afecte su aprovechamiento futuro, en términos de calidad, disponibilidad, distribución y acceso.

La GIRH abarca tres aspectos primordiales: el ambiental, el económico y el social (Juwana, Muttill y Perera 2012), se apoya en soluciones tecnológicas frente a problemas

definidos (Pahl-Wostl, 2011), promueve a la cuenca hidrológica como la unidad espacial básica para la gestión (Mukhtarov y Gerlak, 2014), así como la creación de instituciones encargadas de la gestión hídrica (Doujereanni, Jouravlev y Chávez, 2002), el establecimiento de una política general del agua y leyes, así como mecanismos de precios y la participación social en la toma de decisiones (Giordano y Shah, 2014).

Figura 2. Marco general para la GIRH



Fuente: GWP, 2000.

Como lo muestra la figura 2, el marco general para la GIRH se basa en tres criterios primordiales: la sustentabilidad ecológica, la eficiencia económica y la equidad social, que a la vez representan metas centrales del desarrollo sustentable (Haro-Martínez, Taddei-Bringas, 2014). El primero hace referencia a que el actual uso del agua no reduzca el rol de soporte vital que tiene el agua en la sustentabilidad de las generaciones futuras. Mientras que el segundo se refiere a la utilización del agua con la máxima eficiencia posible, dada la agudización de la escasez de los recursos financieros e hídricos. Por último, la equidad social se refiere a la procuración del bienestar humano mediante el reconocimiento universal del derecho humano al agua en una adecuada cantidad y calidad (GWP, 2000).

A su vez, los criterios primordiales de la GIRH están acompañados de elementos complementarios, con los que se pretende llevar de la teoría a la práctica el modelo de gestión. Uno es el ambiente propicio, del que se destaca el marco jurídico y programático que da soporte al modelo de gestión mediante las políticas hídricas regionales y nacionales, la legislación y la regulación correspondiente, la información del manejo de los recursos de agua para los

interesados, así como la conformación de espacios de participación social y cooperación internacional (*ibídem*).

Otro elemento complementario son los roles institucionales. En este caso, se trata de delimitar y asignar las funciones de los varios niveles administrativos y de los interesados en la gestión del agua. Así como la delimitación de los niveles de cuenca —orden jerárquico y orden administrativo— que permita discernir los límites físicos del sistema hidrológico para mejorar la coordinación de las acciones. Mientras que los instrumentos de manejo están encaminados a la regulación, monitoreo y cumplimiento de las políticas hidrológicas acordadas, que a su vez permiten realizar elecciones informadas frente a alternativas de acción (*ibídem*).

En tanto, la consideración de múltiples dimensiones, sectores y objetivos hacen de la GIRH un paradigma de gestión del agua “integrado” y “novedoso” (Mukhtarov, 2008). Brinda un concepto de gestión capaz de abordar la variedad de problemas relacionados con el agua que afectan a muchos sectores en muchos lugares (Grigg, 2014). A su vez que, asocia factores biofísicos, sociales e institucionales en la planeación hídrica que no abordan otros paradigmas³.

Andrade (2004) señala que se trata de un paradigma “integrado” con enfoque “holístico” que reconoce las interacciones y los procesos que se generan entre los recursos hidrológicos y los elementos del ecosistema, entendidos como el medio físico, el medio biótico, social, económico y cultural. Por lo que la gestión sustentable del agua se basa en la consideración simultánea de los pilares de la equidad social, la eficiencia económica y la sustentabilidad ecológica (figura 2), así como la protección a los riesgos en materia de agua, que comprende al saneamiento (Pahl-Wostl, 2007; Giordano y Shah, 2014).

Biswas (2008) por su parte, destaca que la popularidad y basta adopción del paradigma de la GIRH se debe a su amplia difusión por instituciones internacionales. La Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en 2002 pidió a todos los países que elaboraran estrategias de GIRH y de eficiencia hídrica para finales de 2005 (Mukhtarov, 2008:172). Sin embargo, se han presentado problemas en su implementación, a lo que Grigg (2014) señala que la GIRH es una visión de gestión más que una serie de herramientas y estrategias para mejorar la gestión de los recursos hídricos. Es decir que, es un concepto que no se define en términos operativos (Biswas, 2008). La GIRH muestra a dónde debe ir la gestión del agua, pero no nos dice cómo llegar allí (Grigg, 2014:412).

³ Por ejemplo, el modelo de la Comisión del Valle de Tennessee (TVA, por sus siglas en inglés) se caracteriza por ser multisectorial al reunir esfuerzos para coordinar la gestión del agua con la de los suelos, con el desarrollo agrícola e industrial sin embargo, no plantea una relación con las múltiples dimensiones del agua.

Este paradigma de gestión “holístico,” “integrado” y “novedoso” se enfrenta a una realidad compleja en la que los problemas del agua son multidimensionales, multisectoriales y multiregionales es así que intervienen múltiples intereses, agendas y factores (Biswas, 2008:7). El paradigma se enfrenta al reto de soluciones efectivas. A pesar de que la GIRH se muestra multidimensional, se observa que este paradigma se centra en administrar la “disponibilidad del agua” y reduce otras dimensiones como la calidad hídrica, en relación a las necesidades sociales, culturales y económicas surgidas en el territorio. Dado que *fija la problemática de los recursos hidrológicos en un inminente estrés hídrico* que se ve reflejado en un gran interés por coordinar la demanda y la oferta del agua (Jeffrey y Gearey, 2006).

Sin embargo, según Giordano y Shah (2014) la complejidad de los sistemas hídricos implica ampliar la comprensión de los factores que inciden en el estrés hídrico por ejemplo, la calidad del agua, así como los fenómenos que acarrearán súbitos excesos o déficits hídricos, aunado a que, las problemáticas varían en tiempo y territorio por lo que, enfocarse en el estrés hídrico propicia que se desvíe la atención de los problemas reales del agua y las prioridades nacionales y regionales.

El marco general de la GIRH se basa en *catorce principios* con el fin de hacer efectivo el modelo de gestión: 1) la GIRH se aplica a nivel de cuencas, 2) la integración de la gestión del agua con el medio ambiente, es decir con otros recursos naturales, 3) la adopción un enfoque sistémico. Estos tres principios forman parte de la sustentabilidad ecológica. En cuanto a equidad social los principios son: 4) la participación plena de todas las partes interesadas, incluyendo a trabajadores y a la comunidad, 5) la distribución equitativa de los recursos hídricos, 6) el fortalecimiento del papel de las mujeres en la gestión del agua, y 7) la atención a las dimensiones sociales. Sobre eficiencia económica se tiene: 8) el reconocimiento del agua como un bien económico, 9) el financiamiento fiable y sostenido, así como 10) la complementación de los costos del agua mediante subsidios específicos. En cuanto al marco institucional: 11) el apoyo de gobierno central mediante la creación de una marco jurídico y regulatorio, 12) la creación de capacidades/habilidades con la colaboración de los tomadores de decisiones, 13) la adopción de las mejores tecnologías y prácticas existentes y por último, 14) la disponibilidad de información referida al sistema hidrológico y su capacidad para utilizarla en la elaboración de políticas (IWA, UNEP, 2002).

Los catorce principios de la GIRH se han convertido en las “estrategias” nacionales y regionales de gestión del agua. Se ha considerado que seguir dichos principios es suficiente para alcanzar la gestión sustentable del agua (Jeffrey y Gearey, 2006). Sin embargo, la GIRH se enfrenta al reto de adaptar los principios de gestión en diversos contextos locales, lo que

hace que el mismo modelo se base en una descripción genérica de sus estrategias, así como en técnicas difíciles de llevar a cabo. Esto es la GIRH puede adoptarse fácilmente como principio, pero es difícil de aplicar en la práctica (Plengsaenga, Wehna y van der Zaag, 2014). O como lo señala Moss (citado en Grigg, 2014) la GIRH ofrece una visión normativa y de principios sobre “lo que debe ser la gestión sustentable del agua”.

Es así que la adopción del modelo sustentable de la gestión del agua ha significado la transformación de la GIRH de un medio a un fin (Giordano y Shah, 2014). La implementación institucional del modelo de la GIRH ha primado entorno a la gestión sustentable del agua, en palabras de Biswas (2004:255) sus promotores han asumido *a priori* que el concepto y modelo de gestión harán que los procesos y prácticas de gestión del agua sean las ideales para cada caso particular, sin que se preste la suficiente atención a los problemas suscitados en los contextos locales, ni la adecuación de estrategias del modelo.

La centralización en la implementación del modelo de la GIRH excluye otras posibles soluciones más pragmáticas que ayuden a resolver las múltiples problemáticas en relación al agua (Giordano y Saha, 2014), que cada vez se hacen más complejos por lo que se requiere desarrollar otros elementos, además de los jurídicos y financieros, como es el caso de los instrumentos de manejo y los roles institucionales, destacados en la figura 2.

Se han destinado grandes esfuerzos y recursos para la implementación institucional de la GIRH, para muestra se ha creado un cuerpo de indicadores para medir su nivel de adopción y uso (Stefano, 2009). Destacan indicadores de proceso, enfocados a evaluar que existan las condiciones y procesos de cambio hacia la GIRH; los indicadores de resultado encaminados a evaluar que los cambios con la implementación de la GIRH empiecen a tener efectos y; los indicadores de impactos que evalúan el cumplimiento de las metas de los planes de manejo y desarrollo de los recursos hídricos (Hassing, *et al.*, 2009).

Petit (2016:63) nota la dificultad al construir indicadores debido a la insuficiente información sistematizada entre los distintos niveles de gobierno y las Entidades de Cuenca. Se requiere de índices que permitan una evaluación de la GIRH en el tiempo. Por ejemplo, Hassing (2009) sugiere que el desarrollo de los índices sea paulatino, partiendo con los que refieren a los procesos, posteriormente a los que dan cuenta de los resultados y finalmente a los de los impactos, en un periodo aproximado de siete años.

Sin embargo, la implementación de las políticas hídricas se mide regularmente por el cumplimiento de los requisitos administrativos y la existencia de gastos públicos (Stefano, 2009). Esta forma de medición tiene limitaciones en relación a la importancia de la información producida y la rendición de cuentas. Por tanto, Stefano observa que lo que puede medirse en el

modelo de la GIRH no es totalmente pertinente para evaluar los procesos de política de agua a corto y medio plazo. Petit (2016:63) por su parte, cuestiona si la GIRH no se ha convertido en una meta en sí misma, más que en un medio para resolver problemas concretos puesto que, organismos internacionales como el Banco Interamericano de Desarrollo⁴, el Banco Mundial⁵ y la ONU⁶ han fomentado la adopción de los catorce principios del modelo de gestión mediante apoyos condicionados.

De lo expuesto resulta imprescindible plantear las instituciones de gestión y sus prácticas de planeación para dirigir los sistemas hídricos hacia la sustentabilidad. Esto es, quiénes y qué herramientas se aplican a la gestión para mediar los impactos de las actividades antropogénicas sobre los sistemas hídricos. Desde el paradigma de la GIRH, las llamadas Entidades de Cuenca fungen un papel principal en este nuevo modelo de gestión que pretende considerar múltiples intereses, agendas y factores.

1.2 ENTIDADES DE CUENCA COMO INSTITUCIONES DE GESTIÓN DEL AGUA

Una cuenca es una superficie de terreno definida por un patrón de escurrimiento del agua. Se trata de una especie de embudo natural, cuyos bordes lo constituyen los vértices de las montañas, o parte-aguas, y la salida del río o arroyo constituye la boca (Maass, 2003:132) es decir, la cuenca es una unidad hidrográfica. Sin embargo, una cuenca es más que un espacio en la superficie terrestre con un patrón de escurrimiento del agua. Las cuencas constituyen un complejo mosaico de ecosistemas, naturales y manejados, donde se reconocen los vínculos entre los territorios de las zonas altas y bajas, cuyas externalidades, transportadas por los cursos de agua, crean una conexión física entre poblaciones alejadas unas de otras (Cotler, 2010:4). Por lo que se emplea a la cuenca hidrológica como unidad para la gestión que se realiza dentro de la cuenca hidrográfica (Ordoñez, 2011).

La comprensión de la cuenca hidrológica como un espacio geográfico en el que concurren factores físicos, químicos, biológicos, geológicos, además de económicos, sociales y culturales ha sido gradual y compleja. Molle (2006) señala que el concepto de cuenca hidrológica presenta grandes transformaciones a partir del siglo XIX en relación a la

⁴ Ver texto de Garcia, L. (1998). Manejo integrado de los recursos hídricos en América Latina y el Caribe. Inter-American Development Bank. Además de la “Capacitación integrada en gestión de recursos hídricos para el desarrollo sostenible” por el ADB Asian Development Bank en <https://www.adb.org/news/events/integrated-water-resources-management-training-sustainable-development>

⁵ Ver la estrategia para la gestión de los recursos hídricos del Banco Mundial por parte del Grupo Global de Soluciones para la Seguridad del Agua y la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en <http://www.worldbank.org/en/topic/waterresourcesmanagement#2>

⁶ Ver decenio internacional para la acción “el agua fuente de vida” 2005-2015 en <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/iwrm.shtml>

productividad económica, debido al impulso del desarrollo industrial. Por lo que la definición de cuenca como espacio “delimitado naturalmente” entró en conflicto con estructuras políticas y económicas propias del territorio.

Una primera transformación es que la cuenca hidrológica adquirió un reconocimiento en el marco del “desarrollo”, principalmente con el proyecto de la Autoridad del Valle de Tennessee (TVA, por sus siglas en inglés) de 1933. El concepto de cuenca hidrológica transitó de espacio natural a una región de planeación económica. Asimismo, en los primeros trabajos de organismos internacionales se tomó a la cuenca como referente espacial. Por ejemplo, el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas de 1952 planteó la relación del desarrollo económico con los recursos hidrológicos bajo el esquema de aprovechamiento coordinado de cuencas (Del Castillo, 2009).

El impulso al modelo TVA instauró a la cuenca como unidad de planeación para el desarrollo regional (Molle, 2006). Mediante el modelo TVA la cuenca hidrológica surge como una unidad espacial para optimizar las múltiples tareas asignadas al agua o a sus funciones diversas, principalmente a aquellas relacionadas con el desarrollo, que se espera brinden beneficios económicos. La Autoridad del Valle de Tennessee contaba con funciones de planificación y supervisión en toda la cuenca, con poder para construir y operar múltiples proyectos para mejorar la navegación, controlar las inundaciones, contrarrestar la erosión del suelo, impulsar la reforestación, el desarrollo agrícola e industrial (Barrow, 1998).

En tanto, el modelo TVA aportó tres características importantes a la gestión de las cuencas hidrológicas: el almacenamiento de agua multipropósito; el aprovechamiento de toda la cuenca y el impulso al desarrollo regional (White, 1957). Esto es que a partir de la construcción de grandes obras de infraestructura se planteó aprovechar el agua en más de uno de sus usos desde las cuencas consideradas como unidad espacial base para el aprovechamiento del flujo de drenaje hídrico, por lo que el desarrollo regional se planeó por cuencas mediante inversión pública masiva y coordinada. Dichas características han sido difundidas en la medida que se adoptó el modelo TVA internacionalmente, especialmente en países de Asia y América Latina, que se creía que podía desencadenar con éxito el desarrollo en regiones atrasadas (Molle, 2006).

En tanto, la forma de comprender a las cuencas hidrológicas se ha transformado con el paso del tiempo. En el periodo 1930-1960 constituían espacios de control total de los recursos hidrológicos mediante la construcción de grandes obras hidráulicas multipropósito (Molle, 2009) —el caso del modelo TVA—. Mientras que en este modelo las Entidades de Cuenca se caracterizaban por ser altamente autónomas, con financiamiento por separado, que dependían

directamente del gobierno central en lugar de los gobiernos y sectores locales, en el caso de la GIRH, las Entidades de Cuenca se modifican y adquieren nuevas funciones (Teclaff, 1996) derivadas del reconocimiento de la diversidad de elementos biofísicos y sociales contenidos en la cuenca.

En la década de 1990 las Entidades de Cuenca se transforman en la piedra angular de la GIRH con enfoques de gestión de cuencas y ecosistemas (Molle, 2009). Posterior al modelo TVA, las cuencas hidrológicas dejan de fungir como unidades de planeación y desarrollo económica para después resurgir ante los problemas de contaminación del agua, precisamente por contaminación industrial, caso del río Ruhr en Alemania (Teclaff, 1967) sin embargo, su mayor apogeo se da a partir de que las Entidades de Cuenca se enfrenta al reto de gestión desde una perspectiva integradora u holística.

Es así que las Entidades de Cuenca se han constituido de diferentes formas y han adquirido diversas funciones. Una primera distinción es la responsabilidad y el alcance de sus funciones. Por ejemplo, se tiene a las Autoridades de Cuenca que son responsables de todas las fases del desarrollo de los recursos hídricos, mientras que las Comisiones o Consejos de Cuenca tienen funciones de recomendación y consulta acotadas al manejo del agua. Otra distinción radica en la delimitación político-territorial de la entidad de gestión, por ejemplo, las Comisiones de Aguas Transfronterizas, que se basa en acuerdos internacionales (Teclaff, 1996). Las Entidades de Cuenca se personifican como Consejos, Agencias, Corporaciones o Autoridades de Cuenca (Doujereanni, 2004).

A partir de que se establece el modelo de la GIRH las Entidades de Cuenca se han destacado como instituciones de consulta y recomendación al realizar tareas de coordinación y concertación, tipo Comisiones o Consejos de Cuenca. Se distinguen por la articulación de múltiples actores sociales, dado que el manejo de cuencas implica intervenciones en el soporte biofísico de la cuenca (Burgos y Bocco, 2015). Es decir que, al procurar la articulación entre actores, las entidades han abonado al reconocimiento de las cuencas hidrológicas como espacios socialmente construidos (Doujereanni, Jouralev y Chávez, 2002). Se enfatizan las relaciones de colaboración, cooperación y coordinación entre niveles de organización social e institucional.

En tanto, las Comisiones o Consejos de Cuenca han tendido a adaptarse y adecuarse a las diversas escalas, procesos locales y a la multiplicidad de intereses y actores involucrados en el territorio. Es así que la cuenca hidrológica se ratifica como la arena para abordar la complejidad del espacio delimitado naturalmente por el escurrimiento del agua, la coordinación de los usos del agua y concertación de los valores que se le asignan (Molle, 2009).

La propuesta de creación de las Comisiones o Consejos Cuencas se realizan usualmente por iniciativas del Estado, de los usuarios de agua, de organizaciones no gubernamentales usualmente vinculadas con gobiernos locales, de agencias de cooperación externa, de organismos financiadores y ejecutores de grandes proyectos hidráulicos y a veces de iniciativas cuasi personales o por influencias externas. Lo que se tiene en común es el interés por mejorar el manejo del agua a partir de escenarios de demandas crecientes de la sociedad y los efectos visibles de escasez y contaminación del agua (Doujereanni, Jouralev y Chávez, 2002).

Sin embargo, la estrategia de las Comisiones o Consejos Cuencas para la sustentabilidad del manejo del agua ha presentado inconvenientes principalmente en el logro de metas y costos para generar acuerdos, instituciones y aterrizar los problemas hidrológicos a las escalas reales. Según Giordano y Shah (2014) las problemáticas del agua poco coinciden con la delimitación natural de las cuencas, lo que hace costosa a la coordinación. Las discordancias entre los límites físicos naturales y los límites políticos, jurisdiccionales e institucionales para operativizar las políticas en materia de gestión hídrica son una de las principales dificultades que enfrentan las Entidades de Cuenca (Doujereanni y Jouravlev, 2001).

Con el fin de coordinar y concertar las acciones e intereses sobre los recursos hidrológicos, las entidades tienden a incluir la participación de múltiples actores que habitan la cuenca. Lo cual involucra una gran cantidad de actores en el proceso de conducción de programas de manejo de cuencas implica invertir muchos recursos económicos a largo plazo, así como de mucho tiempo para llegar a los acuerdos requeridos (Doujereanni, 2004). Actualmente se hace hincapié en la participación al interior de las entidades de cuenca por lo que se considera que los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil deben tomar en conjunto las decisiones sobre el mejor manejo del agua. Ya que, sobre los recursos hídricos se ejerce una presión multidimensional dado que el agua está vinculada a los sectores económicos y productivos (Tortajada, 2010).

En cuanto al logro de metas, las Comisiones o Consejos de Cuenca adquieren funciones que por un lado, promueven beneficios directos es decir, de impulso económico y regional (Molle, 2008) y por otro, promueven el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la cuenca (White, 1957), dichas funciones, en muchos casos, son difíciles de conjugar. A la vez que el objetivo general de estas entidades entendido como el “manejo sustentable del agua” puede propiciar que los esfuerzos de gestión se pierdan entre la complejidad y la ambigüedad del propio objetivo, aunque también la amplitud del objetivo puede brindar una libertad propicia para que la entidad de cuenca se centre en el problema real localizado en su territorio.

En este sentido Grigg (2014) señala la importancia de los enfoques que se toman desde las Entidades de Cuenca para hacer frente a los problemas hídricos es decir, las formas en que son construidos los problemas hidrológicos desde las entidades refleja la construcción de las posibles soluciones y su efectividad. El autor sugiere que la solución a las problemáticas del agua no sólo depende del modelo de la GIRH sino del trabajo de las instituciones por integrar soluciones técnicas y de gestión, así como soluciones a las desigualdades sociales y a los desajustes políticos.

La contaminación del agua por metales pesados es uno de los problemas suscitados en el territorio local de las cuencas hidrológicas al que se enfrentan las Comisiones y los Consejos de Cuenca. El paradigma de la GIRH establece que el manejo de los recursos hidrológicos se realice sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas sin embargo, los principios de la GIRH no son explícitos respecto al saneamiento de las cuencas, en términos de prevención, control y regulación de la contaminación del agua.

Este tipo de contaminación está vinculada al desarrollo industrial desde su impulso mediante el aprovechamiento de los recursos hídricos. Las Entidades de Cuenca bajo el modelo TVA impulsaron las actividades económicas sin considerar las implicaciones de contaminación y sobreexplotación del agua en cambio, bajo el modelo de la GIRH las Entidades de Cuenca aspiran a un manejo sustentable del agua en un complicado giro de 180° ya que, en muchos casos, las Comisiones o Consejos de Cuenca no nacieron con la finalidad de crear una gestión integrada del agua, sino que incursionaron en la GIRH a falta de una entidad encargada de hacerlo (Doujereanni, 1997:12).

1.3 CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL DEL AGUA POR METALES PESADOS

El uso industrial del agua se refiere al agua empleada por las industrias que se abastecen directamente de aguas superficiales o subterráneas, y hacen su descarga a cuerpos receptores (Castelán, 2003:95). El consumo del agua en la industria se destina principalmente para enfriamiento, para procesos como insumo, para calderas y para servicios (Ortiz, 1997). Uno de los principales problemas ambientales del desarrollo industrial es la generación de aguas residuales que son descargadas en los cuerpos de agua sin previo tratamiento (Castelán, 2003), lo cual provoca contaminación.

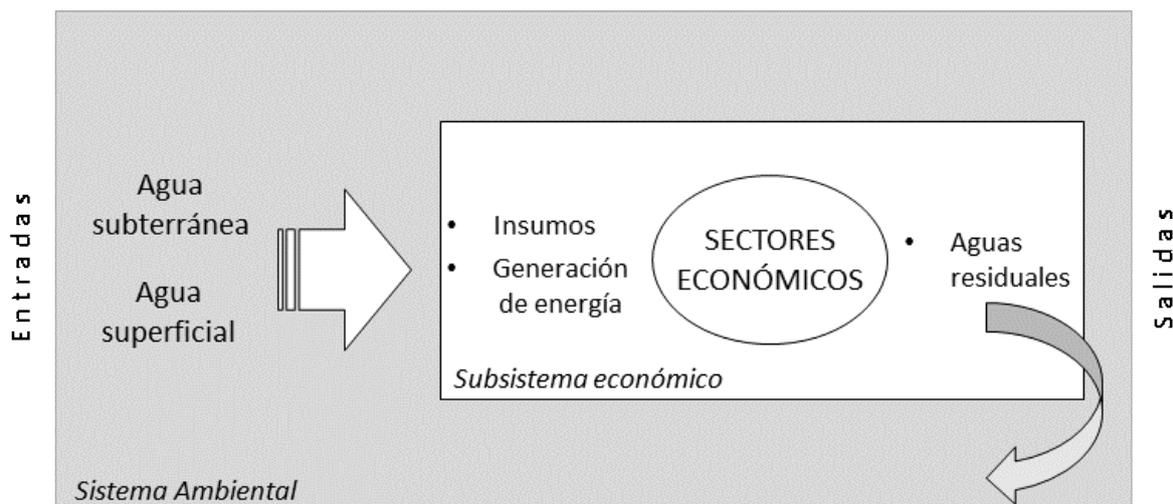
La contaminación del agua es el exceso de materia o energía que perturba las actividades que se desarrollan con agua y que limita su uso seguro para la salud del ser humano y del ambiente (Jiménez, 2010). Los contaminantes pueden ser factores físicos, biológicos y químicos (Goel, P., 2006). Muchos de los factores químicos se encuentran regularmente en el

agua por ser necesarios para los seres vivos, pero en altas concentraciones son tóxicos ya que, pueden ocasionar daños a la salud humana y generar desequilibrios ecológicos (Espinosa, Aguilar y Mazari, 2010).

De los metales sobresalen los “metales pesados” por su toxicidad e impactos ambientales. Se caracterizan por una densidad mayor 5 g/cm^3 , como el caso del cadmio (Cd), cromo (Cr), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn). Constituyen los compuestos químicos de mayor preocupación por sus efectos en el ser humano en el sistema nervioso central y en el riñón, además de que se les atribuye alergias, intoxicación y un carácter cancerígeno (Espinosa, Aguilar y Mazari, 2010:49). La contaminación por metales pesados es causada principalmente por vertimientos del sector industrial y por sedimentos de minas (Ocaña, *et al.*, 2003).

Se plantea una relación doble entre agua e industria. En la primera, el agua es un recurso primordial a manera de insumo para el desarrollo de las actividades y los procesos productivos. En la segunda, el agua es un medio de transportación y eliminación de desechos y contaminantes derivados de los procesos industriales (esquema 3). Ambas relaciones tienen como base al ecosistema global que da sustento a la economía (Costanza, R., Cumberland, J., Daly, H., Goodland, R., Norgaard, R., 1999), en el cual el agua es primordial por ser un activo ecosocial, dado que tiene la capacidad de satisfacer funciones económicas, sociales y ambientales (Arrojo, 1995).

Figura 3. Diagrama de entradas y salidas hídricas al sistema económico



Fuente: Elaboración propia.

El esquema 3 muestra que los sectores económicos son parte de un subsistema engranado al sistema ambiental (Daly, H. y Farley, J., 2004) con flujos abiertos de materia y energía que representan entradas y salidas entre sistema y subsistema. En tanto, la extracción del agua subterránea y superficial representa flujos que van del sistema ambiental hacia el subsistema económico como insumo o con la finalidad de generar energía. Posterior al uso del agua en las actividades productivas, se presentan flujos de salida del subsistema económico hacia el sistema ambiental como aguas residuales, que potencialmente tienen una calidad distinta a la inicial cuando ingresaron al subsistema económico, que dependerá del tipo de tratamiento que reciba previa descarga.

En este sentido, la interacción de flujos de materia y energía entre el subsistema económico y sistema ambiental constituye un proceso sistémico de características entrópicas⁷ que propicia cambios cualitativos en los recursos naturales de forma irreversible en la mayoría de los casos lo cual, favorece a la formación de barreras físicas de tipo agotamiento, degradación y contaminación (Georgescu-Roegen⁸, 1986). Lo mismo en el caso de los recursos hídricos que después de su uso en los procesos industriales pueden contener metales pesados que son contaminantes no biodegradables⁹ que a diferencia de los biodegradables, no se transforman por medio de microorganismos sino que requieren de métodos físicos y químicos para su eliminación (Jiménez, 2010). Por lo que, la falta de un tratamiento previo o el tratamiento parcial de las descargas residuales propicia la acumulación de contaminantes en los cuerpos de agua que genera contaminación que limita la cantidad disponible del vital líquido, además de inutilizar grandes volúmenes de agua lo que afecta a usuarios y el acceso a agua de buena calidad (Jiménez, 2006).

Desde la economía se asiente que el desarrollo de las actividades productivas impacta al medio ambiente y se reconoce que hay otros factores no económicos que inciden en la calidad ambiental. Con los planteamientos de la teoría del desarrollo se argumenta que el crecimiento económico es compatible con un medio ambiente limpio y es el crecimiento económico un

⁷ Se basa en el segundo principio de la termodinámica en el que se argumenta que todo movimiento de energía, siempre hay una parte de esa energía que se degrada y que se pierde, por lo que no puede ser aprovechada. En el caso del agua el máximo nivel de entropía está vinculado a la contaminación, por lo que la radiación solar y los procesos naturales no logran eliminar las sustancias disueltas en los cuerpos de agua (Prats, 2006).

⁸ Ver Ley de entropía que se basa en el segundo principio de la termodinámica en el que se argumenta que todo movimiento de energía, siempre hay una parte de esa energía que se degrada y que se pierde, por lo que no puede ser aprovechada. En el caso del agua el máximo nivel de entropía está vinculado a la contaminación, por lo que la radiación solar y los procesos naturales no logran eliminar las sustancias disueltas en los cuerpos de agua (Prats, 2006).

⁹ Los contaminantes no biodegradables consisten en el aporte de iones, nutrientes, detergentes o metales —incluye metales pesados—, así como diversos productos de desechos (Espinosa, Aguilar y Mazari, 2010).

prerrequisito para el segundo. Por lo que se supone que la contaminación se incrementa en una primera etapa en la cual el ingreso *per cápita* aumenta, para después decrecer conforme la economía ha alcanzado altos ingresos, según la Curva de Kuznets (1955). Sin embargo, este fenómeno no se observa en el caso de la contaminación industrial del agua.

Autores como Hettige, H., Mine, M. y Wheeler, D. (2000) han señalado que la contaminación total del agua derivada de la industria tiende a decrecer ligeramente al incrementarse los ingresos, no así en el caso de la contaminación del agua analizada por ramas industriales, ni por unidad industrial analizada al final del tubo¹⁰. Los autores concluyen que a pesar de incrementarse los ingresos de la población no se reduce la contaminación del agua derivada de la industria. Otros autores señalan que en el mejor de los casos se reduce la presencia sólo para algunos contaminantes (Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H. y Wheeler, D., 2002; y Shafik, N. y Bandyopadhyay, S. 1992), por ejemplo el nitrógeno disuelto en el agua (Paudel, K., Zapata, H., Susanto, D., 2005).

En todo caso, cuando se reduce la contaminación ambiental a la par de un crecimiento económico se observan reformas institucionales, cambios en la legislación ambiental e implementación de incentivos de mercado, por lo que no se debe al crecimiento económico *per se* (Arrow, K. *et al.*, 1995). Es decir que, los impactos ecológicos en las cuencas hidrológicas y en la calidad del agua pueden ser mediados por múltiples reformas institucionales referidas a la gestión del agua ya que, la paulatina reducción de la contaminación del agua por cambios en las variables económicas, como es el ingreso de la población, implica la acumulación de impactos ecológicos que resulta en la complejidad de revertirlos.

Las políticas, las instituciones e instrumentos de gestión son elementos importantes para mejorar la calidad ambiental. Dasgupta, S., *et al.* (2002) y Hettige, H., *et al.* (2000) infieren que la regulación juega un papel fundamental en el cuidado ambiental. Matthews, R. (1986) señala que las instituciones tienen tal relevancia por lo que deben ser consideradas en los análisis económicos, a partir de determinantes institucionales.

Esta investigación aborda la contaminación del agua por metales pesados a partir de factores institucionales que median los impactos de la actividad económica industrial. Al considerar que la industria manufacturera, especialmente la química, es la que mayormente contamina de forma directa el agua, debido a la falta de tratamiento de los vertidos residuales

¹⁰ Hace referencia a la calidad del agua que se monitorea en el desagüe de la industria que va directo al cuerpo de descarga.

provenientes de la industria (Sánchez, J. y Duarte, R., 2005). En tanto, la relación entre agua e industria se ve plasmada justo en el territorio.

La gestión del agua y la planeación territorial están intrínsecamente conectadas sin embargo, han estado separadas para la formulación de políticas (Woltjer y Al, 2017), a pesar del reconocimiento a las cuencas como unidades territoriales de planificación (Andrade, 2004). Gani, A. y Scrimgeour, F. (2014) señalan que a la par del desarrollo industrial es indispensable la aplicación de políticas institucionales para hacer frente a los retos de contaminación hídrica.

En el actual modelo de la GIRH las Entidades de Cuenca forman parte crucial de la estructura institucional. Como se señaló en el apartado anterior, los Consejos de Cuenca bajo el actual paradigma de gestión fungen como instituciones de consulta y recomendación, en consecuencia no planean el crecimiento industrial en el territorio, por lo que no pueden controlar de manera directa la contaminación del agua por metales pesados pero son facilitadores y articuladores entre las diferentes instancia que implementan las políticas en el territorio.

Es así que la política hídrica expresa la forma de ocupación del territorio (Moral, L., 2009) que se hace explícita en lo local desde el trabajo de los Consejos de Cuenca. Es así que coordinan acciones y concertan los intereses de los múltiples actores que hacen uso del agua de la cuenca, con la finalidad de abonar a la sustentabilidad del manejo del agua e integrar soluciones técnicas y de gestión al problema de contaminación del agua por metales pesados. Sin embargo, se observa que el problema de contaminación del agua ha sido insuficientemente abordado desde las prácticas de gestión y por ende, desde de los Consejos de Cuenca, debido a que el énfasis principal, en el pasado y el presente, ha sido la gestión de la cantidad de agua, incluida la asignación (Biswas y Tortajada, 2011:5).

Mejorar la calidad del agua es un proceso y no una meta, que a su vez requiere compaginar los planes de uso del agua con los de desarrollo industrial, es así que nos referimos a *una gestión del agua inmersa en el ordenamiento territorial* para evitar el uso intensivo del agua en sitios carentes de este recurso, así como conflictos derivados de la competencia entre usuarios y usos del agua, que redundan en el deterioro de su calidad (Jiménez, 2006). Sánchez, Casado y Bocco (2013:19) señalan que el ordenamiento territorial puede constituir una valiosa herramienta para la planeación y gestión del territorio, como medio para avanzar en dirección de un desarrollo sostenible desde una perspectiva integral.

1.4 METODOLOGÍA

La experiencia mexicana de gestión hídrica ha sido bastante estudiada en relación al desarrollo institucional de las entidades de cuenca a finales de la década de 1980, desde la creación de

instituciones de gestión del agua como la CONAGUA, las Comisiones de Cuenca y su transición a los Consejos de Cuenca, además de los logros y las limitaciones de los arreglos institucionales de la GIRH en México. (Tortajada y Contreras-Moreno, 2007; Doujereanni, 2004, 1997; Biswas, 2001; Barkin y King, 1986; Cotler, 2004). México adoptó el modelo de la GIRH a principios de la década de 1990, para lo cual construyó un entramado jurídico que dio respaldo al entonces nuevo modelo de gestión hídrica. Se creó a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y se decretó la Ley de Aguas Nacionales (LAN) en la que se estableció el mandato de creación de las entidades de cuenca en todo el país, constituidas como Consejos de Cuenca.

El primer Consejo de Cuenca fue el de la Lerma-Chapala creado en 1993 con el objetivo central de sanear la cuenca (Pacheco, 2007). A más de veinte años de haberse creado este Consejo de Cuenca se observa que la contaminación del agua es un problema eminente que ha traído consigo problemas en la salud humana (Cifuentes, Hurtado y Juárez, 2000). Lo mismo en el caso de otras cuencas del país que han sido severamente afectadas por la contaminación, debido al mal manejo de las aguas residuales derivadas de asentamientos humanos e industriales, como el caso del río Atoyac en Puebla (García-Nieto, *et al.*, 2011; Saldaña, 2006) y el río Santiago en Jalisco (McCulligh, 2014; Romo y Prieto, 2012).

Se destaca el caso del río Santiago en el que concurre el Consejo de Cuenca del Río Santiago, localizado en el occidente del territorio mexicano (mapa). El Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua (IMTA), *Greenpeace* y consultoras independientes, como AyMA Ingeniería y Consultoría, S.A. de C.V han realizado estudios de monitoreo de calidad del agua y han encontrado que el río Santiago presenta contaminación por metales pesados, especialmente en la zona en la que se localizan parques y ciudades industriales instaladas desde la década de 1970, cercano al arroyo El Ahogado. Para el año 2006 se corroboró la presencia de cromo (Cr)¹¹, cobalto (Co)¹², plomo (Pb)¹³ y arsénico (As)¹⁴ en los sedimentos de los lechos del río¹⁵ (Lu, M., 2006).

¹¹ Se detectó en un rango de 14.3-61mg/kg, el valor guía es de 0.026 ug/g según la Ley de Protección al Ambiente de Canadá; 1 ug/g= 1mg/kg.

¹² Se detectó en un rango de 3.3-28.17mg/kg, el valor guía es de 0.02 ug/g según la Ley de Protección al Ambiente de Canadá; 1 ug/g= 1mg/kg.

¹³ Se detectó en un rango de 2.8-27.7mg/kg, el valor guía es de 0.031 ug/g según la Ley de Protección al Ambiente de Canadá; 1 ug/g= 1mg/kg.

¹⁴ Se detectó en un rango de 0.6-16 mg/kg, el valor guía es de 0.006 ug/g según la Ley de Protección al Ambiente de Canadá; 1 ug/g= 1mg/kg.

¹⁵ Se señala que estos contaminantes pueden pasar de los sedimentos al agua por influencia de las altas concentraciones de manganeso que alcanza los 0.7 mg/l, que puede causar reacciones de oxidación y reducción sobre otros metales como arsénico y plomo (el manganeso no está contemplado en la NOM-001-SEMARNAT-1996).

El río Santiago recibe regularmente las descargas residuales de al menos 20 unidades de origen municipal, 271 unidades de origen industrial y 14 pecuarias (AyMA, 2006). Se ha detectado que 36.5 por ciento de las aguas residuales que se vierten por parte de la industria al río, lo aporta la rama química-farmacéutica, 15 por ciento la rama textil, 12.3 por ciento la rama del papel y tequileras (Ibíd.). A su vez, se ha señalado que, mientras algunas de las industrias mayores cuentan con plantas de tratamiento, la mayoría no somete sus aguas residuales a ningún tratamiento y, aun en los casos donde existen plantas de tratamiento, estudios indican que los efluentes siguen sin cumplir con la norma (McCulligh, Páez y Moya, 2007:12).

En el río se descargan 118 kg/día de zinc (Zn), 11.4 kg/día de níquel, 7.5 kg/día de cobre y 2.1 kg/día de plomo (Pb), entre otros contaminantes (IMTA, 2011). Se ha encontrado que las descargas industriales en la cuenca del Santiago-Guadalajara son más contaminantes que las descargas municipales, 87 a 94 por ciento de las industrias incumplen en al menos uno de los parámetros de la NOM-001-SEMARNAT-1996¹⁶ (Ibíd.). A partir de 2009, la Comisión Estatal del Agua de Jalisco (CEA) monitorea la calidad del agua en la cuenca Santiago-Guadalajara. El río Santiago es uno de los pocos sistemas hídricos en el país del que se tiene información pública sobre presencia de metales pesados.

En los municipios El Salto y Juanacatlán, localizados en la cuenca Santiago-Guadalajara, se ha documentado una alta incidencia de enfermedades respiratorias, cáncer, abortos y diarreas, que se asocian a la contaminación del agua de la cuenca (Islas, P., 2009¹⁷; Martínez, P., Hernández, E., 2009¹⁸). Para estos dos municipios se detectaron tasas de mortandad por tumores malignos del sistema digestivo por arriba de la media estatal, lo mismo para la tasa de mortandad por malformaciones en El Salto, Juanacatlán y Ocotlán (Arellano-Aguilar, O., Ortega, L., y Gesundheit, P.; 2012).

Asimismo, la Comisión Estatal de Derechos Humanos de Jalisco (CEDHJ) en su recomendación 1/2009 del 27 de enero de 2009 destacó la falta de análisis y estudio de los problemas de salud de los habitantes de dichos municipios, además de señalar que el aumento de defunciones en El Salto y Juanacatlán por insuficiencia renal es de 317 por ciento, de 1978-

¹⁶ Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, contempla 16 metales de los cuales ocho corresponden a metales pesados.

¹⁷ El fotorreportaje tipo etnográfico de Paula Islas recoge el testimonio de 12 habitantes de El Salto que padecen enfermedades crónico-degenerativas y de la piel, de los cuales se tiene el registro de siete personas entre los 7-19 años que padecen de cáncer ovárico, sarcoma de Edwin, insuficiencia renal, nevo epidérmico verrugoso y favismo (deficiencia de glucosa-6-fosfato deshidrogenasa).

¹⁸ Este trabajo se enfoca a la salud desde el “bienestar subjetivo” y no fisiológico-epidemiológico de los habitantes de El Salto. Los investigadores encontraron que el bienestar subjetivo, según la percepción de los habitantes de El Salto sobre su capacidad física, ha disminuido a causa de la contaminación

2008. Mientras que el cáncer como causa de muerte se ha incrementado 179 por ciento en el mismo periodo.

El informe de la CEDHJ destaca que la contaminación ambiental en la zona de Juanacatlán y El Salto ha ido en aumento debido a la creación de las zonas industriales y al arrastre de aguas residuales de la parte sur de la zona conurbada de Guadalajara, durante 2008. Esto se atribuye a la falta de compromiso institucional por parte de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Secretaría de Desarrollo Urbano, la Secretaría de Desarrollo Rural y los ayuntamientos de Juanacatlán y El Salto, de solucionar la contaminación del agua que corre por los ríos Santiago y Zula. En dicho informe¹⁹, se destaca que la falta de acción por parte de las instituciones fue principalmente, a que se declararon incompetentes y sin las facultades necesarias para hacer frente a la problemática²⁰.

El Consejo de Cuenca del Río Santiago, creado en 1999, tiene entre sus objetivos, establecidos en el acta de instalación “fomentar el cuidado y el saneamiento de las aguas de la cuenca y la vigilancia y control de su calidad”. El consejo cumple con funciones de consulta y recomendación, así como de coordinación institucional y concertación de intereses en torno a las problemáticas de sustentabilidad del agua. Es la instancia de gestión hídrica en la que concurren los distintos niveles de gobierno, el sector privado y la sociedad civil.

La presente investigación se centra en analizar la gestión del Consejo de Cuenca del Río Santiago frente a la contaminación del agua por metales pesados en la cuenca del Santiago-Guadalajara durante 2009-2015. Con un enfoque en las funciones de coordinación institucional y la participación social al tener en cuenta que los problemas hídricos pueden ser resueltos mediante una adecuada coordinación multiinstitucional, donde participen las múltiples partes interesadas.

¹⁹ Informe especial sobre la contaminación del río Santiago a su paso por los municipios de El Salto y Juanacatlán. Comisión Estatal de Derechos Humanos de Jalisco (CEDHJ), III Visitaduría, 13 de febrero de 2008. Recuperado en http://cedhj.org.mx/infor_espe08.asp

²⁰ La Secretaría de Salud Jalisco señaló, el 30 de octubre de 2007, que la problemática de “contaminación ambiental” no era competencia de esa secretaría, sino de la Comisión Nacional del Agua, puesto que el río Santiago pertenecía a la Cuenca Lerma-Santiago-Pacífico. La Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (SEMADES) informó que el problema no era de su competencia. La Procuraduría Federal de Protección al Medio Ambiente (PROFEPA) señaló no contar con las facultades para verificar hechos relacionados con descargas de aguas industriales o residuales y el manejo de desechos no peligrosos o municipales. La Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) señaló que para emitir una evaluación epidemiológica y ambiental en la zona solicitó apoyo a la Secretaría de Salud Jalisco, el cual no ha brindado por falta de recursos. La Comisión Nacional del Agua (CNA), a través del director general del Organismo de la Cuenca Lerma-Santiago-Pacífico, no adquiere ninguna responsabilidad y se limita a enunciar las acciones proyectadas por la CEA, sin precisar qué acciones realizará ese organismo para erradicar la contaminación. Por último, la Comisión Estatal del Agua (CEA) informó que se construyeron 14 plantas de tratamiento y que se tenían aprobadas dos macroplantas para aguas residuales denominadas Agua Prieta y El Ahogado.

El análisis parte del supuesto de que el Consejo de Cuenca del Río Santiago no ha gestionado adecuadamente el problema de contaminación del agua en la cuenca Santiago-Guadalajara en el periodo 2009-2015. Las deficiencias de la gestión se centran en el incumplimiento de las atribuciones y funciones del Consejo, orientadas al saneamiento y la prevención de la contaminación; lo que tiene que ver con las limitaciones en la coordinación institucional, la falta de la participación social para la remediación y del control de la contaminación de los metales pesados que llegan a exceder los límites máximos permisibles.

Estudios sobre el proceso de industrialización en la ZMG señalan que los problemas ambientales suscitados en el municipio El Salto, donde se localiza el mayor desarrollo industrial de la cuenca, son debido a la falta de planeación territorial (Rodríguez y Cota, 2005). Esto implica una inadecuada gestión del agua ya que, anteriormente se destacó que no hay gestión del agua sin gestión del territorio, por lo que la degradación de los ecosistemas acuáticos está relacionado al modelo de gestión del territorio (Arrojo, 2006).

La investigación se basa en la perspectiva analítica del pluralismo metodológico, que expone que los sistemas complejos sólo pueden ser entendidos a través de múltiples metodologías (Nogaard, 1989). Con base en esto, la investigación propone una estrategia metodológica que permita el análisis del alcance del Consejo de Cuenca del Río Santiago frente a la contaminación del agua por metales pesados a partir de la comprensión de un sistema que está integrada por tres elementos o esferas: la gestión, los recursos hídricos y el territorio. La gestión es representada por el Consejo de Cuenca del Río Santiago, que tiene la capacidad de mediar los impactos de las actividades industriales sobre la calidad del agua del río Santiago, con base en sus funciones de coordinación y concertación orientadas a formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración de las aguas, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos y la preservación de los recursos de la cuenca. El segundo elemento son los recursos hidrológicos, específicamente al río Santiago y sus afluentes, así como los cuerpos de agua de la cuenca Santiago-Guadalajara. Por último, el territorio es representado por la localización de la industria manufacturera que se asocia al uso de metales pesados durante sus procesos productivos en la cuenca de estudio.

La estrategia metodológica está compuesta por dos secciones. La primera se centra en la interacción de la esfera territorial con la esfera medio ambiental. Con la que se espera analizar la *distribución de la industria manufacturera* asociadas al uso de metales pesados en la cuenca del Santiago-Guadalajara. Mientras que la segunda estrategia metodológica se centra en la interacción de la esfera de gestión con la esfera de medio ambiente. Con la que se espera conocer cómo se ha llevado a cabo particularmente la *coordinación* y la *concertación* del

Consejo de Cuenca del Río Santiago para solucionar el problema de contaminación por metales pesados en la cuenca Santiago-Guadalajara. Se plantea que el análisis conjunto de las secciones metodológicas brinde un panorama amplio sobre la gestión de la calidad del agua que ha llevado a cabo el Consejo de Cuenca del Río Santiago, a partir del año 2009 que es cuando se comenzó el programa de monitoreo mensual de calidad del agua en la cuenca Santiago-Guadalajara, al año 2015.

1.4.1 ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA ASOCIADA AL USO DE METALES PESADOS EN LA CUENCA SANTIAGO-GUADALAJARA

Esta sección metodológica tiene el fin de analizar la *distribución de la industria manufacturera* asociada al uso de metales pesados en la cuenca del Santiago-Guadalajara, mediante el uso de herramientas espaciales para crear áreas de influencia²¹. Resulta de interés determinar el patrón industrial que se desarrolla en la cuenca y corroborar si se encuentra asociada a la descarga de metales pesados por arriba del límite máximo permisible, según datos del sistema mensual de monitoreo de la calidad del agua.

En primera instancia se espera determinar las unidades económicas de las ramas de la industria manufacturera que se concentran espacialmente en la cuenca del río Santiago. Posteriormente se las clasifica espacialmente por ramas asociadas al uso de metales pesados, por tipo y número de sustancias tóxicas que regularmente utilizan en sus procesos productivos, con base en el informe de la agencia de ingeniería ambiental AMBISAT (2005). De esta clasificación se compone la categoría de estudio “establecimientos industriales potencialmente generadores de descargas residuales peligrosas”, que son aquellos que emplean entre cinco y siete metales pesados²² en sus correspondientes procesos productivos. El tamaño de los establecimientos industriales analizados cubre todo el espectro, desde micro a grande industria, al tener en cuenta que la bibliografía señala que el tratamiento de las aguas residuales es un problema en las empresas de todos los tamaños, a veces más recurrente en las micro y pequeñas industrias que se enfrentan a problemas para adquirir nuevas tecnologías (Castelán, 2003).

Posteriormente, con base a la categoría de estudio “establecimientos industriales potencialmente generadores de descargas residuales peligrosas” a nivel de ramas productivas, se generan áreas de influencia específicamente en la cuenca Santiago-Guadalajara con relación

²¹ Corresponde al territorio donde potencialmente se manifiesta la presencia de metales pesados por las descargas residuales, además de impactos ambientales.

²² Al considerar que el sistema de monitoreo de calidad del agua de la cuenca de estudio establece y monitorea mensualmente siete parámetros inorgánicos con categoría de metales pesados.

al río Santiago y cuerpos de agua. La construcción de áreas de influencia es con la finalidad de hacer un ejercicio exploratorio que muestre posibles impactos a los ecosistemas y a la salud humana dada la cercanía de la industria al río Santiago y cuerpos de agua. Dado que estudios ambientales señalan que a una distancia de 0 a 5 km los impactos a ecosistemas y a la salud humana se consideran directos, por lo que pueden afectar la salud de las comunidades²³ no obstante, hasta una distancia de hasta 20 km se considera que puede haber impactos a la salud humana (IMTA, 2011).

De la misma manera que se analiza la distribución de la industria manufacturera se hace para el caso de la distribución de los volúmenes de descargas residuales de la industria en la cuenca Santiago-Guadalajara, con base en los permisos de descargas emitidos durante el periodo de estudio 2009-2015. Sin embargo, el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) no reporta los años de vigencia de cada permiso por ende, se desconocen los permisos vigentes para el periodo. En ese sentido el análisis puede tener una subestimación de los volúmenes descargados en la cuenca. El alcance de este apartado se centra en la localización del mayor número de permisos y volúmenes de descargas residuales con relación a la detección de metales pesados por arriba del límite máximo permisible por los 13 puntos de monitoreo de la Comisión Estatal del Agua de Jalisco. En un ejercicio de gestión integral del agua que considere la gestión del territorio se esperaría que en los sitios donde se registra la presencia de metales pesados por arriba del límite máximo permisible sea más controlada la emisión de permisos de descargas, como una medida de control de la contaminación.

A continuación, se retoma la categoría de estudio “establecimientos industriales potencialmente generadores de descargas residuales peligrosas” pero esta vez, desagregado a nivel de sub ramas productivas. Se construyen áreas de influencia directa, es decir de 0 a 5 km de distancia²⁴, con respecto a los puntos de monitoreo, establecidos por el programa de monitoreo de calidad del agua estatal, y se contrasta con la información anual de los metales pesados que se encuentran por arriba del límite máximo permisible. De esta manera, se construye un panorama de las actividades manufactureras, por sub rama, con mayor presencia en los sitios de monitoreo donde se rebasa el límite de cada uno de los cinco parámetros que se

²³ Se determinó que 100% de la población del municipio El Salto se localiza en los primeros 5 kilómetros del río Santiago y el arroyo El Ahogado, igual a 138,222 habitantes. Se determinó también que 458,193 habitantes de los nueve municipios que se localizan alrededor del río Santiago y el arroyo El Ahogado están a una distancia no mayor de 5 kilómetros (Arellano-Aguilar, O., Ortega, L., y Gesundheit, P.; 2012).

²⁴ Para la presente investigación únicamente se considera la distancia en las áreas de influencia ya que, el objetivo del trabajo no es desde el punto de vista hidrológico, sino que es un análisis espacial de las fuentes contaminantes en relación a los cuerpos receptores. Es así que no se cuenta con datos de flujo superficial, direccional, temperatura y velocidad de la corriente que influyen en la dilución de los contaminantes, por lo que se sugiere un trabajo futuro con enfoque geográfico e hidráulico que continúe con el análisis aquí propuesto.

identifica que no están controlados en la cuenca, según los parámetros establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996: mercurio (Hg), cadmio (Cd), zinc (Zn), cobre (Cu) y cromo (Cr). Y con ello, analizar si los planes de acción para remediar la contaminación en la cuenca se han focalizado a las zonas más problemáticas.

El desarrollo de esta sección metodológica se ubica en el capítulo 3 de la presente investigación. El capítulo tiene el objetivo de analizar la contaminación del agua por metales pesados, en relación al desarrollo de las actividades industriales en la cuenca del Santiago-Guadalajara, durante el periodo 2009-2015. Donde se describe mayor información sobre las ventajas y limitantes de los datos georeferenciados que se utilizan para el análisis propuesto. Las fuentes de información son el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) de INEGI, 2014. Los datos vectoriales son de CONAGUA-PRONACOSE, proyección Cónica Conforme de Lambert (CCL), *datum* ITRF 1992.

1.4.2 ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DEL CONSEJO DE CUENCA DEL RÍO SANTIAGO FRENTE A LA CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN LA CUENCA SANTIAGO-GUADALAJARA

La metodología aplicada a analizar la gestión del agua ante la contaminación por metales pesados en la cuenca del Santiago-Guadalajara consiste en la construcción de dos índices basados en las funciones del Consejo de Cuenca del Río Santiago: índice de participación social e índice de coordinación institucional. La apuesta por los indicadores es debido a que constituyen una herramienta de análisis simple y a la vez, capaz de brindar un panorama de la situación general y particular de la gestión ya que, permite desagregar las funciones de coordinación, así como la participación del Consejo de Cuenca correspondiente.

El análisis general se da a partir de los resultados finales que arrojan los índices, mientras que el análisis particular se da con cada uno de los componentes de los índices. Los dos indicadores se basan en las atribuciones asignadas al Consejo de Cuenca del Río Santiago a través de la legislación mexicana para el saneamiento de las cuencas, microcuencas, acuíferos y cuerpos receptores de aguas residuales para prevenir, detener o corregir su contaminación. De esta manera, se pretende una metodología que subsane parte de las críticas a las metodologías dirigidas a analizar la GIRH por prestar mayor atención a la implementación de los principios de la GIRH que a los problemas suscitados en el contexto local (Stefano, 2009; Petit, 2016, Biswas, 2004).

Por tanto, la metodología pone énfasis en las acciones de coordinación y participación que pueden abonar a la solución del problema de contaminación del agua por metales pesados desde el Consejo de Cuenca del Río Santiago, en lugar de subrayar si la gestión del Consejo ha

sido con apego o no a los principios de la sustentabilidad hídrica. La sustentabilidad no depende de implementar cierto modelo de gestión del agua sino que, en parte, depende del trabajo de las instituciones por integrar soluciones técnicas y de gestión, así como soluciones a las desigualdades sociales y a los desajustes políticos, en este caso referidos a la contaminación industrial del agua (Grigg, 2014).

La construcción de los índices se apoya en dos indicadores de gestión ya desarrollados y ampliamente utilizados a nivel internacional. El Índice de Gobernabilidad Mundial²⁵ (WGI, por sus siglas en inglés) y el del Manejo Integral de Cuencas y Cuerpos de Agua²⁶ (ILBM, por su sigla en inglés). La ventaja de considerar ambos indicadores es que se logra capturar los dos tipos de gestión al interior del Consejo de Cuenca. Por ejemplo, con el índice WGI se observa la gestión vertical del agua, referida a la coordinación entre los distintos niveles de gobierno, con sus políticas y programas hidrológicos. Con el índice ILBM se observa la gestión horizontal del agua, que se realiza entre usuarios, grupos y diversas organizaciones de la sociedad.

1.4.2.1 ÍNDICE DE PARTICIPACIÓN

El índice responde a la gestión horizontal con la que se socializa el problema de contaminación y se abren canales de participación a distintos actores involucrados con los usos del agua en la cuenca, con el fin de que el Consejo de Cuenca del Río Santiago implemente *prácticas de gestión más incluyentes y sostenibles* (OCDE, 2015). Y en conjunto, los usuarios del agua, la sociedad organizada y la academia construyan soluciones al problema de contaminación por metales pesados en la cuenca Santiago-Guadalajara.

El índice de participación social se basa en el índice ILBM que considera a la participación como un pilar para dar legitimidad y eficacia a las acciones emprendidas, así como un requisito esencial para el manejo de cuencas. Se toma como referencia el ejercicio de Juárez A. (2013) que emplea el marco ILBM para analizar el manejo de la cuenca Lerma-Chapala desde su correspondiente Consejo de Cuenca²⁷. Particularmente, el índice se integra

²⁵ Desarrollados por el Banco Mundial <http://info.worldbank.org/governance/wgi/index.aspx#doc>

²⁶ Desarrollado por la Fundación del Comité Internacional de Ambientes de Lagos (ILEC, por sus siglas en inglés) <http://www.ilec.or.jp/en/pubs/p2/ilbm-leaflet>

²⁷ Realiza un diagnóstico de la gobernanza en la cuenca Lerma-Chapala en el que considera la percepción múltiples instituciones respecto a la “participación” específicamente: la identificación de los principales grupos de actores para el manejo de la cuenca; mecanismos de consulta para involucrar a los grupos de actores en el manejo de cuenca; mecanismos permanentes de capacitación en el manejo sustentable de la cuenca; mecanismos de participación conjunta para proponer y acordar situaciones concretas para el manejo de la cuenca; representación efectiva y transparente de los actores de la cuenca; tomar en cuenta de manera efectiva las propuestas de las instancias de participación; la identificación y reconocimiento del público en general de los

por tres componentes: 1) *la participación social institucional*, 2) *la representatividad de vocales* y, por último, 3) *la participación social no institucional*.

La participación social institucional hace referencia a la participación convocada por el propio Consejo de Cuenca del Río Santiago hacia los usuarios, la sociedad organizada y la academia. Por tanto, nos referimos a una participación social con las acreditaciones correspondientes y por ende, con suscripción en los órganos funcionales y auxiliares del Consejo de Cuenca, como la Asamblea General de Usuarios, los Comités de Usuarios, la Comisión de Operación y Vigilancia (COVI) y el Consejo de Cuenca.

Las variables que se consideran en el componente de la participación social institucional son cuatro: 1.1) la realización de sesiones ordinarias de la Asamblea General de los Usuarios; 1.2) la realización de sesiones ordinarias de la COVI; 1.3) la asistencia de los vocales a la Asamblea del Consejo y a la Asamblea General de Usuarios; por último, 1.4) la discusión y propuestas sobre la problemática de contaminación industrial del agua en Asambleas.

La representatividad de vocales se refiere a la participación social institucional efectiva de los diversos sectores, es decir que estos últimos sean representados por quienes participan en el Consejo de Cuenca del Río Santiago. Se consideran tres variables dentro de este segundo componente: 2.1) la instalación del Comité de Usuarios, 2.2) la elección de vocales y 2.3) la renovación de los vocales. En el caso de las dos últimas variables se consideran 14 vocales representantes de usuarios conforme a los usos existentes en el ámbito del Consejo, y cuatro vocales más que son representantes de organizaciones ciudadanas y del sector académico. 18 vocalías en total, según las Reglas Generales de Integración, Organización y Funcionamiento del Consejo de Cuenca del Río Santiago (RGIOF).

Por último, el componente de la *participación social no institucional* hace referencia a la participación de la sociedad organizada y de la academia que se lleva a cabo por fuera del Consejo de Cuenca del Río Santiago, para abonar a la solución de la contaminación del agua por metales pesados en la cuenca Santiago-Guadalajara. Las variables del componente son: 3.1) actividades de socialización del problema de contaminación del agua en la cuenca; 3.2) generación de diagnósticos e informes en torno al problema de contaminación; y 3.3) demandas interpuestas por contaminación del agua.

Dentro de la gestión horizontal existe la participación social que no alcanza a vincularse de manera institucional, sobre todo al considerar que en nuestro caso de estudio, la

acuerdos alcanzados por las instancias de participación; el monitoreo y difusión del desempeño de las instancias de participación; mecanismos de participación que colaboren a prevenir y resolver conflictos entre sectores; y finalmente, mecanismos de apoyo para asegurar la participación de los sectores económicamente más débiles.

participación social institucional está cargada a los vocales usuarios del agua, que representan 75% del total de los vocales que integran al Consejo de Cuenca. Es decir, más que una “participación social” es una “participación de los usuarios del agua” que tienen intereses sobre el uso consuntivo del agua para beneficio de las actividades del sector que representan.

Las fuentes de información para los tres componentes del índice son documentos oficiales del Consejo de Cuenca del Río Santiago, por ejemplo: minutas de la Asamblea General de Usuarios, minutas de la COVI, minutas del Consejo, actas de establecimiento de Comités de Usuarios y Sociedad Organizada, así como registros de la Gerencia Operativa. Las fuentes para el último componente son el periódico local, así como publicaciones científicas, libros y artículos referidos a la problemática, además de entrevistas a integrantes de la ONG Un Salto de Vida, A.C., a un académico de la Universidad de Guadalajara y a un representante de la Asamblea General de Usuarios del Consejo de Cuenca del Río Santiago.

El índice de participación social se construye para dos periodos, cada uno recopila información de cuatro años: 2008-2011 y 2012-2015, al tomar en cuenta la periodicidad en que se renuevan los integrantes vocales. La ponderación de las variables de los componentes del índice se basa en las Reglas de Interacción, Organización y Funcionamiento del Consejo de Cuenca del Río Santiago. El resultado arrojado es un promedio de las variables para ambos periodos. La escala para cada índice es numérica, de 0 a 10, los valores de cada componente son promediados. 0-5 deficiente; 6-7 escasa; 8-9 buena; 10 excelente (anexo 1).

1.4.2.2 ÍNDICE DE COORDINACIÓN

El índice responde a la gestión vertical entre los distintos niveles de gobierno que tienen injerencia en la gestión del agua y que colaboran en el Consejo de Cuenca del Río Santiago: gobiernos estatales y municipales, conforme a su circunscripción territorial dentro de la cuenca hidrológica; representantes del Gobierno Federal como la SEMARNAT, SHCP, SEDESOL, SENER, SE, SSA y SAGARPA; además del Organismo de Cuenca Lerma-Santiago-Pacífico y la CONAGUA. Su colaboración en el Consejo de Cuenca es mediante representantes vocales.

El índice analiza la capacidad del Consejo de Cuenca del Río Santiago para formular, recomendar y aplicar medidas para remediar la contaminación a partir de la coordinación de las distintas instancias gubernamentales. Sin embargo, la coordinación de acciones y programas para mejorar la calidad del agua en la cuenca no excluye a la “participación social”. La participación social puede proponer, impulsar y llevar a cabo acciones para controlar y remediar la contaminación industrial del agua por metales pesados no obstante, es de interés para la investigación discernir entre “coordinación” y “concertación” como dos formas

distintas que en conjunto abonan a la gestión integral del agua desde el Consejo de Cuenca del Río Santiago. Que a su vez, esta disgregación brinda un panorama de la gestión integral del agua desde grupos de actores, que incluye instituciones, al interior del correspondiente Consejo de Cuenca.

El índice de coordinación institucional se basa en el índice WGI que considera a la capacidad del gobierno para conducir a la sociedad, en este caso para dirigir la política hídrica a nivel de cuenca hidrológica. Se toma como referencia a Jiménez (2012)²⁸ para aterrizar las dimensiones del índice para el caso de la gestión de la calidad del agua a nivel de Consejos de Cuenca. De las seis dimensiones del WGI se retoma “*la efectividad del gobierno*” que enfatiza la definición de una política de calidad del agua y el establecimiento de instrumentos institucionales para su aplicación, en tanto la falta de efectividad del gobierno hace que el manejo de la calidad del agua se haga por otros actores que se rigen por la relación de fuerzas económicas y políticas que cada uno tenga (Jiménez, 2012:44).

Es decir, además de socializar el problema de contaminación y abrir canales de participación es indispensable una coordinación institucional que responda con una particular gestión de la calidad del agua enfocada al contexto y problemática local. El índice de coordinación institucional se integra por tres componentes: 1) *la planificación y programación* de las acciones de prevención y remediación de la contaminación del agua, 2) *las reuniones* del Consejo de Cuenca en coordinación con instancias gubernamentales, y 3) *la toma de decisiones* al interior del Consejo de Cuenca.

La *planificación y programación* de las acciones de prevención y remediación de la contaminación industrial del agua hace referencia a una de las actividades más importantes en el seno del Consejo. Implica la definición y atención al problema local de contaminación del agua por metales pesados, así como la comunicación de la situación del problema a los miembros del Consejo de Cuenca. Las variables de este componente son: 1.1) programas integrales de desarrollo hídrico de la cuenca con apartado de mejoramiento de la calidad del agua referida a contaminación industrial, 1.2) programas de trabajo del Grupo Especializado de Trabajo (GET) en saneamiento, y 1.3) los GET en apoyo, además del de saneamiento.

Por su parte, *reuniones* del Consejo de Cuenca son de suma importancia para llevar a cabo la coordinación gubernamental de las acciones programadas para hacer frente al problema de contaminación del agua, dado que el Consejo de Cuenca es un órgano colegiado. Por lo que,

²⁸ La autora toma como referencia la metodología del Banco Mundial para la construcción índices de gestión del agua, referidos a la gobernanza-gobernabilidad hídrica.

las reuniones constituyen la principal herramienta para el planteamiento, discusión y análisis de las problemáticas suscitadas en el contexto local. Las variables de este componente son: 2.1) las sesiones ordinarias del Consejo; 2.2) la asistencia de los vocales gubernamentales, estatales y municipales a las sesiones ordinarias del Consejo de Cuenca; y por último, 2.3) las sesiones extraordinarias del Consejo de Cuenca para atender temas referidos a la calidad del agua que requieran discusión inmediata.

Si bien, el Consejo de Cuenca del Río Santiago es un órgano de consulta y recomendación, *la toma de decisiones* no es una labor secundaria, ésta refleja la efectividad del ejercicio de coordinación de las políticas y acciones de saneamiento de cuerpos receptores de aguas residuales. El Consejo tiene la capacidad de tomar decisiones consensuadas entre sus vocales gubernamentales, así como acordar responsabilidades entre cada uno de ellos. A su vez, al ejercer la toma de decisiones desde el seno del Consejo se asume que la gestión es un proceso continuo, y que de manera constante se presentan cambios sobre los cuales se toman nuevas decisiones. Las variables de este componente son: 3.1) establecimiento de acuerdos para el mejoramiento y conservación de la calidad del agua, referida a contaminación industrial, 3.2) seguimiento de acuerdos y acciones para el mejoramiento y conservación de la calidad del agua en la cuenca, y por último 3.3) creación de Comisiones de Cuenca. Se destaca que la última variable es de suma importancia ya que, como se verá más adelante, las Comisiones de Cuenca se enfocan a las problemáticas particulares al ámbito territorial de un grupo de microcuencas.

Las fuentes de información para construir el índice son documentos oficiales del Consejo de Cuenca del Río Santiago, por ejemplo: minutas de la COVI, minutas del Consejo, así como registros de la Gerencia Operativa, del Grupo Especializado de Trabajo (GET) en Saneamiento y del Organismo de Cuenca Lerma-Santiago-Pacífico²⁹. También se revisa el periódico local y las páginas electrónicas del Consejo de Cuenca además de entrevistar a

²⁹ Los documentos oficiales del Consejo de Cuenca del Río Santiago no están completamente sistematizados, ni son totalmente disponibles al público en su portal electrónico (<http://www.cocurs.mx>). Para muestra no se cuenta con una sistematización de las Actas de las Sesiones del Grupo de Saneamiento del Consejo de Cuenca del Río Santiago por parte del Organismo de Cuenca Lerma-Santiago-Pacífico. Mediante solicitud de acceso a la información el Organismo de Cuenca señaló que después de una búsqueda exhaustiva y minuciosa en los archivos y bases de datos en la Dirección Técnica y la Dirección de Administración del Agua no se detectaron actas del Grupo de Saneamiento (Infomex folio 1610100055616). Sin embargo, este tipo de documentos son esenciales para analizar la coordinación y concertación de las acciones del Consejo de Cuenca. No tener todos los documentos, por ejemplo del “GET en saneamiento”, si bien pudiera resultar en un problema de subestimación de información representa también una escasa coordinación institucional entre los órganos funcionales del Consejo de Cuenca del Río Santiago con el correspondiente Organismo de Cuenca y la Comisión Estatal del Agua en Jalisco.

integrante de la gerencia operativa del Consejo de Cuenca y a un funcionario de la Comisión Estatal del Agua en Jalisco.

El índice de coordinación institucional, de igual manera que el de participación social, se construye para dos periodos, cada uno recopila información de cuatro años: 2008-2011 y 2012-2015, al tomar en cuenta la periodicidad en que se renuevan los integrantes vocales del Consejo de Cuenca. La ponderación de las variables de los componentes del índice se basa en las Reglas de Interacción, Organización y Funcionamiento del Consejo de Cuenca del Río Santiago. El resultado arrojado es un promedio de las variables para ambos periodos. La escala para cada índice es numérica, de 0 a 10, los valores de cada componente son promediados. 0-5 deficiente; 6-7 escasa; 8-9 buena; 10 excelente (Ver anexo 2).

CONSIDERACIONES FINALES

- 1 El agua es un activo ecosocial que tiene la capacidad de satisfacer un conjunto de funciones económicas, sociales y ambientales (Arrojo, 1995). Inmerso en un sistema ambiental que interactúa con otros elementos ambientales y subsistemas que son parte del sistema mismo. Es así que las actividades productivas de los sectores económicos interactúan con los recursos hidrológicos y generan impactos que modifican al sistema hidrológico (Meadows, 2008).
- 2 La gestión del agua es una práctica de planeación y de ejercer influencia sobre el sistema hídrico para dirigirlo en una dirección determinada (Pahl-Wostl *et al.*, 2011). En este sentido, el modelo de la GIRH promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales (GWP, 2000). Promueve a la cuenca hidrológica como la unidad espacial básica para la gestión (Mukhtarov y Gerlak, 2014), así como la creación de instituciones encargadas de la gestión hídrica (Doujereanni, Jouravlev y Chávez, 2002), el establecimiento de una política general del agua y leyes, así como mecanismos de precios y la participación social en la toma de decisiones (Giordano y Shah, 2014).
- 3 El modelo de la GIRH se centra en administrar la “disponibilidad del agua” y reduce otras dimensiones como la calidad hídrica, dado que fija la problemática de los recursos hidrológicos en un inminente estrés hídrico que se ve reflejado en un gran interés por coordinar la demanda y la oferta del agua (Jeffrey y Gearey, 2006). A su vez, la promoción de adoptar la GIRH mediante apoyos condicionados por parte de organismos internacionales como el BID, el BM y la ONU ha incidido para que el modelo se convierta

en una meta en sí misma, más que en un medio para resolver problemas en los contextos locales, ni la adecuación de estrategias del modelo (Petit, 2016; Biswas, 2004).

- 4 El exceso de materia o energía por contaminantes no biodegradables provenientes de la industria limita el uso seguro del agua para la salud del ser humano y del ambiente. La literatura señala que la contaminación del agua requiere de medidas de gestión y regulación como lo son reformas institucionales, cambios en la legislación ambiental, etc., (Dasgupta, S., *et al.*, 2002; Hettige, H., *et al.*, 2000; Arrow, K. *et al.*, 1995). La contaminación por metales pesados es causada principalmente por vertimientos del sector industrial (Ocaña, *et al.*, 2003), debido a la falta de tratamiento de agua residual proveniente de la industria (Sánchez, J. y Duarte, R., 2005).
- 5 Los Consejos de Cuenca son espacios institucionales clave para aterrizar la gestión del agua y la planeación territorial que puede mediar los impactos de la actividad económica industrial en la calidad del agua. Si bien, los Consejos de Cuenca no pueden controlar de manera directa la contaminación del agua por metales pesados, ya que no son más unidades de planeación y desarrollo económico, la actividad económica industrial requiere de la planeación territorial (Farinós, 2010) que integre la perspectiva de la gestión de los recursos hidrológicos.
- 6 En el río Santiago localizado al occidente del territorio mexicano, en el que concurre el Consejo de Cuenca del Río Santiago, se descargan 118 kg/día de zinc (Zn), 11.4 kg/día de níquel, 7.5 kg/día de cobre y 2.1 kg/día de plomo (Pb), entre otros contaminantes (IMTA, 2011). Se ha detectado contaminación por metales pesados, especialmente en la zona en la que se localizan parques y ciudades industriales, que va en incremento en el municipio de El Salto y Juanacatlán, en la cuenca Santiago-Guadalajara, debido a la localización del complejo industrial, así como a la falta de acción por parte de las instituciones.
- 7 La investigación se centra en analizar la gestión del Consejo de Cuenca del Río Santiago frente a la contaminación del agua por metales pesados en la cuenca del Santiago-Guadalajara durante 2009-2015. Es decir, a partir de que la Comisión Estatal del Agua en Jalisco implementó el monitoreo de calidad del agua para la cuenca, por lo que se tiene información de metales pesados en 13 puntos de monitoreo. La estrategia metodológica se enfoca a los alcances de la gestión del Consejo de Cuenca del Río Santiago con base a sus funciones sobre el problema de contaminación del agua por metales pesados suscitado en lo local. Por lo que, se analiza la distribución de la industria manufacturera asociadas al uso de metales pesados en la cuenca del Santiago-Guadalajara, con apoyo de herramientas especiales; así como las medidas que el Consejo de Cuenca ha tomado para controlar y

remediar la contaminación industrial del agua, con la construcción de un índice de participación social y uno de coordinación institucional.

- 8 El análisis parte del supuesto de que la gestión del Consejo de Cuenca del Río Santiago frente a la contaminación del agua por metales pesados tiende a la minimización del problema suscitado en el contexto local de la cuenca del Santiago-Guadalajara, ya que no focaliza la coordinación institucional y la participación social en acciones de control y remediación de la contaminación en el territorio afectado por metales pesados detectados por arriba del límite máximo permisible durante 2009-2015, debido a la falta de cumplimiento de sus atribuciones y funciones referidas al saneamiento y a la prevención de la contaminación de la cuenca.

CAPÍTULO 2

LA EXPERIENCIA MEXICANA DE GESTIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

El presente capítulo se enfoca a analizar la gestión de la contaminación del agua en el país, con énfasis en los Consejos de Cuenca y la contaminación por metales pesados, además de considerar el contexto de relación del agua con el crecimiento económico; el marco legal e institucional de la gestión del agua; y el control y tratamiento de los vertidos industriales. Para lo cual, se examina la transformación de enfoques de gestión del agua frente a la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) y las atribuciones de los Consejos de Cuenca al fungir como instituciones de consulta y recomendación con tareas de coordinación y concertación.

2.1 LA GESTIÓN DEL AGUA COMO ESTRATEGIA DE CRECIMIENTO ECONÓMICO

En México, se pueden distinguir al menos tres enfoques de gestión de los recursos hídricos: el modelo de desarrollo, el modelo de manejo subsectorial y el modelo de gestión integrada (Escobar, 2009). Cada uno de estos enfoques guarda una relación con el crecimiento económico, que da prioridad a ciertos sectores económicos, de los que se destaca al sector agrícola y al sector industrial.

Cada enfoque impulsa un modelo que se caracteriza por una problemática particular, normatividad específica, órganos e instituciones encargadas de la gestión de los recursos hídricos y prioridades en los usos del agua por sector económico. Como se verá en el cuadro 1, las características específicas de cada modelo constituyen una ventana a la gestión del agua a fechas actuales, así como su relación con el desarrollo de actividades productivas en el país.

El modelo de desarrollo de los recursos hídricos, implementado entre 1910 y 1940, tuvo como prioridad el desarrollo agrícola (cuadro 1). La política hídrica nacional se orientó a la oferta, lo que se tradujo en un incremento en infraestructura de almacenamiento, riego tecnificado, acueductos y sistemas de abastecimiento del agua (CONAGUA, 2011).

Los objetivos de desarrollo económico nacionales que se pretendieron a partir de la Comisión Nacional de Irrigación, (CNI)³⁰ fueron el crecimiento agrícola y el incremento de la oferta de la energía eléctrica. Con el desarrollo de la agricultura se esperaba impulsar el

³⁰ En este periodo se tiene el primer antecedente de gestión institucional del agua en México, mediante la creación de la CNI en 1926, que tuvo la misión de estudiar y construir obras de regadío.

crecimiento económico en las zonas rurales, alejadas de las urbes, mientras que con la creación de energía eléctrica se planeaba estimular a la industria manufacturera (Barkin y King, 1986).

Por tanto, la relación entre el desarrollo de los recursos hídricos durante este modelo, estuvo estrechamente vinculado al desarrollo de las actividades productivas. La expansión de las tierras de regadío fue posible al incrementar la capacidad de almacenar agua en presas y de extraerla del subsuelo. A su vez, la expansión de la industria se logró al aumentar los volúmenes de extracción de agua subterránea (Aboites, 2009).

Como lo muestra el cuadro 1, la CNI fue la primera institución que específicamente se encargó de gestionar el agua. Anterior a ella, hubo otras secretarías que abordaban la gestión del agua, pero no era su función principal. En tanto, la legislación se enfocó a la irrigación con aguas federales y a la propiedad de aguas nacionales. La percepción de las problemáticas latentes para el periodo fueron la escasa infraestructura de almacenamiento de agua, por lo que la prioridad fue construir grandes obras de este tipo. A la par, se destaca la centralización de la gestión del agua y la falta de información sistematizada sobre los recursos hídricos en el país. Posterior a este modelo, surge el enfoque del manejo subsectorial de los recursos hídricos.

El manejo subsectorial de los recursos hídricos se implementó a partir de 1940 hasta 1980, aproximadamente. Con un enfoque hacia dinamizar el desarrollo regional desde cuencas hidrológicas. Si bien, en el enfoque de gestión anterior, se asumió una relación directa entre el desarrollo de los recursos hídricos con el desarrollo productivo, desde el enfoque subsectorial esta relación se amplía al desarrollo regional que se caracterizaba por el crecimiento económico, el impulso a sectores estratégicos como el sector comunicaciones y transportes, entre otro.

Este periodo marca el giro del sector hídrico hacia el uso eficiente del agua y su conservación. Se decreta la Ley de Conservación del Suelo y Agua en 1946 en la que se estipula la conservación del agua y del suelo al considerarlos como recursos básicos para la agricultura nacional. A su vez, se decreta la primera Ley para prevenir y controlar la contaminación ambiental en 1971, con un apartado especial dedicado al recurso agua, con el que se vinculó al agua con el sector salud.

Cuadro 1. Enfoques de gestión del agua en México.

Enfoques de gestión	Descripción	Principales usos del agua por sector	Órganos e Instituciones de gestión	Legislación	Problemática
Desarrollo de los recursos hídricos (1910-1940)	Los proyectos o actividades encaminadas a aumentar el abastecimiento de agua para el sector agrícola aunque la industria también se vio beneficiada.	<ul style="list-style-type: none"> • Agrícola • Generación de energía eléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> • Secretaría de Fomento (SF) y posteriormente Secretaría de Agricultura y Fomento (SAF) • Comisión Nacional de Irrigación (CNI), 1926 	<ul style="list-style-type: none"> • Ley sobre irrigación con aguas federales, 1926 • Ley de aguas de propiedad nacional, 1929 y 1939 	<ul style="list-style-type: none"> • Escasa infraestructura de almacenamiento • Centralización de la gestión del agua Gobierno Federal • Falta de información sistematizada del sector hídrico
Manejo subsectorial de los recursos hídricos (1940-1980)	Se vincula el manejo del agua con el potencial del desarrollo regional. Los proyectos o actividades encaminados a aumentar la conservación del agua y utilizarla más eficientemente.	<ul style="list-style-type: none"> • Agrícola • Industria • Generación de energía hidroeléctrica • Uso doméstico 	<ul style="list-style-type: none"> • Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH), 1946 • Comisión Papaloapan y Tepalcatepec (1947) • Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), 1976 	<ul style="list-style-type: none"> • Ley de conservación de suelo y agua, 1946 • Ley de aguas propiedad nacional, 1946 y 1972 • Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, 1971 	<ul style="list-style-type: none"> • Sobreexplotación primordialmente subterránea • Tecnologías de eficiencia del agua • Centralización de la gestión desde el uso agrícola del agua
Gestión integrada de los recursos hídricos (desde 1980)	El agua como elemento de seguridad nacional, en riesgo su calidad y disponibilidad, vinculado al sector ambiental. La participación como clave para la planeación, ejecución, evaluación y vigilancia de la política ambiental y de recursos naturales. Se introduce el concepto de sustentabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Uso doméstico y urbano • Sector ambiental • Agrícola • Industria • Generación de energía eléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> • IMTA, 1986 • Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 1989 • Consejos de Cuenca, 1993 	<ul style="list-style-type: none"> • Ley Federal de Derechos, 1981 • Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 1988 • Ley de Aguas Nacionales, 1992 	<ul style="list-style-type: none"> • Creciente demanda entre usuarios • Sobre explotación y contaminación del agua (superficial y subterránea) • Falta de información sobre contaminación del agua proveniente de actividades económicas

Elaboración propia.

Adaptado del “Manejo integrado de los recursos hídricos en América Latina y el Caribe”. Informe técnico. García, L. 1996; con base en Estadísticas históricas de México. INEGI. 1994; Manejo del agua en México. Bosquejo de la evolución institucional federal 1926-2008. Escobar, O. 2009; De la tradición a la modernidad. Cambios técnicos y tecnológicos en los usos del agua. Sánchez, M., 2009.

Las Comisiones pioneras fueron la de Papaloapan y la de Tepalcatepec, ambas creadas en 1947 por decreto presidencial. La primera respondía a las afectaciones de desbordamientos constantes del río, a la par del desarrollo integral de la cuenca (Andrade y González, 2003; Ríos, J., 2006). Por su parte, la Comisión de Tepalcatepec tuvo como objetivo aprovechar los escurrimientos para riego agrícola y generar energía eléctrica para la industria, además de una serie de tareas referidas a la planeación de centros de población, carreteras, acciones sanitarias, es decir el desarrollo integral de la cuenca (Quiroga, 1981).

En la década de 1950 se crearon otras cinco Comisiones operacionales y de estudio, que dependían de la SRH. Se destaca la Comisión del Río Fuerte, del Grijalva, del Balsas; que absorbió a la Comisión de Tepalcatepec. Las Comisiones de estudio del Lerma-Chapala-Santiago y la del Panuco (Brakin y King, 1986). Es decir que, desde este enfoque, ya se tenía un interés federal particularmente en la cuenca del Lerma-Chapala-Santiago por su tamaño, su densidad poblacional, por ser una zona agrícola y un centro industrial con altas tasa de crecimiento económico en la zona alta de la cuenca en contraste con comunidades indígenas aisladas y atrasadas en la zona baja de la cuenca, además que el caudal del río Santiago se planteaba atractivo para la generación de energía hidroeléctrica (Ibíd.). Las Comisiones eran presididas por el secretario de la SRH (Shapira, Y., 1973).

En la práctica, la adaptación del modelo TVA en México bajo la figura de Comisiones de Cuenca no fue exitosa ya que, los objetivos de éstas quedaron muy lejos de cumplirse (Biswas, 2001). En gran medida porque las tareas de las Comisiones eran bastantes, lo cual frenaba el control sobre las acciones de desarrollo regional, sobre todo en coordinación con otras instancias gubernamentales (Barkin y King, 1986). En consecuencia, durante las décadas de 1970 y 1980 las Comisiones fueron desapareciendo ya que, los gobiernos de los Estados ejercieron presión para ejecutar los presupuestos de las Comisiones (CONAGUA, 2011).

Durante el manejo subsectorial de los recursos hídricos, la cuestión del agua ganó complejidad al poner sobre la mesa múltiples vectores vinculados a la gestión del agua. En la década de 1960 el agua se empezó a relacionar al crecimiento demográfico y al proceso de urbanización del país. A nivel internacional se llevó a cabo la Reunión de Mar del Plata de 1977 —la primera reunión enfocada al tema del agua— en la que se destacó el futuro desarrollo y el uso eficiente del recurso (Del Castillo, 2009:43).

A su vez, la economía mexicana, transitó de un sector primario a los sectores secundario y terciario. El PIB del sector primario se redujo de 19.3 por ciento en 1940 a 9.3 por ciento en 1984 (SEDUE, 1986). Este cambio en el patrón de producción representó en

su momento una diversificación productiva. Múltiples ramas de la producción se lograron desarrollar durante este proceso. Específicamente la industria manufacturera, el petróleo y la electricidad repuntaron en la economía nacional.

A partir de la década 1940 el sector industrial creció de manera importante, su aporte al PIB nacional se modificó de 25 a 43.2 por ciento, durante el periodo 1940-1984. Dicho sector se ubicó en las ciudades de México, Guadalajara, Monterrey, Puebla, León y Toluca. Gran parte de la industria se instaló en la cuenca de estudio Lerma-Chapala-Santiago. En la década de 1940 crecieron las ramas industriales de bienes de consumo inmediato, mientras que a partir de la década de 1950 crecieron las ramas productoras de bienes de consumo intermedio y de capital —química, petroquímica, eléctrica, entre otras—.

Para el caso de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago se tiene que la industria de la transformación creció 8.7 por ciento anual en el lapso 1950-1960. El valor de la producción aumentó 313.2 por ciento en el periodo 1950-1965, convirtiendo a Jalisco en el principal centro industrial. La programación de la expansión de la industria del país se basó en gran medida en el desarrollo del estado de Jalisco. Se proyectó un crecimiento del 11.2 por ciento anual para el periodo 1967-1975, y concentrar 34.4 por ciento del total de la industria de transformación del país, con el soporte de un corredor industrial que sería ubicado a lo largo del río Santiago (Nacional Financiera, 1965).

La percepción de las problemáticas del periodo fueron la sobreexplotación y la falta de tecnología de uso eficiente del agua, a la par de que se hizo más visible la necesidad de controlar la contaminación hídrica. En el primer caso, era notable que la agricultura dejó de ser una prioridad, por lo que comenzó a parecer innecesaria más inversión en grandes obras de irrigación, al contrario, ahora se le veía como una onerosísima e ineficiente consumidora de líquido (Aboites, 2009:68).

En el tema de contaminación hídrica, era notable la falta de tratamiento de aguas residuales. Para el año 1985, se generaron 160m³/seg de aguas residuales a nivel urbano-industrial en el país y se trataron 28m³/seg, que correspondía al 17.5 por ciento de las aguas residuales descargadas³¹ (SEDUE, 1986).

La complejidad que ganó el tema a nivel internacional, las problemáticas suscitadas en el sector hídrico nacional y el escenario económico nacional e internacional representaron incentivos para modificar el rumbo de la gestión del agua en México. En consecuencia,

³¹ No se especifica el tipo de tratamiento empleado.

durante la década de 1980 se inició la transición de modelo hacia la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH).

A nivel internacional, la Reunión del Grupo Mundial del Agua (GWP por sus siglas en inglés) celebrada en Estocolmo en 1996 fue crucial hacia un cambio de enfoque de la GIRH en México. En ella se reconoció al agua dentro de la cuenca como un recurso finito, vulnerable e indispensable para la vida humana y de los ecosistemas, así como un insumo imprescindible en numerosos procesos productivos, con usos múltiples y de ocurrencia variable en el espacio y tiempo, que se comparte más allá de los límites político-administrativos y que está sujeta a riesgos ante escasez, contaminación y fallas en la infraestructura.

Durante los dos primeros enfoques de gestión del agua era mucho más evidente la relación con el desarrollo económico regional en contraste con el modelo de la GIRH. Es decir que en la GIRH los flujos hidrológicos y el desarrollo de tecnología hidráulica no están directamente encaminados a potenciar el desarrollo económico regional. No obstante, desde la GIRH, la apuesta de crecimiento es al sector económico que hace uso del recurso de forma más eficiente y productiva³² (Aboites, 2009).

A la vez, la GIRH pretende enfatizar los flujos hidrológicos de salida en las actividades productivas, a manera de residuos y contaminantes en cuerpos de agua —con apoyo en la regulación ambiental— (ver figura 1). No obstante, los problemas de sobreexplotación y contaminación hídrica parecen no resolverse bajo este esquema de gestión.

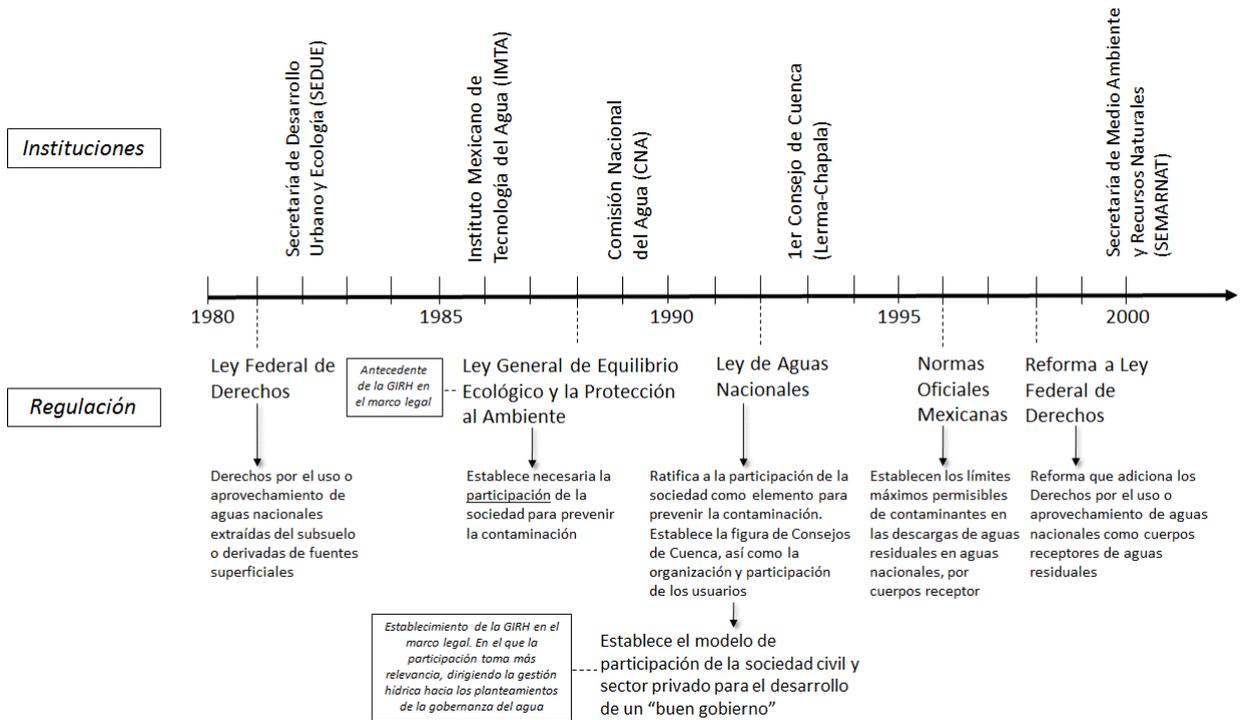
Por ejemplo, para la década de 1980, si bien se tenía un avance en infraestructura hidráulica e hidroeléctrica, no así en términos de infraestructura de agua potable y tratamiento de aguas residuales. En las principales cuencas hidrológicas del país se contaba con 193 plantas de tratamiento municipal y 60 plantas para tratar residuos líquidos industriales. El caudal de las aguas tratadas con calidad aceptable en las cuencas representaba apenas de 9.25 por ciento del total descargado —a nivel municipal e industrial— para el año 1985.

La figura 1 muestra que la GIRH en México tuvo su antecedente en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) en 1988 al estipular la

³² Se considera necesario remediar el déficit de agua para el crecimiento de las actividades económicas, mediante la solución de conflictos entre los diversos usos. Para el año 2030, el crecimiento del uso agrícola, industrial y público-urbano del agua se proyecta en riesgo. Se destaca el uso industrial con un costo de oportunidad de 523 pesos/m³ de agua suministrada, en contraste con 2 pesos/m³ por uso público-urbano y uso agrícola (CONAGUA, 2011a). Es el costo de no actuar, según la CONAGUA.

participación de la sociedad en conjunto con el gobierno para prevenir la contaminación. Posteriormente, con el establecimiento de un marco institucional definido con la creación de la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) en 1989 —que antes del 2009 sus siglas fueron CNA—, y el establecimiento de un marco normativo definido con la creación de la Ley de Aguas Nacionales (LAN) en 1992 se dio pie a la instauración de la GIRH.

Figura 1. Marco institucional y regulatorio de la GIRH en México



Elaboración propia.

Fuente: Evolución de la legislación de aguas en México. SIAPS. El Colegio de México.

La participación social es una característica primordial y que diferencia a la GIRH de los otros modelos de gestión de los recursos hidrológicos. Este tipo de participación es promovida desde el gobierno, se hace efectiva cuando la sociedad se involucra en la definición de objetivos y en el proceso de toma de decisiones. La conformación de espacios de participación se integra por usuarios y sociedad organizada. Sin embargo, en el caso mexicano la participación social en la gestión del agua ha sido promovida de manera paulatina por los diferentes niveles e instituciones del gobierno.

La experiencia de participación social a través de los Consejos de Cuenca arrancó junto al nuevo modelo de la GIRH. Estos tomaron como base el modelo francés de gestión del agua por cuencas, que en parte pretendía descentralizar las funciones de Gobierno

Federal, el cual ejercía el poder absoluto de decisión en el sector hídrico (Biswas, 2001), así como el cobro derechos por concepto de contaminación (García, 1998).

Una problemática que toma fuerza a partir del modelo de la GIRH es la creciente demanda entre usuarios del agua, aunado a la sobre explotación y contaminación del agua subterránea y superficial, así como falta de información de la generación de aguas residuales y contaminación del agua derivada de fuentes puntuales de actividades económicas.

2.2 LA REGULACIÓN PARA LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental (LFPPCA) creada en 1971 es el primer antecedente de regulación de contaminación del agua. Si bien, esta Ley estaba a cargo de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA), la Secretaría de Recursos Hídricos (SRH) participaba en la regulación de las aguas residuales y el tratamiento para su reúso. No obstante, esta Ley estaba orientada a criterios de salud con algunos elementos para el control de emisiones (INEEC, 2000:31).

Para el año 1973, la calidad y contaminación del agua se abordó desde la SRH con la apertura de la oficina sobre asuntos de contaminación del agua, que implantó un programa de prevención y control de la contaminación en 1976. A pesar de que el departamento desapareció prontamente —tres años después de su creación y el mismo año en que se creó el programa, limitando su labor (Aboites, 2009) — éste representó el primer ejercicio de registro y control de las descargas residuales.

El programa consistía en tres etapas: 1) el registro obligatorio de las descargas de aguas residuales de tipo municipal e industrial ante la SRH; 2) la presentación de un programa para el tratamiento del agua residual en caso de no respetar los parámetros de calidad del agua —sólidos sedimentales, grasas y aceites, materia flotante, temperatura y pH—; 3) la clasificación de los cuerpos de agua para fijar condiciones particulares de descarga (Tomasini, 2007). Dicho programa tuvo como soporte el Reglamento para el Control y la Prevención de la Contaminación de Aguas creado en 1973 que estuvo vigente hasta 1994.

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) se hizo cargo del programa de prevención y control de la contaminación a partir de 1976, al declararse extinta la SRH. No obstante, el programa se volvió insuficiente ante la incapacidad de atender las numerosas solicitudes de descargas de aguas residuales. La Secretaría de Desarrollo Urbano

y Ecología (SEDUE) fue la Secretaría que retomó el control del vertimiento de aguas residuales a cuerpos de aguas nacionales (Tomasini, 2007).

Durante el periodo 1988-1991 se emitieron 33 normas técnicas ecológicas, que determinaban los límites máximos permisibles de contaminantes por actividad económica. Es decir que, en ese periodo el control de la contaminación del agua se realizaba por actividad económica según la rama productiva. Hasta 1996 se contó con 44 normas que regulaban los límites máximos permisibles de contaminantes en las aguas residuales de distintas actividades económicas, en las que destacaban 37 referidas a la industria de alimentos, cárnica, de leche y derivados, textil, azúcar, farmacéutica, químicos inorgánicos, componentes eléctricos y electrónicos, vinícola, destilerías y cerveceras.

Entre 1989 y 1996 la legislación del agua en México tuvo grandes modificaciones que se volcaron en transformaciones de la regulación de la contaminación del agua. Como ya se mencionó, la LGEEPA constituyó el antecedente de las transformaciones en el sector hídrico ya que, en ésta se instituyó la obligatoriedad de participación de la sociedad en el cuidado ambiental y en la prevención de la contaminación de las aguas, que dio pie a la conformación de órganos colegiados como los Consejos de Cuenca.

Los Consejos de Cuenca representan el principal instrumento institucional de la gestión integral de los recursos hídricos. Son instancias de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría entre los diversos actores que tienen injerencia en la gestión del agua, como lo es la CONAGUA, los Organismos de Cuenca, las dependencias y las entidades de las instancias federal, estatal o municipal y los representantes de los usuarios de agua y de las organizaciones de la sociedad. Por lo que, con el establecimiento de la LAN en 1992, se instituye normativamente la conformación de estas instancias en territorio nacional.

A su vez, la LAN estableció los instrumentos para el control de la contaminación del agua a nivel nacional. Se destacan las Condiciones Particulares de las Descargas (CPD), las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), las Declaratorias de Clasificación de Cuerpos de Agua y las Normas Mexicanas (NMX). Cabe señalar que la CONAGUA es la institución encargada de implementar dichos instrumentos de control en territorio a nivel nacional y a nivel regional hidrológico-administrativo.

Las CPD de las aguas residuales representan hasta la fecha uno de los instrumentos para la prevención y regulación de la contaminación de las aguas nacionales. Las CPD parten del control y el registro de las descargas de aguas residuales, tanto municipales como

industriales. Por lo que, los permisos de descargas explicitan las CPD que deberán ser respetadas por cada uno de los permisionarios.

Aunque la LAN de 1992 ya estipulaba el instrumento de las CPD, el establecimiento de los derechos por concepto de descarga de agua residual a los cuerpos de aguas nacionales —en volumen y calidad— se definió hasta 1998 con la reforma a la Ley Federal de Derechos (LFD). Otro instrumento son las NOM, que han tenido importantes cambios a partir de la creación de la CONAGUA en 1989. Para el año 1996, la CONAGUA reformuló las 44 NOM que regulaban los límites máximos permisibles de contaminantes en las aguas residuales de diversas actividades económicas, de manera que las compactó en tres únicas para todas las descargas de aguas residuales, ya fueran municipales o industriales. A partir de este año la regulación de la contaminación del agua se comienza a realizar por cuerpo receptor y no por la fuente de las descargas de las aguas residuales.

El cambio en la regulación de la contaminación del agua fue drástico, se pasó de regular las descargas de los procesos productivos a regular los cuerpos receptores de las aguas residuales con tres NOM que se enfocan a monitorear la presencia de materia orgánica. Sin embargo, la contaminación de las industrias está relacionada con otro tipo sustancias no biodegradables, que no se están monitoreando de manera periódica en los cuerpos de agua en el país.

A continuación, se detallan las tres NOM establecidas. La NOM-001-SEMARNAT-1996 establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales; la NOM-002-SEMARNAT-1996 establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano municipal; mientras que la NOM-003-SEMARNAT-1997 establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

Estas tres NOM aún vigentes consideran tres parámetros básicos para regular la calidad del agua. La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST). Los dos primeros se utilizan para la estimación de la materia orgánica en los cuerpos de agua y el último mide los sólidos que no se disuelven en el agua, y quedan suspendidos. Se considera que el DQO también indica presencia de sustancias provenientes de descargas no municipales (CONAGUA, 2011a:36).

En tanto, el monitoreo periódico de la Red Nacional de Monitoreo de la calidad del agua en ríos, lagos, playas y todo cuerpo de agua en el país se basa en estos tres parámetros, que no responden a la complejidad y explotación de los recursos hidrológicos en el país. La

calidad del agua es modificada por otros factores no orgánicos que no se ven reflejados en los parámetros que marca la legislación ambiental mexicana, para muestra existe una preocupación por contaminantes emergentes en el agua como disruptores endocrinos que pueden alterar el sistema hormonal de humanos y animales (Díaz-Torres, E., Gibson, R., González-Farías, F., Zarco-Arista, A. E., & Mazari-Hiriart, M.; 2013), así como una serie de contaminantes derivados de productos de uso diario con aplicaciones tanto industriales como domésticas (Barceló, D. y López, M.; 2008) que son ignorados y no monitoreados.

Otro instrumento es la Declaratoria de Clasificación de Cuerpos de Agua, adicionada también en la reforma de 1998 de la LFD. Este instrumento se enfoca en la capacidad de asimilación y dilución de los cuerpos de aguas nacionales para determinar las cargas de contaminantes que pueden recibir los cuerpos de agua, así como las metas de calidad y los plazos para alcanzarlas.

Los cuerpos de agua se clasifican por tipo A —aguas costeras con explotación pesquera, navegación y otros—, tipo B —estuarios y humedales naturales, ríos y arroyos, embalses naturales o artificiales— y tipo C —presas, lagos, lagunas, acuíferos y manantiales— (Tomasini, 2007). Cada cuerpo de agua de determinada clasificación puede contener un límite máximo de grasas y aceites, SST, DBO₅, metales, metales pesados y cianuros.

La reforma de la LFD de 1998 supo reunir el instrumento de la Declaratoria de Clasificación de Cuerpos de Agua con el de CPD, por lo que se establecieron plazos para que las descargas residuales de tipo municipal e industrial presentaran su programa de acción y cumplieran cierta fecha límite para no rebasar más los límites máximos de los contaminantes. Sin embargo, actualmente el problema de contaminación del agua no es un asunto resuelto a nivel nacional, para muestra en el periodo 2011-2015 se detectaron 187 sitios de monitoreo fuertemente contaminados a nivel nacional (CONAGUA, 2015). Además que, la información oficial en materia de agua e industria es confusa; no se publica en forma actualizada, y es imprecisa y poco sistemática (Torregrosa, M., 2012:318), por lo que se conoce poco de este sector y de la magnitud de los impactos por contaminación industrial del agua.

Se tiene que las descargas municipales con plazo más amplio fueron aquellas poblaciones de entre 2,501 y 20,000 habitantes, que tuvieron como fecha límite para no rebasar los límites máximos permisibles el 1 de enero de 2010. Las descargas no municipales con el plazo más amplio fueron aquellas que descargaban la cantidad igual o menor a 1.2

toneladas al día de DBO₅ y/o SST, que tuvieron la misma fecha límite para no rebasar los límites máximos permisibles del 1 de enero de 2010.

Un instrumento extra en la regulación de la contaminación del agua son las NMX que son de apoyo a la regulación oficial de la calidad del agua. Su principal característica es que son de aplicación no obligatoria. Los límites máximos permisibles de los parámetros que considera representan únicamente recomendaciones, a menos que estén establecidas en las NOM. Estas NMX son de aplicación voluntaria cuando son resultado de un convenio específico entre la autoridad y un grupo de empresas (INEEC, 2000:99). En el caso de la calidad del agua las NMX establecen el método de determinación de diversos contaminantes, específicamente la NMX-AA-051-SCFI-2001 establece la determinación de 37 tipos de metales en el agua natural, potable, residual y residual tratada, incluyendo metales pesados.

Como ya se mencionó, los instrumentos descritos se encuentran a cargo de la CONAGUA ya que, ésta constituye el Órgano Superior frente a la normatividad que contempla la gestión integrada de los recursos hídricos (artículo 9 LAN). A nivel regional, la CONAGUA opera a través de sus Organismos de Cuenca quienes ejercen las atribuciones, funciones y actividades específicas a esta escala.

En resumen, en México actualmente se cuenta con tres principales instrumentos para la regulación de la contaminación del agua estipulados en la regulación oficial: las NOM, las CPD y las Declaratorias de Clasificación de los Cuerpos de Aguas Nacionales. Dichos instrumentos se enfocan a la regulación de la contaminación del agua por cuerpo receptor. Es decir que, consideran que el cuerpo de agua es un sistema único que requiere de condiciones específicas de regulación de contaminantes, por lo que se basa en la capacidad de asimilación o dilución y la carga de contaminantes que pueden recibir (artículo 118 LGEEPA).

En desventaja, la actual normatividad no permite la verificación de contaminantes provenientes de actividades industriales. De manera estratégica, el controlar las emisiones de aguas residuales “al final del tubo” constituye una estrategia para el crecimiento de la industria (Barrios, 2004) y a manera de resultado se ha tenido una debilidad al tomar muestras para la verificación del tipo de sustancias tóxicas provenientes de descargas de agua con uso consuntivo, principalmente proveniente de la industria (Jiménez, B., 2007).

A la vez, el procedimiento de Clasificación de Cuerpos Receptores no es preciso, su estipulación corre por parte del personal de la CONAGUA de cada región (Barrios, 2004), por lo que al no existir parámetros precisos de clasificación se da cabida a la arbitrariedad.

De 1998 a la fecha, se han logrado únicamente cuatro Declaratorias de Clasificación de los Cuerpos de Aguas Nacionales, la del río Atoyac y Xochiac o Hueyapan, del río Coatzacoalcos, del río Lerma y de San Juan del río Nado y Aculco (CONAGUA, 2014).

En tanto, el actual marco regulatorio de la contaminación del agua constituye un candado a la participación social. La LGEEPA y la LAN han ampliado su espectro participatorio con el que se crearon nuevos órganos administrativos y colegiados para la gestión del agua. No obstante, las atribuciones normativas son exclusivas de la CONAGUA y en algunos casos se extienden a los Organismos de Cuenca. Es así que se reduce la participación de los Consejos de Cuenca en la gestión normativa de la calidad del agua.

Muestra de las dificultades del actual marco regulatorio es que a pesar de que se estipula que en caso de incumplimiento de las CPD y de las NOM se aplicarán sanciones, se suspenderá o revocará el permiso de descarga y de la concesión o asignación (artículo 29 LAN), en regiones hidrológicas del país, como la VIII Lerma-Santiago-Pacífico, los altos niveles de metales pesados no ha implicado sanciones, la contaminación forman parte del contexto ambiental del río Santiago desde hace décadas.

2.3 CONTROL Y TRATAMIENTO DE VERTIDOS INDUSTRIALES

Las actividades industriales generan aguas residuales que particularmente se describen por parámetros inorgánicos que en altas concentraciones resultan peligrosos al contacto directo para el ser humano y el medio ambiente. Durante los procesos productivos, la utilización de materias primas y de energía puede generar residuos y emisiones con un nivel de toxicidad que, al ser vertidos en cuerpos de aguas, alteran los ecosistemas acuáticos propiciando contaminación del agua.

La mayoría de las sustancias tóxicas ya sean metales pesados y no metales, al contacto con el ser humano pueden provocar severas alteraciones a la salud. Enfermedades y alteraciones gastrointestinales pueden ser provocadas por el arsénico (As), el cobre (Cu), el zinc (Zn). Mientras que el plomo (Pb), el cromo (Cr), el arsénico (As) y el níquel (Ni) pueden causar cáncer en riñón, pulmón. El mercurio (Hg) y el arsénico (As) por ejemplo, pueden afectar a sistema respiratorio. Entre otras alteraciones y enfermedades cerebrales, cardiovasculares y anemias (Tomasini, 2007).

La regulación mexicana de sustancias tóxicas en descargas de aguas residuales vertidas a cuerpos de agua comprende un listado de 30 parámetros inorgánicos, de los cuales, 16 hacen referencia a metales y 8 de ellos son metales pesados (cuadro 2). La concentración de dichos parámetros varía al considerar los usos inmediatos del agua, es decir los lineamientos de calidad del agua se distinguen por su uso: 1) fuente de abastecimiento para

uso público urbano, 2) riego agrícola, 3) protección a la vida acuática: agua dulce, incluye humedales, y 4) protección a la vida acuática: aguas costeras y estuarios.

El cuadro 2 muestra los valores de referencia para las sustancias inorgánicas en cuerpos de agua bajo la consideración del uso inmediato de las aguas para la protección de la vida acuática, específicamente de agua dulce, que incluye humedales. Es decir que, las aguas residuales provenientes de la industria que son vertidas a cuerpos de agua nacionales ya sea ríos, arroyos y humedales deben ser previamente tratadas para ajustarse a los límites máximo permisibles de dichas sustancias. Asimismo, para las aguas residuales que son vertidas a los sistemas municipales de alcantarillado.

Cuadro 2. Valores de referencia para parámetros inorgánicos

No.	Parámetro	Especificación [~]
1	Aluminio (Al)	0.05 mg/l
2	Antimonio (Sb)	0.09 mg/l
3	Arsénico (As)*	0.2 mg/l
4	Bario (Br)	0.01 mg/l
5	Berilio (Be)	0.003 mg/l
6	Cadmio (Cd)*	0.004 mg/l
7	Cobre (Cu)*	0.05 mg/l
8	Cromo Total (Cr)*	0.05 mg/l
9	Fierro (Fe)	1.0 mg/l
10	Mercurio (Hg)*	0.0005 mg/l
11	Níquel (Ni)*	0.6 mg/l
12	Plata (Ag)	0.06 mg/l
13	Plomo (Pb)*	0.03 mg/l
14	Selenio (Se)	0.008 mg/l
15	Talio (Tl)	0.01 mg/l
16	Zinc (Zn)*	0.02 mg/l

Fuente: artículo 224 de la LFD. Lineamiento de calidad del agua.

[~] Para la protección de la vida acuática: agua dulce, incluye humedales

* Metales pesados. Parámetros obligatorios a cumplir, según la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Los 16 metales estipulados en la LFD se encuentran establecidos de manera parcial en la NOM-001-SEMARNAT-1996. Esta norma, que se enfoca a las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, considera ocho metales pesados que no deben exceder en sus límites máximos permisibles, tanto en descargas municipales como industriales. Se refiere al arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn), como se muestra en el cuadro 2.

La regulación de la contaminación del agua tiene su principio en la emisión de permisos para el aprovechamiento de cuerpos de aguas nacionales como vertederos de aguas residuales. La LAN estipula que toda persona física o moral requiere de un permiso expedido por la CONAGUA u Organismo de Cuenca para verter en forma permanente o intermitente aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales (artículo 88 LAN). Por su parte las aguas residuales vertidas a los sistemas de alcantarillado también requieren de un permiso de descarga emitido por el Órgano Operador con fundamento legal en el ámbito federal, estatal y municipal.

La legislación federal establece que previo al otorgamiento o renovación del permiso de descarga de aguas residuales, la industria deberá entregar un análisis físico, químico y orgánico del cuerpo receptor en puntos inmediatamente previos a su descarga (artículo 94 bis LAN). Es decir que, las empresas conocen la calidad del agua del cuerpo receptor que aprovechan para verter sus descargas residuales.

La industria tiene la obligación de cumplir con las NOM y las CPD expedidas por la CONAGUA o el Organismo de Cuenca, así como de tratar sus aguas residuales de forma previa a su vertimiento a los cuerpos receptores, con apego a los límites máximos permisibles. Ello *implica que la única responsable del tratamiento de las aguas residuales derivadas de actividades industriales es la industria misma*. Por lo que, la industria tiene la obligación de instalar, operar y mantener por sí o por terceros las obras e instalaciones para el manejo y tratamiento de sus aguas residuales. Además de instalar y mantener los aparatos medidores de la calidad de sus aguas residuales.

A su vez, la industria tiene la obligación de muestrear y analizar mensual, trimestral o semestralmente la calidad de las aguas residuales que genere y los volúmenes, así como de generar reportes de sus análisis de manera trimestral, semestral o anual. En ambos, la periodicidad depende según el aproximado de DBO₅ y SST que descargue diariamente la empresa³³. Además, tiene la obligación de notificar a la CONAGUA o al Organismo de Cuenca, según corresponda, los contaminantes presentes en las aguas residuales que no estuvieran considerados en las CPD, así como algún cambio en los volúmenes de aguas descargadas, derivado de cambios en sus procesos productivos³⁴.

³³ Medido entre 1.2 y 3.0 toneladas diarias de DBO₅ y SST.

³⁴ El control del vertimiento de las aguas residuales del sector industrial apela a la buena voluntad de la propia industria puesto que, ante el incumplimiento de las CPD o de las NOM supone que la razón privada sea la que de aviso de tal anomalía a las autoridades correspondientes. Sin embargo, en México, grandes desastres ecológicos reflejan una escasa buena voluntad por parte de la industria. Pongamos por caso el derrame de los 40,000 m³ de lixiviados de la industria minera en el río Sonora y Bacanuchi. Grupo México avisó del derrame

Es obligatorio permitir a la CONAGUA u Organismo de Cuenca realizar las tareas de inspección y verificación³⁵ correspondientes a las obras utilizadas para las descargas de aguas residuales y su tratamiento. Se debe permitir el acceso para realizar lecturas o coleccionar muestras de aguas residuales para verificar contaminantes vertidos. Además, se tiene la obligación de cubrir el derecho a verter aguas residuales a bienes de propiedad nacional, pago que no exime a los responsables de las descargas de cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en las NOM y con las condiciones particulares de sus descargas, de conformidad con la LAN (artículo 276 LFD).

Todo permiso de descarga debe estar inscrito en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), en el ámbito nacional corresponde a la CONAGUA y en el ámbito de las regiones hidrológico-administrativas corresponde a los Organismos de Cuenca. Los permisos deben especificar la ubicación y descripción de la descarga en cantidad y calidad, así como el régimen al que se sujetará para prevenir y controlar la contaminación del agua y la duración del permiso³⁶ (artículo 90 LAN). Todo título de permiso puede ser transmitido en forma definitiva total o parcial, mediante aviso previo a la CONAGUA u Organismo de Cuenca.

Por todo lo anterior, el actual control y tratamiento de los vertidos industriales mezcla la regulación directa y la autorregulación. Tanto las NOM como las CPD forman parte de la regulación directa a la industria ya que, CONAGUA estipula los niveles de contaminantes permitidos para cada cuerpo receptor. Mientras que la obligatoriedad de la industria de muestrear, analizar, tratar y reportar la calidad de las aguas residuales y los volúmenes que genera, son parte de la autorregulación, asimismo reportar cambios en los contaminantes presentes en las aguas residuales generadas y volúmenes de descargas, derivado de cambios en sus procesos productivos.

A su vez, la autorregulación ha depositado una ciega confianza en la infraestructura de PTARi y medidores de la calidad del agua como medida de control y tratamiento de los

48 horas después de haber ocurrido, mientras que la CONAGUA avisó a las comunidades aledañas cinco días después del suceso (Lammers, 2014).

³⁵ En el particular caso de la Región Hidrológico-Administrativa VIII Lerma Santiago Pacífico se cuenta con un total de cuatro inspectores, que realizan actividades de ejecutor, inspector, verificador y notificador. Revisado en <http://app.conagua.gob.mx/Inspector.aspx>; marzo de 2017. Es decir que, para una región tan grande y con serios problemas de contaminación no se cuenta con el personal suficiente, a pesar de que la CONAGUA ha detectado la problemática. El río Santiago presenta una severa contaminación hasta la presa Santa Rosa, producto de la descarga de alrededor de 9 m³/s de aguas residuales provenientes de la Zona Metropolitana de Guadalajara —ZMG—, principalmente por el corredor industrial Ocotlán-El Salto (CONAGUA, 2012:37), se cuenta con insuficiente personal.

³⁶ Sin embargo, la duración de los permisos no es un dato público en la página electrónica del REPGA. Ver en <http://app.conagua.gob.mx/Repda.aspx>

vertidos industriales. Es decir que se ha incentivado a cumplir con el requisito de la instalación y operación de PTARi, como el medio para mantener el permiso de descarga, pero en la práctica, el incremento de PTARi no implica que necesariamente se incremente el volumen de agua residual industrial tratada ni que el tratamiento sea el adecuado y suficiente para el uso inmediato que tendrá el líquido.

Para el año 2009, la industria trató 36.7 por ciento de las aguas residuales (CONAGUA, 2011b). A pesar de que el número total de plantas de tratamiento de aguas residual industrial (PTARi) en operación creció en 1.74 por ciento de 1996 a 2009 a nivel nacional. Se tiene que durante el periodo 1996-2005, las PTARi que cumplen con las CPD crecieron en 1.9 por ciento, mientras que aquellas PTARi que no cumplen con las CPD también crecieron, en 1.2 por ciento (SEMARNAT, 2013).

Las altas expectativas de la autorregulación en conjunto con la insuficiente inspección y vigilancia al tratamiento y vertido de aguas residuales agravan la situación de contaminación del agua. Si bien, el monitoreo sistemático y permanente de la calidad del agua está a cargo de la CONAGUA (artículo 86 LAN) no hay una periodicidad reglamentada para llevar a cabo las inspecciones y verificaciones a las industrias. Sumado al panorama de déficit de tratamiento de este tipo de aguas residuales no se cuenta con información periódica a nivel nacional sobre la calidad del agua en relación con metales pesados.

Los monitoreos periódicos de la Red Nacional de Monitoreo (RMN) no contemplan la medición de parámetros directamente relacionados a actividades industriales. Los ocho metales pesados que estipula la NOM-001-SEMARNAT-1996 no son muestreados periódicamente. Dicha red constituida por 1,510 sitios (CONAGUA, 2011b) no refleja el volumen de caudales contaminados, no se cuenta con indicadores que nos refieran la presencia de metales pesados (Peña, 2012), no hay actualización de las estadísticas oficiales, además del reducido número de estaciones de monitoreo de calidad del agua (Perevochtchikova, 2010).

2.3.1 DESCARGAS A AGUAS NACIONALES Y A LA RED DE DRENAJE Y ALCANTARILLADO

En México, el control de las descargas de aguas residuales se diferencia por cuerpo receptor. Por un lado, se tienen los cuerpos de agua nacionales y por el otro, la red de drenaje y alcantarillado. A la autoridad del agua, entendida como la CONAGUA o los Organismos de Cuenca, le corresponde establecer y vigilar el cumplimiento de las condiciones particulares de descarga que deben satisfacer las aguas residuales, de los distintos usos y usuarios, que se efectúen en aguas y bienes nacionales (artículo 86 LAN). Mientras que el control de las

descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje o alcantarillado urbano municipal de los centros de población corresponde a los municipios y estados (artículo 88 bis 1 LAN).

La legislación del control de las descargas de aguas residuales se encuentra en tres niveles: federal, estatal y municipal. Las descargas residuales a cuerpos de agua nacionales deben apearse a la legislación federal; mientras que las descargas a los sistemas de drenaje o alcantarillado deben apearse a la legislación municipal y estatal, en concordancia a la legislación federal. En tanto, la regulación que establece y vigila los órganos operadores municipales puede variar localmente pero no se contrapone con la regulación federal. Todas las descargas residuales efectuadas en territorio nacional deben respetar las NOM y las CPD, estas últimas pueden ser emitidas por la CONAGUA, Organismos de Cuenca y los municipios (artículo 91 bis LAN).

Particularmente en el caso de las descargas a aguas nacionales debe haber un permiso emitido por la CONAGUA o por parte del Organismo de Cuenca que corresponda. Cada solicitud de permiso de descarga deberá especificar la relación de insumos utilizados en los procesos que generan las descargas de aguas residuales; la caracterización físicoquímica y bacteriológica de la descarga; el volumen a descargar y la ubicación y nombre del cuerpo receptor; así como los sistemas y procesos para tratar las aguas residuales generadas y la ubicación de las instalaciones para su manejo y control.

En este caso, la CONAGUA u Organismo de Cuenca expedirá el permiso de descarga de agua residual especificando sus características básicas. Se precisa la ubicación y descripción del volumen y calidad de la descarga, el régimen al que se sujetará para prevenir y controlar la contaminación del agua, ya sean CPD; y la duración del permiso. Es decir que, la afirmativa del permiso está en función de la clasificación de los cuerpos de aguas nacionales, las NOM correspondientes y las condiciones particulares que requiera cumplir la descarga.

En el caso de las descargas a la red de drenaje y alcantarillado, los municipios y estados tienen como instrumentos de regulación: los permisos de descargas, el esquema tarifario (como instrumento económico) y las sanciones e incentivos (CONAGUA, 2007:9). Los permisos de descargas se expiden a usuarios de tipo industrial y comercial, distinguiéndose de las aguas residuales de tipo doméstico o de casa habitación.

En general, para el control de la contaminación del agua, los permisos de descarga residuales a la red de drenaje y alcantarillado deben contener información de la actividad que se realiza, la caracterización de las aguas residuales, descripción de los sistemas de tratamiento en operación o en proyecto, información sobre planes de contingencias o control

de derrames, así como información adicional sobre cualquier otro programa del control de la contaminación (CONAGUA, 2007:15).

Los organismos operadores municipales dan el servicio de tratamiento de las aguas domésticas o con características similares (CONAGUA, 2007:14) por lo que las industrias y comercios conectados al sistema de drenaje municipal deben de contar con infraestructura de pretratamiento para las aguas residuales que generan. Toda persona física y moral que haga uso de la red de alcantarillado para descargar aguas residuales debe cumplir con el pretratamiento de las aguas. Por ende, los programas de control de descargas municipales requieren del conocimiento de los sistemas de tratamiento en operación o en proyecto de este tipo de industrias y comercios ya que, la calidad de sus aguas residuales impacta en el servicio de saneamiento que el municipio brinde.

La suspensión de los permisos de descargas residuales a cuerpos de aguas nacionales procederá en caso de que dichas descargas no se sujeten a lo que marca la Ley. La suspensión se da en caso de 1) no contar con el permiso de descarga de aguas residuales como lo marca la LAN; 2) no cumplir con las NOM, las CPD; 3) omitir el pago de derechos; 4) utilizar el proceso de dilución de las aguas residuales para tratar de cumplir las NOM; 5) omitir la presentación cada dos años del informe de análisis de calidad de las aguas vertidas (artículo 92 LAN). La CONAGUA y el Organismo de Cuenca correspondiente, son los responsables de ordenar la suspensión o revocación del permiso.

El incumplimiento de las NOM, la omisión de pago de derechos y el tratar de cumplir las NOM mediante el proceso de dilución de las aguas residuales permite el otorgamiento de un plazo de quince días para corregir la situación. Tal plazo se puede ampliar según la CONAGUA o el Organismo de Cuenca considere pertinente. De no corregir en el plazo dado la infracción se procede a la suspensión o clausura de las actividades de la industria.

Por su parte, en el caso de una falla de PTARi que pueda ocasionar graves perjuicios a la salud, a la seguridad de la población o daños a los ecosistemas vitales, la CONAGUA u Organismo de Cuenca puede ordenar el cese de las actividades industriales que estén originando la descarga. No obstante, la misma Ley —artículo 94 LAN— establece la posibilidad de que el cese de actividades no sea posible o conveniente, optando por nombrar a un interventor que se encargue de supervisar la situación hasta que se suspendan las actividades o se supere la gravedad de la descarga.

El otorgamiento de plazos cuando se incumplen las NOM o se tienen fallas en las PTARi contraviene la regulación de la prevención y control de la contaminación de las aguas. Los permisos de descarga de agua residual industrial están sustentados en el

cumplimiento de la normatividad mexicana, por lo que los plazos para remediar dicho incumplimiento a la Ley representan infringir el principio de prevención de la contaminación hídrica³⁷. Esto, aunado a que no existe claridad en los motivos por las cuales se considera no conveniente o no posible el cese de operaciones de la industria que presenta fallas en sus instalaciones de manejo y tratamiento de agua residual.

En cuanto a las causas de revocación del permiso de descarga, la LAN estipula: 1) realizar la descarga en un lugar distinto al convenido, 2) reincidir en infracciones que hayan desencadenado la suspensión de actividades anteriormente, 3) reincidir en la falta de pago de derecho por el uso o aprovechamiento de bienes nacionales como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales.

Toda descarga de aguas residual debe realizarse sin perjuicio de derechos de terceros, lo que implica que el permisionario debe responder por daños imputables a terceros por razón de sus descargas residuales. Por lo que es responsabilidad del concesionario prevenir la contaminación de las aguas, o repararla llevando a cabo labores de remoción y limpieza del contaminante de los cuerpos receptores afectados por la descarga (artículo 149 Reglamento LAN). En caso de ser necesario, la CONAGUA tiene la facultad para aplicar sanciones por contaminación del agua (artículo 150 Reglamento LAN).

La suspensión y revocación de los permisos de descargas residuales a la red de drenaje y alcantarillado está sujeta a lo establecido en cada programa de control de descargas emitido por los municipios, de igual manera para el caso de aplicación de sanciones (CONAGUA, 2007). Los mecanismos federales para suspender y revocar permisos, así como para sancionar forman un punto de referencia para la regulación municipal. Sin embargo, ésta puede variar según las capacidades institucionales³⁸ con que cuente el municipio.

El control municipal de las descargas residuales contempla también el monitoreo de la calidad de las aguas de jurisdicción local. En este caso, los municipios, los gobiernos estatales, la CONAGUA, los Organismo de Cuenca, así como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) se deberán coordinar para llevar a cabo el monitoreo y verificación de la calidad de las aguas vertidas a la red de drenaje y alcantarillado (artículo 133 LGEEPA; artículo 154 LAN).

³⁷ La LGEEPA tiene por objeto la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. (artículo 1 LGEEPA).

³⁸ Básicamente referidas al marco legal, los instrumentos de administración, la estructura organizacional, el financiamiento y la participación de los usuarios (CONAGUA, 2007:9).

En este punto es importante destacar que el monitoreo de la calidad de las aguas, por parte del municipio, se encuentra en función del desarrollo previo de capacidades de registro, emisión de permisos, determinación de CPD y verificación de las descargas residuales. Lo cual, no representan tareas menores, ni metas de corto plazo. En gran medida, es por ello que la misma regulación siempre considera que las diversas secretarías o la misma CONAGUA pueden participar del control de la calidad del agua en las jurisdicciones locales.

En síntesis, *existe una clara diferencia en el ejercicio de la regulación de las aguas residuales a cargo de la CONAGUA u Organismos de Cuenca y la que se encuentra a cargo de los municipios*. La regulación en aguas nacionales es mucho más explícita. La capacidad institucional de los municipios, entendida como el marco legal, los instrumentos de administración, la estructura organizacional, el financiamiento y la participación de los usuarios (CONAGUA, 2007:9) se encuentra en construcción, lo que dificulta la actual regulación de las descargas residuales de las industrias y comercios conectados a la red de drenaje municipal.

No obstante, la regulación de las descargas residuales a cargo de los municipios presenta una ventana de oportunidad desde la integración de los usuarios y de la sociedad. En las descargas a aguas nacionales, la CONAGUA y los Organismos de Cuenca ejercen una suerte de exclusividad en lo que, a normatividad, inspección, vigilancia y monitoreo respecta. *Mientras que en los programas de control de descargas residuales a cargo de los municipios se plantea una amplitud de los actores en cuestión, como un medio para la consolidación de las condiciones y elementos necesarios para el control de las descargas residuales.*

Ejemplo de ello es que desde los programas municipales de control de descargas se plantea la posibilidad de acciones conjuntas, acuerdos de construcción de PTARm o de expansión de las instalaciones existentes con la participación de los usuarios, que brinde beneficio para todo el municipio. En tanto, dichos programas se conciben como un esfuerzo conjunto de la sociedad, por lo que se describe como indispensable contar con programas y actividades que fomenten e incentiven esta participación (CONAGUA, 2007:9).

Por su parte, *los Consejos de Cuenca que no tienen atribuciones normativas sobre el control, prevención y remediación de la contaminación industrial del agua pueden incidir en la construcción de las condiciones y elementos requeridos para el control de las descargas residuales de industrias y comercios conectados a la red de drenaje municipal, dadas sus propias funciones y atribuciones, al ser un espacio de integración de los usuarios y de la sociedad*. Como ya se ha descrito, los Consejos de Cuenca son órganos colegiados

que fungen como instancias de coordinación, concertación, apoyo, consulta y asesoría entre los diversos actores que tienen injerencia en la gestión del agua.

En los Consejos de Cuenca confluyen usuarios y sociedad organizada, así como diversas instancias de gobierno de distintos niveles con quienes se fomenta y genera el apoyo, consulta y asesoría. Además, que se concertan los intereses de los usuarios del agua y se coordinan las acciones de las distintas instancias de gobierno a nivel municipal, estatal y federal destinadas al control, prevención y remediación de la contaminación industrial del agua.

A su vez, la mejora del control de las descargas residuales vertidas a los sistemas de drenaje y alcantarillado puede incidir en la mejora de la calidad del agua de ríos, cuerpos de agua y mares ya que, las redes de drenaje y alcantarillado están conectadas a cuerpos de aguas nacionales. La creación de las condiciones y de los elementos para el control de las descargas en los sistemas de drenaje y alcantarillado debiera superar las alternativas técnicas de solución –llámense plantas de tratamiento y medidores de volúmenes de descargas– a partir de reconocer que las capacidades de gestión y control de las descargas residuales no han sido desarrolladas tanto como las alternativas de incrementar la tecnología de tratamiento de aguas residuales.

2.4 CREACIÓN DE CONSEJOS DE CUENCA

Los Consejos de Cuenca se definen como órganos colegiados de integración mixta, que fungen como instancias de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría, entre la CONAGUA, el Organismo de Cuenca que corresponda, y las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal, y los representantes de los usuarios de agua y de las organizaciones de la sociedad, de la respectiva cuenca hidrológica o región hidrológica (artículo 3 XV LAN).

Tienen su antecedente en el manejo subsectorial de los recursos hídricos. En dicho modelo de gestión del agua se crearon las Comisiones de Cuenca como órganos encargados de impulsar el desarrollo de las regiones. Estas comisiones desaparecieron debido a que fracasaron en alcanzar sus objetivos y a la presión que los gobiernos estatales ejercieron para ejecutar los presupuestos que eran asignados a dichas Comisiones (CONAGUA, 2011).

A finales de la década de 1980 se retomó el modelo de las Comisiones de Cuenca con la creación de Comités Consultivos. Particularmente, el Comité Consultivo de la Cuenca del Lerma-Chapala era un símil de la Comisión de Estudio del Lerma-Chapala-Santiago creada en 1950. Este Comité tuvo tareas más acotadas que la de las Comisiones, aunque

seguían siendo amplias, esto es, ya no se encargaba de fomentar el desarrollo integral de la cuenca, pero tenía objetivos de mejorar la distribución, calidad, eficiencia y conservación de los recursos de la cuenca (Biswas, 2001).

En 1993, el Comité Consultivo de la Cuenca del Lerma-Chapala se convirtió en el Consejo de Cuenca Lerma-Chapala, el primer Consejo de Cuenca en el país. Sus objetivos se centraron en ordenar el uso del agua, sanear las corrientes superficiales, lograr el uso eficiente del agua y mejorar o conservar el uso del suelo y el agua (CONAGUA, s.f.) es decir, en tareas vinculadas a la sustentabilidad del agua comprendida en el modelo de gestión integral o de la GIRH.

La relación establecida entre las tareas de los Consejos de Cuenca, la sustentabilidad y la GIRH deviene de un parteaguas normativo: la LAN, creada en 1992, la cual trata brevemente la conformación de los Consejos de Cuenca, sus principales atribuciones y objetivos generales que apuntan a la sustentabilidad de los recursos hídricos. Asimismo, conforme se fueron creando los Consejos de Cuenca (cuadro 3), para cada uno se estipularon objetivos particulares según la situación de la región hidrológica correspondiente.

Como lo muestra el cuadro 3, a la fecha, se cuenta con un total de 26 Consejos de Cuenca distribuidos en las 13 regiones hidrológico-administrativas del país (CONAGUA, 2012). Las 13 regiones hidrológicas en las que se divide el país, han sido creadas con base a criterios político-administrativos definidos en 1998 (CONAGUA, 1998).

La unidad territorial de los Consejos de Cuenca es la cuenca hidrográfica, la cual constituye la de gestión de los recursos hídricos (artículo 3 LAN). Debido a que el tamaño de las cuencas es muy diverso, ésta puede estar integrada por un gran número de cuencas de segundo orden³⁹, y de tercer orden, además de acuíferos. Sin importar el tamaño y dimensiones de estas cuencas, ambas forman parte de la unidad territorial administrativa de los Consejos.

³⁹ Corriente alimentadora de un río que comprende una cuenca; que se forman con las precipitaciones que caen sobre sus propios territorios de drenaje (CONAGUA, 2010)

Cuadro 3. Creación de Consejos de Cuenca en el país

Consejo de Cuenca	Fecha instalación	Región hidrológico-administrativa
Lerma-Chapala	28-ene-93	VIII Lerma-Santiago-Pacífico
Valle de México	16-ago-95	XIII Aguas del Valle de México
Nazas-Aguanava	01-dic-98	VII Cuencas Centrales del Norte
Río Bravo	21-ene-99	VI Río Bravo
Alto Noroeste	19-mar-99	II Noroeste
Río Balsas	26-mar-99	IV Balsas
Costa de Oaxaca	07-abr-99	V Pacífico Sur
<i>Río Santiago</i>	<i>14-jul-99</i>	<i>VIII Lerma-Santiago-Pacífico</i>
Río Pánuco	26-ago-99	IX Golfo Norte
Río San Fernando-Soto la Marina	26-ago-99	IX Golfo Norte
Del Altiplano	23-nov-99	VII Cuencas Centrales del Norte
Baja California	07-dic-99	I Península de Baja California
Ríos Mocorito al Quelite	10-dic-99	III Pacífico Norte
Río Fuerte y Sinaloa	10-dic-99	III Pacífico Norte
Península de Yucatán	14-dic-99	XII Península de Yucatán
Costa de Chiapas	26-ene-00	XI Frontera Sur
Baja California Sur	03-mar-00	I Península de Baja California
Río Balsas	26-mar-00	IV Balsas
Costa de Guerrero	29-mar-00	V Pacífico Sur
Ríos Presidio al San Pedro	15-jun-00	III Pacífico Norte
Río Coatzacoalcos	16-jun-00	X Golfo Centro
Río Papaloapan	16-jun-00	X Golfo Centro
Grijalva Usumacinta	11-ago-00	XI Frontera Sur
Ríos Yaqui y Mátape	30-ago-00	II Noroeste
Río Mayo	30-ago-00	II Noroeste
Costa Pacífico Centro	25-feb-09	VIII Lerma-Santiago-Pacífico

Fuente: CONAGUA, 2010.

Las funciones principales de los Consejos de Cuenca son la *coordinación* de las políticas y programas hidráulicos entre los tres niveles de gobierno, y la *concertación* de los intereses entre la autoridad federal del agua, los usuarios del agua debidamente acreditados y grupos y organizaciones diversas de la sociedad, para prevenir conflictos derivados de la inadecuada distribución y usos competitivos (CONAGUA, 1998), como se muestra en la figura siguiente.

Figura 2. Funciones generales de los Consejos de Cuenca



Fuente: CONAGUA, 1998.

Como se muestra en la figura 2, las funciones de los Consejos de Cuenca, que son *coordinación* y *concertación*, se encuentran mediadas por instrumentos jurídicos, programáticos y financieros que, pueden permitir el alcance de los objetivos generales. Es decir, funciones e instrumentos en conjunto, permiten que, desde los Consejos de Cuenca, se mejore la administración de las aguas nacionales, que se desarrolle la infraestructura hidráulica y sus servicios, y que se coadyuve la conservación y restauración integral de las cuencas.

Los Consejos de Cuenca representan uno de los órganos encargados de fomentar la sustentabilidad para el sector hídrico, constituyen el principal mecanismo institucional instalado y con respaldo legal del que se dispone para coordinar y concertar acciones en favor de la sustentabilidad del agua en todo el país (CONAGUA, 2011a:35). Durante el proceso de conformación de Consejos de Cuenca, la gestión del agua en nuestro país tuvo un vuelco hacia la sustentabilidad ambiental⁴⁰ que se destacó en la legislación ambiental, aún vigente, que marca que la gestión del agua por cuenca hidrológica o por región hidrológica será a través de los Consejos de Cuenca (artículo 5 LAN).

⁴⁰ A partir del Informe Brundtland en 1987. En el que se definió a la sustentabilidad como la capacidad de satisfacer las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades.

2.4.1 ESTRUCTURA DE LOS CONSEJOS DE CUENCA

Los Consejos de Cuenca son órganos colegiados de integración mixta (cuadro 4), constituidos por un presidente, un secretario técnico, vocales del gobierno federal, del ejecutivo estatal, municipal, vocales usuarios del agua, organizaciones ciudadanas y no gubernamentales que, corresponden a la circunscripción territorial de la cuenca (artículo 13 bis LAN).

Cuadro 4. Integrantes de los Consejo de Cuenca

Figura	Representación	Calidad de participación
Presidente	Según determinen las Reglas Generales de Integración, Organización y Funcionamiento de cada Consejo de Cuenca	Voz y voto
Secretario técnico	Dir. General del Organismo de Cuenca	Voz y voto
Vocales estatales	Titulares del Poder Ejecutivo Estatal de gobiernos con territorio dentro de la cuenca	Voz y voto
Vocales usuarios del agua	Miembros de organizaciones a nivel nacional y estatal de usuarios del agua de los distintos usos acreditados	Voz y voto
Vocales municipales	Presidentes Municipales de gobiernos con territorio dentro de la cuenca	Voz
Vocal sector academia	Según determinen las Reglas Generales de Integración, Organización y Funcionamiento de cada Consejo de Cuenca	Voz
Vocal sociedad organizada	Según determinen las Reglas Generales de Integración, Organización y Funcionamiento de cada Consejo de Cuenca	Voz
Representantes de secretaría federales	Secretarías de Medio Ambiente y Recursos Naturales; de Hacienda y Crédito Público; Desarrollo Social; Energía; Economía; Salud; y Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.	Voz

Elaboración propia. Fuente: LAN.

Cuenta con dos brazos elementales para su funcionamiento y operación: los órganos funcionales y los órganos auxiliares. Los Consejos de Cuenca cuentan al menos con cuatro órganos para su funcionamiento: la Asamblea General de Usuarios, el Comité Directivo, la Comisión de Operación y Vigilancia, así como una Gerencia Operativa. A su vez, existen otros órganos funcionales como los Grupos Especializados de Trabajo y los Comités de Usuarios. Los órganos auxiliares son las Comisiones de Cuenca, Comités de Playas Limpias y los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas.

En general, la Asamblea General de Usuarios constituye uno de los principales espacios para la concertación de los intereses de los usuarios del agua, mientras que el

Comité Directivo responde a la organización más directiva del Consejo. El seguimiento y evaluación del desempeño del Consejo, así como de grupos de trabajo específicos y otros órganos especializados corresponde a la Comisión de Operación y Vigilancia, mediante un grupo técnico de trabajo mixto y colegiado. Finalmente, la Gerencia Operativa posee funciones de carácter técnico, administrativas y jurídicas al interior del Consejo (artículo 13 bis 1 LAN).

El cuadro 4 muestra los integrantes del Consejo de Cuenca, su representación y la calidad de su participación dentro del Consejo. El número de vocales de cada figura puede variar según las Reglas Generales de Integración, Organización y Funcionamiento (RGIOF) de cada Consejo. En promedio, 50 por ciento de los vocales son usuarios y de la sociedad organizada, no más del 35 por ciento corresponde a vocales del gobierno estatal y municipal, mientras que el resto son vocales del gobierno federal.

Las cuatro figuras más importantes son el Presidente, el Secretario Técnico, los Vocales Estatales y los Vocales Usuarios del Agua ya que, la calidad de su participación es con voz y voto, por lo que pueden incidir directamente en las decisiones al interior del Consejo. Mientras que los Vocales Municipales, de la Academia, de la Sociedad Organizada y de Secretaría Federales sólo participan emitiendo voz.

El Presidente del Consejo de Cuenca será designado conforme lo establezcan las RGIOF correspondiente a cada Consejo de Cuenca. Mientras que el Director General del Organismo de Cuenca fungirá como Secretario Técnico del Consejo de Cuenca⁴¹ (artículo 13 bis LAN). A su vez, las bases de la integración, participación y funciones de los órganos funcionales y auxiliares de los Consejos de Cuenca se encuentran establecidos en la LAN y su reglamento. Las formas más particulares de la integración, participación y funciones de dichos órganos están establecidas en las RGIOF de cada Consejo de Cuenca.

La Asamblea General de Usuarios es uno de los órganos funcionales más importantes de los Consejos de Cuenca en materia de concertación. Se integra por los representantes usuarios del agua de los diferentes usos y de las organizaciones de la sociedad. Su estructura está constituida por un presidente de asamblea y un secretario de actas. El mecanismo de

⁴¹ La composición de los Consejos de Cuenca guarda un vínculo estrecho con la autoridad del agua, es decir con los Organismos de Cuenca, a pesar de que la legislación señala que no están subordinados a la CONAGUA ni a los Organismos de Cuenca (artículo 13 LAN). Sin embargo, el Secretario Técnico del Consejo es el Dir. General del Organismo de Cuenca correspondiente, participa con voz y voto, y forma parte del Comité Directivo del Consejo de Cuenca. En el caso de las Comisiones de Cuenca sucedía de manera similar, estas estuvieron presididas por el secretario de Recursos Hidráulicos, lo cual implicaba poca autonomía.

elección de la estructura interna de la Asamblea y su periodicidad se lleva a cabo según lo establecido en las RGIOF de cada Consejo de Cuenca (artículo 13 bis 1 LAN).

En la Asamblea se discuten las estrategias, prioridades, políticas, líneas de acción y criterios, para ser considerados en la planeación de la cuenca. En consecuencia, de manera previa, la Asamblea deberá conocer todos los asuntos relativos a la gestión integrada del agua, incluyendo explotación, concesión, permisos de descarga, contaminación, tratamiento de agua residual, etc. Es su función nombrar a sus representantes vocales en el Consejo de Cuenca y definir la posición de los usuarios del agua y las organizaciones de la sociedad en los asuntos que se llevarán al Consejo de Cuenca (artículo 13 bis 1 LAN).

La Asamblea, junto con el Consejo de Cuenca, tiene la tarea de coadyuvar la vigilancia en el cumplimiento del plan hídrico de la cuenca. Una de las principales funciones de la Asamblea es la canalización de recomendaciones al Consejo de Cuenca a través de vocales usuarios designados, finalmente dichas recomendaciones las canaliza el Consejo de Cuenca al Organismo de Cuenca que corresponda (artículo 13 bis 2 VI LAN). Además, la Asamblea puede conferir diversas tareas al Consejo de Cuenca, con apego a las disposiciones de la LAN y a su reglamento (artículo 13 bis 3 XXV LAN).

En cuanto a los órganos auxiliares, sus tareas son diferenciadas por división espacial de las cuencas. Las Comisiones de Cuenca y Comités de Cuenca tienen un ámbito de acción a nivel micro cuenca o grupo de micro cuenca, correspondientes a una subcuenca específica. Mientras que los Comités Técnicos de Aguas del Subsuelo o Subterráneas desarrolla sus actividades en relación con un acuífero o grupo de acuíferos determinados (artículo 13 bis 1 LAN).

Los órganos auxiliares son colegiados de integración mixta, al igual que los Consejos de Cuenca por lo que no están subordinados a la CONAGUA ni a los Organismos de Cuenca. El tipo y número de órganos en una cuenca varía según se considere necesario y prioritario. Las características particulares de las comisiones y comités quedarán asentadas en las RGIOF de cada Consejo de Cuenca (artículo 13 bis 1 LAN).

En síntesis, la estructura de los Consejos de Cuenca se basa en la integración de los múltiples actores que intervienen en el manejo y gestión del agua, lo que representa que los Consejos de Cuenca son los órganos principales del modelo de la GIRH. Los espacios de discusión y toma de decisiones más importantes son la Asamblea General de Usuarios y las Sesiones del Consejo de Cuenca. No obstante, la integración de los múltiples actores ha sido paulatina. Incorporar la participación de usuarios y sobre todo de organizaciones ciudadanas

y no gubernamentales no ha sido automática a partir de la legislación mexicana emitida desde finales de 1980.

La integración de vocales de la sociedad organizada y de la academia ha sido un proceso largo, sobre todo en los primeros Consejos de Cuenca que se conformaron. Específicamente, el Consejo de Cuenca del Río Santiago determinó en sus RGIOF el número de vocales de la sociedad organizada y de la academia a participar, doce años después de haberse instalado⁴².

A la vez, llama la atención la participación de los vocales municipales. Como ya se señaló, los municipios tienen un papel importante en el control de las descargas de aguas residuales de la industria conectada a la red de alcantarillado y drenaje. Por lo que, la colaboración de los gobiernos municipales en la prevención y control de la contaminación es importante aun así, en el Consejo de Cuenca cuentan con vocalías de emisión de voz, pero no de voto.

2.4.2 ALCANCES DE LA GESTIÓN DE LOS CONSEJOS DE CUENCA

Las actividades de los Consejos de Cuenca se dirigen al cumplimiento de los siguientes objetivos principales: *sanear las cuencas, barrancas y cuerpos receptores de agua para prevenir su contaminación*⁴³; *ordenar los usos y distribución del agua; promover y propiciar el reconocimiento del valor económico, social y ambiental del agua; fomentar el uso eficiente del agua; y conservar el agua y el suelo* (CONAGUA, 2010:48). Para lo cual, los Consejos de Cuenca tienen atribuciones que se pueden agrupar en cinco esferas: 1) de información, 2) de financiamiento, 3) de participación, 4) de desarrollo de infraestructura, y 5) de vigilancia.

En cuanto a *información*, los Consejos de Cuenca tienen a su cargo conocer, difundir y proponer lineamientos generales de la política hídrica nacional, regional y por cuenca (artículo 13 bis 3 III LAN); conocer oportuna y fidedignamente la información referente a la disponibilidad, calidad, usos y derechos registrados, así como los asuntos y parámetros de mayor relevancia en materia de recursos hídricos y su gestión, además de difundir esta

⁴² Que el Consejo de Cuenca del Río Santiago haya establecido el número de vocales de la sociedad organizada y de la academia a participar en el Consejo de Cuenca y en sus órganos en sus RGIOF en el año 2011, no implica que no se haya dado antes la participación de organizaciones ciudadanas y no gubernamentales al interior de dicho Consejo. Sin embargo, este tipo de participación no lograría consolidarse sin el establecimiento puntual de los mecanismos de participación de los actores que concurren en este espacio, así como la periodicidad de sus reuniones, etc.

⁴³ Se vuelve un punto importante en la gestión de los Consejos de Cuenca debido a que la contaminación atenta contra la vida, degrada el ambiente y afecta a las generaciones actuales y futuras, por ello los consejos, comisiones y comités de cuenca se proponen contribuir a su limpieza y conservación (CONAGUA, 2010:47).

información entre sus miembros y la sociedad de la cuenca (artículo 13 bis XVI LAN); conocer los acreditamientos que otorgue la CONAGUA en el ámbito federal a organizaciones de usuarios constituidas para la explotación, uso y aprovechamiento del agua (artículo 13 bis XXII LAN).

Respecto a *financiamiento*, tienen a su cargo promover la coordinación y complementación de las inversiones en materia hídrica que efectúen los gobiernos de los estados y municipios en el ámbito territorial de las subcuencas y acuíferos (artículo 13 bis 3 VII LAN); colaborar con los Organismos de Cuenca en la instrumentación eficiente del Sistema Financiero del Agua en su ámbito territorial (artículo 13 bis 3 XII LAN); apoyar al financiamiento de la gestión regional del agua (artículo 13 bis 3 XIV LAN); coadyuvar el desarrollo de los estudios financieros proponiendo los montos de las contribuciones de los usuarios en apoyo al financiamiento de los programas de los Organismos de Cuenca (artículo 13 bis 3 XV LAN).

En *participación* tiene la atribución de concertar las prioridades en usos del agua con sus miembros y con el Organismo de Cuenca que corresponda (artículo 13 bis 3 II LAN); promover la participación de las autoridades estatales y municipales y asegurar la instrumentación de los mecanismos de participación de los usuarios de la cuenca y las organizaciones de la sociedad en la programación hídrica de la cuenca correspondiente (artículo 13 bis 3 V LAN); desarrollar, revisar y conseguir los consensos necesarios y proponer a sus miembros el proyecto de Programa Hídrico de la Cuenca, con la intervención del Organismo de Cuenca (artículo 13 bis 3 VI LAN).

En cuanto a *desarrollo de infraestructura* se establece que dentro de sus atribuciones está el coadyuvar al desarrollo de la infraestructura hidráulica y los servicios de agua (artículo 13 bis 3 IX LAN); integrar comisiones de trabajo para plantear soluciones y recomendaciones sobre desarrollo de infraestructura hidráulica y servicios respectivos (artículo 13 bis 3 XX LAN). Respecto de las atribuciones de *vigilancia* tiene la función de auxiliar a la CONAGUA en la vigilancia de los aprovechamientos de aguas superficiales y subterráneas, mediante la definición de los procedimientos para la intervención de los usuarios y sus organizaciones (artículo 13 bis 3 XXI LAN).

El desarrollo de las atribuciones principales de los Consejos de Cuenca mediante el ejercicio de la coordinación y la concertación representan el medio para alcanzar el objetivo de sanear las cuencas. Para lo cual, la legislación hídrica nacional establece que los Consejos de Cuenca participen en la definición de los objetivos generales y los criterios para la formulación de los programas de gestión del agua de la cuenca (artículo 13 bis 3 IV LAN);

colaboren con la CONAGUA en materia para la prevención, conciliación, arbitraje, mitigación y solución de conflictos en materia de agua y su gestión (artículo 13 bis 3 XIX LAN); promuevan con el concurso del Organismo de Cuenca el establecimiento e integración de comisiones de trabajo encaminadas a plantear soluciones y recomendaciones sobre asuntos específicos del agua en la cuenca (artículo 13 bis 3 XX y XXIII LAN).

Los Consejos de Cuenca pueden participar en el análisis de diagnósticos y estudios técnicos sobre conservación de su calidad; fomentar programas de contaminador-pagador y de la reparación del daño ambiental, así como en impulsar la creación de Comisiones, Comités y Grupos Especializados de Trabajo en saneamiento y calidad del agua. Por su parte, la Asamblea General de Usuarios tiene el alcance de priorizar las problemáticas de contaminación y de calidad del agua en la cuenca, al emitir recomendaciones al Consejo de Cuenca y este último, al Organismo de Cuenca correspondiente.

Los múltiples objetivos y las atribuciones tan generales de los Consejos de Cuenca en la legislación mexicana no permiten precisar el alcance de estos órganos colegiados en el saneamiento y prevención de la contaminación de las cuencas, barrancas y cuerpos receptores de agua, debido a que sus atribuciones establecidas en la LAN corresponden a los cinco objetivos principales; que se señalaron al principio de este apartado, y no se cuenta con atribuciones específicas que involucren la toma de decisión directa sobre la política hídrica, que respondan a cada objetivo, a excepción de atribuciones colaborativas. Lo cual guarda una concordancia con la GIRH que contempla a los Consejos de Cuenca como entidades multipropósito con funciones de recomendación y consulta.

Los Consejos de Cuenca en materia de saneamiento de las cuencas, barrancas y cuerpos receptores cumplen con atribuciones colaborativas de participación, apoyo y difusión, según la LAN. Para muestra, tienen la atribución de difundir entre sus miembros y la sociedad de la cuenca la información y documentación referida a calidad del agua, fuentes de contaminación y parámetros orgánicos e inorgánicos, *enriquecida con las orientaciones y determinaciones a las que arribe dicho Consejo de Cuenca*. Por tanto, los Consejos de Cuenca son espacios para el análisis y discusión de la problemática local de contaminación del agua, cuentan con voz para pronunciarse por el saneamiento de los ríos y cuerpos de agua, que es respaldada por los múltiples vocales que en él concurren.

Cuadro 5. Atribuciones de los Consejos de Cuenca adecuadas al saneamiento de cuencas, corrientes y cuerpos de agua

No	Atribuciones	Artículo LAN
1	Proponer los lineamientos generales de política hídrica <i>de saneamiento y calidad del agua</i> a nivel nacional, regional y por cuenca que reflejen la realidad del desarrollo hídrico en el corto, mediano y largo plazo, en el ámbito territorial que corresponda.	13 bis 3 fracción III
2	Participar en la definición de objetivos generales y criterios de los programas <i>de saneamiento y calidad del agua</i> en armonía con la programación hídrica nacional.	13 bis 3 fracción IV
3	Participar en el análisis de estudios técnicos sobre mejoramiento y conservación de la calidad del agua.	13 bis 3, fracción VIII
4	Apoyar los programas de contaminador-pagador y fomentar la reparación del daño ambiental de recursos hídricos.	13 bis 3 fracción XIII
5	Conocer oportuna y fidedignamente la información y documentación referente a la calidad y contaminantes del agua.	13 bis 3, fracción XVI
6	Difundir ampliamente entre sus miembros y la sociedad de la cuenca la información y documentación referida a calidad del agua, fuentes de contaminación y parámetros orgánicos e inorgánicos, enriquecida con orientaciones y determinación del Consejo de Cuenca.	13 bis 3, fracción XVI
7	Colaborar con la CONAGUA o el Organismo de Cuenca en materia de prevención, conciliación, arbitraje, mitigación y solución de conflictos hídricos <i>referidos a la contaminación del agua</i> .	13 bis 3 fracción XIX
8	Integrar comisiones de trabajo para plantear soluciones y recomendaciones sobre asuntos específicos <i>como la prevención y corrección de la contaminación del agua</i> .	13 bis 3 fracción XX
9	Promover con el concurso del Organismo de Cuenca, el establecimiento de comisiones y comités de cuenca, así como conseguir los consensos y apoyos necesarios para instrumentar las bases de organización y funcionamiento de estas organizaciones y reconocerlas como órganos auxiliares del Consejo de Cuenca.	13 bis 3 fracción XXIII

Elaboración propia. Fuente: LAN. (artículo 13 bis 3).

El cuadro 5 muestra nueve de veinticinco atribuciones de los Consejos de Cuenca adecuadas en materia de saneamiento de cuencas, corrientes y cuerpos de agua. Como ya se ha mencionado, no son normativas sino de coordinación entre los niveles de gobierno de las instancias con injerencia en la gestión del agua, y de concertación de intereses entre los actores y usuarios del agua. De estas atribuciones se destaca la capacidad de incidir en los programas de gestión de calidad y saneamiento del agua —contenidos en los puntos 1 al 3— y en la integración de comisiones de trabajo —contenidos en los puntos 8 y 9—.

Las comisiones de trabajo y los comités de cuenca son órganos que apoyan en el ejercicio de las funciones de los Consejos de Cuenca y que inciden en los alcances de la gestión debido a que se enfoca a asuntos específicos a nivel de subcuenca o microcuenca, relacionados a la preservación de la calidad del agua, a través del análisis y el planteamiento de soluciones y recomendaciones. Sobre las atribuciones y objetivos de las comisiones de trabajo y los comités de cuenca no hay más en la LAN ni en el Reglamento de la misma. La

forma de operar, constituirse, de asignar prioridades entre las problemáticas de la cuenca se definen en cada caso particular que se plasma en las RGIOF de cada Consejo de Cuenca.

El reparto de competencias sobre la calidad de las aguas en la legislación mexicana favorece la centralidad de las funciones de la CONAGUA y de los Organismos de Cuenca, mientras que se tiende a reducir el alcance de las “funciones de consulta” de los Consejos de Cuenca (Dominguez, J., 2011). Sin embargo, la CONAGUA y los Organismos de Cuenca, así como las dependencias federales que intervienen en la protección de la calidad de las aguas, como la SEMARNAT, la SAGARPA, la Secretaría de Salud, etc., están estipuladas para que participen en los Consejos de Cuenca. En tanto, la coordinación y la concertación en el seno de los Consejos de Cuenca no está aislada de quienes regulan y toman decisiones directamente sobre la calidad del agua en México.

Con base a la LAN y a la LGEEPA nos hemos acostumbrado a analizar la gestión de la calidad del agua desde la CONAGUA hacia los espacios regionales de gestión, no obstante los Consejos de Cuenca también tienen el objetivo de sanear las cuencas, barrancas y cuerpos receptores de agua además de prevenir su contaminación. Por tanto, al analizar la gestión de la calidad del agua desde los Consejos de Cuenca observamos el reflejo a nivel regional de la gestión de la calidad del agua que se lleva a cabo a nivel federal. Se puede observar qué prioridad tiene el tema de la contaminación en la política hídrica y si la aplicación de los principios de la gestión integrada está incidiendo en sanear las cuencas y en prevenir la contaminación, particularmente por metales pesados.

En tanto, no se espera que los Consejos de Cuenca actúen con medidas normativas ni sancionatorias, ni que desarrollen la toma de decisión directa sobre la política hídrica en la región hidrológica. Los alcances frente al problema de contaminación del agua están dados por su principal cualidad: ser un órgano colegiado de integración mixta, donde la concurrencia de las distintas instancias involucradas en la GIRH posibilita la coordinación y concertación para impulsar programas de saneamiento y reconversión de la industria, en el caso de la contaminación del agua por metales pesados, al conciliar las agendas y prioridades de los actores y usuarios del agua (Doujereanni, 2000).

2.4.3 GESTIÓN HORIZONTAL: PARTICIPACIÓN DE USUARIOS Y SOCIEDAD ORGANIZADA

En los Consejos de Cuenca, al menos 50 por ciento de las vocalías corresponden a usuarios y a la sociedad organizada. De los cuales sobresalen en proporción los usuarios debido a que se tienen representantes por cada tipo de uso del agua en la cuenca, como lo es el uso agrícola, industrial, público urbano y prestadores de servicio (CONAGUA, 1998; 2010).

Mientras que de la sociedad organizada⁴⁴ se consideran habitualmente de dos tipos: organizaciones de la sociedad y sector académico.

La Asamblea General de Usuarios es el principal órgano de los Consejos de Cuenca que permite el ejercicio de participación de los usuarios y de la sociedad organizada. Está diseñada para que sus miembros sean representantes de los usuarios del agua de los diferentes usos y de las organizaciones de la sociedad (artículo 13 bis 1 LAN). En ella se eligen los vocales representantes en el Consejo de Cuenca. La periodicidad de sus sesiones se determina en las RGIOF.

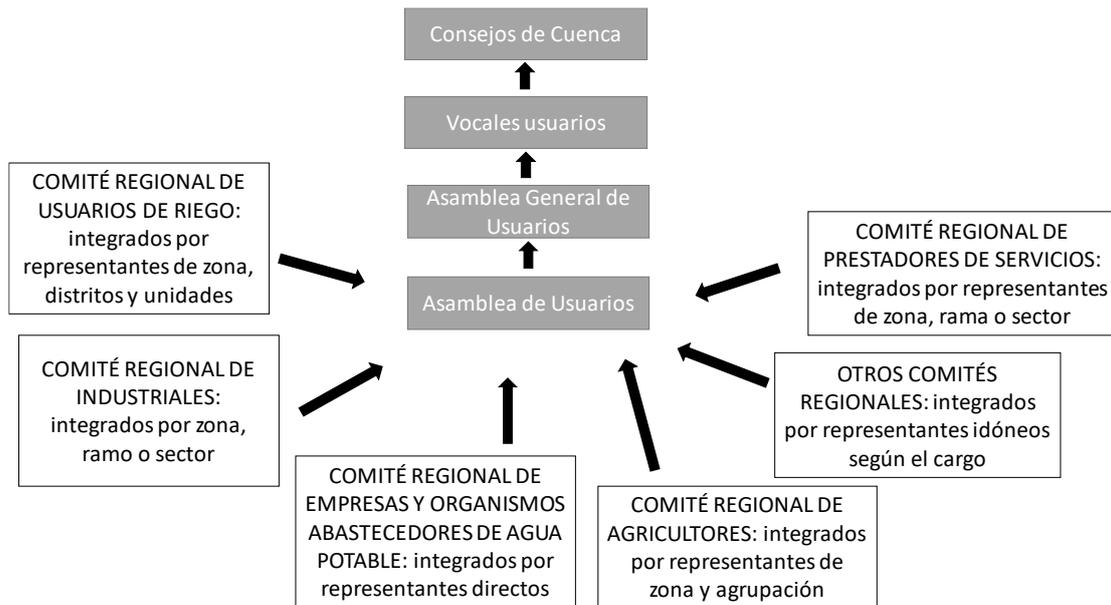
Sus funciones giran en torno a discutir las estrategias, prioridades, políticas, líneas de acción y criterios, para ser considerados en la planeación de corto, mediano y largo plazo de la cuenca hidrológica; para lo cual le es necesario conocer los asuntos relativos a la explotación, uso y aprovechamiento del agua; la concesión, asignación y permisos de descarga; la contaminación y tratamiento del agua; la construcción de obras hidráulicas, y los demás aspectos relativos a la gestión integrada de los recursos hídricos, propuestos por los representantes de los usuarios del agua de los diferentes usos (artículo 13 bis 1 LAN).

A su vez, tiene la función de definir la posición de los usuarios del agua de los distintos usos y de las organizaciones de la sociedad, en relación con los asuntos que elevará la Asamblea General al Consejo de Cuenca; coadyuvar con el Consejo de Cuenca en la vigilancia del cumplimiento del Plan Hídrico de la Cuenca Hidrológica; y nombrar sus representantes que fungirán con el carácter de vocales en el seno del Consejo de Cuenca (artículo 13 bis 1 LAN). En tanto, es un medio para tomar acuerdos o producir consensos sobre asuntos que serán analizados y, en su caso, acordados al nivel del consejo de cuenca (CONAGUA, 2010:52).

Previo a las reuniones de las Asamblea General de Usuarios, los usuarios se reúnen en comités regionales por uso del agua. Es decir que están integrados por los usuarios de cada uno de los usos del agua de la cuenca, como lo son los comités regionales de usuarios de riego, de industriales, de empresas y organismos abastecedores de agua potable, de agricultores, de prestadores de servicios, entre otros, como lo muestra la siguiente figura. Además que sesionan en forma de asamblea con la finalidad de discutir y analizar los asuntos del agua de la cuenca (CONAGUA, 2010).

⁴⁴ La legislación hídrica estipula que la sociedad organizada son organizaciones ciudadanas o no gubernamentales, colegios y asociaciones de profesionales, empresarios, y otros grupos organizados vinculados con la explotación, uso, aprovechamiento o conservación, preservación y restauración de las aguas de la cuenca hidrológica y de los acuíferos subyacentes (artículo 13 bis 2 LAN).

Figura 3. Asamblea de usuarios y comités regionales de Consejos de Cuenca



Fuente: Documentos básicos de los Consejos de Cuenca. CONAGUA-SEMARNAT. 2010

La figura 3 muestra las formas de agrupamiento y participación de los usuarios mediante comités, que a su vez integran la Asamblea General de Usuarios y al Consejo de Cuenca. Se puntualiza a los vocales usuarios, pero se omite a la sociedad organizada, es decir a las organizaciones de la sociedad y al sector académico. La GIRH tiene como pilar a la participación social en la toma de decisiones para promover la gestión y el desarrollo coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados con el fin de maximizar el bienestar social y económico. Sin embargo, en el caso mexicano, los Consejos de Cuenca centraron la participación social en los usuarios del agua.

En la gestión horizontal del agua al interior de los Consejos de Cuenca la sociedad organizada ocupa un lugar diferenciado a los usuarios del agua en proporción y funciones. Como se ha señalado, los vocales usuarios sobresalen en proporción respecto a los vocales de la sociedad organizada y la academia, además que la LAN estipula que las recomendaciones que emita la Asamblea General de Usuarios al Consejo de Cuenca y a través de este, al Organismo de Cuenca correspondiente, será a través de los vocales usuarios (artículo 13 bis 2 LAN), por lo que se excluye a los vocales de la sociedad organizada y de la academia.

La integración de las organizaciones de la sociedad y del sector académico en la participación social de los Consejos de Cuenca ha sido muy lenta. La legislación ambiental mexicana de 1988 estipuló la participación de la sociedad en conjunto con el gobierno para

prevenir la contaminación, pero en el caso de la gestión del agua la participación social no se promovió a la par de la creación de los Consejos de Cuenca, sino mediante la reforma a la LAN en 2004. Esto se traduce que de 1993 —año en que se creó el primer Consejo de Cuenca— a 2004 la participación social excluía a la sociedad organizada y al sector académico.

A pesar de la reforma a la LAN de 2004 se observa en la figura 3 la falta de integración de las organizaciones de la sociedad y del sector académico en la participación social de los Consejos de Cuenca. La figura, que corresponde a un documento oficial de la CONAGUA-SEMARNAT publicado en 2010 —posterior a la reforma a la LAN— considera únicamente los comités regionales de los vocales usuarios. Sin embargo, también se cuenta con comités regionales para las organizaciones de la sociedad y del sector académico que son representados en los Consejos de Cuenca. En consecuencia, la forma de representación, organización y participación de las organizaciones de la sociedad y del sector académico se puntualizan en las RGIOF de cada Consejo de Cuenca.

En general, esta situación incentiva a la participación de la sociedad organizada por fuera de los Consejos de Cuenca. Esto se debe por un lado, a la limitación impuesta por la CONAGUA y los Organismos de Cuenca acerca de que miembros de la sociedad organizada pueden participar y de los requisitos a cumplir para acreditar su participación y, por otro lado, después de cumplir con dichos filtros la participación de la sociedad organizada debe afrontar su posición diferenciada a la de los usuarios del agua.

2.4.4 GESTIÓN VERTICAL: COORDINACIÓN INSTITUCIONAL

La relevancia de los Consejos de Cuenca radica en la atención de diversas problemáticas hídricas propias de cada cuenca con planes, programas y estudios específicos (CONAGUA, 2010). Por lo que la coordinación con los gobiernos municipales, estatales y federal representa una de sus funciones clave para proveer mejores soluciones, para lo cual es de suma importancia las bases, formas y avances en dicha coordinación.

Las vocalías de los Consejos de Cuenca corresponden en 50 por ciento a gobiernos estatales y municipales, además de vocales del gobierno federal. La legislación hídrica mexicana señala que la proporción de vocales de los gobiernos estatales y municipales no debe superar al 35 por ciento por consiguiente, la proporción de vocales federales corresponderá a un 15 por ciento. Los vocales de gobierno estatal y municipal son representados por sus respectivos Titulares del Poder Ejecutivo Estatal y Presidentes Municipales.

Las entidades estatales que se consideran son las que se circunscriben al territorio del Consejo de Cuenca de que se trate, lo mismo para el caso de los gobiernos municipales, aunque su representación se da conforme a lo determinado en cada estado y en lo determinado en las RGIOF de cada Consejo de Cuenca. En cuanto a la participación del gobierno federal, se considerarán vocales para las Secretarías de Medio Ambiente y Recursos Naturales; de Hacienda y Crédito Público; Desarrollo Social; Energía; Economía; Salud; y Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Todas secretarías que tienen injerencia en la gestión de los recursos hídricos del país.

La coordinación institucional al interior de los Consejo de Cuenca cuenta con tres órganos principales, uno son las propias Sesiones de los Consejos de Cuenca, otro es la Comisión de Operación y Vigilancia y otro más es la Gerencia Operativa. En la primera participan todos los vocales miembros del Consejo de Cuenca, la periodicidad de las sesiones se determina en la RGIOF de los Consejos, en estas sesiones habrá de considerarse la pluralidad de intereses, demandas y necesidades en la cuenca o cuencas hidrológicas que correspondan.

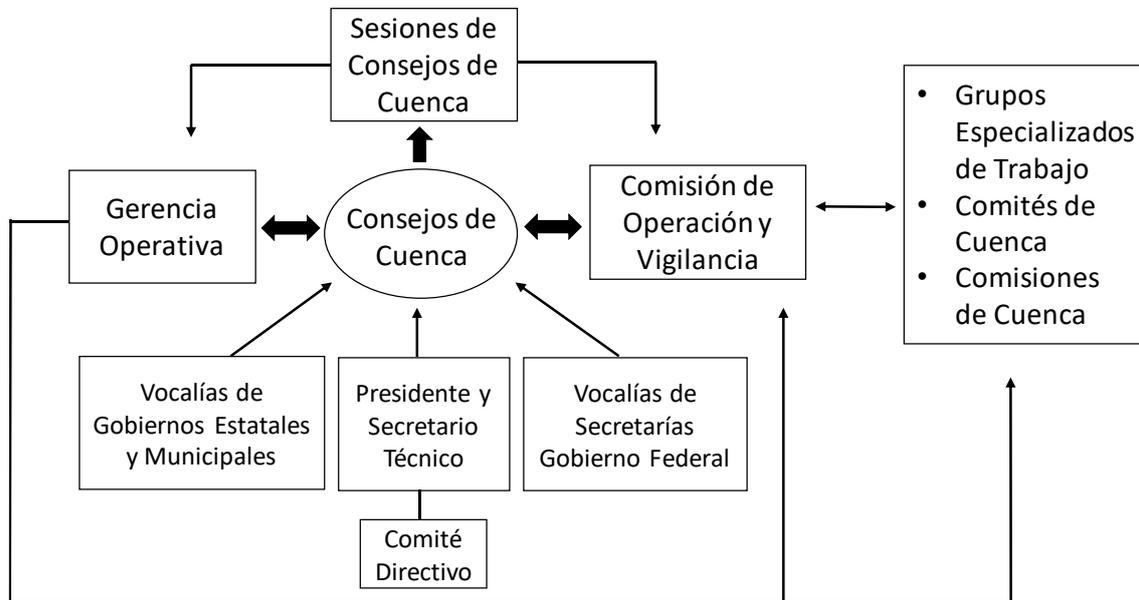
La Comisión de Operación y Vigilancia (COVI) se encarga de implementar, dar seguimiento, retroalimentar y evaluar el desempeño del Consejo de Cuenca, de los grupos de trabajo específicos y otros órganos especializados (artículo 13 bis 1 LAN; CONAGUA, 2010). Es decir que de ésta dependen los grupos técnicos de trabajo mixto y colegiado, por los que se entiende los grupos especializados de trabajo (GET), las Comisiones de Cuenca, los Comités de Cuenca, los Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS) y los Comités de Playas Limpias.

En este sentido, las Comisiones y Comités de Cuenca se forman para la resolución de problemas que por su gravedad o complejidad requieran de atención especializada o temporal, como pueden ser problemas específicos de contaminación (CONAGUA, 2010:50). A su vez, tienen el fin de facilitar la coordinación intergubernamental y la concertación con los usuarios y grupos organizados de la sociedad (CONAGUA, 2010:50). Éstas funcionan con una secretaría técnica que asume la CONAGUA, que es la encargada de suministrar la información básica que se requiere y de llevar el seguimiento de los acuerdos (CONAGUA, 2010:51), a pesar de que no están subordinadas a la CONAGUA o a la Organismos de Cuenca (artículo 13 bis 1 LAN).

La Gerencia Operativa, órgano funcional de los Consejos de Cuenca, tiene funciones internas de carácter técnico, administrativo y jurídico (artículo 13 bis 1 LAN). Depende de la COVI, por lo que el trabajo que realiza es en conjunto con ésta. En tanto, la Gerencia tiene

a bien apoyar a la COVI en el seguimiento y cumplimiento de objetivos y acuerdos del Consejo de Cuenca, así como apoyar a los GET y a los órganos auxiliares en los instrumentos de gestión que adopten.

Figura 4. Coordinación al interior de Consejos de Cuenca



Fuente: Documentos básicos de los Consejos de Cuenca. CONAGUA-SEMARNAT. 2010. Elaboración propia.

La Gerencia Operativa facilita el cumplimiento de los objetivos de los órganos auxiliares del Consejo de Cuenca, así como de la COVI. Si bien, ésta no es una instancia de coordinación directa entre los niveles de gobiernos, lo es para el caso de los grupos especializados, los comités y comisiones de cuenca, así como para el cumplimiento de las sesiones del Consejo de Cuenca. Además de apoyar al desarrollo de las capacidades de los integrantes del Consejo de Cuenca que está relacionada con el adecuado funcionamiento de los órganos auxiliares. A continuación, se muestran los elementos y actores de la coordinación en los Consejos de Cuenca.

La figura 4 señala que la coordinación al interior de los Consejos de Cuenca está en función de las sesiones del propio Consejo, así como de la Gerencia Operativa y de la COVI. Es decir que, son clave para la coordinación de las políticas y programas hidráulicos entre los tres niveles de gobierno y los órganos funcionales y auxiliares del Consejo de Cuenca. Pero de estos tres niveles de gobiernos, las vocalías estatales son las únicas que de manera directa tienen voz y voto en los acuerdos que se toman en el seno del Consejo de Cuenca.

Tanto las vocalías municipales como las de las secretarías federales cuentan con voz en las sesiones del Consejo de Cuenca pero no con voto. Los gobiernos municipales pueden incidir en los acuerdos en caso de ser los encargados de los órganos operadores de abastecimiento de agua potable y alcantarillado municipal, como usuarios del agua. Sin embargo, su papel como representantes gubernamentales en la coordinación de las políticas y programas hidráulicos se reduce a una participación que brinda opiniones.

Esto último, a pesar de que los gobiernos municipales juegan un rol importante en el control de las descargas residuales a la red de alcantarillado y drenaje municipal. Su participación es de relevancia en la planeación y programación del saneamiento de las aguas residuales de uso doméstico y de aquellas con uso industrial. Existen problemáticas particulares en cuanto la preservación de la calidad del agua a nivel municipal que no siempre son visibles o de prioridad a nivel estatal.

Para problemáticas particulares de las cuencas, los Consejos de Cuenca tienen la función de integrar comisiones de trabajo para plantear soluciones y recomendaciones sobre asuntos específicos (artículo 13 bis 3 LAN). Particularmente, esta función se lleva a cabo a través de la COVI ya que, además de dar seguimiento, retroalimentar y evaluar a los grupos de trabajo, a las comisiones y a los comités tiene la atribución de acordar su creación, al presentarse el diagnóstico de la problemática y la justificación técnica y social que le brinde pertinencia al proyecto de creación.

La creación de comisiones y comités de cuenca, así como de grupos de trabajo representa la definición de las líneas de trabajo de cada Consejo de Cuenca. Si bien, la CONAGUA o los Organismos de Cuenca marcan las líneas generales de trabajo en torno a la gestión integral del agua, *la creación de las propias líneas y acciones de trabajo permiten la mejora de la calidad del agua así alcanzar los objetivos de creación de cada Consejo de Cuenca, para lo cual se requiere contar particularmente con el apoyo de órganos funcionales como la COVI y la Gerencia Operativa.*

CONSIDERACIONES FINALES

- 1 La gestión del agua en México ha estado asociada a la creación de Entidades de Cuenca a manera de Comisiones de Cuenca y Comisiones de Estudio, y posteriormente a los Consejos de Cuenca. A partir del enfoque subsectorial de los recursos hídricos, entre 1940 y 1980, se implementaron las Comisiones de Cuenca con el fin de impulsar el desarrollo por regiones hidrológicas con una estrategia de inversión pública y de descentralización de las actividades industriales en el país (Barking y King, 1986). Bajo

un contexto de sobreexplotación y escaso control de la contaminación del agua se inició la transición al enfoque sustentable llamado GIRH, a finales de la década de 1980, incentivado por organismos internacionales, con el que han priorizado las actividades económicas que hacen un uso más eficiente y productivo del agua (Aboites, 2009), por ejemplo la industria sobre la agricultura. También se crea en el país un marco normativo ambiental; la LGEEPA en 1988, en la que se planteó la participación de la sociedad en conjunto con el gobierno para prevenir la contaminación, a la par de que se crearon los Consejos de Cuenca; el primero en 1993, para la gestión integrada del agua por regiones hidrológicas.

- 2 Uno de los pilares de la GIRH, a partir de la LAN de 1992, son los Consejos de Cuenca, que fungen como instancias de coordinación y concertación entre la CONAGUA, las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal y los representantes usuarios de la respectiva cuenca hidrológica. Uno de sus objetivos principales es sanear y prevenir la contaminación de las cuencas, barrancas y cuerpos receptores de aguas residuales.
- 3 La regulación de la contaminación del agua descansa en instrumentos de control como las CPD, las NOM, las Declaratorias de Clasificación de Cuerpos de Agua y las NMX. En especial, las NOM han sufrido transformaciones radicales durante la GIRH, en 1996 se modificó la regulación de la contaminación del agua en todo el país, de fuente de descarga a cuerpo receptor, lo que favoreció la autorregulación de las descargas residuales de la industria, así como el monitoreo periódico exclusivamente de tres parámetros que miden materia orgánica y sólidos (DBO₅, DQO y SST), por lo que no se monitorean metales pesados en las aguas nacionales.
- 4 El alcance de los Consejos de Cuenca en materia de saneamiento de las cuencas, barrancas y cuerpos receptores de agua se basa en cinco atribuciones específicas: 1) participar en el análisis de diagnósticos y estudios técnicos sobre conservación de su calidad; 2) apoyar a los programas de contaminador-pagador y fomentar la reparación del daño ambiental; 3) conocer oportuna y fidedignamente la información y documentación referente a la calidad y contaminantes del agua; 4) difundir ampliamente entre sus miembros y la sociedad de la cuenca la información y documentación referida a calidad del agua, fuentes de contaminación y parámetros orgánicos e inorgánicos, enriquecida con orientaciones y determinación del Consejo de Cuenca; así como 5) impulsar la creación de Comisiones, Comités y Grupos Especializados de Trabajo en saneamiento y calidad del agua. Además de otras cuatro atribuciones no específicas pero

que pueden adecuarse al objetivo de saneamiento, como proponer los lineamientos generales de la política hídrica de saneamiento y calidad del agua a nivel nacional, regional y por cuenca que reflejen la realidad del desarrollo hídrico en el corto, mediano y largo plazo, en el ámbito territorial que corresponda. Por tanto, la generalidad de las atribuciones de los Consejos de Cuenca dibuja la multiplicidad de formas posibles de acercarse a una solución de saneamiento de los recursos hidrológicos, desde el caso particular de cada Consejo de Cuenca, sin olvidar sus restricciones en el ámbito normativo y sancionatorio.

- 5 Respecto al cumplimiento de sus funciones, los Consejos de Cuenca cuenta con mecanismos de participación social, sin embargo la gestión de tipo horizontal presenta inconvenientes por la falta de integración efectiva de la sociedad organizada y la academia, a pesar de los avances con la LGEEPA de 1988. Los Consejos de Cuenca han centrado la participación social en los usuarios del agua, que portan los intereses del sector que representan. Se ha puesto en segundo lugar la participación de la sociedad organizada y la academia, lo que propicia su participación en torno a los temas de contaminación del agua por fuera de los Consejos de Cuenca.
- 6 El cumplimiento de las funciones de los Consejos de Cuenca en torno a la gestión vertical depende de las sesiones del Consejo de Cuenca, así como las de la Gerencia Operativa y de la COVI, como medio para coordinar las acciones y concertar los múltiples intereses de los sectores que cada vocal representa. Además del caso particular de cada Consejo de Cuenca para llevar a cabo los correspondientes diagnósticos de la problemática y la justificación técnica y social para crear comisiones y comités de cuenca que resuelvan problemáticas a escala local de contaminación del agua por metales pesados.

CAPÍTULO 3

CONTAMINACIÓN DEL RÍO SANTIAGO EN RELACIÓN AL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA EN JALISCO

Este capítulo representa un ejercicio de asociación de parámetros inorgánicos, específicamente “metales pesados”, con fuentes de contaminación industrial en la cuenca Santiago-Guadalajara. Para lo cual se considera la distribución espacial –mediante áreas de influencia– de las unidades económicas de la industria manufacturera “potencialmente generadora de descargas residuales peligrosas” por rama y sub ramas que se desempeñan en la cuenca Santiago-Guadalajara, que corresponde al corredor industrial ubicado a la margen izquierda del río Santiago, a lo largo de los municipios de Ocotlán-El Salto.

3.1 EL SISTEMA HIDROLÓGICO DEL RÍO SANTIAGO

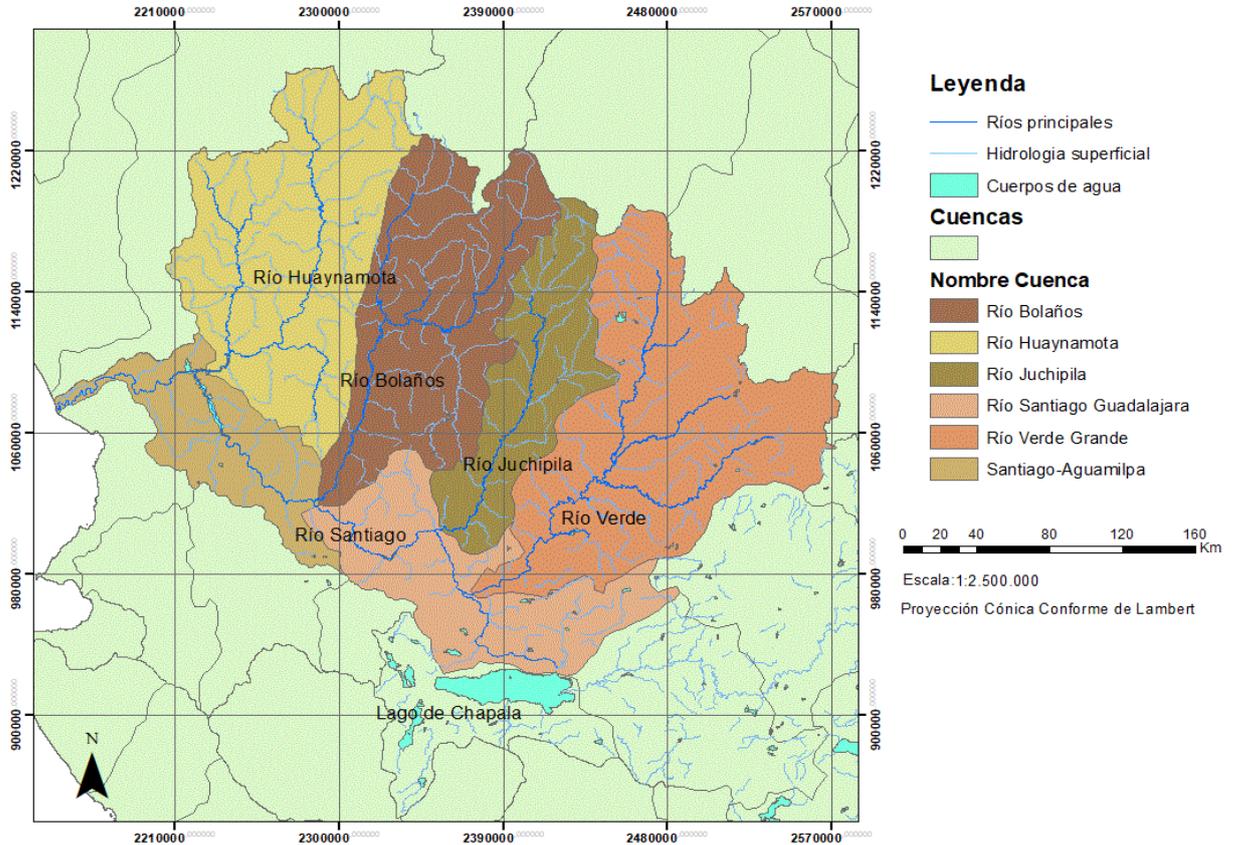
El sistema hidrológico del río Santiago abarca aproximadamente una extensión territorial de 75,550 km², región que incluye el cauce del río y sus afluentes (CONAGUA, 2011). El río Santiago forma parte del sistema hidrológico Lerma-Chapala-Santiago el cual, nace en la Laguna de Almoloya y fluye hasta el Lago de Chapala, este colector recibe el nombre de río Lerma. Después del Lago de Chapala, en la ribera oriental, se convierte en el río Santiago que discurre por el estado de Jalisco y la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) y el estado de Nayarit, para desembocar en el Océano Pacífico (CONAGUA, 2012:18).

El río Santiago tiene una longitud aproximada de 475 km desde su nacimiento hasta su desembocadura. El sistema hidrológico del Santiago está compuesto de seis cuencas principales: del río Verde Grande, del río Juchipila, del río Santiago-Guadalajara, del río Bolaños, del río Huaynamota y del río Santiago Aguamilpa (ver mapa 1) que conforman cinco principales afluentes: el río Zula, río Verde, río Juchipila, río Bolaños y río Huaynamota (CONAGUA, 2012). A su vez, el sistema hidrológico se divide en 31 subcuencas hidrológicas más. Es parte de la Región Hidrológico Administrativa (RHA) VIII Lerma-Santiago-Pacífico, de las trece regiones en que se divide el país.

El sistema hidrológico del Santiago se divide en zona alta y baja. Alto Santiago representa 46 por ciento del área total de la cuenca. Va desde la estación hidrométrica Corona hasta el vaso de la presa Sta. Rosa. Sus principales afluentes son el río Verde y río Juchipila, y de manera secundaria el río Calderón. Comprende 18 subcuencas. Mientras que, Bajo Santiago representa 54 por ciento del área total de la cuenca, que va desde la presa de

Santa Rosa hasta su desembocadura en el Océano Pacífico. Sus principales afluentes son el río Bolaños y el río Huaynamota. Integra 13 subcuencas (FIDERCO, 2004).

Mapa 1. Red hidrológica del río Santiago



Fuente: CONAGUA, 1998. Elaboración propia.

La precipitación media anual de la cuenca es de 729 mm, asimismo la evapotranspiración equivale a 642 mm promedio anual. El volumen de escurrimiento medio anual es de 7,849 hm³, mientras que la disponibilidad media anual es de 6,287 hm³. Por su parte la disponibilidad efectiva de agua superficial es de 743.6 hm³. La disponibilidad de agua en la cuenca se reduce drásticamente a sólo a tres subcuencas de las 31. Dichas subcuencas se ubican en Bajo Santiago, ninguna en Alto Santiago. Según la CONAGUA, la reducción de la disponibilidad de agua superficial es debido a las declaratorias de veda en otras subcuencas.

El número de acuíferos en la cuenca con disponibilidad de agua subterránea es de 47, de los cuales ocho se encuentran sobreexplotados –principalmente en Alto Santiago–. Cabe destacar que aproximadamente 50 por ciento de los acuíferos no cuentan con datos de disponibilidad de agua subterránea publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF).

El volumen de recarga media anual de los acuíferos asciende a 1,803 hm³. Se tiene un índice de explotación promedio anual de agua subterránea igual a 0.60, por lo cual la CONAGUA considera en términos generales la posibilidad de seguir aprovechando el recurso subterráneo en la cuenca (CONAGUA, 2012).

En cuanto a uso del suelo, se tiene que 32 por ciento son bosques, 27 por ciento es de uso agrícola, 18 por ciento selvas, 14 por ciento pastizales y matorrales, siete por ciento zonas de vegetación, uno por ciento es de uso urbano y uno por ciento cuerpos de agua (CONAGUA, 2012). La mayoría de las zonas urbanas se localizan en Alto Santiago, allí se ubican dos principales zonas metropolitanas, la ZMG y la de Aguascalientes —ZMAGS—. La cuenca Santiago abarca el territorio parcial de tres estados⁴⁵ de la república y el territorio total de uno⁴⁶. Comprende 90 municipios. Posee una población que asciende a 7'459,130 habitantes. 87 por ciento vive en localidades urbanas y 15 por ciento en localidades rurales. La ZMG es la que mayor población concentra (CONAGUA, 2012).

Los volúmenes concesionados por uso del agua en la cuenca son 73 por ciento para la agricultura, 21 por ciento para el abastecimiento público y seis por ciento para la industria autoabastecida. El volumen concesionado total asciende a 2,455 hm³/año, con base a datos del 2009. Del cual, 64.8 por ciento proviene de fuentes subterráneas y 35.2 por ciento proviene de fuentes superficiales. Asimismo, de los tres usos consuntivos del agua es la industria autoabastecida la que se surte hasta en un 88 por ciento de fuentes subterráneas, el abastecimiento público lo hace en 76 por ciento, mientras que la agricultura lo hace en 60 por ciento (CONAGUA, 2012).

En cuanto a infraestructura hidráulica de la cuenca, se cuenta con ocho presas. Puente Calderón, Excamé, El Salto, El Chique, Calles, Santa Rosa, El Cajón y Aguamilpa. Las tres últimas presas son de tipo hidroeléctricas. Se cuenta también con 223 PTARm. De las cuales, 197 se ubican en Alto Santiago y 26 en Bajo Santiago. La cuenca concentra 11 por ciento del total de PTARm en el país (CONAGUA, 2011a). Respecto a PTARi, para el año 2014, el núcleo de población de Guadalajara, Jalisco contó aproximadamente con 71 plantas en operación, de las cuales 14 eran de tratamiento primario, 18 de tratamiento secundario y 39 con tratamiento no especificado. Mientras que el centro de población de Aguascalientes cuenta aproximadamente con 47 PATRi en operación, 12 son de tratamiento primario, 30 secundario y 5 terciario (SEMARNAT. Recuperado en: www.semarnat.gob.mx).

⁴⁵ Jalisco, Zacatecas y Nayarit.

⁴⁶ Aguascalientes.

Se estima que en la cuenca Santiago se generan 507.9 hm³/año de aguas residuales municipales —35 por ciento del total de las aguas residuales de la RHA VIII Lerma-Santiago-Pacífico—. A su vez, 65 por ciento del volumen de agua residual generado no es tratado, lo que quiere decir que 330.1 hm³/año de aguas residuales municipales son vertidas a ríos o cuerpos de agua sin ningún tipo de tratamiento (CONAGUA, 2012). Con información reportada por *Ayuntamientos de la cuenca se estima que el Santiago recibe directa e indirectamente al menos 20 descargas de aguas residuales de tipo municipal, 271 descargas de tipo industrial y 14 de tipo pecuario*. La mayoría de estas descargas se ubican en el municipio de El Salto, Jalisco (AyMA, 2006), donde concurre la cuenca del Santiago-Guadalajara. A su vez, se reportó que en el arroyo El Ahogado se recibían más de 217.9 hm³/año de aguas residuales⁴⁷ crudas procedentes de industriales y de la ZMG (CONAGUA, 2003).

Se señala que la industria instalada en la región es la principal causante de contaminación puntual (CONAGUA, 2012:37). Durante el periodo 2004-2009 se reportaron que entre 208 y 233 empresas industriales⁴⁸ descargaban al cauce del río Santiago al menos uno de los metales como níquel, cromo, plomo, arsénico, cadmio, mercurio y cianuro, en alguno de los años (Arellano-Aguilar, O., Ortega, L., y Gesundheit, P.; 2012). A su vez, la falta de saneamiento ha ocasionado niveles de contaminación de todo tipo y origen: público-urbano, industrial, agrícola y pecuario, lo que hace que la región se ubique entre las más contaminadas del país (CONAGUA, 2007a:50).

La cuenca Santiago tiene 42 estaciones de monitoreo de calidad del agua que se ubican 27 en Alto Santiago y 15 en Bajo Santiago (CONAGUA, 2012). Cabe destacar que el número de estaciones de monitoreo está por debajo del promedio de la RHA VIII Lerma-Santiago-Pacífico, que asciende a 57 estaciones. Los parámetros de calidad del agua que se monitorean con regularidad son DBO₅, DQO y SST, estipulados en la NOM-001-SEMARNAT-1996, que dan cuenta de contaminación orgánica. No se cuenta con monitoreo periódico de metales pesados, orgánicos volátiles y semivolátiles para la totalidad de la cuenca.

⁴⁷ Lo que equivale a más de 597,000 m³/día de aguas residuales.

⁴⁸ Las 10 empresas detectadas con reportes más elevados de descarga de metales pesados y cianuro fueron Huntsman Internacional de México y Grupo Celanese de la industria química; Cervecería Modelo de Guadalajara, Nestlé México, Cervecería Cuauhtémoc Moctezuma y Casa Cuervo de la industria de alimentos; Hilasal México de la industria textil; IBM de México de la industria electrónica y cómputo; además de Servicios Estrella Azul de Occidente del sector servicio, de alquiler y lavanderías industriales.

La gestión del agua en el sistema hidrológico del río Santiago está sujeta a la planeación nacional, la cual se coordina a nivel regional a través del Consejo de Cuenca del Río Santiago, instalado en 1999 (CONAGUA, 2012b). En el Consejo de Cuenca converge gobierno federal, estatal y municipal, así como usuarios del agua, centros de estudio y organizaciones de la sociedad. Este Consejo cuenta con cuatro Comisiones de Cuenca: la del río Mololoa, del río Calderón, Altos de Jalisco y de la Laguna de Cajititlán y el río Los Sabinos (www.cocurs.mx), que se encargan de resolver problemáticas a nivel de subcuencas o micro cuencas. A la fecha, el Consejo de Cuenca del Río Santiago tiene 18 años laborando.

En tanto, se cuenta con información que demuestra que hay un problema de contaminación por metales pesados en el sistema hidrológico de la cuenca del río Santiago, el cual requiere ser focalizado territorialmente a la zona en que se desarrollan las actividades de la industria manufacturera. Los indicios de contaminación se remontan a las políticas federales de industrialización de finales de la década de 1940 con que se impulsó a nivel nacional el desarrollo de complejos industriales con base en el modelo de desarrollo regional por Cuencas Hidrológicas.

3.2 EL RÍO SANTIAGO ENTRE DOS CUENCAS Y EL COMPLEJO INDUSTRIAL DE JALISCO

Como ya se ha señalado, el río Santiago forma parte del sistema hidrológico Lerma-Chapala-Santiago que no existe más en términos administrativos y que ha tenido importantes transformaciones en la gestión de sus recursos hidrológicos debido al desarrollo de la industria manufacturera. Durante el enfoque subsectorial de los recursos hídricos se contó con la Comisión de Estudio Lerma-Chapala-Santiago, posteriormente con el enfoque de la GIRH se crearon dos Consejos de Cuenca para la región: Lerma-Chapala y Río Santiago, que a su vez, conforman la Región VIII Lerma-Santiago-Pacífico.

La Comisión de Estudio Lerma-Chapala-Santiago creada en 1950, que a principios tuvo como primordial tarea el estudio de los problemas de la cuenca (Barkin y King, 1986) por ejemplo, la escasez del agua del lago de Chapala (Boehm, 1999), emprendió la estrategia de descentralización del desarrollo industrial del país (Durán, Partida y Torres, 1999). En tanto, el desarrollo industrial en el río Santiago se vinculó al recurso hídrico desde su aprovechamiento como fuente generadora de energía eléctrica hasta mediados de 1950. Posteriormente, con el aprovechamiento de la infraestructura acumulada del ferrocarril, la energía eléctrica y las aguas superficiales del río, la industria manufacturera se amplió con la construcción de corredores, parques y ciudades industriales en la margen izquierda del Santiago, en la década de 1970 (Durán, *et al.*, 1999). Estas acciones constituyeron estrategias

de descentralización de las actividades industriales de Guadalajara hacia la zona sur de la ciudad.

El proyecto de descentralización industrial en la región se concretó en el Plan Lerma-Chapala-Santiago, con el que se promocionó la construcción del *Corredor Industrial Jalisco*, en 1970 (Durán, *et al.*, 1999). Los principales establecimientos industriales se localizaron en los municipios de El Salto, Atequiza, Poncitlán, Ocotlán y La Barca. Para 1972, las principales actividades manufactureras correspondían a la industria química, alimenticia, textil, metalmecánica y productos de hule (Durán, *et al.*, 1999:119). Para el año 1975, se habían instalado alrededor de 38 empresas en el corredor (Durán, J; Partida, R., 1993).

Por su parte, la industria manufacturera presentó muchos cambios en la década de 1980 y 1990 debido a la apertura comercial, la competencia de los mercados mundiales y la inversión extranjera en el país. De esta reestructuración se obtuvo como resultado que las ramas de la electrónica y la química, que estaban orientadas a la exportación, permanecieran en la región (Máttar y Peres, 1997), aunque desde el año 2000 también han destacado las ramas de la electrónica y la mueblera, así como unidades industriales de autopartes y metalmecánica. Es decir que, el proyecto del *Corredor Industrial Jalisco* continuó desarrollándose por su especialización en dichas ramas.

Cuadro 1. Industria manufacturera en los municipios del Corredor Industrial Jalisco

Municipio	Unidades Económicas				Personal Ocupado			
	1999	2004	2009	2014	1999	2000	2009	2014
El Salto	358	331	562	894	30,062	21,596	30,806	27,383
Juanacatlán	36	23	33	43	98	107	296	350
Ixtlahuacán de los Membrillos	57	61	87	101	2,854	2,651	2,957	3,490
La Barca	161	182	658	209	657	1,162	1,121	1,005
Ocotlán	593	640	658	699	5,627	5,367	4,497	5,439
Poncitlán	120	136	160	180	4,484	3,395	2,047	2,102
Total	1,325	1,373	2,158	2,126	43,782	34,278	41,724	39,769

Elaboración propia. Fuente: Censos Económicos 1999, 2004, 2009, 2014. INEGI. Partida, R. 2002.

Para el año 1999 el municipio de Ocotlán lideraba la industria manufacturera por número de unidades económicas sin embargo para 2014 el municipio de El Salto concentró el mayor número de unidades económicas del sector. Para el año 2000, el corredor contaba con al menos cuatro parques industriales y un corredor industrial (Partida, 2002). Entre los Parques industriales pioneros se destaca el de El Salto, instalado en 1978. La preeminencia

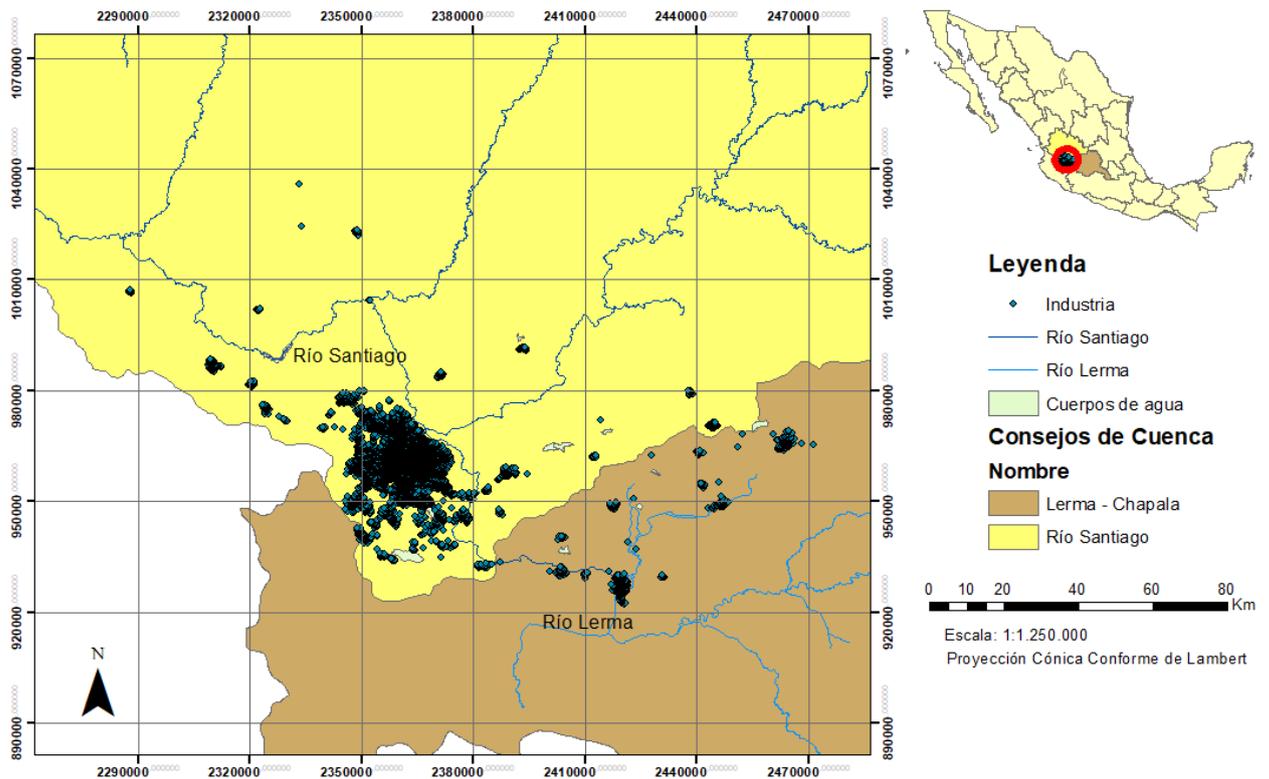
de El Salto en el corredor se observa por el número de personal ocupado, que 1999 a 2014 ha concentrado en promedio 68.6 por ciento del total del personal ocupado del corredor, lo cual hace referencia al tamaño de la industria manufacturera en El Salto con respecto a Ocotlán y con el resto de los municipios del corredor industrial (cuadro 1).

El cuadro 1 muestra que el número de unidades económicas en los municipios del Corredor Industrial Jalisco ha crecido, aunque no alcanza a duplicarse durante el periodo 1999-2014. En cambio, en el municipio de El Salto las unidades económicas han crecido alrededor de 2.5 veces durante el mismo periodo. El personal ocupado ha tendido a reducirse en los municipios del corredor, principalmente en Poncitlán y El Salto, aunque la tendencia en Juanacatlán ha sido distinta, el personal ocupado creció 3.6 veces en el periodo 1999-2014. A 2014, la industria manufacturera representa 2,126 unidades económicas, de las cuales 42 por ciento se ubican en El Salto, además de que concentra 68.9 por ciento del total del personal ocupado en la industria manufacturera de los seis municipios que integran el corredor. En tanto, durante el periodo 1999-2014 el municipio de El Salto representa el principal centro industrial en el corredor.

Además de los cambios en el modelo de industrialización derivados de la apertura comercial, se presentaron cambios en el ámbito de la gestión hídrica. En general, la Comisión de Estudio Lerma-Chapala-Santiago no tuvo el resultado esperado en la tarea de impulsar el desarrollo regional y fomentar las zonas industriales. Por esto y otros motivos, dicha Comisión junto con las demás a nivel nacional fueron desapareciendo durante 1970 y 1980. A partir de allí se crearon nuevas figuras de gestión hídrica, como lo es el Consejo de Cuenca Lerma-Chapala en 1993. La desaparición de la unidad de planeación Lerma-Chapala-Santiago conllevó un retroceso ya que representaba la integración del sistema hidrológico en su totalidad territorial, es decir desde su nacimiento en el Estado de México con el cauce del río Lerma, su punto medio en Chapala y su cauce a lo largo del río Santiago.

El corredor se encuentra aledaño al cauce del río Santiago en el territorio de dos Consejos de Cuenca, como se muestra en el mapa 2. Los municipios de El Salto, Ixtlahuacán de los Membrillos y Juanacatlán se localizan en el territorio del Consejo de Cuenca del Río Santiago, mientras que los municipios de Poncitlán, Ocotlán y La Barca pertenecen al territorio de gestión del Consejo de Cuenca Chapala.

Mapa 2. Corredor Industrial de Jalisco



Fuente: DENU, 2016. Octava edición. PRONACOSE-CONAGUA, 2014. Elaboración propia.

La creación del Consejo de Cuenca Lerma-Chapala representó una ruptura en el eje industrial de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago. Si bien, la planeación industrial en la región ya tenía tiempo sin un vínculo estrecho con la gestión de los recursos hídricos, la creación del Consejo de Cuenca Lerma-Chapala vino a concretar la división en el sistema hidrológico ya que, las nuevas funciones del Consejo relacionadas al desarrollo de la manufactura se acotaron espacialmente al cauce del río Lerma y al Lago de Chapala y, se excluyó al río Santiago.

En términos de los cambios suscitados en el marco de la gestión hídrica, se conformó una nueva regionalización hidrológica que dio soporte a prácticas administrativas. En 1998 se organiza el territorio nacional en XIII Regiones Hidrológico-Administrativas. De ahí nace la Región VIII Lerma-Santiago-Pacífico, en la que se inserta la cuenca Lerma-Chapala-Santiago. Un año después, para la consolidación de esta región se crea el Consejo de Cuenca del Río Santiago. Es decir que, la cuenca Lerma-Chapala-Santiago se reestructuró en dos grandes cuencas, con el sostén del Consejo de Cuenca Lerma-Chapala y el del Consejo de Cuenca del Río Santiago.

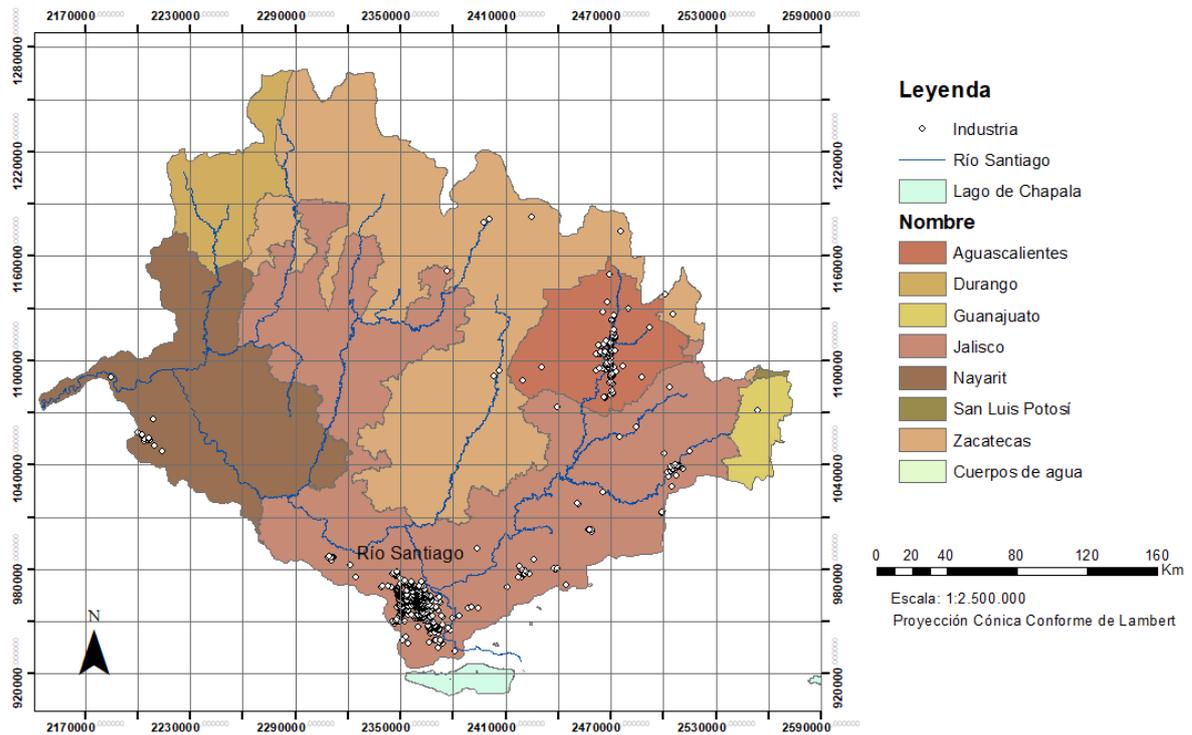
El río Santiago pierde su conexión, en términos de gestión, con el río Lerma y con el Lago de Chapala. Las funciones del Consejo de Cuenca del Río Santiago se acotan al ámbito territorial de la cuenca del río y sus afluentes. Por lo que se excluye el área de nacientes y su relación sistémica con el Lago de Chapala. El *Corredor Industrial Jalisco* que se emprendió en el marco anterior de la gestión hídrica, queda atrapado en dos cuencas, dos gestiones de desarrollo industrial e hídricas.

A pesar de que el corredor industrial se localiza en un mismo territorio estatal – Jalisco– y los Consejos de Cuenca realicen su planificación hídrica con base a los lineamientos de planeación hídrica nacional, las estrategias locales no están vinculadas territorialmente con la comprensión de la totalidad del sistema hidrológico del río Santiago. Ahora mucho más diverso y complejo al integrar en la Región VIII a la cuenca del Pacífico-Centro del país. Actualmente, el *Corredor Industrial Jalisco* se ha acotado en el llamado *Corredor Ocotlán-El Salto*, debido al debilitamiento de la industria en las localidades de Poncitlán y La Barca. No obstante, este acotamiento espacial no modifica la condición del río entre dos cuencas y la industria.

Según datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE)⁴⁹ en la Cuenca del río Santiago se localizan 34,626 unidades industriales para el año 2016. De las cuales, 81 por ciento se localizan en el estado de Jalisco, 16.5 por ciento en el estado de Aguascalientes y el restante en los estados de Nayarit, Zacatecas y Guanajuato. El mapa 3 muestra que gran parte de la industria de la cuenca Santiago se localiza con cercanía al cauce del río. La mayor concentración industrial se ubica en la zona sur del estado de Jalisco que pertenece a Alto Santiago.

⁴⁹ Se utiliza la octava versión del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) como principal fuente de información de los establecimientos industriales debido a que contiene datos de identificación, ubicación, actividad económica y tamaño de los negocios activos en territorio nacional, lo cual permite el manejo de los datos constantemente actualizados a diversas escalas territoriales, como lo son las cuencas hidrológicas, a diferencia del Banco de Información Económica (BIE) o del Sistema Estatal y Municipal de Base de Datos (SIMBAD), ambas fuentes de información generadas por el INEGI. Esta edición del DENUE se actualizó con base en los resultados del operativo de actualización realizado por el INEGI en el segundo semestre del 2016.

Mapa 3. Localización de la industria en el territorio del Consejo de Cuenca del Río Santiago



Fuente: DENUE, 2016. Octava edición. PRONACOSE-CONAGUA, 2014. Elaboración propia.

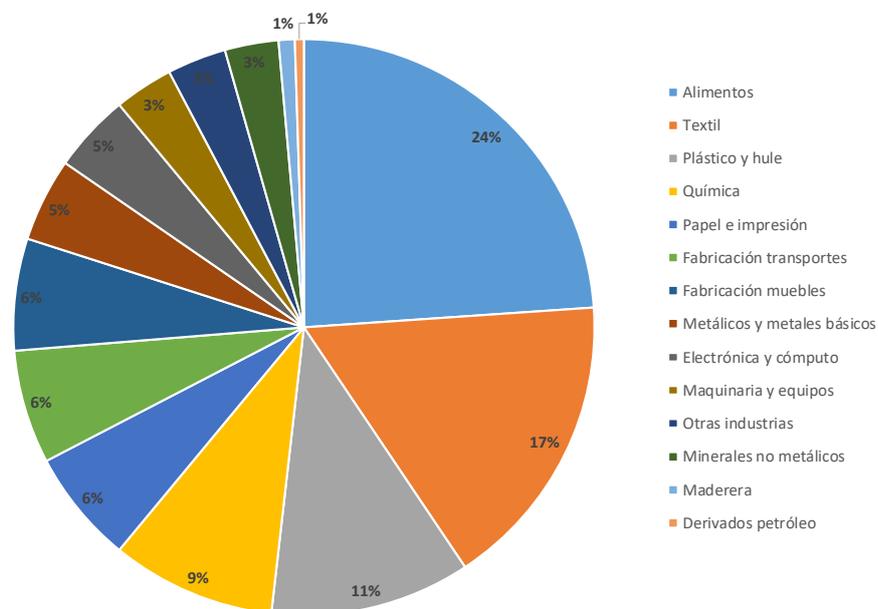
La industria de alimentos representa 24 por ciento del total de las actividades de la industria manufacturera que se desarrolla en el territorio del Consejo de Cuenca del Río Santiago, le sigue la industria textil con 17 por ciento, la industria del plástico y hule con 11 por ciento y la industria química con nueve por ciento, como se muestra en la gráfica 1.

De las actividades manufactureras que se desarrollan en la cuenca, *la industria química; la industria de la electrónica y cómputo; la industria de productos metálicos y metales básicos; la industria del papel e impresión; y la industria de fabricación de transporte son las que potencialmente generan descargas residuales peligrosas debido al empleo de metales pesados en sus procesos productivos*, los cuales son peligrosos por su toxicidad y contaminación (DOF, 1990).

Estas cinco actividades industriales manejan entre cinco y siete metales pesados –de los ocho establecidos en la NOM-001SEMARNAT-1996– en sus procesos productivos (AMBISAT, 2005), mercurio (Hg), cadmio (Cd), zinc (Zn), plomo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr) y níquel (Ni); de las cuales sobresale la industria química y la industria de la electrónica y cómputo. Otras actividades industriales que también utilizan metales pesados no son consideradas en este trabajo como potencialmente generadora de descargas residuales

peligrosas debido a que el número de metales pesados utilizados es entre uno y cuatro⁵⁰. Esto es menor al número de metales usados en procesos productivos que estipula el Indicador de Actividad Potencialmente Generadora de Descargas Peligrosas.

Gráfica 1. Estructura de la industria manufacturera en la Cuenca del río Santiago



Fuente: DENUE, 2016. Octava edición. Elaboración propia.

Nota: El cálculo de la industria alimentaria se hizo sumando las ramas 311 y 312. Para la industria textil se sumaron las ramas 313, 314, 315 y 316. Para el caso de la industria del papel e impresión se sumaron las ramas 322 y 323. Para la industria de productos metálicos y metales básicos se sumaron las ramas 331 y 332. Para la industria de la electrónica y cómputo se sumaron las ramas 334 y 335

En total, la industria que potencialmente genera descargas residuales con sustancias peligrosas representa 31 por ciento del total de los establecimientos industriales localizados en la cuenca del río Santiago. Se tiene que nueve por ciento de los establecimientos corresponden a la industria química, seis por ciento corresponden a la industria del papel e impresión, seis por ciento a la industria de fabricación de transporte, cinco por ciento a la industria de productos metálicos y metales básicos y finalmente, cinco por ciento a la industria de la electrónica y cómputo. Algunos de los usos de metales pesados en actividades de la industria manufacturera se muestran en el cuadro siguiente.

⁵⁰ El Indicador de Actividad Potencialmente Generadora de Descargas Peligrosas está en función del número de metales pesados que se utilizan en los procesos productivos correspondiente ya que, la CONAGUA y la Comisión Estatal del Agua en Jalisco no generan información referida al volumen de descarga de sustancias peligrosas en las aguas residuales por tipo de industria en la región.

Cuadro 2. Uso de metales pesados en actividades industriales

Industria manufacturera / Rama-Sub Rama	Metal pesado						
	Hg	Cd	Zn	Pb	Cu	Cr	Ni
<i>Productos metálicos y metales básicos</i>							
Tratamiento y revestimiento de metales"		X	x	x	x	X	x
Fabricación de envases y embalajes ligeros, en metal"		X	x	x	x	X	x
Fabricación de bidones y toneles de hierro y acero			x		x	X	
Fabricación de cerraduras y herrajes			x		x	X	
Fabricación de productos de alambre			x		x	X	
Fabricación de herramientas y útiles para máquinas*			x		x	X	
Fabricación de otros productos metálicos"		x	x	x	x	X	x
<i>Química</i>							
Fabricación de preparaciones farmacéuticas	X						
Fabricación de pesticidas y otros productos agroquímicos	X		x	x	x		
Fabricación de abonos y compuestos nitrogenados fertilizantes"	X	x	x	x	x		
Fabricación productos básicos de química orgánica"	X		x		x	X	x
Fabricación productos básicos de química inorgánica"	X	x	x	x	x	X	x
Fabricación de pinturas, barnices, y revestimientos similares"	X	x	x	x	x	X	x
Fabricación colorantes y pigmentos"	X	x	x	x	x	X	
<i>Productos electrónicos y de cómputo</i>							
Fabricación de aparatos electrodomésticos"		x	x	x	x	X	x
Fabricación acumuladores y pilas eléctricas"	X	x	x	x			x
<i>Papel e impresión</i>							
Fabricación de papel y cartón"	X	x	x	x	x	X	
Fabricación de pasta papelera			x		x	X	
<i>Fabricación de equipo de transporte</i>							
Fabricación de otro material de transporte"		x	x	x	x	X	x

Fuente: AMBISAT, 2005.

*Incluye las sub ramas: fabricación de herramientas de mano metálicas sin motor; maquinado de piezas metálicas para maquinaria y equipo en general; y fabricación de válvulas metálicas. "Actividades productivas que conforman el Indicador de Actividad Potencialmente Generadora de Descargas Peligrosas.

Nota: el estudio no considera la relación de las actividades industriales con el uso del arsénico (As) debido a que no se localizó en el inventario de AMBISAT.

3.3 CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN EL RÍO SANTIAGO

Investigaciones anteriores señalan la mala calidad del agua del río Santiago por contaminantes provenientes de la industria, la agricultura y el crecimiento de los centros urbanos en la cuenca. En 2004 el estudio para la caracterización de los lodos de los ríos Santiago y Verde en el Estado de Jalisco corroboró la presencia de metales pesados en el cauce del río como cromo, cobalto, mercurio, plomo y arsénico. Por lo que, se ha recomendado que se preste especial atención a la calidad de las aguas residuales y a los sedimentos de los lechos del río Santiago y sus afluentes, ya que existe un riesgo potencial de un desprendimiento de los contaminantes a la corriente acuosa (Lu, M., 2006:1).

En 2006 se llevó a cabo otro estudio de la calidad del agua del río Santiago⁵¹ que si bien no detectó metales pesados por arriba del límite máximo permisible⁵² encontró altos niveles de toxicidad del agua. Reportó que los valores de cadmio, cobre, cromo total, mercurio, níquel y plomo siempre se mantuvieron por abajo del límite de detección del método. En cuanto a los niveles de arsénico, cianuro y zinc se presentaron incrementos moderados. No obstante, se detectaron dos tramos de deterioro de la calidad del agua en el río, equivalentes a 41 km de longitud, como consecuencia de vertidos de las industrias, al grado que la calidad del agua “*es similar a la de un afluente de un sistema de tratamiento y no a la de un río*” (AyMA, 2006:4-36).

Cinco años más tarde, en 2011, el estudio de la calidad del agua del río Santiago (desde su nacimiento en el Lago de Chapala, hasta la presa de Santa Rosa)⁵³ determinó que al menos 305 industrias de los municipios de El Salto, Tototlán, Poncitlán y Juanacatlán hacen uso del río Santiago para descargar aguas residuales. Además de corroborar que en el río se han rebasado los límites máximos permisibles de metales pesados por lo que se estima un riesgo por contaminación química en la cuenca (IMTA, 2011).

El estudio realizado en 2011 estima que el río Santiago recibe 118 kg/día de zinc (Zn), 11.4 kg/día de níquel (Ni), 7.5 kg/día de cobre (Cu) y 2.1 kg/día de plomo (Pb), entre otros contaminantes no convencionales. Este trabajo además revela que las descargas industriales resultan más contaminantes que las descargas municipales ya que, del 87 a 94 por ciento de las industrias localizadas en la cuenca Santiago-Guadalajara incumplen en al menos uno de los parámetros de la NOM-001-SEMARNAT-1996 (IMTA, 2011).

Desde la creación de la CONAGUA hasta 2009 se han realizado estudios eventuales que dan cuenta de la contaminación del agua por metales pesados en algunos tramos del río Santiago. Sin embargo, el monitoreo periódico de estos parámetros se estableció a partir del año 2009 a cargo del CEA Jalisco, con lo que se creó el *Sistema de Calidad del Agua*. Este sistema consiste en monitoreos mensuales en el cauce del río Santiago, en el arroyo El

⁵¹ El estudio anterior efectuado en 2004, al igual que este de 2006 se realizaron bajo encargo de la Comisión Estatal del Agua y Saneamiento (CEAS) que actualmente es la Comisión Estatal del Agua (CEA) de Jalisco. A pesar de que el primer proyecto se realizó bajo convenio entre la CEAS y la UDG-CUCEI, es decir en colaboración, la CEAS rechazó la veracidad de los resultados (http://gaceta.udg.mx/G_notas1.php?id=2066), lo que dio pie a este nuevo proyecto a cargo de AyMA Ingeniería y Consultoría S. A. de C.V.

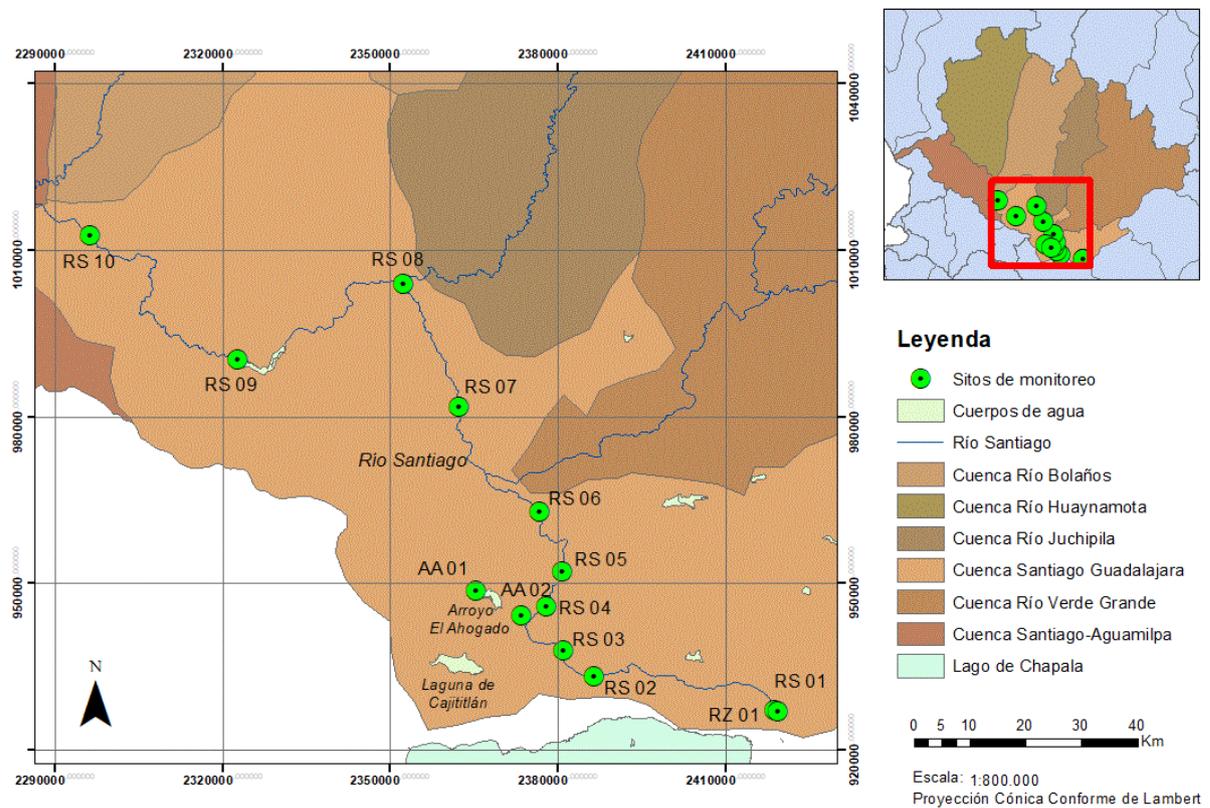
⁵² Cabe señalar que según el reporte del propio estudio de monitoreo, se levantó un solo muestreo aguas arriba de El Ahogado (AyMA, 2006), que es una de las zonas con mayor actividad industrial en la cuenca del río Santiago.

⁵³ También realizado bajo encargo del CEA Jalisco. Se basa en tres campañas de muestreos durante el periodo 2008- 2010.

Ahogado y el río Zula. Los resultados son públicos y de libre acceso a través del portal www.ceajalisco.gob.mx.

El Programa de muestreo abarca 262.5 km de longitud en el estado de Jalisco. Comprende 13 puntos de muestreo⁵⁴, nueve sobre el cauce del río Santiago, dos sobre el cauce del arroyo El Ahogado que es afluente del río Santiago y dos más cercanos al lago de Chapala que es donde nace el río. Los puntos se distribuyen únicamente en la cuenca Santiago-Guadalajara, en los municipios de Ocotlán, Poncitlán, Ixtlahuacan de los Membrillos, Juanacatlán, Tonalá, Ixtlahuacan del Río, San Cristóbal de la Barranca, Tequila, Hostotipaquillo y Tlajomulco de Zuñiga. Territorio que pertenece a la cuenca Santiago-Guadalajara.

Mapa 4. Localización de los sitios del Programa de muestreo del río Santiago.



Fuente: CONAGUA, 1998. Elaboración propia. Sistema de Calidad del Agua del Río Santiago, 2013. CEA Jalisco.

⁵⁴ RS-01: río Santiago 1; RS-02: río Santiago 2; RS-03: río Santiago 3; RS-04: río Santiago 4; RS-05: río Santiago 5; RS-06: río Santiago 6; RS-07: río Santiago 7; RS-08: río Santiago 8; RS-09: río Santiago 9; RS-10: río Santiago 10; AA-01: arroyo El Ahogado 1; AA-02: arroyo El Ahogado 2; RZ-01: río Zula.

Este programa de monitoreo considera 37 parámetros, de los que se distinguen orgánicos⁵⁵, inorgánicos, físicos, microbiológicos, así como metales pesados⁵⁶, de los cuales, 32 están contemplados en la LFD (ver cuadro 3). La evaluación de los parámetros se basa en la calidad del agua con uso para la protección de la vida acuática: agua dulce, incluye humedales, para determinar el límite máximo permisible de contaminantes, establecido en la LFD (ver cuadro 2, capítulo 2).

Cuadro 3. Parámetros del Sistema de Calidad del Agua⁵⁷ contemplados en la LFD

Inorgánicos	Físicos	Orgánicos	Microbiológicos
Alcalinidad total	Grasas y aceites	Sustancias activas al azul del metileno	Coliformes fecales
Aluminio	Potencial de hidrógeno	Demanda Química de Oxígeno	
Arsénico*	Sólidos disueltos totales	Demanda Bioquímica de Oxígeno	
Bario	Sólidos Suspendidos		
Cadmio*	Totales		
Cloruros totales	Temperatura		
Cobre*	Turbiedad		
Cromo*			
Fierro			
Fluoruros			
Fosforo total			
Manganeso			
Mercurio*			
Níquel*			
Nitrógeno amoniacal			
Nitrógeno de nitratos			
Nitrógeno de nitritos			
Oxígeno disuelto			
Plomo*			
Sodio			
Sulfatos			
Sulfuros			
Zinc*			

Fuente: Sistema de Calidad del Agua, CEA, Jalisco.

* Metales pesados, según la NOM-001-SEMARNAT-1996.

No obstante, la información del *Sistema de Calidad del Agua* de CEA Jalisco carece de un análisis integral por parte de las instituciones a su cargo (Arellano-Aguilar, O., Ortega,

⁵⁵ Dentro de los parámetros orgánicos, no se consideran compuestos volátiles y semivolátiles que suelen estar relacionados con las industrias del plástico, pinturas, farmacéutica, alimentaria. Sin embargo, se han detectado cerca de 1,090 sustancias en descargas al Santiago, como ftalatos, tolueno, cloroformo, benceno, fenol (IMTA, 2011; Arellano-Aguilar, O., Ortega, L., y Gesundheit, P., 2012).

⁵⁶ El Sistema de Calidad del Agua del CEA Jalisco considera en sus reportes de resultados de los monitoreos mensuales del río Santiago, río Zula y arroyo El Ahogado 12 metales pesados, al incluir aluminio, fierro, bario y sodio en su listado sin embargo, según las Normas Oficiales Mexicanas estos indicadores pertenecen al listado de los metales y no de los metales pesados (NOM-001-SEMARNAT-1996).

⁵⁷ Acotado a la cuenca Santiago-Guadalajara.

L., y Gesundheit, P.; 2012). Se hacen reportes mensuales de la calidad del agua, pero no se habla de fuentes contaminantes. No se tiene una relación de sustancias químicas vinculadas a posibles descargas residuales de la industria manufacturera, lo cual dificulta las atribuciones del Consejo de Cuenca del Río Santiago para contribuir al objetivo de sanear las cuencas, barrancas y cuerpos receptores de agua para prevenir su contaminación.

Como se señaló en el cuadro 5 del capítulo 2, los Consejos de Cuenca tienen la atribución de “conocer oportuna y fidedignamente la información y documentación referente a la calidad y contaminantes del agua”, en este sentido el Consejo de Cuenca del Río Santiago obtiene la información mediante el *Sistema de Calidad del Agua* de CEA Jalisco. Además, de la atribución de “difundir ampliamente entre sus miembros y la sociedad de la cuenca la información y documentación referida a la calidad del agua, fuentes de contaminación y parámetros orgánicos e inorgánicos, enriquecida con orientaciones y determinación del Consejo de Cuenca” pero el *Sistema de Calidad del Agua* carece de información en torno a las fuentes industriales de contaminación por ende, el Consejo de Cuenca del Río Santiago no puede cumplir eficazmente con esta atribución.

El tipo de monitoreo del *Sistema de Calidad del Agua*, por cuerpo receptor y no por fuente contaminante, se vincula directamente con el monitoreo estipulado en la legislación mexicana. Sin embargo, la legislación establece la asociación a fuentes específicas de impacto en los sistemas acuáticos, como lo son las descargas residuales industriales y municipales (Barrios, E., 2003) para los casos de control de la contaminación, mediante una *red secundaria*⁵⁸ de monitoreo. Por tanto, una forma de asociación a las fuentes específicas de contaminación es la localización de los puntos de muestreo (cuadro 4) que incide en la calidad de los datos. Sin embargo, el *Sistema de Calidad del Agua* del río Santiago y afluentes carece de criterios claros para la localización de los 13 puntos de muestreo, tema que ahondaremos más adelante.

Cuadro 4. Información de la localización de los sitios de muestreo

No.	Sitio de Monitoreo	Ubicación	Coordenadas
1	RS-01. Río Santiago 1	Ocotlán	X: -102.779392 Y: 20.346928
2	RS-02. Río Santiago 2	Cortina Presa Corona-Poncitlán	X: -103.090619 Y: 20.399667
3	RS-03. Río Santiago 3	Ex hacienda Zapotlanejo	X: -103.143814 Y: 20.442003
4	RS-04. Río Santiago 4	Compuerta-Puente El Salto-Juanacatlán	X: -103.174558 Y: 20.512825
5	RS-05. Río Santiago 5	Puente Grande	X: -103.147283 Y: 20.571036

⁵⁸ Es un componente flexible de la Red Nacional de Monitoreo (no esencial ni permanente) que tiene el objetivo de generar información prescriptiva a corto y mediano plazo, que sirva de apoyo a las acciones de regulación y control de la contaminación.

Continuación cuadro 4

No.	Sitio de Monitoreo	Ubicación	Coordenadas
6	RS-06. Río Santiago 6	Vertedero controlado de Matatlán	X: -103.187169 Y: 20.668289
7	RS-07. Río Santiago 7	Paso de Guadalupe	X: -103.328972 Y: 20.839097
8	RS-08. Río Santiago 8	San Cristóbal de la Barranca	X: -103.426036 Y: 21.038356
9	RS-09. Río Santiago 9	Camino al Salvador Tequila	X: -103.711889 Y: 20.911972
10	RS-10. Río Santiago 10	Paso la Yesca	X: -103.970528 Y: 21.113083
11	AA-01. Arroyo El Ahogado 1	Carretera a Chapala antes de aeropuerto	X: -103.296703 Y: 20.537825
12	AA-02. Arroyo El Ahogado 2	Puente localidad El Muelle	X: -103.216722 Y: 20.497869
13	RZ-01. Río Zula	Puente carretera Guadalajara-La Barca	X: -102.774767 Y: 20.34455

Fuente: Sistema de Calidad del Agua, 2013. CEA Jalisco.

Por su parte, el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) reporta los permisos de descargas residuales por localización y volumen de la descarga, pero no puntualiza las características de las descargas en cuanto a contenido orgánico e inorgánico, ni la vigencia del permiso de la descarga residual, es decir señala el año en que es emitido el permiso pero no el año en que vence. Por lo que, las fuentes de información de calidad del agua, ya sea el *Sistema de Calidad del Agua* del CEA Jalisco o el REPGA restringen las posibles orientaciones y determinaciones del Consejo de Cuenca del Río Santiago para sanear las cuencas, barrancas y cuerpos receptores de agua para prevenir su contaminación.

A pesar de los inconvenientes de los datos oficiales sobre calidad del agua, los monitoreos periódicos a cargo del CEA Jalisco son una importante fuente de información con la cual se puede corroborar la contaminación del río Santiago por metales pesados, además de esbozar un panorama de la presencia de dichos metales en el cauce del río Santiago y afluentes, –aunado a que es la única fuente de información periódica disponible a nivel cuenca–.

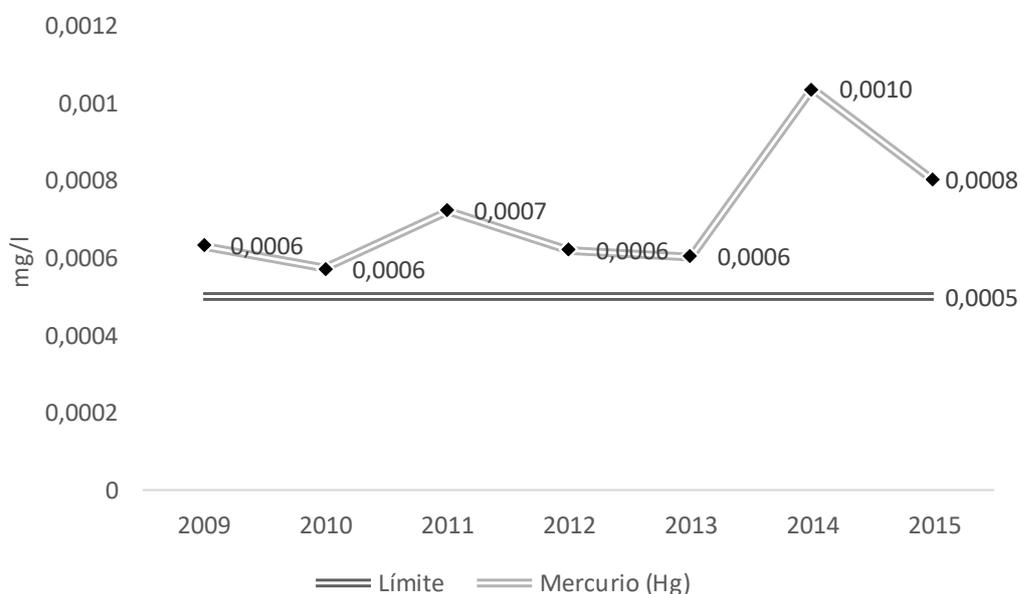
El análisis de los datos mensuales del periodo 2009-2015⁵⁹ apunta a que se rebasan los límites máximos permisibles que marca la Ley Federal de Derechos (LFD) en el caso del mercurio (Hg), cadmio (Cd), zinc (Zn), cobre (Cu) y cromo (Cr), en al menos uno de los años del periodo.

En el caso del mercurio (Hg) se observa que se ha rebasado el LMP igual a 0.0005 mg/l en el cauce del río todos los años del periodo, con valores que van desde 0.0006 hasta 0.0010 mg/l lo cual, equivale al doble del LMP (gráfica 2). Es decir que el mercurio no está

⁵⁹ Con base en el promedio anual calculado a partir de los valores mensuales de abril a septiembre correspondientes a cada año de los 13 sitios de monitoreo. La información es consultada en el portal de <http://info.ceajalisco.gob.mx/sca/> en enero de 2017.

controlado en la cuenca Santiago-Guadalajara y en los dos últimos años ha presentado los niveles más altos.

Gráfica 2. Concentraciones promedio anual de Hg en la cuenca Santiago-Guadalajara, periodo 2009-2015



Fuente: Sistema de Calidad del Agua. CEA Jalisco, enero de 2017.

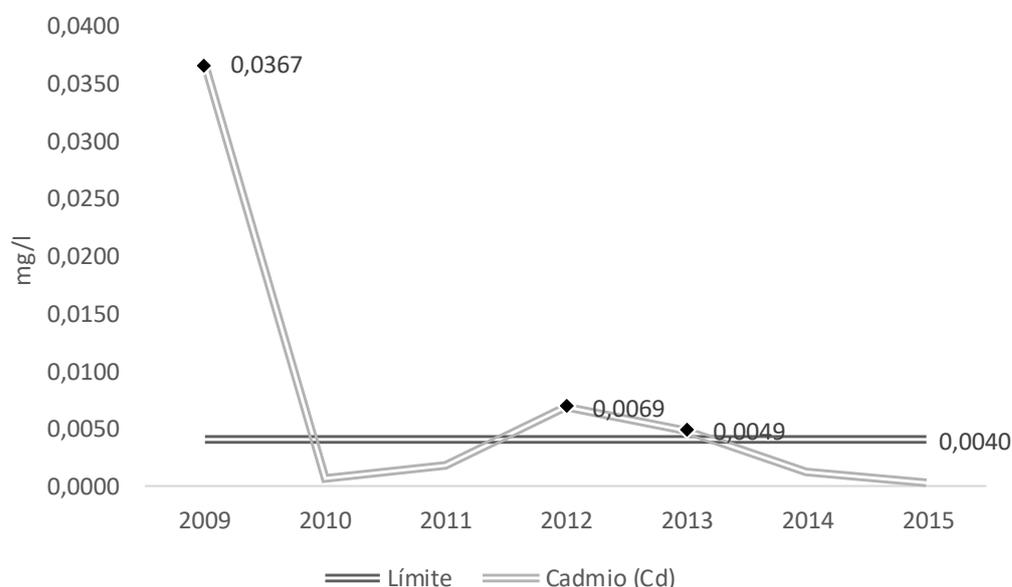
Estudios han vinculado la contaminación por mercurio a la industria manufacturera, específicamente a la industria del papel y a la industria química que lo utiliza como biocida, a la industria farmacéutica al usarlo como antiséptico, y la industria electrónica que hace uso del mercurio al ser buen conductor de electricidad (SEMARNAP 1996, 1997. ATSDR, 1999).

En el caso del cadmio (Cd) se observa que se ha rebasado el LMP igual a 0.004 mg/l en el cauce del río para los años 2009, 2012 y 2013, con valores que van desde 0.0049 hasta 0.0367 mg/l lo cual, equivale a rebasar más de nueve veces el LMP en el año 2009 (gráfica 3). Los niveles de cadmio se redujeron drásticamente en el 2010 para volver a incrementar en 2011 y rebasarse en 2012 y 2013, y posteriormente volver a disminuir en los años restantes.

El cadmio está relacionado con la industria de metales y metales básicos, la industria química y la industria del plástico. La primera de ellas lo emplea para galvanizar, para hacer aleaciones de metales; es también un producto secundario durante la producción de zinc, plomo y cobre. Mientras que la industria química lo suele emplear como pigmento así

mismo, la industria del plástico. Además de que esta última lo utiliza como catalizador y conservador (SEMARNAP, 1997. ATSDR, 1999a).

Gráfica 3. Concentraciones promedio anual de Cd en la cuenca Santiago-Guadalajara, periodo 2009-2015

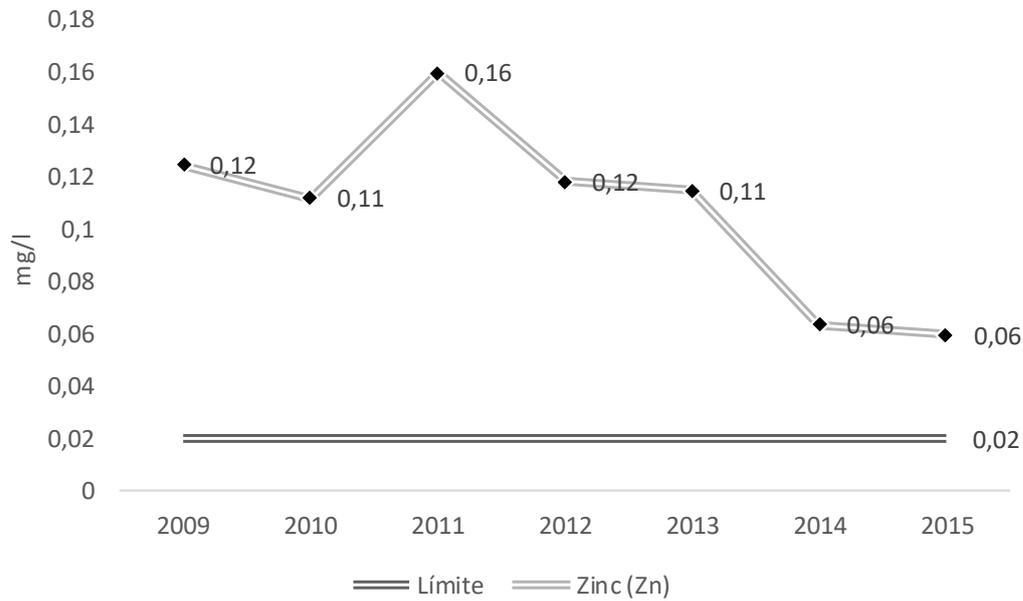


Fuente: Sistema de Calidad del Agua. CEA Jalisco, enero de 2017.

En el caso del zinc (Zn), que se muestra en la gráfica siguiente (gráfica 4), se observa que se ha rebasado el LMP igual a 0.02 mg/l en el cauce del río todos los años del periodo, con valores que van desde 0.0597 hasta 0.1601 mg/l lo cual, equivale a rebasar más de ocho veces el LMP en el año 2011. A su vez, se observa que a partir del 2012 hay una tendencia a disminuir la concentración de zinc en el cauce del río. Se destaca que, en comparación con el mercurio (Hg) cuyas concentraciones también están por arriba del LMP en todos los años, el zinc presenta concentraciones mucho mayores, ya que el valor anual promedio más bajo superó tres veces el LMP.

El zinc está relacionado con la industria de metales y metales básicos, es utilizado para recubrir acero y hierro, se emplea para galvanizar y así evitar la oxidación y la corrosión. Además que se usa para fabricar pilas secas. Los compuestos de zinc son ampliamente utilizados para la elaboración de pinturas por parte de la industria química, del plástico para la producción de caucho, de la textil para el teñido de telas, además de la industria farmacéutica (ATSDR, 2005).

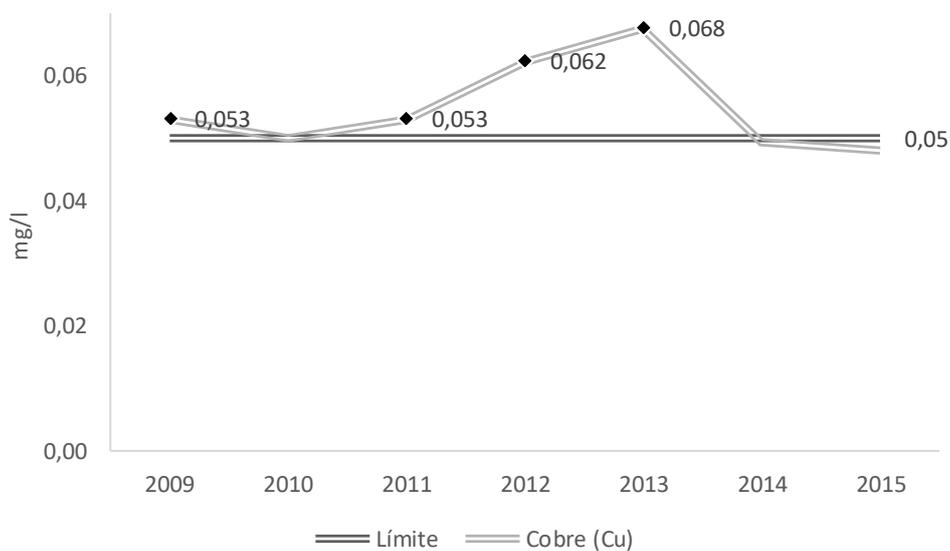
Gráfica 4. Concentraciones promedio anual de Zn en la cuenca Santiago-Guadalajara, periodo 2009-2015



Fuente: Sistema de Calidad del Agua. CEA Jalisco, enero de 2017.

En el caso del cobre (Cu), que se observa en la gráfica siguiente (gráfica 5), se ha rebasado el LMP igual a 0.05 mg/l en el cauce del río en el 2009, 2011, 2012 y 2013, con valores que van desde 0.0531 hasta 0.0677 mg/l. Para los otros años del periodo, aunque no se observan valores promedio anual por arriba del LMP si se rebasan valores mensuales, específicamente en el 2014.

Gráfica 5. Concentraciones promedio anual de Cu en la cuenca Santiago-Guadalajara, periodo 2009-2015



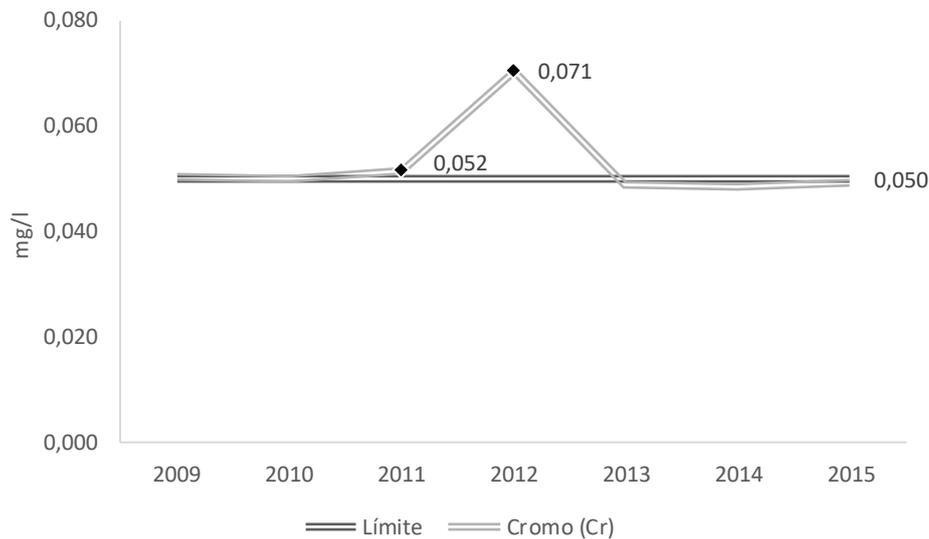
Fuente: Sistema de Calidad del Agua. CEA Jalisco, enero de 2017.

El cobre es utilizado principalmente en la industria de metales y metales básicos para la aleación de metales, como latón y bronce. Asimismo, es empleado por la industria textil para la conservación de cuero y telas, y en la industria de electrónica para cableado (ATSDR, 2004).

Finalmente, para el caso del cromo, que se muestra en la gráfica siguiente (gráfica 6), se tiene que en 2011 y 2012 las concentraciones de este metal estuvieron por arriba del LMP igual a 0.05 mg/l, con valores que van desde 0.0516 a 0.0705 mg/l. El valor más alto se presentó en 2012. Posteriormente, el parámetro se ha estabilizado por abajo del LMP en el resto de los promedios anuales.

El cromo está relacionado a la industria manufacturera principalmente por su uso en la metalurgia. Es utilizado en la fabricación de productos metálicos que tiene que ver con la galvanización de metales. En la industria del papel, textil y química se utiliza en la fabricación de pigmentos y colorantes y como catalizador. Asimismo, se emplea en la fabricación de pinturas, barnices y en la producción de cerámica (ATSDR, 2012. AMBISAT, 2005a).

Gráfica 6. Concentraciones promedio anual de Cr en la cuenca Santiago-Guadalajara, periodo 2009-2015



Fuente: Sistema de Calidad del Agua. CEA Jalisco, enero de 2017.

Con las cinco gráficas anteriores se corrobora la contaminación por metales pesados en la cuenca Santiago-Guadalajara durante el periodo 2009-2015. *De los ocho metales pesados que se monitorean mensualmente, cinco rebasan el límite máximo permisible en al menos uno de los años del periodo, al considerar su valor promedio anual.* Por lo que, se

debe poner atención en controlar la presencia de mercurio (Hg), cadmio (Cd), zinc (Zn), cobre (Cu) y cromo (Cr) en la cuenca, para lo que se necesita identificar los puntos críticos de contaminación en el área monitoreada.

Previo a la localización de los puntos críticos de contaminación por metales pesados en la cuenca, se destaca que el monitoreo del *Sistema de Calidad del Agua* no analiza los metales pesados por compuestos, lo que complejiza la asociación de los metales pesados que rebasan el límite máximo permisible con actividades manufactureras en específico. Por ejemplo, sería útil desagregar el zinc por compuestos como sulfuro de zinc, óxido de zinc, acetato de zinc, cloruro de zinc y sulfato de zinc ya que, cada compuesto se emplea en diferentes actividades industriales, y así detectar posibles fuentes de contaminación, particularmente en el caso de este metal pesado que todos los años se ha detectado por arriba de la norma, hasta ocho veces mayor que el límite máximo permisible.

Con base a los 13 sitios de muestreo del *Sistema de Calidad del Agua* se detecta que los puntos RS-07, RS-08, RS-09, RS-10, RS-01, AA-01 presentan los niveles de cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), mercurio (Hg) y zinc (Zn) más altos y que rebasan el límite máximo permisible de cada uno, como se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 5. Sitios de muestreo con concentraciones promedio anual de metales pesados por arriba del límite máximo permisible en la cuenca Santiago-Guadalajara, periodo 2009-2015

Cadmio (Cd) Límite: 0.0040 mg/l		Cromo (Cr) Límite: 0.0500 mg/l		Cobre (Cu) Límite: 0.0500 mg/l		Mercurio (Hg) Límite: 0.0005 mg/l		Zinc (Zn) Límite: 0.02 mg/l	
Sitio	Valor	Sitio	Valor	Sitio	Valor	Sitio	Valor	Sitio	Valor
RS-07	0.07172	AA-01	0.0881	RS-08	0.0694	RS-10	0.0010	RS-07	0.2672
RS-08	0.01848	RS-08	0.0566	RS-09	0.0641	RS-07	0.0009	RS-01	0.2199
		RS-07	0.0535	RS-07	0.0611	RS-08	0.0009	RS-08	0.1629
				RZ-01	0.0558	RS-09	0.0008	AA-01	0.1255
				RS-10	0.0542	AA-01	0.0007	AA-02	0.0911
				RS-04	0.0536	AA-02	0.0007	RS-06	0.0903
				AA-02	0.0520	RS-04	0.0006	RS-09	0.0859
				AA-01	0.0516	RS-02	0.0006	RS-04	0.0733
				RS-02	0.0512	RS-03	0.0006	RS-10	0.0728
				RS-03	0.0511	RZ-01	0.0006	RZ-01	0.0599
				RS-06	0.0510	RS-06	0.0006	RS-03	0.0548
						RS-01	0.0006	RS-05	0.0493
						RS-05	0.0006	RS-02	0.0464

Fuente: Sistema de Calidad del Agua. CEA Jalisco, 2017.

El cuadro 5 muestra que para todos los sitios de monitoreo se rebasa el límite máximo permisible del zinc (Zn) y del mercurio (Hg) durante el periodo 2009-2015. En el caso del

cobre (Cu) sucede algo similar, a excepción de los sitios RS-01 y RS-05 que no presentan Cu por arriba del límite máximo permisible. En el caso del cromo (Cr), los sitios de monitoreo críticos son AA-01, que corresponde al arroyo El Ahogado, el sitio RS-08 localizado en el municipio de San Cristóbal de la Barranca, y el sitio RS-07 que se localiza en El Paso de Guadalupe en Ixtlahuacán del Río (ver cuadro 3). La contaminación por cadmio (Cd) también se localiza en los sitios RS-07 y RS-08.

Hasta este paraje del capítulo, se ha corroborado el problema de contaminación por cinco metales pesados en la cuenca del Santiago-Guadalajara: cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), mercurio (Hg) y zinc (Zn). Contaminación que se localiza en los 13 sitios de muestreo del *Sistema de Calidad del Agua*, es decir en todos los sitios se rebasa el límite máximo permisible de uno o más metales pesados. En este sentido, se vuelve al tema de los criterios para la localización de los 13 puntos de muestreo ya que, desde este primer panorama de la localización de la contaminación en la cuenca no figuran *sitios de control*, es decir puntos de muestreo en el que las condiciones de la calidad del agua permitan contrastar la presencia de metales pesados en otros puntos de la cuenca.

Con los resultados de los monitoreos de los 13 sitios de muestreo pareciera que el problema de contaminación por metales pesados es una condición característica de la cuenca del Santiago-Guadalajara sin embargo se sabe que la industria manufacturera no se distribuye de manera homogénea en la cuenca. En el cuadro 1 se constató que el municipio El Salto es el principal centro industrial de Jalisco, por el número de personal ocupado y número de unidades económicas que concentra, además de la importancia del municipio de Juanacatlán que en términos relativos presenta el mayor crecimiento de personal ocupado. Estos dos municipios se encuentran aledaños al arroyo El Ahogado, que en términos del monitoreo corresponderían a los sitios AA-01 y AA-02.

Los siguientes apartados del capítulo tratan de dar cuenta de qué actividades de la industria manufacturera que se desarrollan en la cuenca del Santiago-Guadalajara están asociadas a los cinco metales pesados que rebasan el límite máximo permisible en el periodo 2009-2015, con base en los reportes del monitoreo del *Sistema de Calidad del Agua* del CEA Jalisco. El principal criterio a considerar es la cercanía de las unidades económicas industriales al río Santiago y afluentes, creando áreas de influencia principalmente en la zona del corredor industrial Ocotlán-El Salto, y desagregando la industria por sub ramas, dado que las actividades industriales se pueden clasificar por el uso de sustancias peligrosas, como

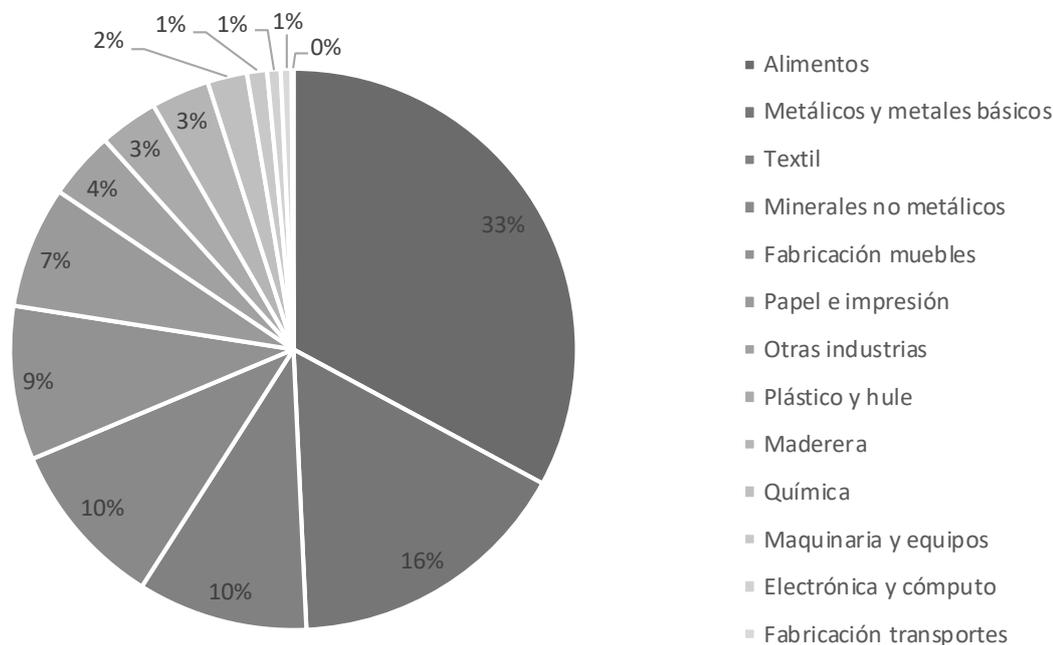
lo hace AMBISAT (2005), para muestra, el zinc (Zn) se encuentra asociado a 61 actividades manufactureras (o sub ramas) de un total de 74⁶⁰ que clasifica la agencia ambiental.

3.4 COMPOSICIÓN DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA EN LA CUENCA SANTIAGO-GUADALAJARA

Este apartado se aproxima a la composición de la industria manufacturera en la cuenca Santiago-Guadalajara a partir de las unidades económicas manufactureras por rama. Es de interés detectar la composición y tamaño de la industria manufacturera, así como la concentración de los establecimientos por km² para analizar el impacto de las descargas residuales peligrosas, es decir aquellas asociadas al uso de metales pesados.

La industria tiene una importante presencia en la cuenca Santiago-Guadalajara al concentrar 23,016 unidades económicas manufactureras (DENUE, 2016), que representa 66.5 por ciento del total de los establecimientos industriales de la cuenca del río Santiago, es decir que alberga el principal centro manufacturero de toda la cuenca del río Santiago.

Gráfica 7. Composición del sector manufactura en la cuenca Santiago-Guadalajara, por rama de la producción



Fuente: DENUE, 2016. Octava edición. Elaboración propia.

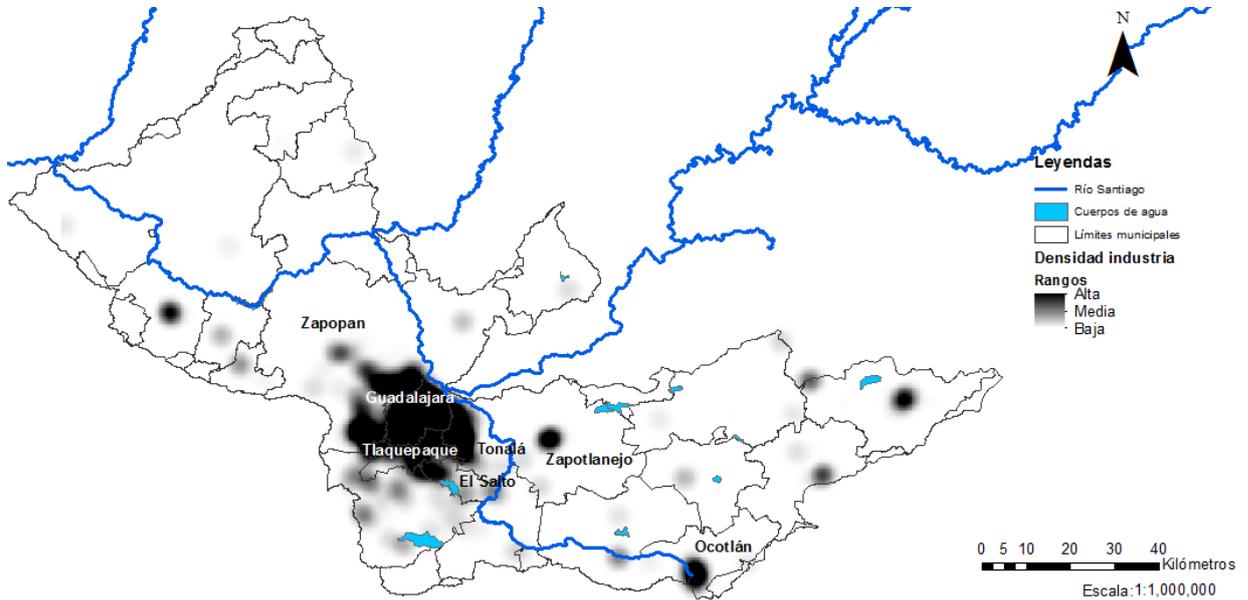
⁶⁰ Según la Clasificación Nacional de Actividades Económicas, CNAE-2003 aprobada y publicada por REGLAMENTO (CE) N° 29/2002 DE LA COMISIÓN de 19 de diciembre de 2001 por el que se modifica el Reglamento (CEE) n° 3037/90 del Consejo relativo a la nomenclatura estadística de actividades económicas en la Comunidad Europea.

Las tres principales actividades manufactureras corresponden a la rama de alimentos, la rama de productos metálicos y metales básico y la rama textil, a partir del número de establecimientos o unidades industriales, como se muestra en la gráfica 7. A la par, en la cuenca se desarrollan actividades manufactureras de tradición, como la fabricación de muebles y otros productos relacionados.

La gráfica 7 muestra que las tres principales actividades de la industria manufacturera⁶¹ representan 59 por ciento del total de las actividades de este sector que se desarrollan en la cuenca Santiago-Guadalajara. Las ramas de la industria que potencialmente generan descargas residuales peligrosas representan 26 por ciento del total, que representa alrededor de 5,984 unidades económicas del sector manufactura.

Como se muestra en el mapa 5, la zona conurbada de Guadalajara con Zapopan, Tlaquepaque, Tonalá, El Salto y Tlajomulco de Zúñiga tiene una alta densidad de establecimientos industriales por km². A su vez, se detectan cuatro áreas más con alta densidad, una en el municipio de Tequila, otra en el municipio de Zapotlanejo, en Ocotlán y Arandas.

Mapa 5. Distribución de la industria manufacturera en la cuenca Santiago-Guadalajara, 2016



Fuente: DENUE, 2016. Octava edición. Elaboración propia.

⁶¹ El DENUE brinda información sobre el número de establecimientos del sector manufacturero, con base al cual se define en este trabajo la relevancia de cada rama de la producción. No se considera el volumen de producción de cada rama manufacturera como indicador.

Dos de las cinco áreas con mayor densidad de establecimientos industriales por km² se encuentran asentadas en las inmediaciones al río Santiago: el área de la ZMG y la de Ocotlán (ver mapa 1). La primera área se caracteriza por ser la más grande de las cinco. Tanto la ZMG y la de Ocotlán se localizan sobre el cauce del río Santiago. De la ZMG sobresale la industria asentada en los municipios de Guadalajara, Zapopan, Tonalá y El Salto.

En cuanto al tamaño de la industria manufacturera⁶², en la cuenca Santiago-Guadalajara predominan las micro empresas manufactureras que representan 87 por ciento del total, le sigue la pequeña industria con 9.4 por ciento, la mediana empresa que representa 2.6 por ciento, y finalmente la gran industria con 0.9 por ciento del total de la industria manufacturera (DENUE, 2016).

Al contrastar las unidades económicas manufactureras por rama y tamaño se tiene que la rama de alimentos predomina tanto en la micro, pequeña, mediana y gran industria. Sin embargo, existen diferencias en el resto de las ramas manufactureras (cuadro 6).

Cuadro 6. Proporción de establecimientos industriales por rama y tamaño, 2016

<i>Micro industria</i>		<i>Pequeña industria</i>		<i>Mediana industria</i>		<i>Gran industria</i>	
%	<i>Ramas</i>	%	<i>Ramas</i>	%	<i>Ramas</i>	%	<i>Ramas</i>
35.3	Alimentos	16.2	Alimentos	18.2	Alimentos	24.2	Alimentos
17.0	Metálicos y metales básicos	16.9	Textil	14.4	Textil	13.0	Plástico y hule
10.4	Minerales no metálicos	12.6	Metálicos y metales básicos	11.7	Plástico y hule	13.0	Química
8.8	Textil	11.5	Fabricación muebles	10.9	Metálicos y metales básicos	10.6	Metálicos y metales básicos
8.6	Fabricación muebles	10.3	Plástico y hule	9.8	Fabricación muebles	10.6	Electrónica y cómputo
7.0	Papel e impresión	7.9	Papel e impresión	9.3	Química	9.2	Textil
3.8	Otras industrias	5.6	Química	6.1	Papel e impresión	5.3	Fabricación transportes
3.5	Maderera	5.0	Minerales no metálicos	4.6	Otras industrias	4.8	Papel e impresión
2.3	Plástico y hule	4.6	Otras industrias	4.1	Maquinaria y equipos	3.9	Fabricación muebles
1.6	Química	3.2	Maquinaria y equipos	3.5	Fabricación transportes	2.4	Minerales no metálicos
0.8	Maquinaria y equipos	2.2	Maderera	3.3	Electrónica y cómputo	1.9	Otras industrias
0.5	Electrónica y cómputo	1.9	Electrónica y cómputo	2.1	Minerales no metálicos	1.0	Maquinaria y equipos
0.4	Fabricación transportes	1.7	Fabricación transportes	1.3	Maderera	0.0	Maderera
0.1	Derivados petróleo	0.4	Derivados petróleo	0.7	Derivados petróleo	0.0	Derivados petróleo

Fuente: DENUE, 2016. Octava edición. Elaboración propia.

En la micro industria, por ejemplo, se concentran actividades con menores transformaciones de materias primas; mientras que en la gran industria predominan las

⁶² Se toma como indicador al personal ocupado. Por lo que, las unidades económicas micro son de hasta 10 empleados, la pequeña industria de 11 a 50 empleados, la mediana industria es de 51 a 250 empleados y gran industria es de 251 empleados y más (INEGI, 2009).

actividades que involucran materias primas de mayor transformación, es decir que emplean sustancias peligrosas por su toxicidad y contaminación, como es el caso de la rama química, electrónica y cómputo (cuadro 6).

La proporción de unidades económicas que potencialmente generan descargas residuales peligrosas representan 44.3 por ciento del total de la gran industria, *equivalente a 92 establecimientos de este tipo*, localizadas en la cuenca Santiago-Guadalajara. Estas actividades manufactureras pertenecen a la industria química, la industria de metálicos y metales básicos, la industria de electrónica y cómputo, la industria de fabricación de transportes y la industria de papel e impresión.

A su vez, la microindustria también cuenta con una participación importante en las actividades manufactureras que potencialmente generan descargas residuales peligrosas. Las unidades económicas de la microindustria dedicadas a la industria química, la industria de metálicos y metales básicos, la industria de electrónica y cómputo, la industria de fabricación de transportes y la industria de papel e impresión representa 26.4 por ciento, que equivale a 5287 establecimientos, es decir que *la microindustria concentra aproximadamente 57 veces más establecimientos que la gran industria*.

3.5 DISTRIBUCIÓN DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA EN LA CUENCA SANTIAGO-GUADALAJARA

Este apartado se centra en la distribución de la industria manufacturera en relación a la proximidad de los establecimientos industriales con el río Santiago y afluentes, dado que se considera que las descargas residuales directas pueden modificar la calidad hídrica, principalmente de las industrias potencialmente generadoras de descargas residuales peligrosas. A más cercanía del establecimiento industrial con el río Santiago son mucho más plausibles las descargas residuales directas. La distancia es un parámetro físico que incide en posibles impactos ambientales a los ecosistemas aledaños y a la salud de la población.

Por lo que se crearon áreas de influencia basadas en la distancia de los sitios de monitoreo del *Sistema de Calidad del Agua* en el cauce del río Santiago con respecto a las unidades económicas de la industria manufacturera, así como en la distancia de los principales cuerpos de agua de la cuenca con respecto a las unidades económicas de la industria manufacturera. Se analizan tres áreas de influencia: de 0 a 5 km; de 5 a 10 km y de 10 a 20 km. A una distancia de 0 a 5 km los impactos a los ecosistemas y a la salud humana

se consideran directos⁶³, en las otras dos distancias restante los impactos no son directos pero pueden impactar a la salud humana.

Cuadro 7. Establecimientos industriales en la cuenca Santiago-Guadalajara, por distancia al río Santiago

<i>Industria manufacturera</i>	<i>0 a 5 km</i>	<i>5 a 10 km</i>	<i>10 a 20 km</i>	<i>A más de 20 km</i>	<i>Total</i>
Establecimientos	5,952	7,751	7,468	1,845	23,016
%	26%	34%	32%	8%	100%

Fuente: DENUE, 2016. Octava edición. Elaboración propia.

El cuadro 7 muestra que 92 por ciento de la industria manufacturera de la cuenca se localiza a una distancia entre 0 a 20 kilómetros del cauce principal del río Santiago. Tan sólo ocho por ciento de la industria manufacturera se localiza a más de 20 kilómetros del cauce del río Santiago. A una distancia de 0 a 5 kilómetros del río se ubican 5,952 unidades económicas de la industria manufacturera, que representa 26 por ciento del total de los establecimientos de la cuenca Santiago-Guadalajara. De estas 5,952 unidades, *20.5 por ciento es manufactura que potencialmente generan descargas residuales peligrosas*, siendo 797 establecimientos relacionados a productos de metálicos y metales básicos, 144 a papel e impresión, 51 a la industria química, 12 a la industria de electrónica y cómputo, y 10 a fabricación de transportes

En cuanto al tamaño de las industrias que potencialmente generan descargas residuales peligrosas y que se localizan a una distancia de 0 a 5 kilómetros del río Santiago, 91 por ciento corresponde a la micro industria, seis por ciento a la pequeña industria, dos por ciento a la mediana y uno por ciento a la gran industria. Esta última está integrada por grandes empresas como la química Huntsman International de México S. de R.L. de C.V., la fabricante de envases de cartón Litografía de Ortega S.A. de C.V., las automotrices ZF Suspencion Technology Guadalajara S.A. de C.V. y HONDA de México S.A. de C.V., además de Urrea herramientas profesionales S.A. de C.V., la fabricante de estructuras metálicas Corey S.A. de C.V., la electrónica Universal Scientific Industrial de México S.A. de C.V., entre otras.

⁶³ Según el análisis de riesgo por contaminación química efectuado por el IMTA en el río Santiago en 2011: “Actualización del estudio de calidad del agua del río Santiago (desde su nacimiento en el lago de Chapala, hasta la Presa Santa Rosa)”.

En cuanto a las áreas de influencia respecto a cuerpos de agua⁶⁴ –arroyos, lagunas, presas, etc.– del sistema hidrológico de la cuenca Santiago-Guadalajara se tiene que 84 por ciento de la industria manufacturera se localiza a una distancia entre 0 a 20 kilómetros. El mayor número de unidades económicas se localiza a una distancia de 10 a 20 kilómetros, igual a 14,161 establecimientos industriales, que representa 61.3 por ciento del total de la industria manufacturera en la cuenca Santiago-Guadalajara. Mientras que, a una distancia de 0 a 5 kilómetros se ubican 1,191 unidades económicas, que representa 5.2 por ciento, como se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 8. Establecimientos industriales en la cuenca Santiago-Guadalajara, por distancia a los cuerpos de agua

<i>Industria manufacturera</i>	<i>0 a 5 km</i>	<i>5 a 10 km</i>	<i>10 a 20 km</i>	<i>A más de 20 km</i>	<i>Total</i>
Establecimientos	1,191	4,029	14,161	3,692	23,073
%	5.2%	17.5%	61.3%	16%	100%

Fuente: DENU, 2016. Octava edición. Elaboración propia.

A su vez, *24.4 por ciento de la industria manufacturera se localiza en el área de influencia directa a los cuerpos de agua, es decir de 0 a 5 kilómetros, específicamente la manufactura que es potencialmente generadora de descargas residuales peligrosas*, de los cuales, 206 establecimientos corresponden a productos de metálicos y metales básicos, 37 a la industria química, 20 a industrias del papel e impresión, 14 a la industria de electrónica y cómputo, y 14 a la fabricación de transportes.

En cuanto al tamaño de la industria que potencialmente generan descargas residuales peligrosas y que se localizan a una distancia de 0 a 5 kilómetros a los cuerpos de agua, 69.1 por ciento corresponde a la micro industria, 13.4 por ciento a la pequeña industria, 8.6 por ciento a la mediana industria y un 8.9 por ciento a la gran industria. Esta última está integrada por las grandes empresas que se señalaron en el área de influencia al río Santiago, además de un mayor número de industrias de la electrónica y cómputo como Sanmina Sci Systems de México S.A. de C.V., IBM de México S. de R.L.⁶⁵, Benchmark Electronics de México S. de R.L. de C.V. y Molex de México S.A. de C.V.

⁶⁴ Se construyeron con base a la distancia de los diez principales cuerpos de agua localizados en la cuenca Santiago-Guadalajara en relación con las unidades económicas del sector manufactura que también se localizan en la cuenca.

⁶⁵ Es una de las 10 empresas para la que se ha reportado importantes descargas residuales con contenido de metales pesados y cianuro en el río Santiago (Arellano-Aguilar, O., Ortega, L., y Gesundheit, P., 2012).

Para abreviar la información anterior, se observa que la distribución y concentración de la industria manufacturera en la cuenca Santiago-Guadalajara tiene diferencias al desagregar los recursos hídricos de la cuenca en cuerpos de agua y río Santiago. El área de influencia directa, que conlleva posibles impactos directos a los ecosistemas y a la salud humana, de los cuerpos de agua concentra más unidades económicas manufactureras –en términos relativos– con respecto a las que se concentran en la correspondiente área de influencia directa al río Santiago, 24.4 por ciento en el primer caso, en contraste con 20.5 por ciento en el segundo. Respecto al tamaño de la industria manufacturera que se concentra en las áreas de influencia directa a los cuerpos de agua y al río Santiago, la gran industria que se asocia con materias primas de mayor transformación, es más numerosa –en términos absolutos– en el área de influencia directa de los cuerpos de agua que en la del río Santiago.

Es decir que los cuerpos de agua –arroyos, lagunas, presas, etc.– representan los recursos hidrológicos más vulnerables a la contaminación por metales pesados en la cuenca, debido a su cercanía con las unidades económicas de la industria manufacturera y a que se trata de la gran industria.

Cuadro 9. Número de establecimientos industriales localizados en el área de influencia directa de cuerpos de agua, 0 a 5 kilómetros

Cuerpo de agua	Tipo de corriente	No. establecimientos
1. Arroyo El Ahogado	Perenne	904
2. Laguna de Cajititlán	Perenne	162
3. Presa de la Colonia	Perenne	83
4. Presa Los Gigantes	Perenne	33
5. Presa El Tule	Perenne	6
6. Arroyo Los Sabinos	Intermitente	1
7. Estero de Becerra	Perenne	1
8. Presa La Red	Perenne	1
9. Presa Calderón	Perenne	0
10. Presa de Santa Rosa	Perenne	0
T o t a l		1,191

DENUE, 2016. Octava edición. Elaboración propia.

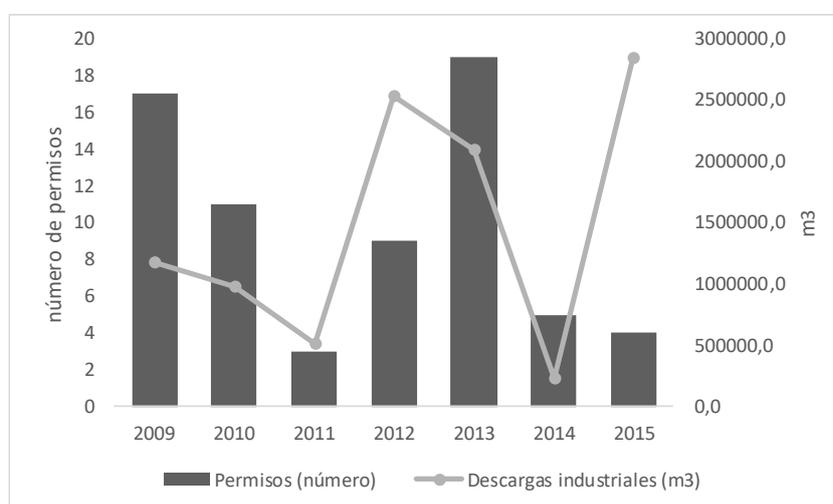
De los diez cuerpos de agua que integran al sistema hidrológico de la cuenca Santiago-Guadalajara, se tiene que en el arroyo El Ahogado se localizan el mayor número de unidades económicas de la industria manufacturera. El cuadro 9 muestra que, a una distancia de 0 a 5 kilómetros, el arroyo concentra 904 establecimientos industriales de manufactura, es decir 75.9 por ciento del total de la industria ubicada a esa distancia.

Por tanto, *el arroyo El Ahogado es el cuerpo de agua con el mayor número de establecimientos industriales en sus áreas de influencia*. A una distancia de 0 a 5 kilómetros se localizan 904 unidades industriales manufactureras. A la distancia de 5 a 10 kilómetros se localizan 2,407 unidades. Y entre los 10 a 20 kilómetros se localizan 11,854 unidades manufactureras. El Ahogado concentra 78.2 por ciento del total de las unidades industriales manufactureras en las tres áreas de influencia construidas para los cuerpos de agua de la cuenca.

3.6 DESCARGAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA EN LA CUENCA SANTIAGO-GUADALAJARA

Este apartado se centra en analizar los volúmenes y los puntos de descargas residuales de la industria manufacturera por rama, en la cuenca Santiago-Guadalajara. Se considera la información del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA)⁶⁶ de 2009-2015, periodo en el que se identifican 68 permisos emitidos de descarga de aguas residuales para la industria manufacturera.

Gráfica 8. Permisos anuales de descargas residuales de la industria manufacturera en la cuenca Santiago-Guadalajara, periodo 2009-2015



REPDA, 2016. Elaboración propia.

La gráfica 8 muestra que para el año 2009 se emitieron 17 permisos que corresponden a un volumen de 1,173,582 m³, mientras que para el 2015 se emitieron sólo cuatro permisos, pero en conjunto representan un volumen, igual a 2,841,649.2 m³. En principio, no es posible

⁶⁶ Última actualización al 31 de diciembre de 2016. La información fue proporcionada

plantear una relación entre el número de permisos de descargas residuales emitidos por año con el volumen de las aguas residuales descargadas en la cuenca. En segundo, las fluctuaciones en la emisión de los permisos están en función del número de las solicitudes ingresadas por parte de personas físicas o morales de carácter público y privado al Organismo de Cuenca o municipio correspondiente, como lo marca la Ley Nacional de Aguas (LAN).

Sin embargo, la información de la gráfica 8 desagregada por municipio⁶⁷ y rama de actividad económica permite dibujar un panorama del desempeño actual de la industria manufacturera en la cuenca, es decir qué tipo de industria se ha expandido en el periodo y dónde. Para el 2015, el volumen de descargas residuales de la industria manufacturera anual acumulado del periodo se aproxima a 36,382,640.4 m³ (36.4 hm³)⁶⁸.

Cuadro 10. Volumen promedio diario de descargas de aguas residuales de la industria manufacturera en la cuenca Santiago-Guadalajara, por municipio al 2015

No.	Municipio	m ³ /día*
1	El Salto	10814.31
2	Poncitlán	7344.81
3	Ixtlahuacán de los Membrillos	2430.07
4	Ocotlán	2200.00
5	Tlaquepaque	1622.63
6	Zapotlanejo	1363.27
7	Atotonilco El Alto	987.34
8	Tequila	700.00
9	Arandas	504.05
10	Tototlán	392.20
11	Tlajomulco de Zuñiga	168.99
12	San Ignacio Cerro Gordo	150.00
13	Zapopan	95.38
14	Tepatitlán de Morelos	6.60

⁶⁷ La ubicación de las descargas residuales es a escala municipal, según lo que reporta el REPDA.

⁶⁸ Este volumen es acumulado debido a que en la LAN no se determina la vigencia y periodo de renovación de los permisos de descarga de aguas residuales. Se establece que los permisos de descarga de aguas residuales contendrán la duración del mismo (artículo 139 V Reglamento LAN) sin embargo, no se determinan los periodos de duración. El tiempo de duración del permiso no es parte de la información pública del REPDA. En consecuencia, se asume que cada uno de los permisos que fueron emitidos durante el periodo de estudio continúan vigentes al 2015. La LAN estipula que el permiso de descarga caducará cuando caduque el título de concesión o asignación que origina la descarga. Sin embargo, en la base de datos del REPDA los volúmenes de descarga no están vinculados a un volumen de extracción de aguas nacionales que amparen el título (artículo 93 LAN).

Continuación cuadro 10

No.	Municipio	m ³ /día*
15	El Arenal	5.30
16	Tonalá	3.60
17	Amatitan	1.36
Total		28,789.91

Fuente: REPGA, 2016. Elaboración propia.

*Promedio diario al considerar los volúmenes de descargas acumulados durante el periodo 2009-2015, por municipio de la cuenca.

El cuadro 10 destaca que El Salto, Poncitlán e Ixtlahuacán de los Membrillos son los tres municipios donde se descarga el mayor volumen de aguas residuales con título de uso industrial emitido en el periodo 2009-2015. Mientras que los tres municipios donde se descarga los menores volúmenes de aguas residuales de este tipo son Amatitan, Tonalá y El Arenal. Se estima que para el año 2015, la industria vierte al menos 28,789.91 m³ diarios en cuerpos de agua como canales, presas, en afluentes del río Santiago como el río Zula, arroyos, además de infiltraciones en suelos, pozos y directo al río Santiago.

El mayor volumen de descarga de agua residual de la industria manufacturera localiza en el municipio de El Salto, que forma parte de la ZMG señalada en el mapa 5 como la zona que presenta mayor alta densidad de establecimientos industriales por km². Esto es un indicio de que la industria manufacturera se ha mantenido en expansión en El Salto durante 2009-2015 ya que, la generación de aguas residuales representa el desempeño de las actividades productivas.

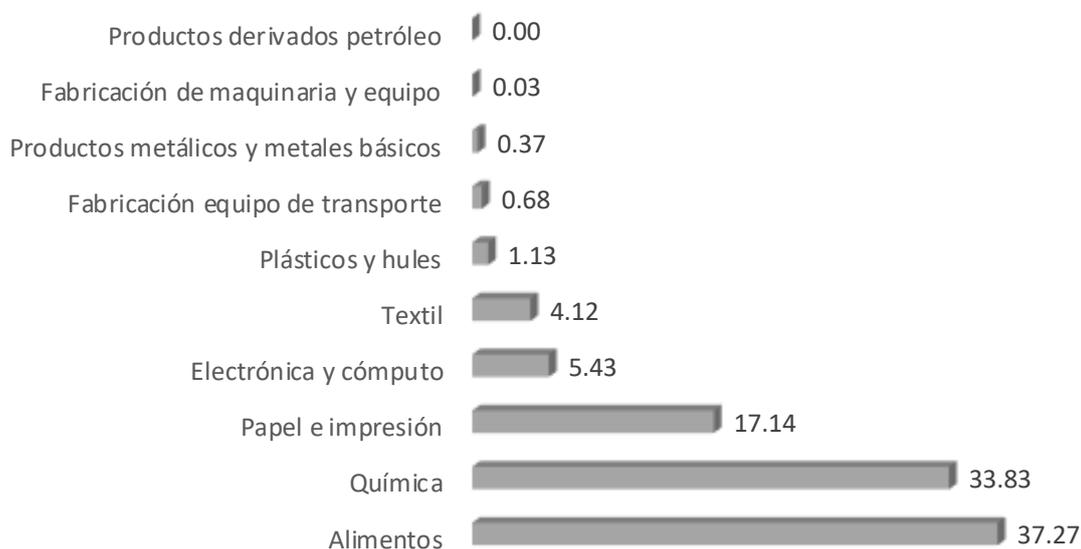
A pesar de los grandes volúmenes de descargas residuales en El Salto y que en estudios previos se ha señalado a este municipio como un punto rojo en términos de contaminación industrial del agua, el *Sistema de Calidad del Agua* no estableció ningún sitio de monitoreo dentro del municipio. Las muestras en el arroyo El Ahogado son colectadas en las inmediaciones del municipio de Tlajomulco de Zuñiga, que no tiene la misma importancia industrial. Si volvemos al cuadro 10, vemos que el volumen de descargas de aguas residuales de la industria en El Salto es de 10,814.31 m³/día para 2015, mientras que para Tlajomulco de Zuñiga el volumen es tan sólo de 168.99 m³/día para ese mismo año, tan sólo 1.56 por ciento del volumen descargado en El Salto.

Al analizar los permisos de descargas de aguas residuales por rama de la actividad económica se tiene que la industria alimentaria y la industria química son las que generan mayores volúmenes de agua residual, juntas representan 71.1 por ciento del total de las descargas. A su vez, la industria química y la de papel e impresión forman parte de la

industria que potencialmente genera descargas residuales peligrosas y juntas representan 51 por ciento del volumen total de las descargas residuales en la cuenca.

La gráfica 9 brinda un indicio más sobre las descargas residuales en la cuenca Santiago-Guadalajara. Respecto a las industrias potencialmente generadoras de descargas residuales peligrosas⁶⁹, la gráfica muestra que la industria química es la que mayor volumen de aguas residuales descarga en la cuenca, según los permisos emitidos durante 2009-2015. Es decir que, la expansión de la manufactura para el periodo apunta hacia la rama química en el municipio de El Salto, si se considera también el cuadro 10.

Gráfica 9. Volúmenes de descargas residuales* en la cuenca Santiago-Guadalajara, por rama de la actividad económica



Fuente: REPDA, 2016. Elaboración propia.

*Volúmenes de descarga m³/día con base en los permisos de descarga emitidos de 2009 a 2015 en la cuenca.

Las principales descargas de las unidades económicas del sector manufactura vierten sus aguas residuales a canales, arroyos, presas o directamente al río Santiago, también se hace uso del suelo mediante infiltración superficial –riego de áreas verdes y en la agricultura– y subterránea (cuadro 11).

⁶⁹ Se recuerda que este tipo de industrias son: la industria química; la industria de la electrónica y cómputo; la industria de productos metálicos y metales básicos; la industria del papel e impresión; y la industria de fabricación de transporte.

Cuadro 11. Descargas de aguas residuales[”] de la industria química en la cuenca Santiago-Guadalajara, por titular de permisos emitidos durante 2009-2015

<i>Titular</i>	<i>Descarga diaria en m³</i>	<i>Cuerpo receptor</i>	<i>Descarga afluente*</i>
Grupo Celanese, S. de R.L. de C.V.	6,920.60	Canal sin nombre	Río Santiago
Huntsman International de México, S. de R.L. de C.V.	2,056.30	Río Santiago	Océano Pacífico
Cytec de México, S.A. de C.V.	218.30	Canal de riego	Río Santiago
Quimi-Kao, S.A. de C.V.	178.00	Arroyo El Ahogado	Río Santiago
Zoltek de México, S.A. de C.V.	100.00	Infiltración como riego de áreas verdes	Infiltración superficial
Zoltek de México, S.A. de C.V. [°]	68.42	Canal sin nombre, afluente del arroyo El Ahogado	Arroyo El Ahogado
Oxiten México, S.A. de C.V.	31.80	Infiltración superficial riego de áreas verdes	Infiltración superficial
DSM Nutritional Products México, S.A. de C.V.	27.80	Arroyo El Ahogado	Río Grande de Santiago
Química liposoluble, S.A. de C.V.	6.71	Riego de áreas verdes	Infiltración superficial
Electroplating México, S.A. de C.V.	3.60	Riego de áreas verdes	Infiltración superficial
Total de descarga	9,611.53		

REPDA, 2016. Elaboración propia. [”] Con procedencia de procesos industriales y servicios. *Entendido como el curso secundario del agua residual descargada que desemboca en un río, arroyo u otro cuerpo de agua mayor. [°] Es el único permiso que estipula que su descarga proviene del efluente de su planta de tratamiento de aguas residuales de proceso industrial y servicios generales.

En promedio, la industria química vierte 9,611.53 m³ de aguas residuales al día con base a los permisos emitidos durante 2009-2015. *Las dos principales descargas residuales por volumen m³/día que muestra el cuadro anterior suman 8,976.9 m³, que representa 93.4 por ciento del total del volumen descargado, correspondiente a las empresas Grupo Celanese, S. de R.L. de C.V. y Huntsman International de México, S. de R.L. de C.V.* Ambas compañías se señalan en el estudio de Arellano-Aguilar, O., Ortega, L., y Gesundheit, P. (2012) como parte de la lista de las 10 empresas con reportes más elevados de descarga de metales pesados y cianuro en el río Santiago.

3.7 ASOCIACIÓN DE METALES PESADOS POR ARRIBA DEL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE A LA LOCALIZACIÓN LAS ACTIVIDADES INDUSTRIALES EN LA CUENCA SANTIAGO-GUADALAJARA

Este apartado se centra en la asociación espacial particular de cada metal pesado que rebasa el límite máximo permisible con las unidades económicas de la industria manufacturera por sub ramas en la cuenca Santiago-Guadalajara. Se crea un área de influencia directa que va de 0-5 km de distancia de cada sitio de monitoreo del *Sistema de Calidad del Agua* con respecto los establecimientos industriales que potencialmente generan descargas residuales peligrosas.

La finalidad de las áreas de influencia directa de la industria por sub ramas en los sitios de monitoreo es detectar qué actividades son a las que se les debe prestar especial atención debido a que están relacionadas al uso de metales pesados que no están controlados en la cuenca Santiago-Guadalajara durante el periodo 2009-2015. A partir de que con anterioridad se detectó una importante concentración espacial de la industria química en el afluente El Ahogado.

En el caso del cadmio (Cd), que se muestra en el mapa 6 (ver anexos), sobresalen los sitios de monitoreo RS-07 y RS-08 ya que, es allí donde frecuentemente se rebasa el límite máximo permisible de 0.0040 mg/l. Sin embargo, el mapa 6 muestra que a una distancia de 0 a 5 km no se localizan establecimientos industriales de ninguna rama manufacturera, para ambos sitios de monitoreo. La unidad económica más cercana se localiza aproximadamente a siete kilómetros de distancia del sitio RS-07, que corresponde a la rama de productos metálicos y metales básicos.

Este escenario podría señalar una disociación de la industria manufacturera y la calidad del agua del río Santiago por cadmio (Cd), a falta de un patrón industrial en el área de influencia directa. Aunque también trae nuevamente a cuentas el tema de la idoneidad de localización de los puntos de muestreo del *Sistema de Calidad del Agua* de CEA Jalisco ya que, los sitios RS-07 y RS-08 no figuran como sitios de control de la calidad del agua para contrastar la presencia de Cd en otros puntos de la cuenca, a pesar de que no hay establecimientos industriales en el área de influencia directa.

A la vez que se pone sobre la mesa la complejidad de la gestión de la calidad del agua debido a que la localización de los establecimientos industriales no es siempre la misma que la localización de las descargas residuales⁷⁰, además de considerar el problema de descargas residuales clandestinas o que van al alcantarillado del sistema municipal sin un tratamiento previo ya que, el Cd está directamente asociado a la industria mediante la producción de productos metálicos y metales básicos, la fabricación de baterías, la industria de automóviles (García, M., 1992).

El siguiente metal a analizar es el cromo (Cr), el cual rebasa el límite máximo permisible de 0.05 mg/l en los sitios AA-01, RS-08 y RS-07. Los sitios son los mismos que en el caso del Cd, además del sitio AA-01 en la carretera de Chapala antes del aeropuerto

⁷⁰ En este apartado se considera la localización de los establecimientos industriales en lugar de la localización de las descargas residuales de la industria para evitar subestimación de los datos.

(ver cuadro 3), en las inmediaciones de la presa El Ahogado. Este sitio posee el valor más alto de los tres.

Como ya se señaló, para los sitios RS-07 y RS-08 no existen establecimientos industriales en el área de influencia directa, mientras que para el sitio AA-01 se localiza 168 establecimientos industriales que potencialmente generan descargas residuales peligrosas por cromo (Cr), como se muestra en el mapa 7 (ver anexos). Es así que se detecta que la mayoría de los establecimientos industriales corresponden a la rama de productos metálicos y metales básicos con 78.6 por ciento del total, le sigue la rama química con 15.5 por ciento, la rama de la electrónica y cómputo 5.4 por ciento, y por último la rama de papel e impresión con 0.6 por ciento. No se circunscriben establecimientos de fabricación de equipo de transporte.

Se localizan 44 establecimientos industriales en el área de influencia directa del sitio de monitoreo AA-01 asociadas al uso del cromo (Cr). Es decir que 26.2 por ciento de los establecimientos industriales localizados en el área de influencia directa realiza actividades de las sub ramas que usan cromo (Cr) en sus procesos de transformación, las cuales se muestra en el cuadro siguiente. Por lo que, *El Ahogado es un cuerpo de agua propenso a los impactos directos de las actividades industriales manufactureras que hacen uso de cromo (Cr).*

Cuadro 12. Presencia de actividad industrial asociada al cromo (Cr) en área de influencia directa

<i>Ramas</i>	<i>%</i>	<i>Sub ramas</i>	<i>%*</i>
Productos metálicos y metales básicos	78.6	Fabricación de herramientas y útiles para máquinas	18.9
		Fabricación de productos de alambre	2.3
		Fabricación de envases y embalajes ligeros, en metal	1.5
		Tratamiento y revestimiento de metales	0.8
		Fabricación de otros productos metálicos	0.8
		Fabricación de bidones y toneles de hierro	0
		Fabricación de cerraduras y herrajes	0
Química	15.5	Fabricación de pinturas, barnices, y revestimientos similares	15.4
		Fabricación productos básicos de química inorgánica	7.7
		Fabricación productos básicos de química orgánica	3.8
		Fabricación de pigmentos y colorantes	0
Productos electrónicos y de cómputo	5.4	Fabricación de aparatos electrodomésticos	11.1
Papel e impresión	0.6	Fabricación de papel y cartón	0
		Fabricación de pasta papelera	0
Fabricación de equipo de transporte	0	Fabricación de otro material de transporte	0

Continuación Cuadro 12

<i>Ramas</i>	<i>%</i>	<i>Sub ramas</i>	<i>%*</i>
Fabricación de equipo de transporte	0	Fabricación de otro material de transporte	0

Fuente: AMBISAT, 2005. Anexo IV. Listado de la relación actividad/sustancia. *Proporción respecto al total de establecimientos industriales que potencialmente generan descargas residuales peligrosos en el área de influencia directa por sub ramas.

El cuadro 12 muestra que las *sub ramas con mayor presencia en el área de influencia* (según el porcentaje de unidades económicas) *son la fabricación de herramientas y útiles para máquinas; la fabricación de pinturas, barnices, y revestimientos similares; la fabricación de productos básicos de química inorgánica, además de la sub rama de fabricación de aparatos electrodomésticos*. No se tiene presencia de sub ramas de la industria del papel e impresión ni de la de fabricación de equipo de transporte en el área de influencia directa a los sitios AA-01, RS-08 y RS-07.

En el caso del cobre (Cu) se rebasa el límite máximo permisible de 0.05 mg/l en los sitios RS-08, RS-09, RS-07, RZ-01, RS-10, RS-04, AA-02, AA-01, RS-02, RS-03, RS-06 es decir, todos los sitios excepto RS-01 y RS-05 (ver cuadro 5). El mapa 8 (ver anexos) muestra que en el área de influencia directa a los sitios en que se rebasa el límite máximo permisible de Cu se localizan 439 establecimientos industriales que potencialmente generan descargas residuales peligrosas por cobre (Cu).

De los 439⁷¹ establecimientos industriales, el mayor número corresponde a la rama de productos metálicos y metales básicos con 80 por ciento, la rama química con 9.8 por ciento, la rama de papel e impresión con 8.0 por ciento, la rama de la electrónica y cómputo con 2.3 por ciento, mientras que no se circunscriben establecimientos de fabricación de equipo de transporte.

Sobresale el número de establecimientos industriales potencialmente generadores de descargas residuales en las correspondientes áreas de influencia directa de los sitios AA-01, RS-04 y AA-02. Cabe señalar que a pesar de que el sitio AA-01 concentra más establecimientos industriales, no presenta el nivel más alto de cobre (Cu), en contraste con el sitio RS-08. Sin embargo, *se vuelve a apuntar hacia El Ahogado como el cuerpo de agua más propenso a contaminación y toxicidad a causa de descargas residuales de las*

⁷¹ Debido a la cercanía entre los sitios de monitoreo se detectan 84 establecimientos industriales en el área de influencia directa que se traslapan, particularmente en los sitios RS-02 y RS-03; RS-04 y AA-02, además del sitio RS-06, así como el AA-01.

actividades industriales manufactureras que hacen uso de cobre (Cu), tanto por el sitio AA-01 como el sitio AA-02.

Cuadro 13. Presencia de actividad industrial asociada al cobre (Cu) en área de influencia directa

<i>Ramas</i>	<i>%</i>	<i>Sub ramas</i>	<i>%*</i>
Productos metálicos y metales básicos	80.0	Fabricación de herramientas y útiles para máquinas	14.8
		Fabricación de productos de alambre	0.9
		Fabricación de envases y embalajes ligeros, en metal	0.9
		Tratamiento y revestimiento de metales	0.9
		Fabricación de otros productos metálicos	0.6
		Fabricación de bidones y toneles de hierro	0.3
		Fabricación de cerraduras y herrajes	0
Química	9.8	Fabricación de pinturas, barnices, y revestimientos similares	20.9
		Fabricación de pigmentos y colorantes	4.7
		Fabricación productos básicos de química orgánica	4.7
		Fabricación productos básicos de química inorgánica	4.7
		Fabricación de pesticidas y otros productos agroquímicos	2.3
		Fabricación de abonos y compuestos nitrogenados fertilizantes	2.3
Productos electrónicos y de cómputo	2.3	Fabricación de aparatos electrodomésticos	18.2
Papel e impresión	8.0	Fabricación de papel y cartón	0
		Fabricación de pasta papelera	0
Fabricación de equipo de transporte	0	Fabricación de otro material de transporte	0

Fuente: AMBISAT, 2005. Anexo IV. Listado de la relación actividad/sustancia. *Proporción respecto al total de establecimientos industriales que potencialmente generan residuos peligrosos en el área de influencia directa por sub ramas.

Con base en el cuadro 13 se observa que las sub ramas con mayor presencia asociada al Cu son la de fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, la sub rama de fabricación de pigmentos y colorantes, la de productos básicos de química orgánica e inorgánica, además de la sub rama de fabricación de aparatos electrodomésticos. Se destaca la presencia de la sub rama de fabricación de pigmentos y colorantes que, aunque no es la de mayor participación es particularmente relevante para la contaminación del agua por cobre (Cu), además que no hay presencia de establecimientos de la industria del papel e impresión asociadas al uso de este metal pesado en el área de influencia directa.

En el caso del mercurio (Hg) se destaca que en todos los sitios de monitoreo que integran al *Sistema de Calidad del Agua* se rebasa el límite máximo permisible de 0.0005 mg/l durante el periodo 2009-2015 (cuadro 5). Además de que en los sitios de monitoreo RS-06 al RS-10 no se cuenta con establecimientos de la industria manufacturera en el área

de influencia directa, pero si se detectan actividades manufactureras de las ramas y sub ramas asociadas al uso del mercurio en los ocho sitios restantes.

Se detecta en el área de influencia directa un total de 89 establecimientos industriales que potencialmente generan descargas residuales peligrosas, de los cuales 48.3 por ciento corresponden a la rama química, 39.3 por ciento a la rama del papel e impresión y 12.4 por ciento a la rama de productos electrónicos y de cómputo. Tales actividades se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 14. Presencia de actividad industrial asociada al mercurio (Hg) en área de influencia directa

<i>Ramas</i>	<i>%</i>	<i>Sub ramas</i>	<i>%*</i>
Química	48.3	Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares	20.9
		Fabricación de preparaciones farmacéuticas	11.6
		Fabricación de pigmentos y colorantes	4.7
		Fabricación productos básicos de química orgánica	4.7
		Fabricación productos básicos de química inorgánica	4.7
		Fabricación de pesticidas y otros productos agroquímicos	2.3
		Fabricación de abonos y compuestos nitrogenados fertilizantes	2.3
Productos electrónicos y de cómputo	39.3	Fabricación acumuladores y pilas eléctricas	0
Papel e impresión	12.4	Fabricación de papel y cartón	0

Fuente: AMBISAT, 2005. Anexo IV. Listado de la relación actividad/sustancia. *Proporción respecto al total de establecimientos industriales que potencialmente generan residuos peligrosos en el área de influencia directa por sub ramas.

El cuadro 14 muestra que de las tres ramas industriales que potencialmente generan descargas residuales con contenido de mercurio (Hg), la rama química es la principal por el número de establecimientos. Las sub ramas de la industria química que se desempeñan en la cuenca del Santiago-Guadalajara representan actividades asociadas al uso del mercurio (Hg) en sus procesos de transformación, no así en el caso de las sub ramas de productos electrónicos y de cómputo ni de la rama del papel e impresión.

Se observa que *las sub ramas con mayor presencia asociada al Hg en el área de influencia son la fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, así como la fabricación de preparaciones farmacéuticas.* El mayor número de establecimientos industriales de la primera sub rama se ubica en el área de influencia del sitio de monitoreo que se traslapa en RS-01 y RZ-01 (Ocotlán y río Zula). Mientras que el mayor número de establecimientos industriales de la segunda sub rama se ubica en el sitio de monitoreo AA-01 (arroyo El Ahogado).

Por último, se destaca que en los trece sitios de monitoreo que integran al *Sistema de Calidad del Agua* se rebasa el límite máximo permisible de 0.02 mg/l del zinc (Zn) durante el periodo 2009-2015 (cuadro 5). Se observa que los niveles de este metal se encuentran totalmente fuera de control en la cuenca del Santiago-Guadalajara, para todos los años.

De un total de 453 establecimientos industriales que potencialmente generan descargas residuales peligrosas con zinc (Zn), localizados en el área de influencia, se detecta que 80.1 por ciento corresponde a la industria de productos metálicos y metales básicos, 9.5 corresponde a la industria química, 7.7 por ciento a la industria del papel e impresión, 2.4 a la industria de productos electrónicos y de cómputo, finalmente 0.2 por ciento corresponde a la industria de fabricación de equipo de transporte.

Cuadro 15. Presencia de actividad industrial asociada al zinc (Zn) en área de influencia directa

<i>Ramas</i>	%	<i>Sub ramas</i>	%*
Productos metálicos y metales básicos	80.1	Fabricación de herramientas y útiles para máquinas	24.2
		Fabricación de productos de alambre	0.8
		Fabricación de envases y embalajes ligeros, en metal	0.8
		Tratamiento y revestimiento de metales	0.8
		Fabricación de otros productos metálicos	0.8
		Fabricación de bidones y toneles de hierro	0.6
		Fabricación de cerraduras y herrajes	0.3
Química	9.5	Fabricación de pinturas, barnices, y revestimientos similares	20.9
		Fabricación productos básicos de química inorgánica	4.7
		Fabricación productos básicos de química orgánica	4.7
		Fabricación de pigmentos y colorantes	4.7
		Fabricación de pesticidas y otros productos agroquímicos	2.3
		Fabricación de abonos y compuestos nitrogenados fertilizantes	2.3
Productos electrónicos y de cómputo	2.4	Fabricación de aparatos electrodomésticos	11.1
Papel e impresión	9.5	Fabricación de papel y cartón	0
		Fabricación de pasta papelera	0
Fabricación de equipo de transporte	0.2	Fabricación de otro material de transporte	0

Fuente: AMBISAT, 2005. Anexo IV. Listado de la relación actividad/sustancia. *Proporción respecto al total de establecimientos industriales que potencialmente generan descargas residuales peligrosos en el área de influencia directa por sub ramas.

El cuadro 15 muestra que las actividades manufactureras asociadas al uso del zinc (Zn) que predominan son propias de tres sub ramas: la fabricación de herramientas y útiles para máquinas, la fabricación de pintura, barnices, y revestimientos similares, y la fabricación de aparatos electrodomésticos. Con base a las actividades que desempeñan los establecimientos de las sub ramas enlistadas en el cuadro, se tiene que 27.6 por ciento del

total emplean zinc (Zn) en sus procesos productivos. Nuevamente, en el área de influencia directa no se desarrollan actividades de sub ramas de la industria del papel e impresión, ni de la industria de fabricación de equipo de transporte, asociadas al uso del zinc (Zn). Las áreas de influencia que presentan mayor número de establecimientos de este tipo son la que se traslapa en los sitios de monitoreo RS-01 y RZ-01 (Ocotlán y río Zula), además de la del tipo AA-01 (arroyo el Ahogado), con 43 y 40 establecimientos, respectivamente.

En resumen, las actividades a las que se les debe prestar especial atención debido a que están relacionadas al uso de metales pesados que no están controlados en la cuenca Santiago-Guadalajara durante el periodo 2009-2015 son de la rama química, de la rama de productos metálicos y metales básicos, además de productos electrónicos y de cómputo, como se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 16. Características de la industria manufacturera asociada al uso de sustancias peligrosas en la cuenca del Santiago-Guadalajara, por metales pesados

Categoría	Metal pesado*				
	Cadmio	Cromo	Cobre	Zinc	Mercurio
Unidades económicas [®] manufactureras asociadas al uso de metales pesados	0	44	84	125	22
Principal área de influencia directa ^α	RS-07 ^x	AA-01	RZ-01	AA-01	RS-01 y RZ-01
Principales sub ramas industriales	N.A. [°]	1. Fabricación de herramientas y útiles para máquinas 2. Fabricación de pinturas, barnices, y revestimientos similares 3. Fabricación de aparatos electrodomésticos			1. Fabricación de pinturas, barnices, y revestimientos similares 2. Fabricación de preparaciones farmacéuticas

Elaboración propia. *Se considera sólo los metales pesados que rebasan el límite máximo permisible durante el periodo 2009-2015, según el *Sistema de Calidad del Agua* del CEA-Jalisco. [®]Número de establecimientos de la industria manufacturera dentro del área de influencia directa por sitios de monitoreo a una distancia de 0 a 5 km. ^αCon mayor número de establecimientos industriales. ^xÁrea de influencia que presenta el nivel más alto del metal por arriba del límite máximo permisible. [°]No aplica.

El cuadro 16 muestra que las actividades industriales que se desarrollan en la cuenca Santiago-Guadalajara están principalmente asociadas al uso del zinc (Zn) ya que, 125 establecimientos industriales, de un total de 131, hacen uso de este metal pesado en sus procesos de transformación, le sigue el cobre (Cu), el cromo (Cr), el mercurio (Hg) y por

último el cadmio (Cd). *La principal área de influencia es decir, la que reúne el mayor número de establecimientos industriales asociados al uso de metales pesados es el sitio de monitoreo AA-01 para el caso del zinc (Zn) y del cromo (Cr), y los sitios RZ-01 y RS-01 para el caso del cobre (Cu) y del mercurio (Hg). Mientras que el sitio RS-07 es el que concentra los niveles más alto de cadmio (Cd) sin embargo, no se localizan establecimientos industriales en el área de influencia directa de dicho sitio.*

Las principales sub ramas industriales por el número de unidades económicas son *la fabricación de herramientas y útiles para máquinas* de la rama de productos metálicos y metales básicos, *para el caso del cromo (Cr), cobre (Cu) y zinc (Zn)*. De igual forma, la sub rama de *fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares*, de la rama química y por último, la sub rama de *fabricación de aparatos electrodomésticos* de la rama de productos electrónicos y de cómputo. Mientras que para *el caso del mercurio (Hg)*, *sobresalen las sub ramas de fabricación de pinturas, barnices, y revestimientos similares y la fabricación de preparaciones farmacéuticas*, ambas de la rama química.

De las cinco ramas de la industria manufacturera potencialmente generadora de sustancias peligrosas, es la industria química, la de fabricación de productos metálicos y metales básicos, y la de fabricación de productos electrónicos y de cómputo las que resaltan por el tipo de actividades por sub ramas que se desarrollan en cercanía al río Santiago y afluentes. Mientras que las sub ramas de la industria del papel e impresión y de la industria de fabricación de equipo de transporte que se desarrolla en las áreas de influencia directa en la cuenca Santiago-Guadalajara no se encuentra asociada al uso de metales pesados.

De las tres principales industrias, se concluye que la predominante por número de establecimientos es la de fabricación de productos metálicos y metales básicos. Aunque la industria química se encuentra presente en más áreas de influencia directa que el resto de las industrias en las áreas de influencia directa los sitios AA-01, RS-01 y RZ-01. Mientras que la electrónica y de cómputo se desarrolla en el área de los sitios AA-01, RS-04 y AA-02.

Por un lado, los resultados arrojan que el cuerpo de agua El Ahogado es el que concentra el mayor número de establecimientos industriales asociados al uso de metales pesados, con base en las concentraciones en metales pesados detectados en los sitios AA-01 (circunscrito a la presa de El Ahogado), RS-04, AA-02 y AA-02 (corresponde al arroyo El Ahogado). Por otro lado, la zona del municipio de Ocotlán que a primera vista, en el mapa 5, parecía no contar con una tendencia hacia las actividades que potencialmente genera descargas residuales peligrosas, si representa un importante área de influencia directa, ya que en el área del sitio RS-01 –que se traslapa con RZ-01– es el más importante por número

de establecimientos de la industria de productos metálicos y metales básicos, y el segundo en la industria química.

En cuanto a los sitios de monitoreo que presentan niveles de metales pesados por arriba del límite máximo permisible pero no cuentan con establecimientos industriales en el área de influencia directa no se descarta que la industria incida en la calidad del agua. Sería importante prestar particular atención a las descargas residuales de la manufactura al sistema de alcantarillado público municipal, particularmente en el caso del sitio RS-07 debido a contaminación por cadmio (Cd).

Además de las actividades de la industria manufacturera hay otros factores que guardan una relación con la calidad del agua del río Santiago y que no son considerados en el programa de monitoreo del CEA Jalisco, como es el caso del manejo de los residuos sólidos, tema para el que se puede desarrollar toda una investigación al respecto pero es este apartado nos limitamos a señalar que como se muestra en los mapas 6, 7, 8 y 9 del anexo, los sitios de monitoreo RS-07 y RS-08 están cercanos al relleno sanitario tecnificado de la empresa Hasar's, S.A. de C.V., que opera a más de 12 kilómetros de distancia de ambos sitios. No obstante, tanto al norte como al sur del relleno se ubican dos corrientes de agua, de nombre arroyo Grande de Milpillás, que son afluentes del río Santiago. La segunda corriente es de tipo perenne es decir que fluye todo el año. Estas corrientes de agua pueden acarrear lixiviados con contenido de metales pasados hacia el río Santiago y reflejarse en los sitios de monitoreo, en caso de que el relleno sanitario incumpla con la regulación ambiental mexicana.

El relleno Hasar's se encuentra en una misma zona al Relleno Sanitario Metropolitano Picachos que es manejado por el Ayuntamiento de Zapopan, ambos ocupan lotes colindantes. Reciben 2500 toneladas diarias de residuos municipales. Se ha documentado que tanto el relleno Hasar's como el Picachos derraman lixiviados hacia el arroyo Grande de Milpillás, sobre todo en temporada de lluvias, de mayo a septiembre, y han sucedido derrames de lixiviados "accidentales" y ocasionales hacia el arroyo (Bernache, 2012:47,48). Se han documentado denuncias ante la Procuraduría Estatal de Protección al Ambiente del Estado de Jalisco (PROEPA) de derrames de lixiviados en el año 2012, así como el bloqueo a camiones recolectores de residuos, por parte de pobladores de la zona, en el año 2009. Además de que análisis de laboratorio han demostrado el contenido de sustancias peligrosas y contaminantes en los lixiviados de ambos rellenos sanitarios (ibíd.).

CONSIDERACIONES FINALES

- 1 El desarrollo de las actividades industriales del país guarda una relación con la gestión de los recursos hídricos promovida por Entidades de Cuenca. Tal es el caso de la estrategia de descentralización de la industria que se promovió en la Comisión de Estudio Lerma-Chapala-Santiago, que dependía de la entonces Secretaría de Recursos Hidráulicos (ahora CONAGUA), y que derivó en la construcción del Corredor Industrial Jalisco en la margen izquierda del río Santiago con el llamado Plan Lerma-Chapala-Santiago en 1970, con actividades de la industria química, alimenticia, textil, metalmecánica y productos de hule. El corredor se localiza en la cuenca Santiago-Guadalajara y el municipio El Salto se constituyó como primordial centro industrial, hasta fechas actuales. En cuanto a la gestión del agua, la unidad de planeación Lerma-Chapala-Santiago desapareció ya que, en términos generales las Comisiones de Cuenca no tuvieron el resultado esperado en la tarea de impulsar el desarrollo regional y fomentar las zonas industriales, sin embargo el Corredor Industrial Jalisco ha permanecido con una importante industria de alimentos, textil, plásticos y química a nivel nacional. Posteriormente, en 1993 se impulsó el modelo de gestión integral de los recursos hídricos (GIRH) con la creación de nuevas Entidades de Cuenca como lo son los Consejos de Cuenca, lo que significó la división del sistema hidrológico Lerma-Chapala-Santiago de manera definitiva, quedando el corredor industrial Jalisco entre dos cuencas, dos gestiones de desarrollo industrial e hídricas.
- 2 Diversos estudios señalan que el río Santiago presenta contaminación por metales pesados a consecuencia de la actividad industrial y con la información de los monitoreos del *Sistema de Calidad del Agua*, que implica 13 puntos de muestreo en la cuenca Santiago-Guadalajara, se corrobora para el caso del mercurio (Hg), cadmio (Cd), zinc (Zn), cobre (Cu) y cromo (Cr), al rebasar el límite máximo permisible establecido en la legislación mexicana para los años 2009-2015 a lo largo de la cuenca. Sin embargo, el sistema de monitoreo implementado no reporta fuentes contaminantes, por lo que no se asocia las sustancias químicas a posibles descargas residuales de la industria manufacturera. En consecuencia, se dificultan las atribuciones del Consejo de Cuenca del Río Santiago para contribuir al objetivo de sanear las cuencas, barrancas y cuerpos receptores de agua para prevenir su contaminación.
- 3 Se localizan 5,984 unidades económicas del sector manufactura “potencialmente generadoras de descargas residuales peligrosas” en la cuenca Santiago-Guadalajara. Estas unidades económicas están asociadas al uso de cinco a siete metales pesados, como

la industria química; de la electrónica y cómputo; de productos metálicos y metales básicos; del papel e impresión; y de fabricación de transporte. Alrededor de 1,220 unidades económicas del total, se localizan en el área de influencia de 0 a 20 kilómetros de distancia respecto al río Santiago, mientras que 294 unidades económicas del total se localizan en el área de influencia de 0 a 20 kilómetros de distancia respecto a los principales cuerpos de agua –arroyos, lagunas, presas, etc.– de la cuenca Santiago-Guadalajara. A la vez, la gran industria –de 251 empleados y más– es más numerosa en las áreas de influencia directa de los cuerpos de agua, que del río Santiago, 106 y 59 unidades económicas, respectivamente. Lo que implica que los arroyos, lagunas y presas son más vulnerables a la contaminación por metales pesados en la cuenca, principalmente el arroyo El Ahogado dado que, a una distancia de 0 a 5 kilómetros, en la que los impactos a los ecosistemas y a la salud humana se consideran directos, el arroyo concentra 904 establecimientos industriales de manufactura.

- 4 La industria manufacturera ha crecido por número de unidades económicas principalmente en el municipio de El Salto –de 358 en 1994 a 894 en 2014–, además que para 2014 concentra 68.9 por ciento del total del personal ocupado en la industria manufacturera de los seis municipios que integran el corredor industrial. A la vez que el volumen de descargas residuales de la industria manufacturera en El Salto es de 38 por ciento, representa el porcentaje más alto respecto al resto de municipios de la cuenca, al considerar los permisos de descarga emitidos de 2009-2015. Sin embargo, el *Sistema de Calidad del Agua* no estableció ningún sitio de monitoreo dentro del municipio. Las muestras en el arroyo El Ahogado son colectadas en las inmediaciones del municipio de Tlajomulco de Zuñiga, que no tiene la misma importancia industrial.
- 5 Se detectó que la rama química, catalogada como “potencialmente generadora de descargas residuales peligrosas”, es la que mayores volúmenes de aguas residuales vierte en la cuenca Santiago-Guadalajara. En este sentido, se destaca la empresa Celanese, S. de R.L. de C.V. y Huntsman International de México, S. de R.L. de C.V., que en un estudio anterior se habían señalado en una lista de las diez empresas con reportes más elevados de descarga de metales pesados y cianuro en el río Santiago.
- 6 Se detectaron 125 unidades económicas manufactureras asociadas al uso del zinc (Zn) en el área de influencia directa –0 a 5 km– del sitio de monitoreo AA-01 que corresponde al arroyo El Ahogado, además de 44 unidades económicas manufactureras asociadas al uso del cromo (Cr). Las principales actividades industriales por sub rama corresponde a la fabricación de herramientas y útiles para máquinas; la fabricación de pinturas,

- barnices y revestimientos similares; y la fabricación de aparatos electrodomésticos, a las que se debiera prestar atención para el saneamiento de la cuenca.
- 7 Se detectaron 84 unidades económicas manufactureras asociadas al uso del cobre (Cb) en el área de influencia directa –0 a 5 km– del sitio de monitoreo RZ-01. Las principales actividades industriales por sub rama corresponde a la fabricación de herramientas y útiles para máquinas; la fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares; y la fabricación de aparatos electrodomésticos, a las que se debiera prestar atención para el saneamiento de la cuenca.
 - 8 Se detectaron 22 unidades económicas manufactureras asociadas al uso del mercurio (Hg) en el área de influencia directa –0 a 5 km– de los sitios de monitoreo RS-01 y RZ-01. En este caso, las principales actividades industriales por sub rama corresponde a la fabricación de pinturas, barnices, y revestimientos similares; y la fabricación de preparaciones farmacéuticas, ambas de la rama química, a las que se debiera prestar atención para el saneamiento de la cuenca.
 - 9 En el caso del cadmio (Cd) se detectó que el sitio de monitoreo con los niveles más altos en la cuenca, que a su vez rebasa el límite máximo permisible, corresponde al RS-07 para el cual no se tiene unidades económicas industriales en el área de influencia directa –0 a 5 km–, por lo que se debiera prestar atención a las descargas residuales en el sistema de alcantarillado público municipal para este punto, así como posibles descargas clandestinas, porque la contaminación por cadmio está directamente relacionado con las actividades industriales.
 - 10 Los reportes del *Sistema de Calidad del Agua*, a cargo de CEA Jalisco, son una base para dar seguimiento al problema de contaminación en la cuenca Santiago-Guadalajara, aunque se requiere de mayor claridad sobre los criterios de localización de los puntos de muestreo, en dirección de asociar la contaminación a las fuentes contaminantes, para no restringir las posibles orientaciones y determinaciones del Consejo de Cuenca del Río Santiago para sanear la cuenca y prevenir su contaminación. La falta de asociación de la contaminación a las fuentes contaminantes hace parecer que el problema de contaminación por metales pesados está presente, sin diferencias, en los 262.5 km que abarca el monitoreo, sin embargo se sabe que la industria manufacturera no se distribuye de manera homogénea en la cuenca.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE LA PARTICIPACIÓN Y LA COORDINACIÓN DEL CONSEJO DE CUENCA DEL RÍO SANTIAGO PARA REMEDIAR LA CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL DEL AGUA EN LA CUENCA SANTIAGO-GUADALAJARA

El objetivo de este capítulo es analizar la participación y la coordinación del Consejo de Cuenca del Río Santiago para hacer frente al problema de contaminación industrial del agua en la cuenca del Santiago-Guadalajara, a partir del cumplimiento de sus funciones “de consulta y recomendación” que le han sido asignadas bajo el enfoque de la GIRH.

La centralidad del análisis en la participación y la coordinación del Consejo de Cuenca del Río Santiago deviene de sus funciones generales que son: la coordinación de acciones entre la Federación, los estados y los municipios; y la concertación de intereses entre usuarios, la sociedad organizada y las ONG (ver figura 2, capítulo 2).

El análisis descansa en la construcción de dos índices: 1) participación social y 2) coordinación institucional, ambos en dirección del cumplimiento del objetivo de fomentar el cuidado y el saneamiento de las aguas de la cuenca y la vigilancia y control de su calidad, que está estipulado en el acta de instalación del Consejo de Cuenca del Río Santiago. Los índices se basan en los indicadores de gestión que desarrolla el Banco Mundial y la Fundación del Comité Internacional de Ambientes de Lagos, acotados a las atribuciones de los Consejos de Cuenca, según lo marca la legislación mexicana (ver cuadro 5, capítulo 2), en conjunto con las especificaciones de operación y funcionamiento del Consejo de Cuenca del Río Santiago estipuladas en las correspondientes Reglas Generales de Integración, Organización y Funcionamiento (RGIOF) (ver anexo 1 y 2).

4.1 GESTIÓN HORIZONTAL: LA PARTICIPACIÓN DE USUARIOS Y SOCIEDAD ORGANIZADA EN EL CONSEJO DE CUENCA DEL RÍO SANTIAGO PARA LA SOLUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL DEL AGUA

La gestión horizontal hace alusión a la participación de los usuarios, a la sociedad organizada y a la academia en el Consejo de Cuenca del Río Santiago para dar solución al problema de contaminación industrial del agua suscitado en la cuenca Santiago-Guadalajara. El seno de este tipo de participación es la Asamblea General de Usuarios. A su vez, existen otros órganos en que la participación es primordial, como los Comités de Usuarios, la Comisión de Operación y Vigilancia (COVI) y las sesiones del Consejo de Cuenca (LAN, 1992).

La gestión horizontal, para fines del caso de estudio, es representada por el índice de participación que se basa en tres componentes: la participación social institucional, la

representatividad de vocales y, por último, la participación social no institucional (Cuadro 1). El índice de participación está construido para el periodo 2008-2015. Se considera la evolución del índice por lo que, se observa el periodo en dos etapas de cuatro años cada uno, que corresponde de 2008-2011 y 2012-2015, al tomar en cuenta que cada cuatro años se eligen los vocales usuarios, los vocales de la sociedad organizada y la academia.

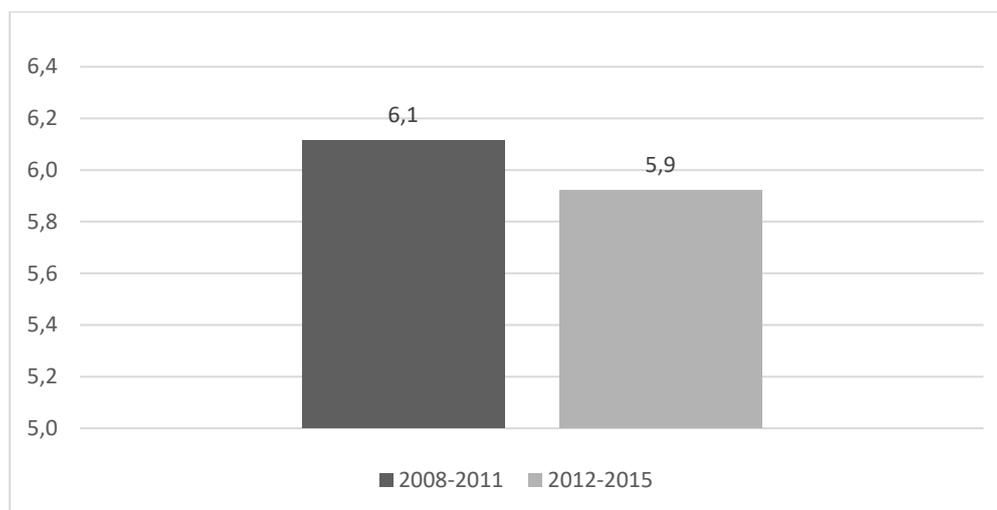
Cuadro 1 Componentes del índice de Participación (ver continuación anexo 1)

Componentes	Variables
Participación Social institucional	Realización de sesiones ordinarias Asamblea Gral. de Usuarios
	Realización de sesiones ordinarias de la COVI
	Asistencia de vocales a la Asamblea del Consejo y General de Usuarios
	Discusión y propuestas sobre problemática de contaminación industrial del agua en Asambleas
Representatividad	Instalación de Comités de Usuarios
	Proceso de elección de vocales
	Renovación de vocales
Participación Social no institucional	Actividades de socialización del problema de contaminación industrial del agua
	Diagnósticos y recomendaciones de solución al problema de contaminación industrial del agua
	Quejas y demandas interpuestas por contaminación

El Consejo de Cuenca del Río Santiago presenta inconvenientes en el desarrollo de la participación que abona a la solución del problema de contaminación industrial del agua. En principio, la ampliación del modelo de participación a la sociedad organizada y a la academia ha sido lento y con problemas de representatividad, lo que incide en que esta participación no esté consolidada. Por consiguiente, el Consejo de Cuenca del Río Santiago continúa siendo un espacio en que la participación es principalmente de usuarios del agua. Es importante tener en cuenta que el Consejo de Cuenca del Río Santiago determinó en sus RGIOF el número de vocales de la sociedad organizada y de la academia a participar, doce años después de haberse instalado.

Los resultados del índice de participación muestran que para el periodo 2008-2015 ha sido escasa con un valor de 6.0 es decir, que los mecanismos que se han empleado para mejorar la participación no han sido suficientes.

Gráfica 1. Evolución del Índice de Participación 2008-2015



Elaboración propia. Fuente: Minutas de las Asambleas General de Usuarios, de la Comisión de Operación y Vigilancia, del Consejo de Cuenca, de Comités de Usuarios del Consejo de Cuenca del Río Santiago 2008-2015.

La participación en el problema de contaminación industrial del agua en la cuenca del Santiago-Guadalajara ha decrecido durante el segundo periodo, al pasar de 6.1 a 5.9, como lo muestra la gráfica 1. El componente de participación social institucional es el que presenta más cambios ya que, el tema de contaminación del agua en la cuenca se dejó de discutir en el segundo periodo, siendo la prioridad el perfeccionamiento del Consejo de Cuenca mediante la incorporación de la participación de la sociedad organizada y de la academia. Sin embargo, dicho perfeccionamiento no se refleja en la práctica por falta de representatividad.

En tanto, la participación social no es efectiva, por lo que no prioriza el problema de metales pesados en el cauce del río. El sentido de la participación social a partir de la GIRH es colaborar en la toma de decisiones para promover la gestión y el desarrollo coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados. Se basa en que los representantes que participan en el Consejo de Cuenca conocen las problemáticas que aquejan en el territorio, por lo cual una de sus funciones es “conocer oportuna y fidedignamente la información y documentación referente a la calidad y contaminantes del agua” ya que, dicha información es un principio para realizar las funciones de consulta propias del Consejo de Cuenca del Río Santiago.

Además de la importancia de que los vocales de la sociedad conozcan la información referida a la calidad y contaminación del agua se destaca la diferenciada proporción de “vocales usuarios del agua” con respecto a los “vocales de la sociedad organizada y

academia”, lo que imposibilita la efectividad de la participación social. En este sentido, a pesar de que al menos 50 por ciento de las vocalías del Consejo de Cuenca del Río Santiago corresponden a usuarios y a la sociedad organizada, cerca del 80 por ciento de las vocalías corresponden a los usuarios del agua, por lo que se tiene un reducido espacio para la participación de la sociedad organizada y la academia.

4.1.1 PARTICIPACIÓN INSTITUCIONAL

Como se ha señalado, la *participación social institucional* hace referencia a la participación convocada por el Consejo de Cuenca del Río Santiago a usuarios, sociedad organizada y academia que cuenten con las acreditaciones correspondientes para participar al interior del Consejo de Cuenca, así como en sus órganos funcionales y auxiliares. Las variables que se consideran en el componente de la participación social institucional son: 1) la realización de sesiones ordinarias de la Asamblea General de los Usuarios; 2) la realización de sesiones ordinarias de la COVI; 3) la asistencia de los vocales a la Asamblea del Consejo y a la Asamblea General de Usuarios; por último, 4) la discusión y propuestas sobre la problemática de contaminación industrial del agua en Asambleas.

La Asamblea General de Usuarios es uno de los órganos principales para la participación social y parte primordial de su desempeño depende de la realización de sesiones periódicas. Las RGIOF del Consejo de Cuenca del Río Santiago establece que la Asamblea sesione una vez al año. Sin embargo, en el periodo 2008-2015 ha sesionado únicamente en dos ocasiones. Durante el primer periodo de estudio 2008-2011 la Asamblea General de Usuarios sesionó una de cuatro veces que debió hacerlo. En 2010 se celebró la única sesión de la Asamblea para ese periodo. Cabe destacar que, según información oficial proporcionada por el Organismo de Cuenca Lerma-Santiago-Pacífico (Infomex, folio 1610100055616, abril 2016), ésta representó la primera sesión del órgano desde la creación del Consejo de Cuenca del Río Santiago en 1999. De igual manera para el segundo periodo de estudio 2012-2015, se celebró una única sesión, correspondiente al año 2015.

Las sesiones de la Asamblea General de Usuarios son de suma importancia para la mejora de la gestión horizontal en el Consejo. La Asamblea es un espacio de participación en el que se discuten las estrategias, prioridades, políticas, líneas de acción y criterios para ser considerados en la planeación del saneamiento hídrico de la cuenca. A pesar esto, la celebración de las sesiones de la Asamblea no es una condicionante para que los vocales usuarios, de la sociedad organizada y la academia participen en las sesiones del Consejo de Cuenca.

Es en la Asamblea que los vocales usuarios, de la sociedad organizada y de la academia acuerdan su participación en las sesiones del Consejo, al ser portavoces de los miembros de la Asamblea y de los sectores que representan. Es decir que, en estas sesiones se define la posición conjunta de los vocales en relación a los asuntos que se llevarán al Consejo de Cuenca del Río Santiago particularmente, las prioridades en saneamiento de la cuenca, estrategias y acciones para remediar la contaminación industrial del agua. En tanto, *la participación social institucional en el seno del Consejo de Cuenca del Río Santiago ha estado limitada por el escaso número de reuniones de la Asamblea General de Usuarios.*

En cuanto a las sesiones de la COVI se observa que se han llevado a cabo con mayor regularidad que las de la Asamblea General de Usuarios. Según las RGIOF, la COVI deberá reunirse al menos cada cuatro meses, es decir tres veces por año. En el periodo 2008-2015 la COVI ha sesionado de manera ordinaria cuatro veces por año. Durante el primer periodo de estudio 2008-2011 se sesionó sin irregularidades, mientras que para el segundo periodo de estudio 2012-2015 se sesionó con irregularidad en el año 2015 ya que, sólo se llevó a cabo una de las tres sesiones estipuladas en las RGIOF (Infomex, folio 1610100055616, abril 2016).

La importancia de la COVI radica en dar seguimiento y evaluar el desempeño del Consejo de Cuenca del Río Santiago, de los grupos de trabajo específicos y otros órganos especializados que requiera el Consejo de Cuenca para el mejor cumplimiento de su objeto. En tanto, que las sesiones de la COVI se realicen con regularidad favorece a la participación social institucional ya que, esta Comisión está integrada con voz y voto por los vocales de los usuarios, la sociedad organizada y del sector académico.

La asistencia de dichos vocales a las sesiones de la Asamblea General de Usuarios y de la COVI tiene un gran valor ya que, específicamente los vocales de la sociedad organizada y de la academia participan en estos espacios con voz y con voto. El primer periodo 2008-2011 es un tiempo bisagra debido a que a partir del año 2010 ambos órganos funcionales se abren a múltiples actores y amplían la participación a la sociedad organizada y a la academia. Es decir que el modelo de participación en el Consejo de Cuenca del Río Santiago deja de centrarse exclusivamente en los usuarios del agua poseedores de títulos de concesiones y asignaciones. Mientras que para el periodo 2012-2015 se observa que ha sido un reto mantener la plena participación de todas las partes interesadas. Por parte de la COVI, ha sido constante la asistencia de los vocales de la sociedad organizada y de la academia desde el año 2011. No así para el caso de la Asamblea General de Usuarios que, además de sesionar

muy poco no logra reunir a los vocales de dichos sectores, aun cuando son los integrantes principales de este órgano funcional.

En cuanto a la discusión y propuestas sobre la problemática de contaminación del agua en la Asamblea General de Usuarios y las reuniones del COVI se observa que es un tema que se aborda con mayor frecuencia en el segundo órgano. A la vez, desde la COVI existe una diferencia marcada en los periodos de estudio. Para 2008-2011 la contaminación del agua y su saneamiento fue una de las temáticas principales en las reuniones⁷². Por lo que, dentro de los acuerdos encontramos la realización de reuniones del sector de los industriales con el grupo de apoyo a la Clasificación del río Santiago. Estas reuniones tenían el objetivo de desarrollar las estrategias del sector a fin de dar cumplimiento a la nueva clasificación del río Santiago, que incluían además a los ríos Zula y Verde⁷³.

Para 2012-2015 la contaminación del agua y su saneamiento dejó de ser una de las temáticas principales en las reuniones de la COVI. Llama la atención que el tema pasa a un segundo término a partir de la construcción de la PTARm El Ahogado (Acta 60 y 61 de la COVI). La construcción de esta obra se asumió como suficiente para dar resolución a la problemática en la cuenca Santiago-Guadalajara. A la par, el tema que adquiere mucha relevancia es el perfeccionamiento del Consejo de Cuenca del Río Santiago. Por lo que, las reuniones de la COVI se centran en la revisión y aprobación de sus RGIOF, así como la elección de la nueva Presidencia del Consejo de Cuenca y de los vocales, que se amplían a la sociedad organizada y la academia.

Al poner sobre la mesa la ampliación y asistencia de la participación social a la par de la discusión, generación de propuestas y toma de acuerdos en torno a la problemática de contaminación del agua en el seno del Consejo de Cuenca del Río Santiago se observan discrepancias. Es decir, en el periodo que se discutieron las estrategias del sector industrial para hacer frente al problema de contaminación del agua prácticamente no se contó con la figura de vocales de la sociedad organizada ni de la academia. Por ejemplo, la COVI que en 2011 incorporó en sus reuniones al sector sociedad organizada y sector académico (Acta 60) para ese mismo año el grupo especializado de trabajo (GET) en apoyo a la clasificación de los ríos Santiago, Verde y Zula se disolvió. En tanto, la participación social que en su momento discutió y propuso en torno al problema de contaminación industrial del agua fue

⁷² Durante este primer periodo la COVI era el entonces Grupo de Evaluación y Seguimiento (GES). En el año 2011 se da el cambio.

⁷³ Consiste en determinar la capacidad de asimilación y dilución del Santiago para determinar las cargas de contaminantes que pueden recibir, además de establecer las metas de calidad del agua y los plazos para alcanzarlas.

únicamente “usuarios del agua” en el ámbito del Consejo, no participó la sociedad organizada ni la academia.

4.1.2 REPRESENTATIVIDAD DE VOCALES

La representatividad es un factor de gran importancia para la participación en la gestión del agua. La gestión horizontal que implica constantes interacciones entre las instancias encargadas de la gestión hídrica y la sociedad, necesita de una representatividad que de soporte a las acciones programadas y realizadas para prevenir y remediar la contaminación industrial del agua. Las variables que se consideran en el componente de la representatividad de vocales son: 1) la instalación del Comité de Usuarios, 2) el proceso de elección de vocales y, por último, 3) la renovación de los vocales.

Durante el periodo 2008-2015 sobresale la variable de representatividad de vocales, sobre todo para el segundo periodo, que va de 2012 a 2015. A partir del trabajo para establecer las RGIOF del Consejo de Cuenca de Río Santiago se ha avanzado en la procuración de la representatividad de los vocales usuarios, de la sociedad organizada y de la academia. Antes de que las RGIOF entraran en vigor, en 2011, no se tenía una reglamentación referida a la elección y renovación de los vocales. Sin embargo, la reforma a la LAN de 2004 ya estipulaba la elección de usuarios basada en las RGIOF de cada Consejo. Para el caso del río Santiago se tuvo una demora de siete años para su elaboración, discusión, aprobación y finalmente entrada en vigor.

Los Comités de Usuarios son la célula básica de participación social del Consejo de Cuenca del Río Santiago. En ellos se elige a los representantes usuarios, de la sociedad organizada y del sector académico que participarán en la Asamblea General de Usuarios. Se pueden constituir por tipo de uso, de la sociedad organizada y del sector académico, así como por entidad federativa que tiene presencia en el territorio de la cuenca. Durante el periodo 2008-2011 no hubo instalación de Comités de Usuarios, mientras que en el periodo 2012-2015 se instalaron, aunque de manera parcial. En 2014 se llevó a cabo la instalación de dichos Comités en el estado de Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco y Nayarit. No así para el caso de Zacatecas, donde no se instalaron Comités de la sociedad organizada ni de la academia. Sin Comités de Usuarios no puede integrarse de manera efectiva la Asamblea General de Usuarios.

La falta de representatividad en el Consejo de Cuenca del Río Santiago está relacionada a los problemas de periodicidad de las sesiones de la correspondiente Asamblea General de Usuarios de 2008 a 2015. Como ya se señaló, la Asamblea sesionó

por primera vez en 2010 y se llevó a cabo la elección de vocales sin un reglamento claro (Acta de perfeccionamiento e instalación de la Asamblea General de Usuarios y de elección de vocales usuarios por uso, de la academia y sociedad organizada del Consejo de Cuenca del Río Santiago), ya que no se habían aprobado las RGIOF. A pesar de ello se eligieron vocales de la sociedad organizada y de la academia, es decir antes de que se aprobaran los lineamientos del Consejo para ampliar el modelo de participación de dichos vocales. Sin embargo, su nombramiento no implicó que participaran en la elaboración de las RGIOF desde las reuniones de la COVI (Acta 57 de la COVI).

En 2014 se instalaron la mayoría de los Comités de Usuarios, pero no se prosiguió con la elección de los vocales usuarios, de la sociedad organizada y academia ya que, no hubo sesión ordinaria ni extraordinaria de la Asamblea General de Usuarios para ese año. No obstante, las RGIOF establecen que la participación de usuarios, sociedad organizada y academia en las sesiones del Consejo de Cuenca del Río Santiago es mediante vocales, todos previamente electos en la Asamblea General de Usuarios.

La sesión de la Asamblea celebrada en 2015 tuvo otros motivos y acuerdos distintos a la elección y renovación de los vocales, fue una sesión con el objetivo de movilizar información básica respecto a qué es un Consejo de Cuenca, su participación y acreditación, es decir relacionada con el perfeccionamiento del Consejo de Cuenca.

Sin embargo, durante la Asamblea General de Usuarios debió haberse abordado inconsistencias de la elección de vocales de 2010. Por ejemplo, en el caso del sector industrial, se seleccionaron dos vocales titulares, al procurar la representación de las entidades federativas, se seleccionó uno de Aguascalientes y otro del estado de Jalisco—donde se ubica la cuenca del Santiago-Guadalajara— pero ninguno en carácter de suplente. También, para el caso de la sociedad organizada y la academia, quiénes fueron nombrados suplentes no se presentaron a la Asamblea, por lo cual no firmaron la aceptación del cargo, y no hubo representantes suplentes para el periodo de sus funciones. De igual manera hubo inconsistencias en el establecimiento de vocales en el uso de acuacultura, pecuario, servicios y energía eléctrica.

Los vocales usuarios, de la sociedad organizada y academia al no contar con representantes suplentes se dificulta su participación y con ello la representación de sus respectivos Comités de Usuarios. La Asamblea General de Usuarios y el Consejo de Cuenca sesionan de manera ordinaria una vez al año, mientras que la COVI lo hace tres ocasiones al año. Esto es un total de cinco sesiones que requiere la participación de los representantes,

a las cuales deben acudir ya sea el Vocal Titular o en su caso, el Vocal Suplente según la RGIOF.

A consecuencia de la falta de instalación de los Comités de Usuarios y de la elección y renovación de los vocales es que se tienen problemas de representatividad al interior del Consejo de Cuenca del Río Santiago. En relación a esto, actores del sector académico que viven en la cuenca han expresado lo siguiente: “la vez que participé en el Consejo de Cuenca del Río Santiago no conocía a nadie a los vocales, el mundo es muy pequeño y yo no conocía ni al representante de la sociedad civil, yo a este señor nunca lo he visto en ningún lado, hay como veinte organizaciones de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago ¿y dónde están?, así no puede ser, y ahí es donde se anuda el asunto porque un representante no nada más es representante sino tiene que saber y si usted es industrial y tiene un problema de agua y está en el Consejo porque está velando por los intereses de su gremio, usted tiene que manejar información y saber el problema, pero hablas con ellos y ¿qué onda? entonces ¿quién es usted?, ¿cuál es el problema que hay con la industria en la cuenca? entonces te dabas cuenta que no”. (Peniche, S., UDG, comunicación personal, 15 de octubre de 2015).

Asimismo, lo corroboran actores del sector sociedad organizada que habitan la cuenca. “Una vez hicimos una marcha en la Ciudad de México y ahí vamos a la CONAGUA y salió el jefe, no me acuerdo como se llamaba en ese tiempo, el caso es que el señor como todo funcionario nos dijo pásenle, siéntense, ¿vienen del río Santiago? Nosotros tenemos muy buena relación con sus representantes, aquí seguido tenemos dialogo. ¿Representantes? Pero esos nada más en el *google maps* conocen que hay río, ni el pueblo conocen, no representan nada”. (Enciso, E., Un Salto de Vida A.C., comunicación personal, 27 de octubre de 2015).

La escasa representatividad de vocales en periodo 2008-2011, mejora para 2012-2015 con el establecimiento de la RGIOF, pero en la práctica no se refleja debido a las escasas sesiones de la Asamblea General de Usuarios del Consejo de Cuenca del Río Santiago. Es decir, el Consejo se ha perfeccionado, pero continúa sin un respaldo de la sociedad organizada ni de la academia debido a que los vocales carecen de una comunicación con estos sectores a lo largo de la cuenca.

4.1.3 PARTICIPACIÓN SOCIAL NO INSTITUCIONAL

Por participación social no institucional nos estamos refiriendo al involucramiento de organizaciones civiles y a la academia en la problemática de contaminación industrial del agua por fuera del Consejo de Cuenca del Río Santiago, de sus órganos auxiliares y

funcionales. Si bien, este tipo de participación no tiene una incidencia directa en la planeación y acciones del Consejo de Cuenca correspondiente, tiene la capacidad de ejercer presión en el Consejo y en otras instancias gubernamentales encargadas de la gestión del agua para dar solución al problema de contaminación que aqueja a la cuenca.

Como se ha señalado, la gestión horizontal está acompañada de una descentralización de las instancias gubernamentales encargadas de la planeación, ejecución, evaluación y vigilancia del cumplimiento de la política hídrica a nivel de cuencas. Esto implica la inserción de la participación social institucional y no institucional en la problemática de contaminación industrial del agua. Sobre todo, al considerar que, en nuestro caso de estudio, la participación de la sociedad organizada y la academia se incorporó al Consejo de Cuenca del Río Santiago a partir de 2010 y 2011.

Ante la reciente participación social en conjunto a los problemas de representatividad de los vocales, resulta interesante conocer la amplitud de la participación social no institucional avocada a la problemática de la cuenca Santiago-Guadalajara. Las variables a analizar son: 1) actividades de socialización del problema de contaminación del agua en la cuenca; 2) generación de diagnósticos e informes en torno al problema de contaminación; y 3) demandas interpuestas por contaminación del agua.

Durante el primer periodo, que va de 2008-2011 se tuvieron una serie de acciones emprendidas por la ciudadanía de la cuenca del Santiago-Guadalajara que hicieron notar la existencia problema de contaminación del agua por metales pesados derivado de la actividad industrial que se desempeña en territorio local. A pesar de que desde antes del 2008 ya se venían realizando una serie de actividades de denuncia de la contaminación del río Santiago a nivel nacional e internacional, por ejemplo en 2007 la asociación civil Un Salto de Vida presenta el caso de contaminación ante el Tribunal Latinoamericano del Agua⁷⁴ (TLA, 2007), que por cierto, recomendó que “en los Consejos de la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago-Pacífico se discutiera la problemática de degradación del río Santiago, en relación a los problemas de salud pública de las poblaciones de El Salto y Juanacatlán, con la

⁷⁴ Se llevó ante este Tribunal el caso del deterioro y contaminación del río Santiago Municipios de El Salto y Juanacatlán, Estado de Jalisco, República Mexicana. En oposición a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Organismo de Cuenca Lerma-Santiago-Pacífico y Secretaría de la Salud. En el que se resolvió 1. Responsabilizar a las autoridades, en los tres niveles de gobierno, por el alarmante deterioro del río Santiago y la cuenca a la cual pertenece, y por las repercusiones sobre las condiciones de vida y la salud de las poblaciones de El Salto y Juanacatlán; 2. Exhortar al diálogo y la cooperación entre las autoridades y los demandantes; 3. Instar a las autoridades y a los demandantes a que acuerden los términos, para lograr una posible declaratoria de emergencia sanitaria en la zona de Juanacatlán y El Salto. (Veredicto Río Santiago)

participación activa de los denunciantes, los municipios y sus pobladores”, que a la fecha no se ha cumplido.

Es a partir del 2008 que se intensifican las actividades de denuncia debido al caso del menor Miguel Ángel López Rocha que sufrió de intoxicación al caer al río (La Jornada, 14 de febrero de 2008). Se destaca la denuncia interpuesta ante la Comisión Nacional de los Derechos Humanos en México (CNDH) en febrero de 2008 por violaciones a los Derechos Humanos en agravio del menor, que sufrió de intoxicación aguda por arsénico debida a la contaminación del río, lo que conllevó a la hospitalización y posteriormente su fallecimiento (Expediente CNDH /1/2008/1374/Q).

La CNDH, dos años después, acredita las violaciones a los derechos a la conservación del medio ambiente, a la protección a la salud y a la vida en agravio del menor y de diversas personas que viven en las colonias aledañas al río Santiago, imputables a servidores públicos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) encargados legalmente del control y vigilancia de la contaminación del río Santiago (Recomendación No. 12/2010, CNDH). Asimismo, la recomendación ratifica las evidencias laboratoriales de que los parámetros de arsénico encontrados en el cuerpo del menor que cayó al río fueron de 51 unidades, mientras que lo normal es un valor que va de entre 5 a 12 unidades de arsénico.

Por parte de la sociedad civil que habita la cuenca Santiago-Guadalajara, durante el periodo 2008-2011, se llevaron a cabo manifestaciones en la vía pública por la contaminación del río, el señalamiento de la industria como la principal causante del estado actual de contaminación de la cuenca, así como su integración con otras organizaciones civiles como la Asamblea Regional de Afectados Ambientales de Jalisco y la Asamblea Nacional de Afectados Ambientales. Se interpusieron 123 quejas de la ciudadanía ante la Comisión Estatal de los Derechos Humanos de Jalisco (CEDHJ) en contra de las autoridades que resultaran responsables por la grave contaminación del río Santiago (Expedientes CEDHJ 5997/08/III al 6057/2008/III y del 7222/08/III al 7286/2008/III). Y se corroboró la denuncia de la contaminación del río ante el relator de Naciones Unidas, Olivier de Schutter, a nombre de la Asamblea Nacional de Afectados Ambientales (La Jornada, 17 de junio de 2011).

Por parte de la academia, se destacan actividades encabezadas por instituciones que se localizan en el territorio de la cuenca, principalmente la Universidad de Guadalajara (UDG) y la Universidad Jesuita de Guadalajara (ITESO). Durante el periodo 2008-2011, se realizaron tres seminarios internacionales sobre la cuenca del río Santiago por parte del Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas de la UDG. Se realizó un

estudio a manera de foto reportaje a cargo del ITESO que documenta agravios a la salud de los habitantes de la cuenca, que incluye a jóvenes, niños y adultos, con padecimientos crónicos como insuficiencia renal, enfermedades de la piel, cáncer de mama, ovarios, de huesos y de médula ósea (Islas, P., 2009).

Se hizo la exposición fotográfica del río Santiago “Momentos muertos”, por parte de estudiantes del ITESO, que muestran el nivel de contaminación en que se encuentra el río (<http://www.riosantiago.org/?p=185>). Así como foros académicos como “El Río Santiago y su palabra” en las instalaciones del ITESO, en el que se vuelve a tomar el problema de contaminación industrial que padece el río (<http://www.riosantiago.org/?tag=iteso>). Además de otros trabajos de investigación con formato de tesis, referidos al problema de contaminación del agua en el cauce del Santiago. (Peniche y Guzmán, 2009; Palma y Morales, 2010).

Durante el periodo 2012-2015 se realizaron más manifestaciones en la vía pública por parte de la sociedad civil, con motivo de los aniversarios luctuosos del menor ahogado e intoxicado en el río Santiago (El Informador, 13 de febrero de 2012). Se llevó a cabo el #POBREFestival por el Colectivo Precaución en el municipio de El Salto, con el fin de apelar a la memoria histórica de los habitantes con mayor edad en la comunidad, que diera muestra a través de relatos de que el río no siempre padeció la contaminación actual (<http://www.riosantiago.org/?tag=pobrefestival>). Se participó en el Foro Alternativo Mundial del Agua en Marsella en el año 2012 (agua.org.mx).

Se demandó a los Estados Unidos Mexicanos ante el Tribunal Permanente de los Pueblos en 2013 (<http://www.tppmexico.org/>). La asociación civil Un Salto de Vida realizó la demanda por el problema de contaminación del agua del río Santiago debido a desechos urbano-industriales y destrucción del ecosistema con efectos en la salud, al declarar agotamiento de recursos y falta de acción por parte del gobierno a nivel local y nacional.

Además, se celebró el Foro Ciudadano “Contra la impunidad por el río Santiago”, organizado por parte del Comité Ciudadano de Defensa Ambiental de El Salto, con el fin de exigir a las autoridades explicación de la latente contaminación de las aguas. Se señaló que las medidas estructurales, tal como la construcción de las PTARm El Ahogado y Agua Prieta, no resuelven el problema de contaminación ya que sigue habiendo aguas negras y espuma en el arroyo El Ahogado, que es parte de la red hidrológica del Santiago. Esto, aunado a fallecimientos de pobladores por agudización de problemas de salud relacionados con la contaminación del río (El Informador, 10 de octubre de 2014).

Para ese mismo periodo, la participación de la academia se centró en estudios, artículos de investigación científica y la edición de libros que hacen referencia al estado de contaminación del río Santiago atribuida a las actividades productivas del corredor industrial ubicado en la cuenca (McCulligh, 2014; Peniche, 2013; Ochoa y Bürkner, 2012). De igual manera, se realizaron estudios de descargas de aguas residuales al río, por parte de organizaciones ambientalistas internacionales como Greenpeace (Arellano-Aguilar, Ortega y Gesundheit. 2012). Se realizaron cortometrajes sobre la situación ambiental de la cuenca, con proyectos de iniciativa mexicana y estadounidense, como “Un salto de vida” (unsaltodevida.wordpress.com).

En tanto, la participación social no institucional, es decir la que se lleva por fuera del Consejo de Cuenca del Río Santiago parece tener muy claro el problema de contaminación industrial del agua en la cuenca Santiago-Guadalajara. Existe una diferencia entre la participación social no institucional y la institucional frente a las propuestas que den solución al problema de contaminación. Mientras que la primera se enfoca a hacer visible el problema y busca corroborarlo mediante estudios y testimonios, la segunda considera que poner en operación una planta de tratamiento de aguas residuales es la solución. Sin embargo, la gestión del agua es un proceso continuo que no finaliza con la construcción de infraestructura hidráulica.

4.2 GESTIÓN VERTICAL: LA COORDINACIÓN INSTITUCIONAL DEL CONSEJO DE CUENCA DEL RÍO SANTIAGO PARA LA SOLUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL DEL AGUA

La gestión vertical hace alusión a las acciones de coordinación en el Consejo de Cuenca del Río Santiago con instancias gubernamentales encargadas de la gestión para dar solución al problema de contaminación industrial del agua suscitado en la cuenca del Santiago-Guadalajara. El seno de la coordinación son las asambleas del Consejo de Cuenca y el “GET en saneamiento” ya que, en ellas participan los vocales de los gobiernos estatales y municipales, así como vocales representantes de secretarías que tienen incidencia en la gestión de los recursos hídricos como la SEMARNAT, SHCP, SEDESOL, SENER, SE, SSA y SAGARPA.

La gestión vertical, para fines del caso de estudio, es representada por el índice de coordinación que se basa en tres componentes: la planificación y programación de saneamiento de la cuenca, la coordinación y alcance de las sesiones del Consejo de Cuenca del Río Santiago mediante sus reuniones y la toma de decisiones (Cuadro 2). El índice de coordinación está construido para el periodo 2008-2015. Se considera la evolución del índice

por lo que, se observa el periodo en dos etapas de cuatro años cada uno, que corresponde de 2008-2011 y 2012-2015, al tomar en cuenta que cada cuatro años se eligen los vocales de instancias federales, estatales y municipales.

Cuadro 2. Componentes del índice de Coordinación (ver continuación anexo 2)

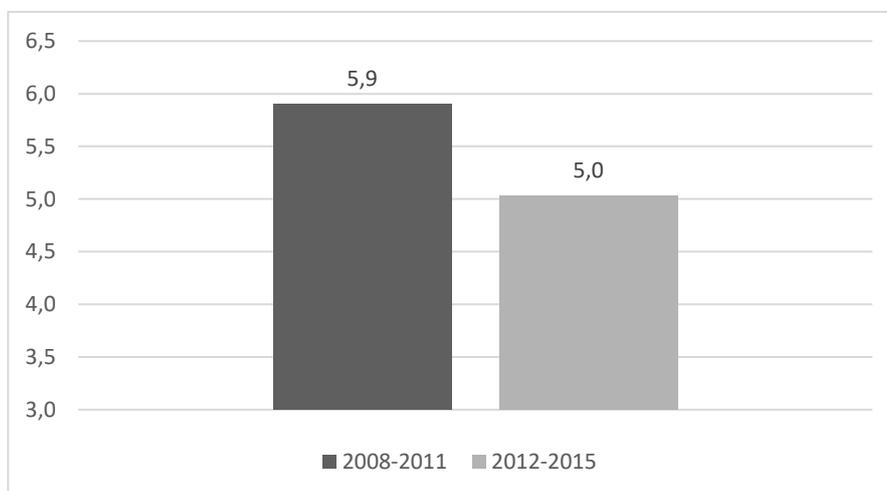
Componente	Variables
Planificación y programación	Programas integrales de desarrollo hídrico de la cuenca con apartado de mejoramiento de calidad del agua
	Programas de trabajo GET saneamiento
	GET de apoyo al saneamiento
Reuniones	Sesiones ordinarias del Consejo
	Asistencia de vocales gubernamentales, estatales y municipales a las sesiones ordinarias del Consejo de Cuenca
	Sesiones extraordinarias del Consejo para atender temas de calidad del agua que requieren análisis inmediato
Toma de decisiones	Establecimiento de acuerdos para el mejoramiento y conservación de la calidad del agua en la cuenca, en la COVI y Consejo
	Seguimiento de acuerdos y acciones para el mejoramiento de la calidad del agua en la cuenca, en la COVI y Consejo
	Creación de GET y Comisiones de Cuenca para áreas afectada por contaminación

El Consejo de Cuenca del Río Santiago presenta inconvenientes en el desarrollo de la coordinación para dar solución al problema de contaminación industrial del agua. Los resultados del índice de coordinación muestran que para el periodo 2008-2015 ha sido escasa con un valor de 5.5 es decir, que los mecanismos que se han empleado para mejorar la coordinación no han sido suficientes. El problema de contaminación industrial de agua por metales pesados persiste en la cuenca Santiago-Guadalajara mientras que *las estrategias de coordinación del Consejo de Cuenca del Río Santiago han omitido acciones en dirección del saneamiento focalizado territorial y sectorialmente.*

La coordinación de la planificación y la programación del saneamiento de la cuenca se ha centrado en contaminantes de materia orgánica —que no considera metales pesados— a partir del periodo 2012-2015. No hay reuniones con el sector industrial para discutir y desarrollar estrategias de mejoras en el tratamiento de las aguas residuales. Asimismo, para ese periodo se observa que la toma de decisiones carece de iniciativa para crear Comisiones de Cuenca en las zonas más afectadas por la contaminación de metales pesados y la reestructuración del “GET en saneamiento” está acompañada de una fusión con

problemáticas de uso eficiente del agua, lo que propicia que el Índice de Coordinación tenga un comportamiento decreciente.

Gráfica 2. Evolución del Índice de Coordinación 2008-2015



Elaboración propia. Fuente: Minutas de las Asambleas General de Usuarios, de la Comisión de Operación y Vigilancia, del Consejo de Cuenca, de Comités de Usuarios del Consejo de Cuenca del Río Santiago 2008-2015.

La coordinación de los órganos funcionales del Consejo de Cuenca del Río Santiago con instancias gubernamentales en materia de contaminación industrial del agua es escasa ya que, la problemática no es una prioridad en su planificación y programación, aunado a una descoordinación entre los acuerdos de la COVI y los del Consejo de Cuenca. Para el periodo 2008-2011 se observa que el Índice de Coordinación tuvo un valor de 5.9 mientras que para el periodo 2012-2015 fue de 5.0.

4.2.1 PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE SANEAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

La planeación y programación del saneamiento en la cuenca del río Santiago está en función, en principio, de las directrices marcadas desde el Programa Nacional Hídrico. Este Programa Nacional integra los programas hídricos de las cuencas, es decir específicamente el programa hídrico del Lerma-Santiago-Pacífico, que debe contener las estrategias, prioridades y políticas para lograr el equilibrio del desarrollo regional sustentable en la cuenca. Para este componente del Índice de Coordinación se consideran tres variables: 1) programas integrales de desarrollo hídrico de la cuenca con apartado de mejoramiento de la calidad, 2) programas de trabajo del GET en saneamiento, y 3) GET en apoyo, además del de saneamiento.

Durante el periodo 2008-2011 no se tiene un programa hídrico regional que dé cuenta de la disponibilidad, calidad, uso y conservación del agua en el río Santiago. No obstante, la legislación mexicana estipula que la planeación hídrica es de carácter obligatoria y debe formularse cada seis años. En tanto, la falta de planeación hídrica regional coloca a la cuenca en una situación de vulnerabilidad ante el crecimiento de las actividades productivas del sector industrial.

Al no contar con un programa de planeación a nivel regional se obstaculiza la generación de proyectos referidos a prevenir y/o remediar la contaminación del agua para la cuenca Santiago-Guadalajara. Los programas hídricos regionales dan soporte a los proyectos particulares de saneamiento de la cuenca. A pesar de que se tengan proyectos en el “GET de saneamiento” del Consejo de Cuenca del Río Santiago, estos deben contener objetivos que empaten con los de la planeación regional y nacional.

Para el periodo 2012-2015 se cuenta con un programa hídrico regional, el Programa Hídrico Regional Visión 2030. Región Hidrológico-Administrativa VIII Lerma-Santiago-Pacífico, del que se desprende un plan de acción para lograr ríos limpios en la cuenca. El Eje Rector de Ríos Limpios plantea el saneamiento de todas las aguas residuales industriales mediante la construcción de nueva infraestructura (CONAGUA, 2012). Señala que los propios usuarios industriales de toda la región deberán hacerse cargo al 100 por ciento del tratamiento de sus aguas residuales⁷⁵, para lo que se proyecta una inversión de 5 mil 678 millones de pesos.

A su vez, el Programa Hídrico Regional Visión 2030 reconoce que existe un problema de contaminación del agua en el río Santiago, especialmente a la altura de los municipios de El Salto y Juanacatlán que, son parte de la cuenca Santiago-Guadalajara. Asimismo, este Programa reconoce que los efluentes de la industria son un factor de alto impacto en la calidad del agua, así como los efluentes de la ZMG, debido a la falta de tratamiento de ambos tipos de aguas residuales. En respuesta, se han programado 325 proyectos referidos a la construcción de nueva infraestructura y rehabilitación exclusivamente de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales (PTARm).

El proyecto de la PTARm El Ahogado y el de Agua Prieta representan la estrategia de saneamiento del 87 por ciento de las aguas residuales municipales de la ZMG (Gobierno de Jalisco, 2012). La primera planta, ubicada en la localidad de La Alameda, tiene una

⁷⁵ En concordancia con la autorregulación de la industria en referencia a las descargas residuales que se planea en la legislación mexicana.

capacidad para tratar 2,250 l/s, con un proceso de lodos activados con remoción de nitrógeno y fosforo, que comenzó a operar en el año 2012. La otra planta ubicada en la localidad de Zapopan, tiene una capacidad para tratar 8,500 l/s, con un proceso de lodos activos convencional, y opera desde 2014 (www.ceajalisco.gob.mx/contenido/plantas_tratamiento/). En conjunto, las plantas tienen una capacidad de tratamiento igual a 10,750 l/s, remueven principalmente materia orgánica, grasas y aceites, no metales pesados.

En tanto, el Consejo de Cuenca del Río Santiago ha actuado en coordinación con la planeación hídrico regional para dar solución al problema de contaminación del agua bajo la estrategia de construcción de infraestructura de tratamiento de aguas residuales. Es decir, desde las reuniones de la COVI se observa en las minutas que la Secretaría Técnica del Consejo ha mostrado interés por tener más información del estado de las PTAR en cada una de las entidades federativas de la cuenca (Acta 59 de la COVI). En este caso, a pesar de que hay coordinación en la planeación de infraestructura ésta resulta insuficiente porque las plantas de tratamiento de aguas residuales no brindan una solución integral a la contaminación del agua por metales pesados.

En cuanto a los programas de trabajo del “GET en saneamiento” se tiene registrado en las minutas de la COVI de 2008-2015 que se presentaron en tiempo y se informaron los avances en las reuniones. Todas las minutas de la COVI tienen en el orden del día el punto “informe de avances del GET en saneamiento”, así como la presentación anual de su programa de trabajo. Sin embargo, el Organismo de Cuenca Lerma-Santiago-Pacífico (OCLSP) no cuenta con los reportes de avance ni los programas anuales de trabajo del GET⁷⁶. A su vez, en entrevista con un funcionario de la Comisión Estatal del Agua (CEA) de Jalisco se señaló la dificultad para coordinar las acciones de saneamiento desde el GET, “nunca conocimos bien el trabajo del grupo de saneamiento cuando estuvo a cargo del INAGUA Aguascalientes” (Ingeniero CEA, 21 de septiembre de 2015). Lo que refleja deficiente coordinación de las acciones para la prevención y remediación de la contaminación de las aguas del Santiago.

Para el periodo 2008-2011 se conformó el GET⁷⁷ de apoyo a la clasificación de ríos que funcionó durante los años 2009 y 2010. Sin embargo, este GET dejó de existir a partir

⁷⁶ En la respuesta a la solicitud por infomex (folio 1610100259316, noviembre de 2016) se notificó que el OCLSP no cuenta con los Programas anuales de trabajo del grupo especializado en trabajo de saneamiento del Consejo de Cuenca del Río Santiago correspondientes al periodo 2008-2015.

⁷⁷ Los GET sirven en la implementación de acuerdos y programas de trabajo, como en la ejecución de actividades específicas. La COVI acuerda su creación.

de 2011 y no se asentó los motivos de su supresión en las minutas de la COVI. Aunado a que hasta la fecha no se ha emitido la Declaratoria de Clasificación del Río Santiago en el Diario Oficial de la Federación. Para el periodo 2012-2015 no ha vuelto a conformarse el GET de apoyo a la clasificación de ríos.

4.2.2 REUNIONES EN EL CONSEJO DE CUENCA DEL RÍO SANTIAGO

Las *reuniones* del Consejo de Cuenca constituyen la herramienta básica para la coordinación gubernamental de las acciones programadas que hacen frente al problema de contaminación del agua, dado que el Consejo de Cuenca es un órgano colegiado. Las variables tomadas para este componente del Índice de Coordinación son: 1) las sesiones ordinarias del Consejo; 2) la asistencia de los vocales gubernamentales a las sesiones ordinarias del Consejo de Cuenca y la COVI; y, por último, 3) las sesiones extraordinarias del Consejo y la COVI para atender temas de calidad del agua que requieran análisis inmediato.

Las RGIOF del Consejo de Cuenca del Río Santiago estipulan que el Consejo sesione de manera ordinaria una vez al año. En estas sesiones concurren vocales representantes del gobierno federal, estatal y municipal, además de vocales representantes de usuarios, de la sociedad organizada y de la academia. El consejo de Cuenca del Río Santiago ha sesionado periódicamente una vez al año durante el periodo 2008-2011, no así para el periodo 2012-2015 ya que, en los tres últimos años del periodo no se llevaron a cabo las sesiones correspondientes.

Cabe remarcar que el Consejo de Cuenca del Río Santiago comenzó un proceso de perfeccionamiento o reestructuración a partir del año 2010. En tanto, durante el periodo 2012-2015 la periodicidad de las reuniones del Consejo no logra ajustarse a las RGIOF, que entraron en vigor en 2011, lo que debilita su coordinación. La importancia de llevar a cabo las sesiones del Consejo es que son reuniones en las que se ratifican las acciones, los programas y los acuerdos tomados entre múltiples vocales y representantes en los órganos funcionales y auxiliares. Además, después de la reestructuración con la que se establecen reglas, lo más pertinente es cumplirlas para continuar con la consolidación del órgano colegiado.

En lo que respecta a la asistencia de los vocales de gobierno federal, estatal y municipal a las sesiones ordinarias del Consejo de Cuenca se observa una mejora. Se tiene una tendencia a que cada vez más representantes asistan a las sesiones del Consejo de Cuenca del Río Santiago durante el periodo 2008-2011, que ha sido el periodo en que llevaron las sesiones con mayor regularidad. Mientras que, la asistencia de los vocales

gubernamentales, estatales y municipales a las reuniones de la COVI se ha mantenido constante durante todo el periodo 2008-2015 ya que, ha sido prácticamente invariable por parte de los vocales gubernamentales.

Se destaca que la asistencia de los vocales de gobierno estatal en las reuniones de la COVI es de suma importancia porque es el órgano funcional que se encarga de implementar, dar seguimiento y evaluar de manera periódica las acciones y los acuerdos que tome el Consejo. En este sentido, su asistencia da respaldo y genera compromiso ante las acciones y acuerdos. Son los actores que brindan el soporte financiero del Consejo. Desde las posibles mejoras, la asistencia de los vocales de gobierno federal y municipal podría ser más frecuente.

En términos de las reuniones extraordinarias del Consejo de Cuenca del Río Santiago y de la COVI para atender temas urgentes referidos a la calidad del agua se observa que no ha sido un mecanismo frecuente. La única ocasión que ha sido utilizado fue en el primer año del periodo 2008-2011. En dicha sesión extraordinaria de la COVI se propuso la integración del GET para la gestión y seguimiento de las acciones a seguir para dar cumplimiento a la nueva clasificación de los ríos Santiago, Verde y Zula, cuya coordinación quedó a cargo del CEA Jalisco (Acta 51 de la COVI).

Para efectos de la siguiente sesión del Consejo de Cuenca del Río Santiago, dentro de los tres acuerdos tomados, no se señaló la creación del GET en apoyo a la clasificación de ríos, a pesar de la importancia del nuevo GET, creado en reunión extraordinaria de la COVI. La sesión del Consejo se avocó a pronunciar acuerdos como el programa de ampliación de la cobertura de saneamiento en la cuenca, el proyecto descubre una cuenca y la creación del Comité de Cuenca de la Laguna de Santa María del Oro (séptima acta del Consejo de Cuenca del Río Santiago).

4.2.3 TOMA DE DECISIONES EN EL CONSEJO DE CUENCA DEL RÍO SANTIAGO

La toma de decisiones es un componente primordial en el ejercicio de la coordinación del Consejo de Cuenca del Río Santiago, dado que el Consejo tiene la capacidad de tomar decisiones consensuadas entre sus vocales gubernamentales a nivel federal, estatal y municipal, así como acordar responsabilidades entre cada uno de ellos para hacer frente al problema de contaminación del agua. Las variables de este componente son: 1) establecimiento de acuerdos en la COVI y en el Consejo para el mejoramiento y conservación de la calidad del agua en la cuenca, 2) seguimiento de acuerdos y acciones en la COVI y en el Consejo para el mejoramiento de la calidad del agua en la cuenca, y por

último 3) la creación de GET y Comisiones de Cuenca para áreas afectada por contaminación.

Los acuerdos del Consejo de Cuenca del Río Santiago en torno al saneamiento reflejan las prioridades de los múltiples actores que concurren en este órgano colegiado. Hay dos espacios fundamentales para la toma de decisiones: las sesiones del propio Consejo de Cuenca y las reuniones de la COVI. Para este último existe una clara diferencia en el tipo de acuerdos según el periodo de análisis, que radica en el enfoque para mejorar y conservar la calidad del agua río Santiago. *La COVI asume durante el periodo 2008-2011 que el problema de contaminación del agua está directamente relacionado con las actividades industriales que se desempeñan en la cuenca, mientras que para el periodo 2012-2015 asume que el problema se debe principalmente a otras descargas residuales.*

En principio, para el año 2008, la COVI incorpora en sus minutas el análisis de las modificaciones a la Ley Federal de Derechos en materia de aguas residuales. Es decir que se actualiza en el tema para proseguir con estrategias para el cumplimiento de una nueva clasificación del río Santiago, Verde y Zula (Acta 51 de la COVI). En esa dirección, uno de los acuerdos más relevantes es hacer la convocatoria a usuarios industriales de Jalisco para reunirse con el coordinador del “grupo Apoyo a la Clasificación” para que el sector industrial pueda desarrollar estrategias y se cumpla con la reclasificación del río Santiago, Verde y Zula (Acta 53 de la COVI). A su vez, para el año 2010, la COVI hace un llamado al Secretario Técnico del Consejo de Cuenca del Río Santiago, representado por el Director General del Organismo de Cuenca Lerma-Santiago-Pacífico, para que informe los avances de la solicitud que realizó sobre la reclasificación del río Santiago (Acta 56 de la COVI, Acuerdo IV). Sin embargo, en las minutas de las reuniones siguientes de la COVI no hay registro sobre el seguimiento de estos acuerdos.

Para el periodo 2012-2015 los acuerdos en torno al saneamiento de la cuenca no se refirieron más a la actividad industrial ni a la reclasificación del río Santiago. De manera puntual, se centraron en la reiterada invitación por parte de la CONAGUA a visitar instalaciones de la PTARm El Ahogado (Acta 61 de la COVI). Así como el acuerdo de presentar los compromisos y actividades de los gobiernos estatales para el saneamiento de toda la cuenca (Acta 68 de la COVI) y la presentación del programa de saneamiento del GET correspondiente (Acta 71 de la COVI).

Al momento que la estrategia de saneamiento de la cuenca se centra en los gobiernos estatales se prioriza el problema de contaminación del agua por materia orgánica

—sobre los metales pesados—, de igual manera con la PTARm El Ahogado. A su vez, la falta de una estrategia de gestión que considere las descargas municipales e industriales incide en que el saneamiento de la cuenca no sea integral. Además de que se omite la realidad de que en las descargas municipales también pueden encontrarse metales pesados debido a que hay industrias que se conectan al alcantarillado municipal.

Por el lado de los acuerdos tomados en las sesiones del Consejo de Cuenca del Río Santiago se observa que siempre se han enfocado en la contaminación por materia orgánica. El Consejo avala los programas del “GET de saneamiento” de la cuenca como el instrumento de Gestión de la Cuenca del río Santiago (sexta acta de Consejo de Cuenca). Por ejemplo, el programa de saneamiento 2008 se basó en el parámetro de DBO₅ es decir, la cantidad de materia orgánica biodegradable (www.ceajalisco.gob.mx).

Cabe destacar que en las cinco minutas de las sesiones del Consejo de Cuenca del Río Santiago que se tienen para el periodo 2008-2015 el tema del saneamiento es constante al ratificar que el acta constitutiva del Consejo establece el objetivo de “fomentar el cuidado y el saneamiento de las aguas de la cuenca y la vigilancia y control de su calidad”. Sin embargo, el Consejo no retoma los acuerdos de saneamiento referidos a contaminación industrial del agua (décima acta del Consejo de Cuenca del Río Santiago). Es decir que, tales acuerdos no pasaron de la COVI porque el Consejo de Cuenca no los retoma en sus sesiones. Es decir, mientras la COVI discute y hace acuerdos respecto a la contaminación industrial del agua, en las sesiones del Consejo de Cuenca no se toca el tema ni se ratifican los acuerdos.

En cuanto a la creación de GET y Comisiones de Cuenca para áreas afectada por contaminación se tiene el caso del GET para la gestión y seguimiento de las acciones para dar cumplimiento a la nueva clasificación de los ríos Santiago, Verde y Zula, cuya coordinación estuvo a cargo de la CEA Jalisco (Acta 51 de la COVI). La COVI, que tiene la atribución de crear GET actuó en consecuencia después de que la CEDHJ emitió su informe especial sobre la contaminación del río Santiago a su paso por los municipios de El Salto y Juanacatlán en 2008 (I.E. 1/2008/III de la CEDHJ). Como ya se mencionó, este GET operó durante dos años y el motivo de su extinción no quedó asentada en las minutas de la COVI. Sin embargo, a la par de que el GET dejó de operar, la PTARm El Ahogado se convirtió en la estrategia de saneamiento de la cuenca según las minutas de la COVI (Acta 60 de la COVI).

El “GET en saneamiento” que trabajó en conjunto con el “GET en apoyo a la clasificación del río Santiago” no modificó su programa de trabajo a partir de que surgió el

GET de apoyo en 2008, tampoco cuando desapareció en 2011. El GET continuó a cargo de INAGUA Aguascalientes hasta 2014, año en que se propuso la reestructuración de los grupos especializados de trabajo y la rotación de las coordinaciones de los mismos (Acta 73 de la COVI). Es así que a partir de 2015, el “GET en saneamiento” quedó bajo la coordinación de CEA Jalisco y según el acta del 13 de agosto de 2015, el GET cambió a “grupo de saneamiento y uso eficiente del agua en las ciudades” (www.cocurs.mx).

En consecuencia, la agenda del “grupo de saneamiento y uso eficiente del agua en las ciudades” corre el riesgo de que sea absorbida por la problemática de la eficiencia del agua ya que, como se ha señalado parte del problema de la contaminación hídrica se debe al énfasis principal que se le ha dado a la gestión de la eficiencia y asignación del agua (Biswas y Tortajada, 2011).

Particularmente, no se ha conformado una Comisión de Cuenca para la zona afectada por contaminación de metales pesados para el periodo 2008-2015. En tanto, el saneamiento del río Santiago ha sido tratado desde el Consejo de Cuenca como un problema a ser resuelto sin considerar al territorio, a pesar de que los estudios e informes señalan que la contaminación está focalizada en la cuenca del Santiago-Guadalajara, que abarca gran parte de la ZMG.

En entrevista con el Gerente Operativo del Consejo el funcionario señala que no se ha creado una Comisión de Cuenca para Santiago-Guadalajara que se enfoque al problema de contaminación industrial debido a los representantes municipales no lo han propuesto. Sin embargo, la COVI puede acordar su creación a partir de sus atribuciones enmarcadas en las RGIOF. “Se trata de generar voluntades entre todos, además de una situación detonante como en el caso de la Laguna de Cajititlán se requiere ponerse de acuerdo. Los municipios deben de pedirle a CEA que proponga en el Consejo de Cuenca del Río Santiago el que se forme una Comisión porque hay un problema determinado o sociedad organizada o los usuarios van con el presidente municipal a proponerle una Comisión que resuelva la problemática de contaminación”. (Pérez, L., comunicación personal, 15 de diciembre de 2015).

4.3 CAPACIDAD DE RESPUESTA DEL CONSEJO DE CUENCA DEL RÍO SANTIAGO FRENTE A LA CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL DEL AGUA EN LA CUENCA SANTIAGO-GUADALAJARA

Los índices de participación y coordinación reflejan el funcionamiento general del Consejo de Cuenca del Río Santiago que abona al cumplimiento de sus atribuciones en torno al objetivo de fomentar el cuidado y el saneamiento de las aguas de la cuenca y la vigilancia y

control de su calidad. El resultado de los índices muestra que tanto la participación como la coordinación al interior del respectivo Consejo de Cuenca van de deficiente a escasa, por lo que la operación del Consejo no contribuye de manera esperada a la solución de los problemas de contaminación en la cuenca.

En el capítulo 2 se enumeró una lista de nueve atribuciones de los Consejos de Cuenca adaptadas al saneamiento de cuencas, corrientes y cuerpos de agua (ver cuadro 5, capítulo 2) de las cuales, se puede concluir que poco se han llevado a la práctica por parte del Consejo de Cuenca del Río Santiago para remediar el problema de contaminación por metales pesados en la cuenca del Santiago-Guadalajara.

Las tres primeras atribuciones están directamente vinculadas con su capacidad para proponer y participar en la planeación, programación y análisis de estudios relacionados con el saneamiento y la calidad del agua a nivel regional y de cuenca. Sin embargo, con base en el índice de coordinación se detectó la carencia de programas hídricos regionales, lo cual sugiere un problema a nivel del Organismo de Cuenca Lerma-Santiago-Pacífico, que es el encargado de la planeación hídrica a nivel regional. Por ende, el Consejo de Cuenca del Río Santiago no puede cumplir con sus funciones de consulta y recomendación en la programación y análisis de estudios de saneamiento y de calidad del agua.

Aunado a los inconvenientes en la operación de los “GET en saneamiento” y de apoyo, que han sido deshabilitados sin justificación, tal es el caso del “GET en apoyo a la clasificación del río Santiago” —clasificación que tiene la finalidad de establecer las metas de calidad del agua y los plazos para alcanzarlas—. O la situación del actual GET en saneamiento que también se encarga del uso eficiente del agua en las ciudades, es decir dos temas de dimensiones enormes que difícilmente pueden ser abarcados por un mismo GET. Sin la consolidación de los GET en saneamiento el Consejo de Cuenca del Río Santiago no puede cumplir con sus funciones de consulta y recomendación en la programación y análisis de estudios de saneamiento y de calidad del agua.

Otro inconveniente para el cumplimiento de este tipo de atribuciones es la irregularidad con que se realizan las sesiones de los órganos funcionales y auxiliares del Consejo de Cuenca del Río Santiago. En el índice de participación se detectó una escasa realización de las sesiones ordinarias de la Asamblea General de Usuarios, mientras que en el índice de coordinación se detectó un escenario similar para las sesiones ordinarias y extraordinarias del Consejo de Cuenca. Sin la operación de los órganos del Consejo de Cuenca, además de la concurrencia de los vocales, no es posible el análisis, discusión y participación en la programación del saneamiento en el Santiago-Guadalajara.

En cuanto a la atribución de “apoyar a los programas contaminador-pagador y fomentar la reparación del daño ambiental de recursos hídricos” (atribución 4, cuadro 5, capítulo 2), así como “colaborar con la CONAGUA o el Organismo de Cuenca Lerma-Santiago-Pacífico en materia de prevención, conciliación, arbitraje, mitigación y solución de conflictos hídricos referidos a la contaminación del agua” (atribución 7, cuadro 5, capítulo 2) volvemos al tema de la falta de consolidación del GET en saneamiento y de apoyo. Además, la falta de coordinación de la COVI con el Consejo de Cuenca del Río Santiago en torno al tema de contaminación obstaculiza el cumplimiento de ambas atribuciones. Mientras que en el seno de la COVI se trabajó para construir una solución al problema de contaminación industrial del agua, durante las sesiones del Consejo de Cuenca del Río Santiago nunca se tocó el tema de contaminación que aqueja a la cuenca del Santiago-Guadalajara, aun cuando el Tribunal Latinoamericano del Agua recomendó en 2007 que en el Consejo de Cuenca del Río Santiago se discutiera la problemática de degradación del río Santiago con la participación activa de los denunciantes, los municipios y sus pobladores.

El Consejo de Cuenca del Río Santiago no ha hecho uso de las atribuciones referidas a la “promoción e integración de comisiones y comités de cuenca sobre la preservación y corrección de la contaminación del agua” (atribución 8 y 9, cuadro 5, capítulo 2). En este caso, no parece que se deba a inconvenientes en su operación y funcionamiento sino a la falta de voluntad por parte de la COVI que tiene la facultad de conformarlas y de los múltiples vocales que pueden proponer su integración. También es importante señalar que en las RGIOF del Consejo de Cuenca del Río Santiago no se detalla el funcionamiento de las Comisiones y Comités de Cuenca por lo que reduce su alcance en materia de saneamiento de la cuenca Santiago-Guadalajara.

Por último, las atribuciones referidas a “conocer la información sobre la calidad y contaminantes del agua, así como difundir entre sus miembros y la sociedad de la cuenca las fuentes de contaminación y parámetros orgánicos e inorgánicos, enriquecida con orientaciones y determinaciones del Consejo” (atribución 5 y 6, cuadro 5, capítulo 2) no se miden directamente en los índices de participación y coordinación, pero se relaciona con la toma de decisiones al interior del Consejo de Cuenca.

En este sentido, con base a la información del *Sistema de Calidad del Agua* se corrobora la contaminación del río Santiago por metales pesados como mercurio (Hg), cadmio (Cd), zinc (Zn), cobre (Cu) y cromo (Cr) durante el periodo 2009-2015, no obstante el Consejo de Cuenca del Río Santiago ha carecido de acuerdos para el mejoramiento y la

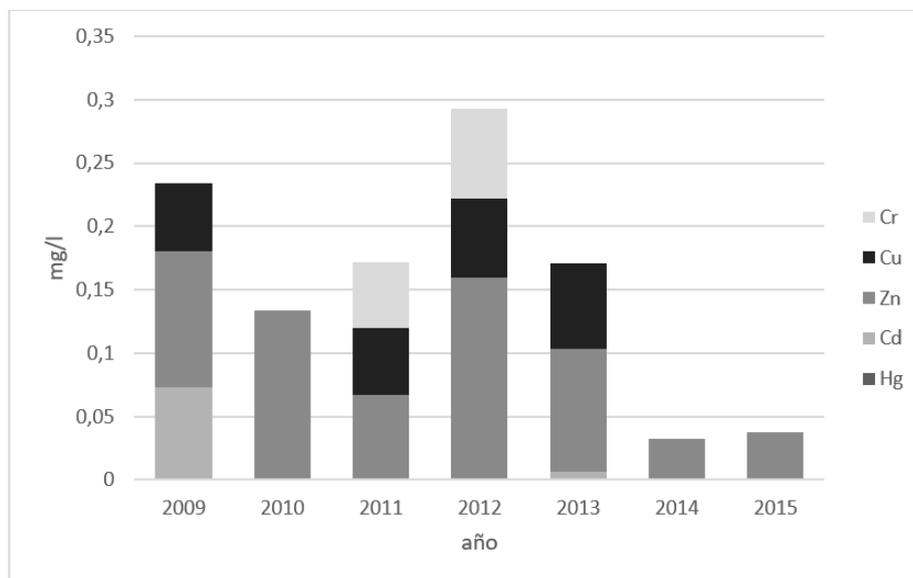
conservación de la calidad del agua. Ante la evolución de la industria manufacturera en los municipios del corredor industrial Jalisco (ver cuadro 1, capítulo 3) el Consejo de Cuenca del Río Santiago no ha tomado ninguna medida directa para fomentar la vigilancia y el control de la calidad del agua de la cuenca Santiago-Guadalajara, pese a que se observa claramente una concentración de actividades en el municipio de El Salto, donde se localiza el arroyo El Ahogado. Asimismo, el Consejo no ha tomado medidas directas ni se ha pronunciado por el control de los metales pesados que rebasan el límite máximo permisible en la cuenca.

Pero sobre todo, el Consejo del Río Santiago ha carecido de seguimiento a los pocos acuerdos que ha hecho, tal es el caso del acuerdo de “reuniones de los industriales con el grupo de apoyo a la Clasificación del río Santiago para el desarrollo de las estrategias del sector para dar cumplimiento a la nueva clasificación del río Santiago”.

A la vez, la falta de cumplimiento de las atribuciones referidas a conocer y difundir la información de los parámetros de la calidad del agua y las fuentes contaminantes está directamente relacionado con el análisis de los monitoreos a cargo de CEA Jalisco. El Consejo de Cuenca del Río Santiago no tiene capacidad técnica ni cuenta con las atribuciones para realizar el monitoreo de los metales pesados en el cauce del Santiago en contraste con CEA Jalisco, sin embargo ésta última no brinda información que asocie la calidad del agua a fuentes contaminantes, que incide en el cumplimiento de las atribuciones del correspondiente Consejo de Cuenca.

El análisis de la distribución de los establecimientos industriales asociados al uso de metales pesados que se localizan en la cuenca del Santiago-Guadalajara permite corroborar que las zonas más propensas a la contaminación por metales pesados es la zona del arroyo El Ahogado y la del río Zula aledaña a la localidad de Ocotlán (ver cuadro 16, capítulo 3). En contraste, los integrantes del Consejo de Cuenca ni de la COVI del río Santiago han acordado constituir Comisiones de Cuenca que se enfoquen a la problemática de contaminación dentro del ámbito local.

Gráfica 3. Metales pesados que rebasan el límite máximo permisible en cuenca Santiago-Guadalajara de 2009 a 2015



Elaboración propia. Fuente: Sistema de Calidad del Agua. CEA Jalisco, 2017.

A su vez, el tipo de industria que se encuentra asociada al uso de metales pesados que se localiza en las zonas más propensas a la contaminación por metales pesados son de la rama química y de la rama de productos metálicos y metales básicos (ver anexos, cuadro 20). Por su parte, el Consejo de Cuenca no tiene estipulado dentro de su programa de saneamiento reunirse con los vocales representantes del sector industrial para cumplir su objetivo de vigilar y controlar la calidad del agua de la cuenca.

Cuadro 3. Zonas más propensas a la contaminación por metales pesados en la cuenca Santiago-Guadalajara

Área de influencia	Sitio de Monitoreo	Ubicación	No. establecimientos
1	AA-01. Arroyo El Ahogado 1	Carretera a Chapala antes de aeropuerto	44
2	RS-01. Río Santiago 1	Ocotlán	43
	RZ-01. Río Zula	Puente carretera Guadalajara-La Barca	
3	RS-04. Río Santiago 4	Compuerta-Puente El Salto-Juanacatlán	32
	AA-02. Arroyo El Ahogado 2	Puente localidad El Muelle	

Elaboración propia. Fuente: Sistema de Calidad del Agua, 2013. CEA Jalisco

A pesar de la oportuna localización de la PTAR El Ahogado, esta medida no resuelve el problema de contaminación del agua por metales pesados. En principio, la construcción de la planta no fue promovida en el seno del Consejo de Cuenca del Río Santiago, la propuesta se elaboró en otras instancias gubernamentales, como la CONAGUA, que después circuló en el Consejo. A final de cuentas, existe evidencia de que el problema de contaminación no se ha resuelto, es decir la planta de tratamiento no es suficientemente efectiva como para remediar la problemática local en tanto, por lo que se hace necesario volver a las atribuciones principales del Consejo de Cuenca para que a partir de ahí se planteen estrategias que abonen a la solución de la contaminación en la cuenca del Santiago-Guadalajara.

CONCLUSIONES

El agua es un activo ecosocial que tiene la capacidad de satisfacer un conjunto de funciones ambientales, económicas y sociales. El aprovechamiento para abastecer las distintas demandas involucra a diversos usuarios que modifican las condiciones de funcionamiento del sistema hidrológico, por lo que se requiere de políticas e instrumentos de gestión para implementar su uso de manera sostenible.

El desarrollo del sector hídrico del país ha estado vinculado al desarrollo de las actividades productivas a partir de los modelos de gestión del agua implementados en el país. La expansión de la industria fue promovida con el modelo de gestión subsectorial de los recursos hídricos implementado en 1940. Este modelo apuntó a vincular el manejo del agua con el potencial del desarrollo regional bajo la creación de Entidades de Cuenca que se fueron transformando de Comisiones de Cuenca y Comisiones de Estudio en lo que hoy conocemos como Consejos de Cuenca, a partir de la transición al modelo de la Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) durante de década de 1980, que deviene de los principios de sustentabilidad que han sido ampliamente adoptados gracias a la difusión de la GIRH por parte de instituciones internacionales.

La implementación del modelo de la GIRH se da en el seno de la complejidad del sector hídrico, en que se reconoce al agua como un recurso finito, vulnerable e indispensable para la vida humana y de los ecosistemas, necesario para numerosos procesos productivos. Es decir, un recurso con múltiples usos y de ocurrencia variable en el espacio y tiempo, lo mismo que su calidad. La GIRH se enfrenta a un contexto de crisis del agua, del que se cuestiona la valoración del vital líquido como un *recurso* que se destina prioritariamente a los usos más eficientes, así como el alcance de las herramientas y estrategias de este enfoque para mejorar la gestión de los recursos hídricos.

En México, la GIRH tiene su respaldo legal en la LAN de 1992, en la que también se estableció la creación de Consejos de Cuenca para la gestión del agua por regiones hidrológicas. Asimismo, la actual regulación de la contaminación del agua por cuerpo receptor ha favorecido la autorregulación de la industria y el monitoreo periódico exclusivamente de parámetros orgánicos como DBO₅, DQO y sólidos como SST. Además que el reparto de competencias en materia de gestión de la calidad del agua recae en la CONAGUA y los Organismos de Cuenca.

Los Consejos de Cuenca se constituyeron como instancias de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría entre diversos actores que tienen injerencia en la

gestión del agua. En tanto, sus funciones principales; que son concertar múltiples intereses de los usuarios que habitan la cuenca y coordinar las acciones entre la Federación, los estados y los municipios de la cuenca, se encuentran moldeadas en el marco de la “sustentabilidad hídrica” que pretende la descentralización de la gestión del agua, la integración de la participación social en la toma de decisiones y considera las múltiples dimensiones del agua, sin embargo se prioriza la implementación institucional del modelo de la GIRH sobre los problemas hídricos suscitados en contextos locales, dado que se carece de una conexión entre la gestión hídrica y la planeación territorial.

En el río Santiago, particularmente en la cuenca del Santiago-Guadalajara, se tiene un problema de contaminación industrial del agua. Cinco de los ocho metales pesados monitoreados por el Sistema de Calidad del Agua del CEA Jalisco —cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), mercurio (Hg) y zinc (Zn)— rebasan el límite máximo permisible para la protección de la vida acuática en al menos uno de los años del periodo 2009-2015. Los últimos tres metales pesados citados son los de mayor presencia en la cuenca es decir, rebasan el límite máximo permisible con mayor frecuencia respecto al número de sitios de monitoreo.

Se tiene que, los cinco metales pesados están asociados a enfermedades y alteraciones gastrointestinales, cerebrales, cardiovasculares, del sistema respiratorio, así como al cáncer en riñón, pulmón; además de que alteran y provocan la muerte de la flora y fauna en el cauce del río. La presencia de estos metales pesados se asocia al desarrollo de actividades industriales de las ramas manufactureras principalmente, la química y farmacéutica, la industria electrónica, industria del papel y la industria de la metalurgia. La cuenca Santiago-Guadalajara se ha caracterizado por la instalación de corredores, parques y ciudades industriales desde 1970, con la fuerte presencia de estas ramas industriales.

El presente estudio permitió detectar 453 unidades económicas industriales que potencialmente generan descargas residuales peligrosas, es decir que emplean entre cinco y siete metales pesados en sus procesos productivos. De los cuales, 131 unidades económicas se localizan en el área de influencia directa de 0 a 5 kilómetros de distancia al río Santiago y cuerpos de agua de la cuenca Santiago-Guadalajara, correspondientes a las actividades de las sub ramas industriales asociadas al uso de metales pesados por arriba del límite máximo permisible. Las sub ramas de la manufactura que predominan son de las ramas de productos metálicos y metales básicos, química y de productos electrónicos y de cómputo.

En cuanto a la localización de las 131 unidades económicas industriales se detectó que en tres sitios de monitoreo (de un total de 13 sitios en la cuenca) hay focos de alerta por

contaminación industrial. Se destaca el sitio AA-01, localizado en el arroyo El Ahogado, donde se concentran 44 establecimientos de este tipo. Un panorama muy similar se tiene para los sitios RS-01 y RZ-01 que se localizan en el municipio de Ocotlán, al concentrar 43 establecimientos potencialmente generadores de descargas residuales peligrosas.

Los resultados de la investigación permiten corroborar el problema de contaminación industrial del agua en el arroyo El Ahogado, que ha sido señalado en investigaciones anteriores. Se estima que la calidad del agua del arroyo El Ahogado afecta de manera significativa la calidad del río Santiago. Para este cuerpo de agua corresponden los sitios de monitoreo AA-01 y AA-02 que forman parte del área con mayor densidad de unidades industriales por km² en toda la cuenca. Se detectó que a una distancia de 0 a 5 kilómetros del arroyo El Ahogado —a la cual se tiene impactos directos a los ecosistemas y a la salud humana— se localizan 904 unidades industriales manufactureras.

Sin embargo, el monitoreo en la cuenca Santiago-Guadalajara del *Sistema de Calidad del Agua* no asocia los metales pesados a las fuentes contaminantes, lo que obstaculiza el cumplimiento de las atribuciones del Consejo de Cuenca del Río Santiago en materia de saneamiento, específicamente para “difundir ampliamente entre sus miembros y la sociedad de la cuenca la información y documentación referida a la calidad del agua, fuentes de contaminación y parámetros orgánicos e inorgánicos, enriquecida con orientaciones y determinaciones”, que refleja a su vez la falta de vínculo entre la gestión hídrica y la gestión territorial, no sólo a nivel de Consejos de Cuenca sino en el conjunto de las instituciones con injerencia en la gestión hídrica.

Es así que los resultados de la investigación nos permiten concluir que el Consejo de Cuenca del Río Santiago no ha gestionado adecuadamente el problema de contaminación del agua en la cuenca Santiago-Guadalajara. No focaliza la coordinación institucional y la participación social a la remediación y control de la contaminación por metales pesados por encima de las concentraciones permitidas. Para muestra, el resultado de los índices de coordinación y de participación manifiestan que la operación del Consejo va de deficiente a escasa en el periodo 2009-2015, lo que dificulta el cumplimiento de sus atribuciones en materia de saneamiento.

Por un lado, la participación social del Consejo de Cuenca del Río Santiago ha sido escasa en el periodo 2008-2015 en tanto, el Índice de Participación ha tenido un valor igual a 6.1 en 2008-2011, que retrocedió a 5.9 durante 2012-2015. Aunque ha mejorado la asistencia de los vocales a las sesiones del Consejo de Cuenca del Río Santiago que se

integraron oficialmente en 2011, ésta se enfrenta a problemas de representatividad. La participación social sigue siendo centrada en los usuarios del agua.

La Asamblea General de Usuarios ha sesionado muy poco, dos ocasiones durante el periodo 2008-2015, lo cual dificulta avanzar en la representatividad de los vocales usuarios, de la sociedad organizada y de la academia, quiénes son elegidos y ratificados en las sesiones de dicha Asamblea. A esto se suma que no se han instalado los Comités de Usuarios en toda la cuenca. Durante el primer periodo de análisis 2008-2011 no se contó con la asistencia de vocales de la sociedad organizada ni de la academia, es decir que únicamente asistían los vocales usuarios a este tipo de reuniones.

El hecho de que la Asamblea General de Usuarios no sesione con regularidad representa un obstáculo para que los vocales usuarios, de sociedad organizada y academia discutan las problemáticas de la cuenca, específicamente sobre contaminación, así como la construcción de posibles planes de acción. Esto da la pauta de que el Consejo de Cuenca del Río Santiago aún no está consolidado en términos de representación y participación. En cambio, la participación social no institucional que se realiza por fuera del Consejo de Cuenca, ha sido mucho más constante y efectiva al posicionar el problema de contaminación del agua del río Santiago en la agenda nacional e internacional.

Es importante señalar que la forma en que se amplió el modelo de participación del Consejo de Cuenca del Río Santiago a la sociedad organizada y a la academia ha incidido en una baja representatividad de los vocales. Esto se debe a que primero se eligieron los vocales con un mecanismo no regulado, y posteriormente se aprobaron las Reglas Generales de Integración, Operación y Funcionamiento que estipulan la participación de estos representantes, los cuales fueron suscritas por los vocales sin que se les invitara a hacer una revisión previa en el seno de la COVI u otro órgano funcional.

Por otro lado, la coordinación institucional por parte del Consejo de Cuenca del Río Santiago ha sido escasa en el periodo 2008-2015, esta falta de coordinación ha quedado expresada en el correspondiente Índice que presenta un valor igual a 5.9 en 2008-2011, que retrocedió a 5.0 durante 2012-2015. Se detectó que la coordinación institucional no ha dado seguimiento a las estrategias de saneamiento integral de las aguas residuales que son vertidas en el cauce del río Santiago y en sus afluentes, de la cuenca Santiago-Guadalajara. Esto pone en evidencia la falta de coordinación en la toma de decisiones entre los órganos funcionales del Consejo de Cuenca del Río Santiago, principalmente entre la COVI y el Consejo de Cuenca.

Mientras que la COVI generó acuerdos para incidir en la contaminación del agua por metales pesados, el Consejo los omitió y decidió enfocarse a estrategias para remediar la contaminación del agua por materia orgánica, en el periodo 2008-2011, lo cual refleja deficiencias en la planificación, programación y toma de decisiones en el Consejo de Cuenca del Río Santiago. Desde finales de 2008 la COVI acordó la creación de un grupo de apoyo para la clasificación de los ríos Santiago, Verde y Zula. Se le solicitó a la Secretaría Técnica del Consejo que notificara los avances de la solicitud de reclasificación del río Santiago. Sin embargo, no hubo una respuesta oficial asentada en las minutas de trabajo, lo cual apunta a serios problemas de coordinación al interior del Consejo de Cuenca del Río Santiago para resolver la problemática de contaminación industrial.

Además, a la fecha no se ha impulsado la creación de una Comisión de Cuenca que atienda el problema de contaminación a nivel de cuenca, esto a pesar de que estos órganos auxiliares son una de las estrategias más eficaces que tiene un Consejo de Cuenca para resolver problemáticas en el ámbito local. Se considera que el problema de contaminación industrial del agua está registrado por los monitoreos del CEA Jalisco, que es una institución que participa de manera directa en múltiples órganos funcionales y auxiliares del Consejo de Cuenca del Río Santiago.

Las estrategias implementadas desde la coordinación institucional del Consejo de Cuenca del Río Santiago no representan un tratamiento integral de las aguas residuales ya que, no se articula el control de las aguas residuales de origen municipal e industrial, a pesar de que ambas contienen potencialmente metales pesados. Para muestra, el monitoreo en el sitio RS-07 arroja la presencia de cadmio (Cd) sin embargo, no se cuenta con establecimientos industriales en el área de influencia directa, que va de 0 a 5 km. Lo que sugiere revisar el control de las descargas industriales que van al sistema de alcantarillado municipal. En general, las acciones que se han impulsado para el saneamiento de la cuenca son la instalación de las plantas de tratamiento como la del Ahogado, consignada al tratamiento y remoción de materia orgánica.

En parte, la focalización del Consejo de Cuenca del Río Santiago al tratamiento de las aguas residuales municipales responde al marco regulatorio nacional que establece que la gestión de los cuerpos receptores de descargas residuales está a cargo de la CONAGUA y los Organismos de Cuenca, y omite la injerencia de otras instancias relacionadas con la gestión de los recursos hídricos. Sin embargo, la solución de la contaminación industrial del agua por metales pesados requiere de la participación de múltiples actores, en distintas escalas de acción.

A la vez, el problema de contaminación por metales pesados requiere la selección adecuada de la ubicación y número de sitios de monitoreo, así como el cumplimiento de los protocolos de toma de muestra en la cuenca Santiago-Guadalajara por parte del programa de monitoreo del Sistema de Calidad del Agua de CEA Jalisco. Esto es relevante para la obtención de mejores datos de calidad del agua en correspondencia a la distribución de la industria para facilitar la articulación de la gestión hídrica con la gestión territorial. Por ejemplo, la bibliografía internacional hace principal referencia al monitoreo de metales pesados con toma de muestra de sedimentos para evitar irregularidades en los registros por dilución de los metales pesados en el agua.

Llama la atención que para ningún año del periodo de estudio se rebasó el límite máximo de concentración de arsénico (Ar) para la protección de la vida acuática en la cuenca del Santiago-Guadalajara según datos oficiales del CEA Jalisco. Sin embargo, la intoxicación aguda y fallecimiento del menor que cayó al río Santiago en 2008 fue confirmada por los análisis laboratoriales con altos niveles de arsénico iguales a 51 mcgr, mientras que lo normal en el cuerpo humano va entre 5 a 12 mcgr. Hecho que fue ratificado por la Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH).

Los Consejos de Cuenca en México se enfrentan a un proceso de perfeccionamiento que se emprendió en 2011, lo que representa una oportunidad para mejorar la coordinación y, sobre todo, la participación en el Consejo de Cuenca del Río Santiago. A partir de ahora se cuenta con Reglas Generales de Integración Operación y Funcionamiento (RGIOF), además de una Gerencia Operativa con funciones técnico, administrativas y jurídicas. Por lo tanto, es tarea del Consejo de Cuenca del Río Santiago consolidar la participación efectiva de la sociedad organizada y de la academia al destinar recursos para impulsar a la Asamblea General de Usuarios. Además de ampliar sus estrategias de respuesta ante la problemática local, fuera del esquema de construcción de infraestructura de tratamiento de aguas residuales.

Con base en la experiencia del Consejo de Cuenca del Río Santiago se puede concluir que, en el caso mexicano, los Consejos de Cuenca fueron instalados y mucho tiempo después impulsados en su organización, funcionamiento e integración de la participación de la sociedad y de la academia, lo que ha impedido un avance mayor en materia de coordinación institucional y participación social al interior de estos órganos colegiados. Por tanto, los Consejos de Cuenca aún no están consolidados para hacer frente a las problemáticas particulares del territorio, lo cual pone en evidencia que “el modelo de la sustentabilidad del

agua” o la GIRH tiene complicaciones para aterrizar los principios de sustentabilidad en el contexto local.

La GIRH se ha implementado en el país como un enfoque que prioriza al agua como un recurso y no como un activo ecosocial, debido a que la gestión como práctica de planeación no está vinculada a la gestión territorial, específicamente a las actividades industriales que se desempeñan en el territorio, a pesar de que los principios de la GIRH consideran las múltiples dimensiones del agua. En tanto, la aplicación de la GIRH no logra resolver las problemáticas de contaminación del agua a nivel local y nacional. En ese sentido, los alcances de los Consejos de Cuenca tienden a reducirse al abordar los problemas de contaminación industrial del agua, no por sus funciones de consulta y recomendación, sino porque el paradigma de la GIRH ha omitido mirar hacia la dinámica de los procesos económicos que se suscitan en las cuencas hidrológicas.

Es así que la GIRH supone que los impactos de las descargas industriales son regulados con suficiencia mediante el marco legal, y en caso de contaminación, ésta es revertida con estrategias estructurales de plantas de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, esta estrategia de gestión de la calidad del agua es ciega ante las fuentes contaminantes, que en la práctica no es eficiente para reducir la acumulación de los impactos ecológicos de las descargas residuales potencialmente peligrosas por contener metales pesados. Para muestra, el Consejo de Cuenca del Río Santiago no ha tomado decisiones para la cuenca Santiago-Guadalajara con base en los resultados de los monitoreos de los metales pesados durante 2009-2015.

A manera de recomendación, es pertinente que las minutas de las reuniones y asambleas de los órganos funcionales y auxiliares del Consejo de Cuenca del Río Santiago se redacten en forma de relatoría, con el fin de hacer mucho más transparente la participación de los vocales representantes y demás integrantes del Consejo de Cuenca. Asimismo, es recomendable que se continúe fortaleciendo el programa de monitoreo del Sistema de Calidad del Agua de CEA Jalisco tanto en el número de sitios de monitoreo como en la publicación de la información, ya que desde 2016 a la fecha faltan datos en el portal electrónico <http://info.ceajalisco.gob.mx/sca/>.

Referencias bibliográficas

- Aboites, L. (2009). La decadencia del agua de la nación. Estudios sobre desigualdad social y cambio político en México. Segunda mitad del siglo XX. COLMEX. México, D.F.
- Aguilar, A. (2010). Calidad del agua: un enfoque multidisciplinario. IIES-UNAM. México.
- Aguilera, F. (2006). Hacia una nueva economía del agua: cuestiones fundamentales. *Polis. Revista Latinoamericana*, no. 14.
- AMBISAT, (2005). Estudio de la prevención de la contaminación de lodos de depuración por actividades industriales. España.
- Andrade, J.; González, M. (2003). La ex Comisión del Papaloapan y la recuperación de su memoria histórica. *Boletín del archivo histórico del agua*. Vol. 8; no. 25. Pág. 42-49.
- Arellano-Aguilar, O., Ortega, L., y Gesundheit, P. (2012). Estudio de la contaminación en la cuenca del Río Santiago y la salud pública en la región. UCCS. Greenpeace. Un Salto de Vida.
- Arrojo, P. (2006). Desafíos hacia un desarrollo sustentable, agua y construcción de una institucionalidad democrática. *La gota de la vida: hacia una gestión sustentable y democrática del agua*, p. 172-190. Ed. Sophie Esch, FH Böll.
- _____ (1995). Del estructuralismo hidráulico a la economía ecológica del agua. *Mientras Tanto*, no., 62, p. 77-105.
- ATSDR, (2012). Resumen de salud pública. Cromo. División toxicológica. Departamento de salud y servicios humanos de los EE.UU. Servicio de Salud Pública. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades.
- _____ (2005). Toxicological profile for zinc. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- _____ (2005a). Resumen de salud pública. Cinc. División toxicológica. Departamento de salud y servicios humanos de los EE.UU. Servicio de Salud Pública. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades.
- _____ (1999). Resumen de salud pública. Mercurio. División toxicológica. Departamento de salud y servicios humanos de los EE.UU. Servicio de Salud Pública. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades.
- _____ (1999a). Resumen de salud pública. Cadmio. División toxicológica. Departamento de salud y servicios humanos de los EE.UU. Servicio de Salud Pública. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades.
- AyMA, (2006). Identificación y Caracterización de Fuentes de Contaminación de las Cuencas Directa del Río Santiago entre los Municipios de Ocotlán y Tonalá, y Directa del Río Zula. AyMA Ingeniería y Consultoría S. A. de C.V.

- Barceló, D.; López, M. (2008). Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. *Jornadas de presentación de resultados: el estado ecológico de las masas de agua. Panel científico-técnico de seguimiento de la política de aguas, Sevilla.*
- Barkin, D. y King, T. (1986). Desarrollo económico regional. Enfoque por cuencas hidrológicas de México. 5ta edición. Siglo XXI. México.
- Barrios, E. (2003). Proyecto de rediseño del programa nacional de monitoreo de la calidad del agua en México. En Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI. Ed. Ávila, P.; p.175-188. El Colegio de Michoacán, SEMARNAT, IMTA. México.
- Barrios, O. (2004). El manejo de la calidad del agua: un asunto pendiente. En Hacia una gestión integral del agua en México: retos y alternativas. Coord. Tortajada, C.; Guerrero, V.; Sandoval, R.; p. 125-158. Porrúa. México, D.F.
- Barrow, C. (1998). River basing development planning and management: a critical review. *World development*, vol. 26, no 1, p. 171-186.
- Bernache, G. (2012). El confinamiento de la basura urbana y la contaminación de las fuentes de agua en México. En Revista de El Colegio de San Luis. Vol. II, No. 4, pág. 36-53
- Boehm, B. (1999). Problemas de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago. En Relaciones. Documento. Pág. 154-192. Núm. 80, vol. XX
- Biswas, A. (2008). Integrated water resources management: is it working? *International Journal of Water Resources Development*, vol. 24, no. 1, p. 5-22.
- _____ (2004). Integrated water resources management: a reassessment. *Water international*, vol. 29, no. 2, p. 248-256
- _____ (2001). Los Consejos de Cuenca en México. Centro del Tercer Mundo para el Manejo del Agua A.C.
- Biswas, A. y Tortajada, C. (2011). Water quality management: An introductory framework. *International Journal of Water Resources Development*, vol. 27, no. 1, p. 5-11.
- Blignaut, J., y Van Heerden, J. (2009). The impact of water scarcity on economic development initiatives. *Water Sa*, vol. 35, no. 4, p. 415-420.
- Boelens, R., y Vos, J. (2012). The danger of naturalizing water policy concepts: Water productivity and efficiency discourses from field irrigation to virtual water trade. *Agricultural Water Management*, vol. 108, p. 16-26.
- Botello, Villanueva y Ponce, (2010). La contaminación de las costas mexicanas. *Calidad del agua: un enfoque multidisciplinario*. Coord. Alonso Aguilar Ibarra. México: UNAM.
- Bunge, V. (2010). “La capacidad de carga en la planeación territorial: una propuesta para su análisis”. Documento de Trabajo de la Dirección General de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas, Instituto Nacional de Ecología, México.
- Burgos A., Bocco, G. (2015). La cuenca hidrográfica como espacio geográfico. Coord. Burgos, A., Bocco G. y Sosa J., *Dimensiones sociales en el manejo de cuencas*. p. 11-30. UNAM.

- Caccia, V., Boyer, J. (2005). Spatial patterning of water quality in Biscayne Bay, Florida as a function of land use and water management. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 50, no. 11, p. 1416-1429.
- Campos, D. (1998). Procesos del ciclo hidrológico. UASLP.
- CANAJAD (2017). Gestión integral del agua. Agua e industria. Cámara Nacional de la Industria de Aceites, Grasas, Jabones y Detergentes. <https://agua.org.mx/biblioteca/agua-e-industria/>
- Carabias, J. y Landa, R. (2005). Agua, medio ambiente y sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. UNAM, COLMEX, Fundación Gonzalo Río Arronte. México
- Castelán, C. (2003). El recurso hídrico en México: Análisis de la situación actual y perspectivas futuras. *Centro del Tercer Mundo para el Manejo del Agua, AC, Miguel Ángel Porrúa, The Nippon Foundation*, México.
- Chapelle, F., Bradley, P., McMahon, P., Lindsey, B. (2009). What does "water quality" mean? *Ground Water*, vol. 47, no. 6, p. 752-754.
- Cifuentes, E., Hurtado, M., Juárez, L. (2000). Health Impact from a water and land reclamation system Xochimilco, México. *Epidemiology*, vol. 11, no. 4, p. 118.
- Cirelli, C., Melville, R. (2000). La crisis del agua. Sus dimensiones ecológica, cultural y política. *Revista Memoria*, no. 134, p. 26-30.
- Comisión Lerma-Chapala-Santiago. (1966). Plan Lerma: asistencia técnica. Cuenca Lerma-Santiago Plan Integral de Desarrollo 1967-1975. Guadalajara, México.
- CONAGUA (2016). Estadísticas del Agua en México, edición 2016. Comisión Nacional del Agua. México, D.F.
- _____ (2015). Estadísticas del Agua en México, edición 2015. Comisión Nacional del Agua. México, D.F.
- _____ (2012). Estadísticas del Agua en México, edición 2012. Comisión Nacional del Agua. México, D.F.
- _____ (2011). Semblanza histórica del agua en México. Segunda edición. SEMARNAT.
- _____ (2011a). Agenda del agua 2030.
- _____ (2011b). Estadísticas del agua en México. CONAGUA-SEMARNAT. México, D.F.
- _____ (2011c). Reglas Generales de Integración Operación y Funcionamiento del Consejo de Cuenca del Río Santiago. RGIOF.
- _____ (2010). Documentos básicos de los Consejos de Cuenca. SEMARNAT. México, D.F.
- _____ (2007). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Guía para el control de descargas a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- _____ (2003). Programa hidráulico regional 2002-2006. Región VIII Lerma-Santiago-Pacífico. México

- _____ (1998). Los Consejos de Cuenca en México. Definiciones y alcances. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
- _____ (s.f.). Consejo de Cuenca Lerma Chapala. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca en www.agua.org.mx revisado en marzo de 2017
- Cotler, H. (2010). Perspectivas sobre las cuencas hidrográficas de México: introducción. *Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización*. Coord. Helena Cotler. Ed. Pluralia, México.
- _____ (2004). La cuenca Lerma-Chapala: algunas ideas para un antiguo problema. *Gaceta Ecológica*, no. 71, p. 5-10.
- Cuadrat-Prats, J. (2006). El agua en el siglo XXI: gestión y planificación. Zaragoza: Institución Fernando el Católico.
- CNDH (2010). Recomendación sobre la omisión de cumplimiento de las normas de medio ambiente en agravio de V1, no.12/2010. Comisión Nacional de Derechos Humanos México. Recuperado en http://www.cndh.org.mx/sites/all/doc/Recomendaciones/2010/Rec_2010_012.pdf
- De Souza, A., *et al.* (2013). Influence of riparian vegetation and forest structure on the water quality of rural low-order streams in SE Brazil. *Forest Ecology and Management*, vol. 298, p. 12-18.
- De Stefano, L. (2010). International initiatives for water policy assessment: a review. *Water resources management*, vol. 24, no. 11, p. 2449-2466.
- Del Castillo, L. (2009). Los foros del agua. De Mar del Plata a Estambul 1977-2009. No. 86. Editorial Consejo Argentino para las relaciones internacionales (CARI). 2da Edición
- Del Valle, F. (1991). El ciclo hidrológico. Apoyos académicos 13. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- DENUE, (2016). INEGI. <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/denue/>
- Díaz-Torres, E., Gibson, R., González-Farías, F., Zarco-Arista, A. E., & Mazari-Hiriart, M. (2013). Endocrine disruptors in the Xochimilco wetland, Mexico City. *Water, Air, & Soil Pollution*, vol., 224, no. 6, p.1586.
- DOF, Diario Oficial de la Federación, (1990). Acuerdo del primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas. Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología. México
- Dominguez, J. (2012). Hacia un posicionamiento de gobernanza del agua en México. Coedición de CONAGUA, IMTA, ANEAS y COLMEX.
- _____ (2011). Distribución de competencias sobre calidad de las aguas en México. En *La calidad de las aguas y su regulación jurídica. Un estudio comparado de la situación en España y México*. Dir. Antonio Embid y Judith Dominguez. p. 289-329. Iustel. España
- Dourojeanni, A., Jouravlev, A., y Chávez, G. (2002). Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. Vol. 1. Publicación de las Naciones Unidas.

- Doujereanni, A. y Jouravlev, A. (2001). Crisis de gobernabilidad en la gestión del agua: desafíos que enfrenta la implementación de las recomendaciones contenidas en el capítulo 18 del Programa 21. CEPAL.
- Doujereanni, A. (2004). Si sabemos tanto sobre qué hacer en materia de gestión integrada del agua y cuencas ¿por qué no lo podemos hacer? En Cotler, H. (ed.) *El manejo integral de cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*, Instituto Nacional de Ecología, México. p. 149-183.
- ____ (2000). Aguas, Cuencas y Desarrollo Sustentable en México. Organización Meteorológica Mundial. No. 55
- ____ (1997). Creación de entidades de cuenca en América Latina y el Caribe. Documento preparado para presentarse en la Asamblea General de la Red Internacional de Organismos de Cuenca (RIOCI) Valencia, España, p. 33
- ____ (1994). Políticas públicas para el desarrollo sustentable: la gestión integrada de cuencas. CEPAL.
- Ducros, C., Watson, N. (2002). Integrated land and water management in the United Kingdom: narrowing the implementation gap. *Journal of Environmental Planning and Management*, vol. 45, no. 3, p. 403-423.
- Durán, Partida y Torres, (1999). Cuencas hidrológicas y ejes industriales: El caso de la cuenca Lerma-Chalapa-Santiago. En *Relaciones*. Pág. 100-129. Núm. 80, vol. XX
- Durán, J.; Partida, R, (1993). Las políticas regionales de industrialización en México. La industrialización y el deterioro ecológico en la región de Chapala. En *Las realidades regionales de la crisis nacional*. Coord. Jesús Tapia Santamaría. El Colegio de Michoacán. Pág. 193-219.
- Duruibe, J., *et al.* (2007). Heavy metal pollution and human biotoxic effects. *International Journal of Physical Sciences*, vol. 2, no. 5, p. 112-118.
- El Informador (2014). Organizan foro ciudadano Contra la Impunidad del Río Santiago. Gonzalo Jáuregui. 10 de octubre de 2014. Recuperado en <https://www.informador.mx/Jalisco/Organizan-foro-ciudadano-Contra-la-Impunidad-del-Rio-Santiago-20141010-0095.html>
- ____ (2012). Vecinos de El Salto y Juanacatlán protestan por contaminación del río Santiago. Liliana Navarro. 13 de febrero de 2012. Recuperado en <https://www.informador.mx/Jalisco/Vecinos-de-El-Salto-y-Juanacatlan-protestan-por-contaminacion-del-rio-Santiago-20120213-0017.html>
- Escobar, J. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. Vol. 50. United Nations Publications.

- Escobar, O. (2009). Manejo del agua en México. Bosquejo de la evolución institucional federal 1926-2008. En *semblanza histórica del agua en México*. p. 61-75. CONAGUA-SEMARNAT. México, D.F.
- Espinosa, Aguilar y Mazari, (2010). Calidad, una limitante más para la disponibilidad del agua. *Calidad del agua: un enfoque multidisciplinario*. Coord. Alonso Aguilar Ibarra, p. 25-54, México: UNAM.
- Falkenmark, M., Lannerstad, M. (2004). Consumptive water use to feed humanity? curing a blind spot. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, vol. 1, no. 1, p. 7-40.
- Farinós, J. (2010). Gobernanza para una renovada planificación territorial estratégica; hacia la innovación socio-territorial. En *Planificación estratégica territorial: estudios metodológicos*. Mesa, A. y Rodríguez, R., directores. Junta de Andalucía. Consejería de Gobernación. Dirección General de Administración Local. p. 87-113.
- _____ (2007). Planificación de infraestructuras y planificación territorial. *Papers: Regió Metropolitana de Barcelona: Territori, estratègies, planejament*, no. 44, p. 32-43.
- FIDERCO, Fideicomiso para el Desarrollo de la Región Centro Occidente. (2004). Análisis regional de la gestión del agua en la región Centro Occidente. Universidad Autónoma de Nayarit. México.
- Foladori, G. (2001). Controversias sobre sustentabilidad. La coevolución sociedad-naturaleza. Universidad Autónoma de Zacatecas. Porrúa. México.
- Förster, U., Wittmann, G. (1983). *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. Segunda edición. Springer-Verlag.
- Franklin, J. (1997). *Ecosystem Management: An Overview*. Ed. Boyce, M. Haney, A. *Ecosystem management: applications for sustainable forest and wild life resources*. Yale University.
- Futter, M., *et al.* (2016). Conceptualizing and communicating management effects on forest water quality. *Ambio*, vol. 45, no. 2, p. 188-202.
- García, L. (1998). Manejo integrado de los recursos hídricos en América Latina y el Caribe. Inter-American Development Bank.
- García, M. (1992). Contaminantes tóxicos prioritarios en agua. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- García-Nieto, E., *et al.* (2011). Plomo y arsénico en la subcuenca del Alto Atoyac en Tlaxcala, México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 17, no. 1, p. 7-17. México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Georgescu-Roegen, N. (1986). The Entropy Law and the Economic Process in Retrospect. *Eastern Economic Journal*, vol. 12, no. 1, p. 3-25
- _____ (1975).
- Giordano, M. y Shah, T. (2014). From IWRM back to integrated water resources management. *International Journal of Water Resources Development*, vol. 30, no 3, p. 364-376.

- Gobierno de Jalisco (2012). El Ahogado. Segunda edición. Comisión Estatal del Agua de Jalisco
- Grigg, N. (2014). Integrated water resources management: unified process or debate forum?, *International Journal of Water Resources Development*, vol. 30, no. 3, p. 409-422.
- Grey, D. y Sadoff, C. (2005). Agua para el crecimiento y desarrollo: un marco de trabajo para el análisis. (Documento base, Tema 1: Agua para el crecimiento y desarrollo). En IV Foro Mundial del Agua: acciones locales para un reto global, WWC.
- Gudynas, E. (2004). Ecología, economía y ética del desarrollo sostenible. 5ª edición. Coscoroba. Centro Latino Americano de Ecología Social (CLAES) y Desarrollo, Economía, Ecología y Equidad - América Latina (D3E).
- GWP, Global Water Partnership. (2017). Arreglos institucionales. http://www.gwp.org/en/learn/iwrm-toolbox/Institutional_Arrangements/
- _____. (2000). Manejo integrado de recursos hídricos. *TAC background papers*, no. 4. Estocolmo, Suecia.
- Haro-Martínez, A., Taddei-Bringas, I. (2014). Sustentabilidad y economía: la controversia de la valoración ambiental. *Economía, sociedad y territorio*, vol. 14, no. 46, p.743-767.
- Hassing, J., et al. (2009). Integrated water resources management in action. *The United Nations world water assessment programme dialogue paper*. Paris: UNESCO.
- Ibarra, M., Moreno, J. (2017). La justicia ambiental en el Río Sonora. *Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, Facultad de Ciencias Sociales. Universidad Nacional de San Juan. vol. 10, no. 10, p. 93-114.
- IMTA, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (2011). Actualización del estudio de calidad del agua del río Santiago (desde su nacimiento en el lago de Chapala, hasta la Presa Santa Rosa). México: IMTA.
- INEEC. (2000). Elementos para un proceso inductivo de gestión ambiental de la industria. México.
- INEGI, 2009. Micro, pequeña mediana y gran empresa: estratificación de los establecimientos: Censos Económicos 2009. México.
- Islas, P. (2009). A orillas de la enfermedad. *Revista Magis*. ITESO. Recuperado en <http://www.magis.iteso.mx/node/204>
- IWA-UNEP (2002). Industry as a partner for sustainable development. Water management, IWA/UNEP, Londres.
- Järup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British medical bulletin*, vol. 68, no. 1, p. 167-182.
- Jeffrey, P. y Gearey, M. (2006). Integrated water resources management: lost on the road from ambition to realisation? *Water Science and Technology*, vol. 53, no. 1, p. 1-8.

- Jiménez, B. (2012). De la gobernanza y la calidad del agua. En *Gobernanza del agua, conceptos, consensos y disensos*, Murillo D. En la gobernanza del agua: un desafío actual. Hacia una mirada crítica del concepto y de su aplicación. México: IMTA, SEMARNAT, p. 42-45.
- ____ (2010). Soluciones tecnológicas a la contaminación del agua. En *Calidad del agua. Un enfoque multidisciplinario*. Coord. Alonso Aguilar Ibarra, p. 177-198. México: UNAM.
- ____ (2007). Información y calidad del agua en México. *Trayectorias. Sustentabilidad: un debate a fondo*. Año IX. No. 24. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- ____ (2006). Agua e industria en Latinoamérica y el Caribe. En *La gota de la vida: hacia una gestión sustentable y democrática del agua*. Ed. Shopie Esch, *et al.*, México: Fundación Heinrich Böll
- Jouravlev, A. y Solanes, M. (2006). *Integrando economía, legislación y administración en la gestión del agua y sus servicios en América Latina y el Caribe*, vol. 101. Publicación de las Naciones Unidas.
- Juárez, A. (2013). “Construcción de indicadores de gobernanza para el manejo integral de cuencas”. En *Gobernanza del agua en las ciudades*. Coord. Peniche, S. *et al.*, Universidad de Guadalajara. p. 171-194
- Juwana, I., Muttill, N., y Perera, B. (2012). Indicator-based water sustainability assessment—A review. *Science of the Total Environment*, vol. 438, p. 357-371.
- Kraemer, A., Choudhury, K., Kampa, E. (2001). Protecting water resources: pollution prevention. Thematic background paper. En *International Conference on Freshwater*. BMU.
- La Jornada (2011). Clamor ante relator de la ONU para impedir concesiones contaminantes. Matilde Pérez U. 17 de junio de 2011. Recuperado en <http://www.jornada.unam.mx/2011/06/17/sociedad/041n2soc>
- ____ (2008). Desata protestas en Jalisco la muerte del niño intoxicado en el río Santiago. Juan Carlos G. Partida. 14 de febrero de 2008. Recuperado en <http://www.jornada.unam.mx/2008/02/15/index.php?section=estados&article=033n1est>
- Lammers, G. (2014). Río Sonora. La historia detrás del derrame. *Crónica ambiental*. No. 5. Recuperado en www.cronicaambiental.com.mx/ediciones/05/rio-sonora.pdf; revisado en marzo de 2017
- Lennett, D., Gutierrez, R. (2016). *Minamata convention on mercury ratification and implementation manual*, 2014.
- Likens, G. (1992). *The Ecosystem Approach: Its Use and Abuse*. Ecology Institute. Alemania.
- Lu, M. (2006). Comentarios a los Resultados de los análisis de aguas de los ríos Verde y Santiago. CEAS/UdG-CUCEI. Alianza Mundial de Derecho Ambiental (E-LAW).
- Maass, J. (2004). La investigación de procesos ecológicos y el manejo integrado de cuencas hidrográficas: un análisis del problema de escala. Coord. H. Cotler, *El manejo integral de*

- cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*, México, INE, p. 1-62.
- ____ (2003). Principios generales sobre manejo de ecosistemas. En Conservación de ecosistemas templados de montaña en México. Ed. Óscar Sánchez, p. 117-135. SEMARNAT, INE.
- ____ (2003). Principios generales sobre manejo de ecosistemas. Ed. Sánchez, O. *Conservación de ecosistemas templados de montaña en México*, p. 117-136, Instituto Nacional de Ecología.
- Maass, J.; Cotler H. (2007). El protocolo para el manejo de ecosistemas en cuencas hidrográficas. *El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*, SEMARNAT, INE, p. 41-64, Segunda edición, México.
- Martínez, P. y Hernández, E. (2009). Impactos de la contaminación del Río Santiago en el bienestar de los habitantes de El Salto, Jalisco. *Espacio abierto*, vol. 18, no. 4, p. 709-729.
- Máttar, J.; Peres, W., (1997). La política industrial y de comercio exterior en México. En Políticas de competitividad industrial. América Latina y el Caribe en los años noventa. Coord. Wilson Peres. Pág. 219-261. CEPAL. Siglo XXI. México.
- McCulligh, C. (2014). Contaminar para competir. Contaminación industrial del río Santiago en Jalisco. *Carta económica regional*, no. 13, p. 114-137.
- McCulligh, C., Páez, J., Moya, G. (2007). Mártires del Río Santiago. Informe sobre violaciones al derecho a la salud y a un medio ambiente sano en Juanacatlán y El Salto, Jalisco, México. Instituto Mexicano para el Desarrollo Comunitario, A.C.
- Meadows, D. (2008). Thinking in systems: a primer. Editado Diana Wright. Chelsea Green Publishing
- Meadows, D., Goldsmith, E., y Meadow, P. (1972). *Limits to growth*. Vol. 381. CBC.
- Mendoza, E. (2014). Contaminados, siete de cada 10 ríos en México. <http://contralinea.com.mx/archivo-revista/wp-content/uploads/2014/09/rios-contaminados-800.jpg>
- Molle, F. (2009). River-basin planning and management: The social life of a concept. *Geoforum*, vol. 40, no.3, p. 484-494.
- ____ (2006). Planning and managing water resources at the river-basin level: Emergence and evolution of a concept. Vol. 16, IWMI, Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute,
- Moral, L. (2009). Nuevas tendencias en gestión del agua, ordenación del territorio e integración de políticas sectoriales. *Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, vol. 13, no. 285. Recuperado en <http://revistes.ub.edu/index.php/ScriptaNova/article/view/1592>
- Mukhtarov, F. (2008). Intellectual history and current status of Integrated Water Resources Management: A global perspective. *Adaptive and integrated water management*, p. 167-185. Springer Berlin Heidelberg.

- Mukhtarov, F. y Gerlak, A. (2014). Epistemic forms of integrated water resources management: towards knowledge versatility. *Policy Sciences*, vol. 47, no. 2, p. 101-120.
- Naredo, J. (2007). Enfoques económicos y ecológicos en la encrucijada actual de la gestión del agua en España. *La gestión del agua en España y California*, Ed. Arrojo, P. y Naredo, J., Bakeaz, p. 151-185.
- Norgaard, R. (1989). The Case for Methodological Pluralism, *Ecological Economics*. Vol. 1, no. 1, p. 37-57.
- Ochoa H., Bürkner, H. (2012). *Gobernanza y gestión del agua en el Occidente de México: la metrópoli de Guadalajara*. Coord. Ochoa H., Bürkner, H. Guadalajara: ITESO.
- OMS, Organización Mundial de la Salud. (2000). Informe sobre la evaluación mundial de abastecimiento de agua y saneamiento. En *Foro Mundial del Agua: acciones locales para un reto global*, 4. OMS
- Ordoñez, J. J. (2011). ¿Qué es la cuenca hidrológica? Cartilla técnica. Contribuyendo al desarrollo de una cultura del agua y la gestión integral del recurso hídrico. Global Water Partnership South America. Lima, Perú.
- Pacheco-Vega, R. (2007). Participación de la Comisión Nacional del Agua en el tratamiento de aguas residuales en la Cuenca Lerma-Chapala. Estadísticas federales y realidades estatales. *Región y sociedad*, vol. XIX, no. 39, p. 55-76.
- Pacheco-Vega, R. y Basurto, F. (2008). Instituciones en el saneamiento de aguas residuales: reglas formales e informales en el Consejo de Cuenca Lerma-Chapala. *Revista mexicana de sociología*, vol. 70, no. 1, p. 87-109.
- Pahl-Wostl, *et al.* (2011). Maturing the New Water Management Paradigm: Progressing from Aspiration to Practice. *Water resources management*, vol. 25, no. 3, p. 837-856.
- _____ (2007). Transitions towards adaptive management of water facing climate and global change. *Water resources management*, vol. 21, no. 1, p. 49-62.
- Palma, M., Morales, E. (2010). Derecho al agua: Retos y perspectivas Acceso a la justicia en la contaminación de ríos de México, El Salto Jalisco y el Atoyac Tlaxcala-Puebla. Indesol. México.
- Partida, R. 2002. Localización industrial en la cuenca Lerma-Chapala-Santiago: El caso del corredor industrial de Jalisco. *El cotidiano, revista de la realidad mexicana actual*. No. 112. Año 18. UAM.
- Peniche, S. (2013). *Gobernanza del agua en las ciudades*. UDG.
- Peniche, S., Guzman, M. (2009). *Estudios de la cuenca del Río Santiago: un enfoque multidisciplinario*. Compiladores Salvador Peniche y Manuel Guzman, ed. Páramo.
- Peña, J. (2012). *Crisis del agua en Monterrey, Guadalajara, San Luis Potosí, León y la Ciudad de México (1950-2010)*. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

- Perevochtchikova, M. (2010). La problemática del agua: revisión de la situación actual desde una perspectiva ambiental. En los grandes problemas de México. Tomo IV: Medio ambiente. Coord. Lezama, J. y Graizbord, B. 1a. ed. COLMEX. México
- Perevochtchikova, M., Monterrosas, J. (2008). Gestión de cuencas hidrográficas: experiencias y desafíos en México y Rusia. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, vol. 4, no. 3, p. 313-325.
- Petit, O. (2016). Paradise lost? The difficulties in defining and monitoring Integrated Water Resources Management indicators. *Current opinion in environmental sustainability*, vol. 21, p. 58-64.
- Plengsaeng, B., Wehn, U., van der Zaag, P. (2014) Data-sharing bottlenecks in transboundary integrated water resources management: a case study of the Mekong River Commission's procedures for data sharing in the Thai context, *Water International*, vol. 39 no. 7, p. 933-951.
- PNUMA (2016). GEO-6 Regional Assessment for Latin America and the Caribbean. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- _____ (2010). Perspectivas del medio ambiente: América Latina y el Caribe, GEO ALC 3. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Quiroga, L. (1981). La participación de los estados y municipios en el ordenamiento del territorio. En Gaceta mexicana de administración pública estatal y municipal. No. 4. Octubre-diciembre. UNAM.
- Richter, B. *et al.* (2003). Ecologically sustainable water management: managing river flows for ecological integrity. *Ecological applications*, vol. 13, no. 1, p. 206-224.
- Ríos, J. (2006). El pasado y el presente de la Comisión del Papaloapan: historia de un archivo vivo. *Boletín del archivo histórico del agua*. Vol. 11; no. 33. Pag. 48-52
- Romo, X., Prieto, P. (2012). "Cuando lo cotidiano es agua tóxica: educación ambiental con niños en la Huizachera. Gobernanza y gestión del agua en el Occidente de México: la metrópoli de Guadalajara". Coord. Ochoa-García, H., Bürkner, H. Guadalajara: ITESO, p. 319-342.
- Saldaña, F., Gómez, B. (2006). Caracterización de fuentes puntuales de contaminación en el río Atoyac, México. Mem. XXX Cong. Interam. Ingeniería Sanitaria y Ambiental, p. 26-30.
- Saldaña, P., *et al.* (2002). La importancia de incluir análisis de toxicidad en descargas industriales y municipales que afectan a los cuerpos receptores. *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*, p. 1-11.
- Sánchez, S., Casado, I., Bocco, V. (2013). La política de ordenamiento territorial en México: de la teoría a la práctica. Reflexiones sobre sus avances y retos a futuro. En M. T. Sánchez, G. Bocco & J. M. Casado (Coord.). La política de ordenamiento territorial en México: de la teoría a la práctica. (pp. 19-47). México: Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental CIGA.

- Ordenamiento territorial Comunitario,... (PDF Download Available). Available from: https://www.researchgate.net/publication/301956588_Ordenamiento_territorial_Comunitario_participacion_social_y_uso_del_suelo_experiencias_en_el_sureste_de_Mexico [accessed Jun 04 2018].
- Schoeman, J., Allan, C. y Finlayson, M. (2014). A new paradigm for water? A comparative review of integrated, adaptive and ecosystem-based water management. *Anthropocene, International Journal of Water Resources Development*, vol. 30, no. 3, p. 377-390
- SEDUE. (1986). Informe sobre el estado del medio ambiente en México
- SEMARNAP, (1997). Programa de gestión ambiental de sustancias tóxicas de atención prioritaria. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAP. México
- _____ (1996). Lo que usted debe saber sobre el mercurio y su situación en América del Norte. Serie Mercurio No. 1. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAP. México
- SEMARNAT. (2013). Compendio de estadísticas ambientales edición 2013.
- _____ (2010). Compendio de Estadísticas Ambientales. Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. www.semarnat.gob.mx/gobmx/biblioteca/publicaciones.html; consultado en marzo de 2017
- _____ (2010). Indicadores básicos del desempeño ambiental.
- Shapira, Y. (1973). Comisiones de desarrollo regional: la comisión del Fuerte. Dualismo. Vol. 2; no. 1. Ed. Centro de Estudios Económicos y Sociales de la Facultad de Economía de la Universidad Veracruzana. Pág. 139-175.
- Soares, D., Vargas, S. y Nuño M. (2008). Introducción. *La gestión de los recursos hídricos: realidades y perspectivas. Tomo I*, p. 7-24, IMTA, UDG, México.
- Teclaff, L. (1996). Evolution of the River Basin Concept in National and International Water Law. *Natural Resources Journal*, vol. 36, p. 359-391.
- _____ (1967). *The river basin in history and law*. Nijhoff: The Hague.
- TLA (2007). Tribunal Latinoamericano del Agua. Guadalajara, México 2007. Recuperado en <http://tragua.com/audiencias/segunda-audiencia-regional-latinoamericana-ano-2007-guadalajara-mexico/>
- Toledo, A. (2003). Agua, hombre y paisaje. Instituto Nacional de Ecología.
- Tomasini, O. (2007). Unidad didáctica para la aplicación de la NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. CNA-IMTA. México.
- Torregrosa, M. (2012). Los recursos hídricos en México. Situación y perspectivas. *Diagnóstico del agua en las américas, México, IANNAS-Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC, en, consultado el*, vol. 3.

- Tortajada, C., Contreras-Moreno, N. (2007). Institutions for water management in Mexico. En *Water institutions: policies, performance and prospects*, Editores Gopalakrishnan, C., Tortajada, C. y Biswas, A., p. 99-130.
- Tortajada, *et al.* (2003). *Water policies and institutions in Latin America*, no. 333.9115 W324, Oxford University Press.
- Twery, M. y Hornbeck, J. (2001). Incorporating water goals into forest management decisions at a local level. *Forest Ecology and Management*, vol. 143, no. 1, p. 87-93.
- UNEP-WWAP (2006). *Water: a shared responsibility*, vol. 2, Berghahn Books.
- Wester, P., Melville, R. y Ramos, S. (2001). Institutional arrangements for water management in the Lerma-Chapala Basin. *The Lerma-Chapala Watershed*, p. 343-369. Springer US
- White, G. (1957). A perspective of river basin development. *Law and contemporary problems*, vol. 22, no. 2, p. 157-187.
- Woltjer, J.; Al, N. (2007) Integrating water management and spatial planning. *Journal of the American Planning Association*, vol. 73, no. 2, p. 211-222.
- Yarto, M., Gavilán, A., Castro, J. (2004). La contaminación por mercurio en México. *Gaceta ecológica*, no. 72, p. 21-34.
- Zablotowicz, R., *et al.* (2010). Effects of land management practices on water quality in Mississippi Delta oxbow lakes: Biochemical and microbiological aspects. *Agriculture, ecosystems & environment*, vol. 139, no. 1, p. 214-223.
- Zalewski, M. (2013). Ecohydrology: process-oriented thinking towards sustainable river basins. *Ecohydrology & Hydrobiology*, vol. 13, no. 2, p. 97-103.
- Zambrano, L. (2010). Soluciones ecológicas a la contaminación del agua. En *Calidad del agua. Un enfoque multidisciplinario*. Coord. Alonso Aguilar Ibarra, p. 199-220. México: UNAM.
- Zehnder, A., Yang, H., y Schertenleib, R. (2003). Water issues: the need for action at different levels. *Aquatic Sciences-Research Across Boundaries*, vol, 65

Anexo 1

Indicador de Participación						
1. El indicador consiste en una medida para la participación institucional y no institucional en el problema de contaminación industrial del agua. Por el lado institucional, que se lleva a cabo al interior del Consejo de Cuenca, se consideran tres componentes tales como participación social, representatividad de los actores principales: usuarios, sociedad organizada y academia. En cuanto al lado de la participación no institucional, que se lleva a cabo por fuera del Consejo de Cuenca, se identifican asociaciones civiles, ONG y academia. En este caso únicamente se considera el componente de participación de los actores señalados.						
2. La escala del indicador va de 0 a 10, los valores de cada componente serán promediados						
3. Dado que la gestión de la calidad del agua es un proceso, el indicador se calcula tomando en cuenta los componentes de cada área considerando dos periodos, cada uno recopila información de cuatro años: 2008-2011 y 2012-2015, al tomar en cuenta la periodicidad en que se renuevan los integrantes vocales. El resultado arrojado será un promedio de las variables para ambos periodos.						
Tipo	Componentes	Variables	Tipo	Parámetros*	Escalas	Fuente
Institucional	Participación social 1	Realización de sesiones ordinarias Asamblea Gral. de Usuarios	Númérico	1 vez al año	0= 0; 1=10	Minutas Asamblea Gral. Usuarios
		Realización de sesiones ordinarias de la COVI	Númérico	3 veces al año	0=0; 1=3.33; 2=6.66; 3=10	Minutas COVI
		Asistencia de vocales a la Asamblea del Consejo y a la Gral. de Usuarios	Númérico	12 vocales representantes de usuarios y 4 vocales representantes de organizaciones ciudadanas y sector académico	c/vocal= 0.625	Minutas Consejo Minutas Asamblea Gral. Usuarios
		Discusión y propuestas sobre problemática de contaminación industrial del agua en Asambleas	Nominal	Se toca el tema de la contaminación industrial del agua en Asamblea	No= 0; Si= 10	Minutas Consejo
	Representatividad	Instalación de Comités de Usuarios	Númérico	Serán 1) por tipo de uso; 2) de la sociedad organizada y del sector académico	0= 0; 1=5; 2=10	Actas de establecimiento de Comités de usuarios y sociedad organizada
		Proceso de elección de vocales	Nominal	Requisitos a cumplir: todos los estados participan (5), todos los usos participan (6), representantes del Comité de Usuarios de la sociedad organizada y del sector académico (2). Efectuada en la Asamblea General de Usuarios	No= 0; Si= 10	Minutas Asamblea Gral. Usuarios
Renovación de vocales		Nominal	Cada 4 años, con posibilidad de reelegirse un periodo	No=0; Si= 10		
No Institucional	Participación social 2	Actividades de socialización del problema de contaminación industrial del agua	Nominal	Reuniones vecinales, foros expresión artística, manifestaciones vía pública	No= 0; Si= 10	A.C. Un Salto de Vida; Periódico local; Libros y artículos científicos referidos a la problemática
		Diagnósticos y recomendaciones de solución al problema de contaminación industrial del agua	Nominal	Estudios académicos, científicos sobre impactos a la salud humana, ecología	No= 0; Si= 10	
		Quejas y demandas interpuestas por contaminación	Númérico	Ante juzgados y tribunales nacionales e internacionales	No= 0; Si= 10	
* Con base a las reglas de integración, organización y funcionamiento del Consejo de Cuenca del Río Santiago						

Continuación Anexo 1

Componente	Variables	Año							
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1. Participación social	Realización de sesiones ordinarias Asamblea Gral. de Usuarios	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0
	Realización de sesiones ordinarias de la COVI	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
	Asistencia de vocales a la Asamblea del Consejo y General de Usuarios	3,6	4,3	3,3	5,6	4,8	4,3	4,1	4,4
	Discusión y propuestas sobre problemática de contaminación industrial del agua en Asambleas	10,0	10,0	10,0	10,0	0,0	10,0	10,0	10,0
<i>Promedio del componente 1</i>		<i>5,9</i>	<i>6,1</i>	<i>8,3</i>	<i>6,4</i>	<i>3,7</i>	<i>6,1</i>	<i>6,0</i>	<i>8,6</i>
2. Representatividad	Instalación de Comités de Usuarios	0	0	0	0	0,0	0,0	10,0	0,0
	Proceso de elección de vocales	0	0	10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Renovación de vocales	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Promedio del componente 2</i>		<i>0</i>	<i>0</i>	<i>3,3</i>	<i>0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>3,3</i>	<i>0,0</i>
3. Participación Social no institucional	Actividades de socialización del problema de contaminación industrial del agua	10	10	10	10	10,0	10,0	10,0	10,0
	Diagnósticos y recomendaciones de solución al problema de contaminación industrial del agua	10	10	10	10	10,0	10,0	10,0	10,0
	Quejas y demandas interpuestas por contaminación	10	10	10	10	10,0	10,0	10,0	10,0
<i>Promedio del componente 3</i>		<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10,0</i>	<i>10,0</i>	<i>10,0</i>	<i>10,0</i>
Promedios g r a l.		5,3	5,4	7,2	5,5	4,6	5,4	6,5	6,2
Promedio 2008-2011	5,8								
Promedio 2012-2015	5,6								

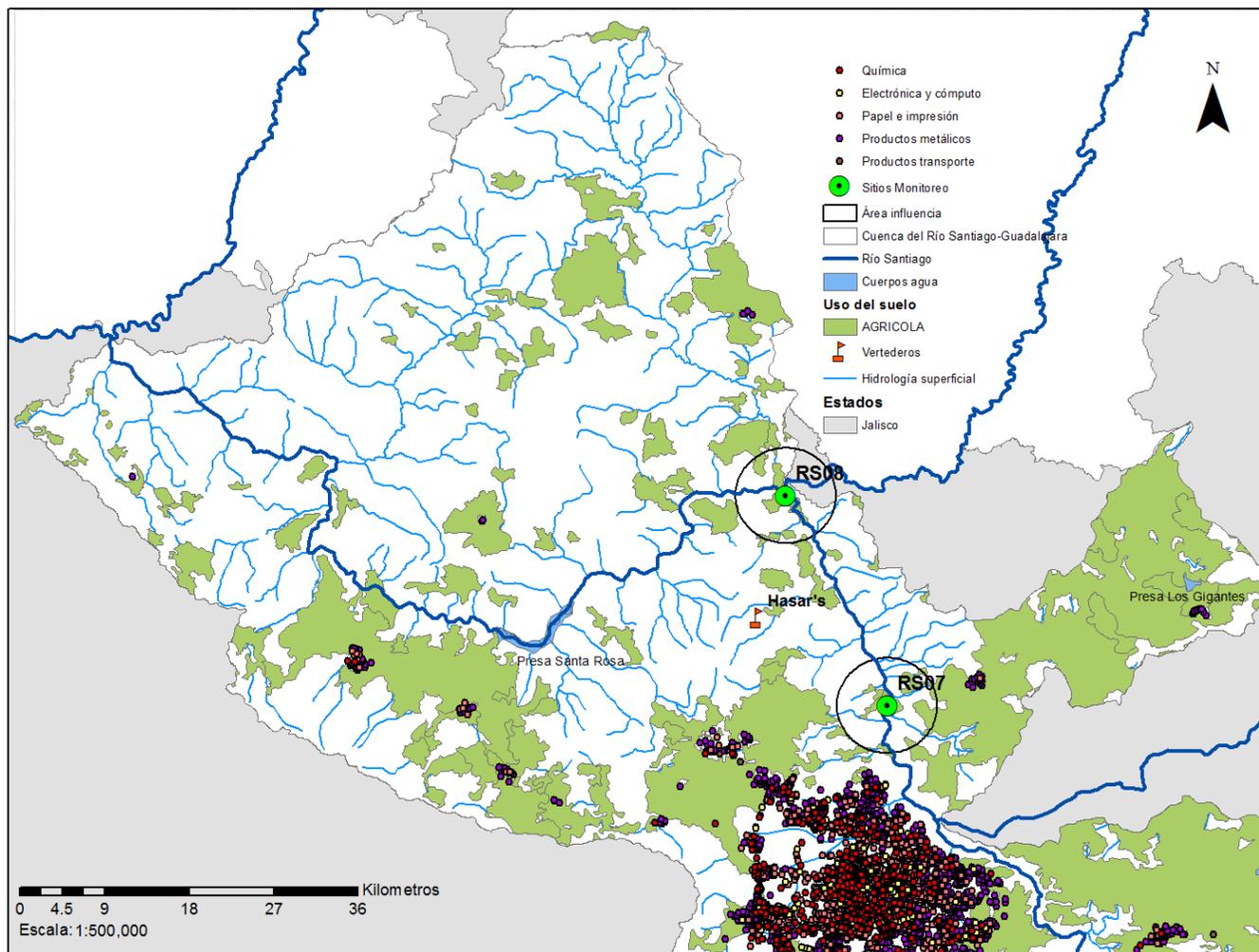
Anexo 2

Indicador de Coordinación					
1. El indicador consiste en una medida para la coordinación del problema de contaminación industrial del agua, a partir de la gestión que se realiza en el Consejo de Cuenca, en el que participan actores como vocales de gobierno (SEMARNAT, SHCP, SEDESOL, SENER, SE, SSA, SAGARPA), de los estados, municipios; así como el Organismo de Cuenca Lerma-Santiago-Pacífico (OCLSP), la Conagua estatal y diversos órganos funcionales del Consejo de Cuenca del Río Santiago como la Comisión de Operación y Vigilancia (COVI), el Grupo Especializado en Trabajo (GET) de Saneamiento y los Comités de Usuarios.					
2. La escala del indicador va de 0 a 10, los valores de cada componente serán promediados					
3. Dado que la gestión de la calidad del agua es un proceso, el indicador se calcula tomando en cuenta los componentes de cada área considerando dos periodos, cada uno recopila información de cuatro años: 2008-2011 y 2012-2015, al tomar en cuenta la periodicidad en que se renuevan los integrantes vocales. El resultado arrojado será un promedio de las variables para ambos periodos.					
Componente	VARIABLES	Tipo	Parámetro*	Escalas	Fuente
Planificación y programación	Programas integrales de desarrollo hídrico de la cuenca con apartado de mejoramiento de calidad del agua	Nominal	Cada 6 años	No= 0; Si=10	OCLSP
	Programas de trabajo GET saneamiento	Nominal	Anual	No= 0; Si=10	OCLSP y www.cocurs.mx
	GETs de apoyo al de saneamiento	Nominal	Anual	No= 0; Si=10	Actas de la COVI
Reuniones	Sesiones ordinarias del Consejo	Numérico	1 vez al año	No= 0; Si=10	Actas Consejo de Cuenca
	Asistencia de vocales gubernamentales, estatales y municipales a las sesiones ordinarias del Consejo de Cuenca y de la COVI	Numérico	7 vocales gobierno; 5 vocales estatales; 5 vocales municipales	c/ vocal = 0.56	Actas Consejo de Cuenca y de la COVI
	Sesiones extraordinarias del Consejo para atender temas de calidad del agua que requieren análisis inmediato	Numérico	Según surjan emergencias de salud y ecología en torno al estatus de calida del agua	No= 0; Si=10	Actas Consejo de Cuenca y de la COVI
Toma de decisiones	Establecimiento de acuerdos para el mejoramiento y conservación de la calidad del agua en la cuenca, en la COVI y Consejo	Nominal	Tomados en el seno del Consejo de Cuenca	No= 0; Si=10	Actas Consejo de Cuenca y de la COVI
	Seguimiento de acuerdos y acciones para el mejoramiento de la calidad del agua en la cuenca, en la COVI y Consejo	Nominal	Según los acuerdos establecidos	No= 0; Si=10	Actas de la COVI y Consejo de Cuenca
	Creación de GET y Comisiones de Cuenca para áreas afectada	Nominal	En el territorio de la cuenca Santiago-Guadalajara	No= 0; Si=10	Actas de la COVI y Consejo de Cuenca
* Con base a las reglas de integración, organización y funcionamiento del Consejo de Cuenca del Río Santiago					

Continuación Anexo 2

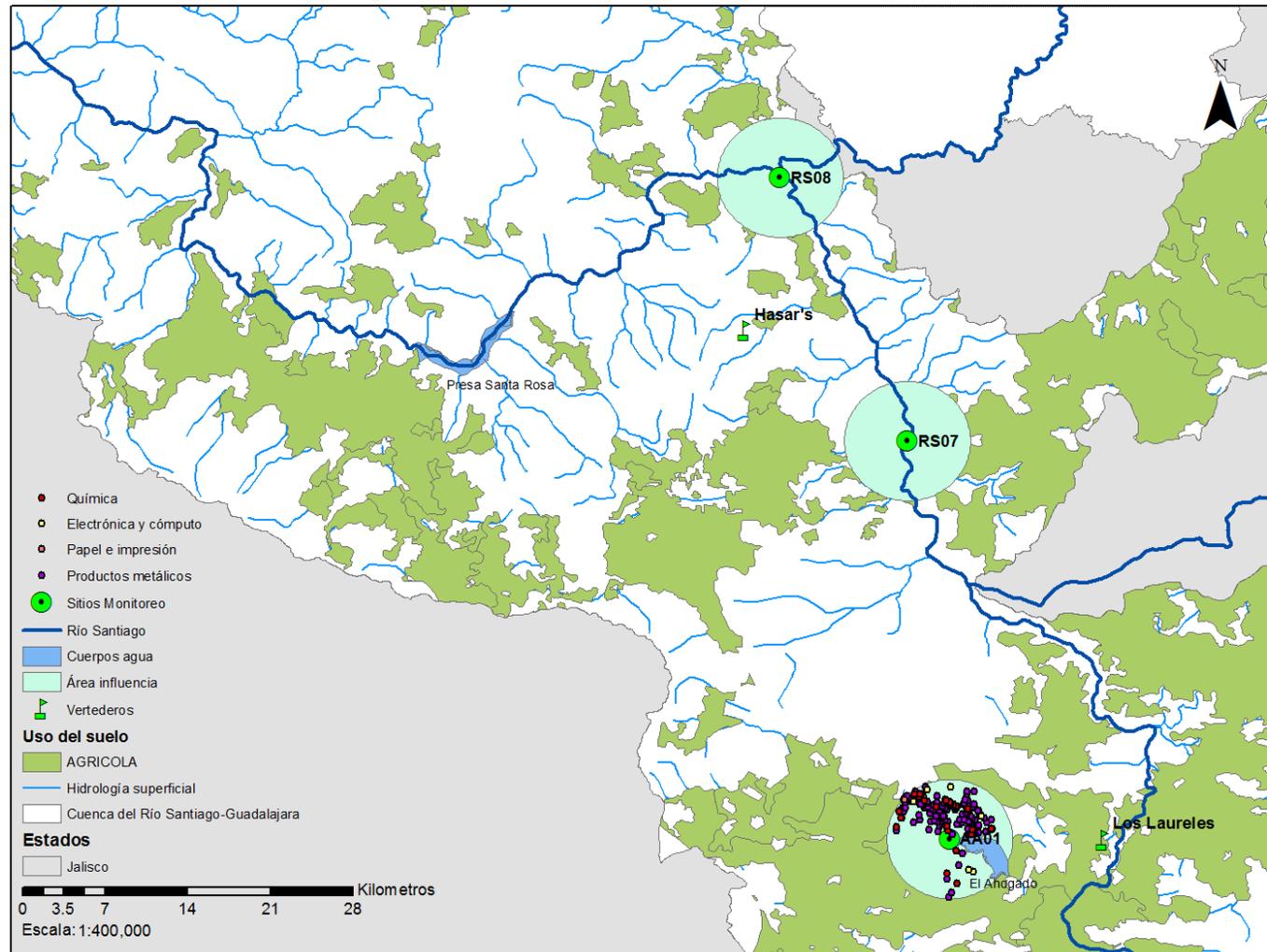
Componente	Variables	Año							
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1. Planificación y programación	Programas integrales de desarrollo hídrico de la cuenca con apartado de mejoramiento de calidad del agua	0	0	0	0	10	10	10	10
	Programas de trabajo GET saneamiento	10	10	10	10	10	10	10	10
	GETs de apoyo (además del de saneamiento)	0	10	10	0	0	0	0	0
<i>Promedio del componente 1</i>		<i>3,3</i>	<i>6,7</i>	<i>6,7</i>	<i>3,3</i>	<i>6,7</i>	<i>6,7</i>	<i>6,7</i>	<i>6,7</i>
2. Reuniones	Sesiones ordinarias del Consejo	10	10	10	10	10	0	0	0
	Asistencia de vocales gubernamentales, estatales y municipales a las sesiones ordinarias del Consejo de Cuenca	5,8	4,7	5,3	6,8	7,7	8,0	7,3	8,0
	Sesiones extraordinarias del Consejo o COVI para atender temas de calidad del agua que requieren análisis inmediato	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Promedio del componente 2</i>		<i>8,6</i>	<i>4,9</i>	<i>5,1</i>	<i>5,6</i>	<i>5,9</i>	<i>2,7</i>	<i>2,4</i>	<i>2,7</i>
3. Toma de decisiones	Establecimiento de acuerdos para el mejoramiento y conservación de la calidad del agua referida a contaminación industrial, COVI y Consejo	10	10	10	0	0	10	10	10
	Seguimiento de acuerdos y acciones para el mejoramiento y conservación de la calidad del agua en la cuenca del Río Santiago, COVI y Consejo	0	10	10	0	0	10	10	0
	Creación de comisiones para zona afectada por contaminación y GETs	10	10	10	0	0	0	10	0
<i>Promedio del componente 3</i>		<i>6,7</i>	<i>10,0</i>	<i>10,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>6,7</i>	<i>10,0</i>	<i>3,3</i>
Promedios gral.		6,2	6,9	7,0	3,2	4,6	5,2	6,0	4,3
Promedio 2008-2011	5,9								
Promedio 2012-2015	5,0								

ANEXO 3. Mapa 6. Presencia de cadmio (Cd) por sitio de monitoreo, 2009-2015



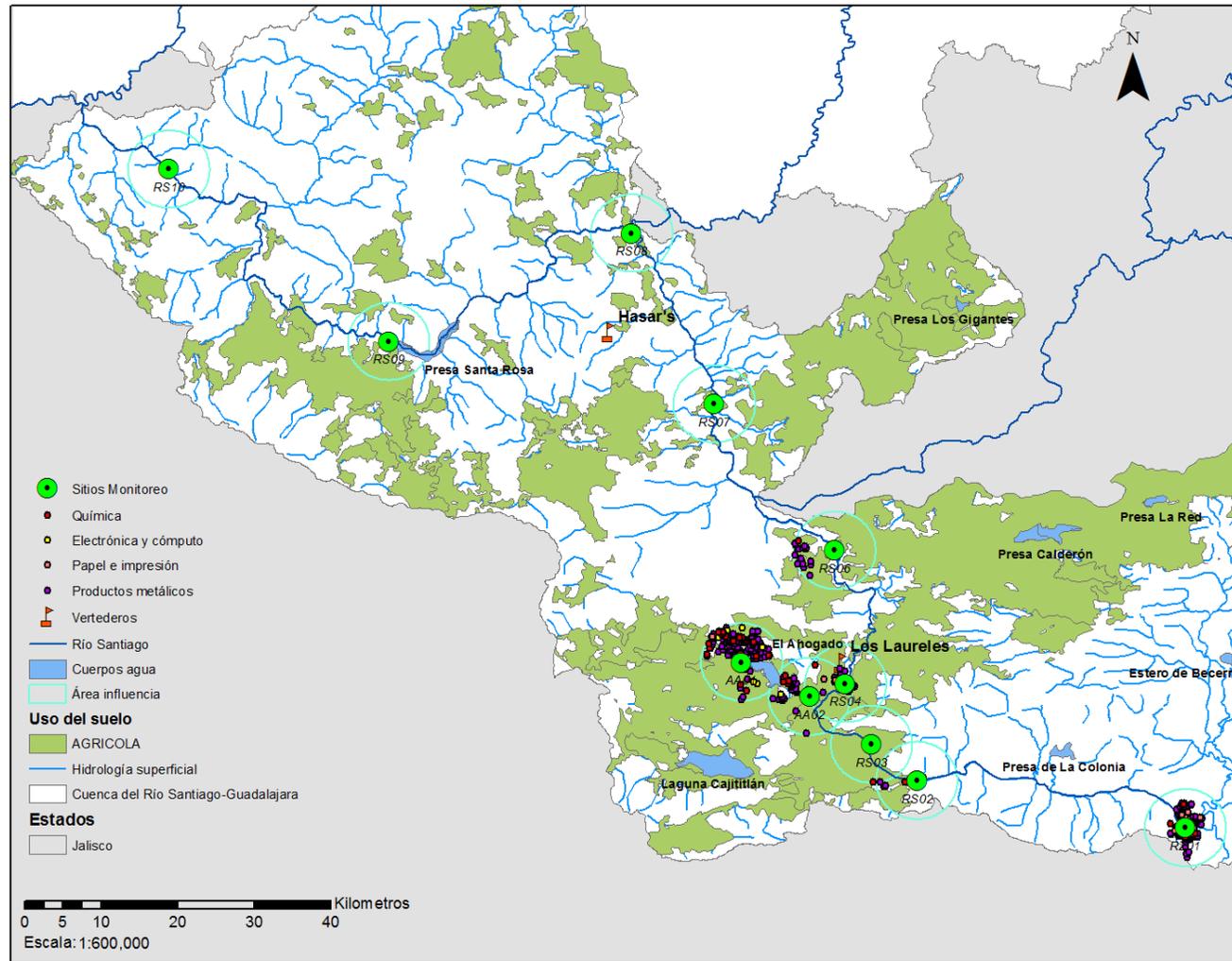
Fuente: REPDA, 2016. DENU, 2016. Octava edición. Elaboración propia.

ANEXO 4. Mapa 7. Presencia de cromo (Cr) por sitio de monitoreo, 2009-2015



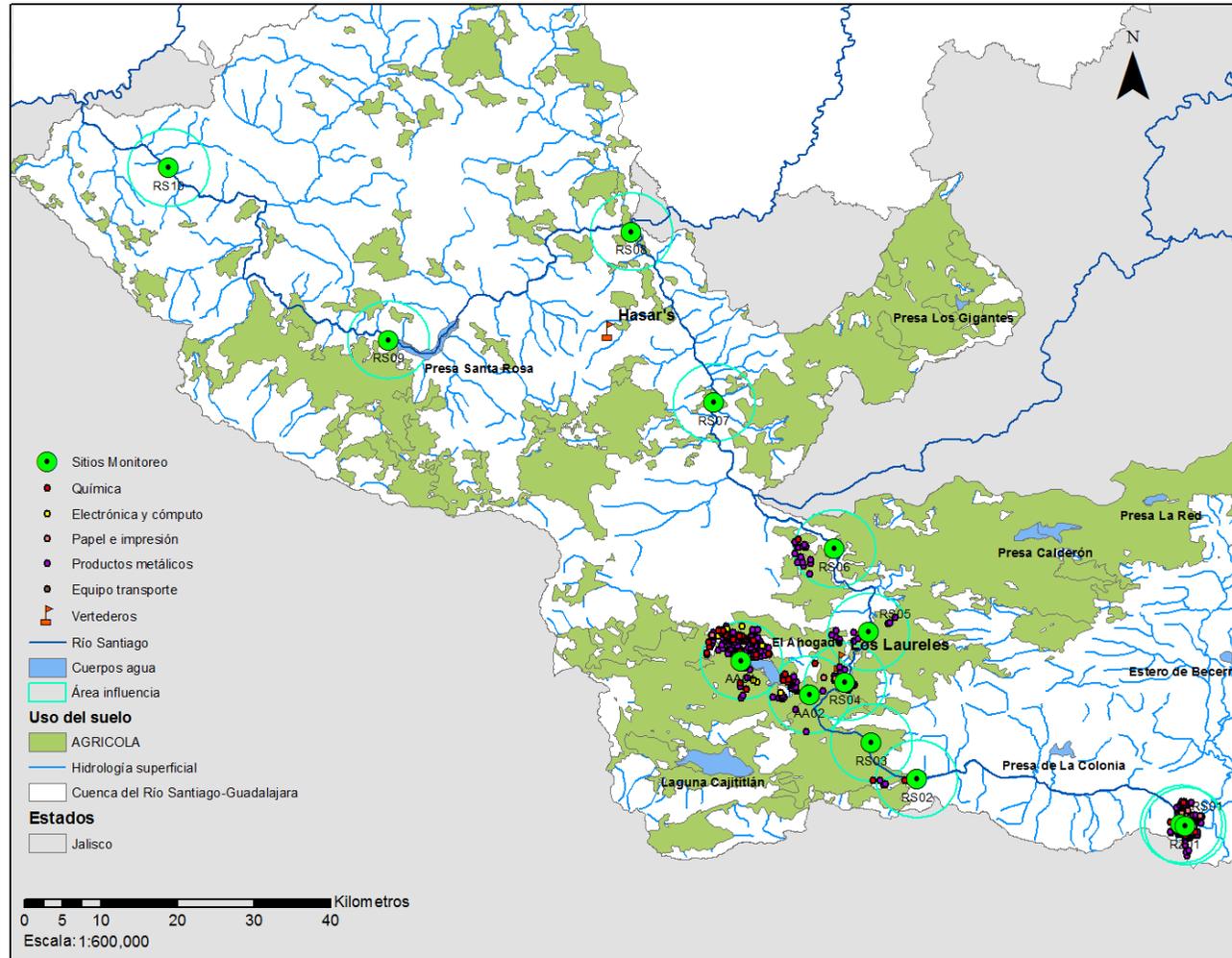
Fuente: REPDA, 2016. DENU, 2016. Octava edición. Elaboración propia.

ANEXO 5. Mapa 8. Presencia de cobre (Cu) por sitio de monitoreo, 2009-2015



Fuente: REPDA, 2016. DENU, 2016. Octava edición. Elaboración propia

ANEXO 6. Mapa 9. Presencia de mercurio (Hg) y zinc (Zn) por sitio de monitoreo, 2009-2015



Fuente: REPDA, 2016. DENUE, 2016. Octava edición. Elaboración propia

ANEXO 7. Cuadro 17. Distribución de los establecimientos industriales asociados al uso de metales pesados, por áreas de influencia

Ramas y Sub Ramas Manufactureras	Áreas de influencia										Totales
	RS-01 RZ-01	RS-02 RS-03	RS-04 AA-02	RS-05	RS-06	RS-07	RS-08	RS-09	RS-10	AA-01	
Productos metálicos y metales básicos	131	4	65	12	19	0	0	0	0	132	363
Tratamiento y revestimiento de metales	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	3
Fabricación de envases y embalajes ligeros, en metal	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	3
Fabricación de bidones y toneles de hierro y acero	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Fabricación de herrajes y cerraduras	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Fabricación de productos de alambre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
Fabricación de herramientas y útiles para máquinas	37	1	23	2	3	0	0	0	0	25	91
Fabricación de otros productos metálicos	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	3
<i>Subtotal por sub ramas</i>	<i>38</i>	<i>2</i>	<i>28</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>32</i>	<i>106</i>
Química	6	3	7	0	1	0	0	0	0	26	43
Fabricación de preparaciones farmacéuticas	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	5
Fabricación de productos básicos de química orgánica	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
Fabricación de pesticidas y otros productos agroquímicos	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Fabricación de abonos y compuestos nitrogenados fertilizantes	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Fabricación productos básicos de química inorgánica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Fabricación de pinturas, barnices, y revestimientos similares	5	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9
Fabricación colorantes y pigmentos	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Subtotal por sub ramas</i>	<i>5</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>11</i>	<i>22</i>
Productos electrónicos y de cómputo	0	0	2	0	0	0	0	0	0	9	11
Fabricación de aparatos electrodomésticos	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
Fabricación acumuladores y pilas eléctricas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Subtotal por sub ramas</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
Papel e impresión	28	0	6	0	0	0	0	0	0	1	35
Fabricación de papel y cartón	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fabricación de pasta papelera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Subtotal por sub ramas</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
Fabricación de equipo de transporte	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Fabricación de otro material de transporte	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Subtotal por sub ramas</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>1</i>
TOTAL por sub rama	43	4	32	4	4	0	0	0	0	44	131

Fuente: DENU, 2016. Octava edición. Elaboración propia.

ÍNDICE DE CUADROS

CAPÍTULO 2.

Cuadro 1. Enfoques de gestión del agua en México	49
Cuadro 2. Valores de referencia para parámetros inorgánicos	60
Cuadro 3. Creación de Consejos de Cuenca en el país	70
Cuadro 4. Integrantes de los Consejos de Cuenca.....	72
Cuadro 5. Atribuciones de los Consejos de Cuenca adecuadas al saneamiento de cuencas, corrientes y cuerpos de agua	78

CAPÍTULO 3.

Cuadro 1. Industria manufacturera en los municipios del Corredor Industrial Jalisco	94
Cuadro 2. Uso de metales pesados en actividades industriales	100
Cuadro 3. Parámetros del Sistema de Calidad del Agua contemplados en la LFD	103
Cuadro 4. Información de la localización de los sitios de muestreo	104
Cuadro 5. Sitios de muestreo con concentraciones promedio anual de metales pesados por arriba del límite máximo permisible en la cuenca Santiago-Guadalajara, periodo 2009-2015	110
Cuadro 6. Proporción de establecimientos industriales por rama y tamaño, 2016	114
Cuadro 7. Establecimientos industriales en la cuenca Santiago-Guadalajara, por distancia al Río Santiago	116
Cuadro 8. Establecimientos industriales en la cuenca Santiago-Guadalajara, por distancia a los cuerpos de agua	117
Cuadro 9. Número de establecimientos industriales localizados en el área de influencia directa de cuerpos de agua, 0 a 5 kilómetros	118
Cuadro 10. Volumen promedio diario de descargas de aguas residuales de la industria manufacturera en la cuenca Santiago-Guadalajara, por municipio al 2015	120
Cuadro 11. Descargas de aguas residuales" de la industria química en la cuenca Santiago-Guadalajara, por titular de permisos emitidos durante 2009-2015	123
Cuadro 12. Presencia de actividad industrial asociada al cromo (Cr) en área de influencia directa	125
Cuadro 13. Presencia de actividad industrial asociada al cobre (Cu) en área de influencia directa	127
Cuadro 14. Presencia de actividad industrial asociada al mercurio (Hg) en área de influencia directa	128
Cuadro 15. Presencia de actividad industrial asociada al zinc (Zn) en área de influencia directa	129
Cuadro 16. Características de la industria manufacturera asociada al uso de sustancias peligrosas en la cuenca del Santiago-Guadalajara, por metales pesados	130

CAPÍTULO 4.

Cuadro 1. Componentes del índice de Participación	138
Cuadro 2. Componentes del índice de Coordinación	150
Cuadro 3. Zonas más propensas a la contaminación por metales pesados en la cuenca Santiago-Guadalajara	162

ANEXOS.

Cuadro 17. Distribución de los establecimientos industriales asociados al uso de metales pesados, por áreas de influencia	195
--	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1.

Figura 1. Sistema hidrológico abierto	14
Figura 2. Marco general para la GIRH	19
Figura 3. Diagrama de entradas y salidas hídricas al sistema económico	28

CAPÍTULO 2.

Figura 1. Marco institucional y regulatorio de la GIRH en México	53
Figura 2. Funciones generales de los Consejos de Cuenca	71
Figura 3. Asamblea de usuarios y comités regionales de Consejos de Cuenca	81
Figura 4. Coordinación al interior de los Consejos de Cuenca	84

ÍNDICE DE GRÁFICAS

CAPÍTULO 3.

Gráfica 1. Estructura de la industria manufacturera en la Cuenca del Río Santiago	99
Gráfica 2. Concentraciones promedio anual de Hg en la cuenca Santiago-Guadalajara, periodo 2009-2015	106
Gráfica 3. Concentraciones promedio anual de Cd en la cuenca Santiago-Guadalajara, periodo 2009-2015	107
Gráfica 4. Concentraciones promedio anual de Zn en la cuenca Santiago-Guadalajara, periodo 2009-2015	108
Gráfica 5. Concentraciones promedio anual de Cu en la cuenca Santiago-Guadalajara, periodo 2009-2015	108
Gráfica 6. Concentraciones promedio anual de Cr en la cuenca Santiago-Guadalajara, periodo 2009-2015	109
Gráfica 7. Composición del sector manufactura en la cuenca Santiago-Guadalajara, por rama de la producción	112

Gráfica 8. Permisos anuales de descargas residuales de la industria manufacturera en la cuenca Santiago-Guadalajara, periodo 2009-2015	119
Gráfica 9. Volúmenes de descargas residuales en la cuenca Santiago-Guadalajara, por rama de la actividad económica	122
CAPÍTULO 4.	
Gráfica 1. Evolución del Índice de Participación 2008-2015	139
Gráfica 2. Evolución del Índice de Coordinación 2008-2015	151
Gráfica 3. Metales pesados que rebasan el límite máximo permisible en cuenca Santiago-Guadalajara de 2009 a 2015	162

ÍNDICE DE MAPAS

CAPÍTULO 3.

Mapa 1. Red hidrológica del Río Santiago	90
Mapa 2. Corredor Industrial de Jalisco	96
Mapa 3. Localización de la industria en el territorio del Consejo de Cuenca del Río Santiago	98
Mapa 4. Localización de los sitios del Programa de muestreo del Río Santiago	102
Mapa 5. Distribución de la industria manufacturera en la cuenca Santiago-Guadalajara, 2016	113

ANEXOS.

Mapa 6. Presencia de cadmio (Cd) por sitio de monitoreo, 2009-2015	191
Mapa 7. Presencia de cromo (Cr) por sitio de monitoreo, 2009-2015	192
Mapa 8. Presencia de cobre (Cu) por sitio de monitoreo, 2009-2015	193
Mapa 9. Presencia de mercurio (Hg) y zinc (Zn) por sitio de monitoreo, 2009-201	194