

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOCIALES**



**DOCTORADO EN CIENCIAS SOCIALES  
CON ORIENTACIÓN EN DESARROLLO SUSTENTABLE**

**TESIS**

**“EL REÚSO DE AGUA RESIDUAL TRATADA: UNA OPCIÓN PARA EL  
ABASTO SUSTENTABLE DE AGUA EN LA ZONA CONURBADA Y  
METROPOLITANA DE MONTERREY”**

**PRESENTA**

**M.C. GERARDO TRINIDAD JUÁREZ RAMÍREZ**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. JOSÉ ALFREDO JAUREGUI DÍAZ**

Monterrey, N.L.

Agosto, 2022

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOCIALES**



**DOCTORADO EN CIENCIAS SOCIALES  
CON ORIENTACIÓN EN DESARROLLO SUSTENTABLE**

**“EL REÚSO DE AGUA RESIDUAL TRATADA: UNA OPCIÓN PARA EL  
ABASTO SUSTENTABLE DE AGUA EN LA ZONA CONURBADA Y  
METROPOLITANA DE MONTERREY”**

**DOCUMENTO DE TESIS QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS CON ORIENTACIÓN EN DESARROLLO  
SUSTENTABLE**

**PRESENTA**

**M.C. GERARDO TRINIDAD JUÁREZ RAMÍREZ**

**COMITÉ**

**DR. JOSÉ ALFREDO JAUREGUI DÍAZ  
DIRECTOR**

**DR. HIPÓLITO VILLANUEVA HERNÁNDEZ  
CO-DIRECTOR**

**DR. FELIPE FLORES VICHI  
CO-DIRECTOR**

Monterrey, N.L.

Agosto, 2022



**UANL.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



**FFyL**

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS.

**iINSo**

Instituto de Investigaciones Sociales

DR. JOSÉ JUAN CERVANTES NIÑO  
COORDINADOR  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOCIALES  
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
PRESENTE.-

Por medio de este escrito nos permitimos informarle que, después de haber revisado la tesis Doctoral titulada: “El reúso de agua residual tratada: Una opción para el abasto sustentable de agua en la zona conurbada y metropolitana de Monterrey”, presentada por el alumno Gerardo Trinidad Juárez Ramírez, hemos dictaminado que está APROBADO para proceder a la sustentación del examen de grado.

Sin más por el momento, estamos a sus órdenes para cualquier aclaración al respecto.

COMITÉ DE EVALUACIÓN DE TESIS DE DOCTORADO

*José Alfredo Jáuregui Díaz*

Dr. José Alfredo Jáuregui Díaz  
Director

*Hipólito Villanueva Hernández*

Dr. Hipólito Villanueva Hernández  
Codirector

*Felipe Flores Vichi*

Dr. Felipe Flores Vichi  
Codirector

*Rodrigo Tovar Cabañas*

Dr. Rodrigo Tovar Cabañas  
Lector Externo

*José Alberto Rodríguez Morales*

Dr. José Alberto Rodríguez Morales  
Lector Externo

ATENTAMENTE,  
“ALERE FLAMMAM VERITATIS”  
CD. UNIVERSITARIA, N.L. A 12 DE AGOSTO DE 2022

*José Juan Cervantes Niño*

Dr. José Juan Cervantes Niño  
Coordinador

# **DEDICATORIA.**

¡A mi Familia;  
por todos los sueños  
donde no estuve presente  
por causa de mis decisiones,  
y por apoyarme y quererme  
hasta siempre!

# AGRADECIMIENTOS.

A las dos grandes Instituciones, que son la Universidad Autónoma de Nuevo León y Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D.; cuyos principios y filosofías de ascender siempre; que me brindaron la posibilidad de crecer profesional y laboralmente, estableciendo propuestas y acciones de solución a problemas hídrico socioambientales en la comunidad regiomontana, en la búsqueda de poder ser agentes de cambio positivo que promueven el bienestar social y no el otorgamiento de medallas o reconocimientos fútiles y poderes efímeros, en pos de políticas públicas y gobernanza firme, con visión humana, enfocadas a la sostenibilidad hídrica y desarrollo sostenible.

Agradezco a mis compañeros del Doctorado y de Operación, por todo su apoyo sincero y enseñanzas compartidas en las diferentes fases del proceso de investigación, donde me otorgaron lo más valioso del mundo, que es su tiempo y amistad.

Un agradecimiento especial a los Doctores Benjamín Limón Rodríguez, Eduardo J. Treviño Garza, Hipólito Villanueva Hernández, Felipe Flores Vilchi, Noé Aguilar Rivera, René Alberto Dávila Porcel y Daniel Salas Limón, quienes me honraron con sus enseñanzas y fueron parte de mi comité doctoral, asesorándome de diferentes maneras para enfocarme en los aspectos socioambientales, más allá de la técnica cuantitativa, generando en mí la apertura a nuevas ideas de pensamiento y comprensión de un mundo social imperfectamente perfecto.

Mi más amplio agradecimiento y reconocimiento al Doctor José Alfredo Jaureguí Díaz por su grandeza humana y profesional, al brindarme todo el apoyo, guía, consejos dentro de un mundo de conocimiento diferente al que había conocido profesional y laboralmente, dándome la oportunidad de crecer en pensamiento y acción, con humildad y respeto, para presentar las propuestas contenidas en el presente estudio de investigación, que puedan brindar información adecuada que coadyuve y contribuya en la toma de decisiones de los responsables del sector y partes interesadas, que puedan beneficiar a la sustentabilidad de la sociedad regiomontana mediante el anhelado logro del agua sostenible.

A la memoria de mi mentor, Ing. Francisco Gerardo Cantú Ramos, quien fue Director de Operación de S.A.D.M. y Presidente del Colegio de Ingenieros Civiles; principal rector del agua sostenible por más de 20 años en Nuevo León.

*“Déjeme decirle cuál es el secreto  
para pasar al siguiente nivel en ésta área:  
Encuentre gente capaz,  
con la misma pasión y misión que usted,  
y que también necesiten de otras  
para hacer una diferencia.”  
Jhon C. Maxwell*

*El trabajo del pensamiento  
se parece a la perforación de un pozo:  
el agua es turbia al principio, mas luego se clarifica.  
Solo los recipientes vacíos resuenan y se oyen a gran distancia.  
Cuanto más grande es el caos, más cerca está la solución.  
Proverbio Chino*

# PRESENTACIÓN.

La presente tesis de investigación propone la gestión holística del agua sostenible que incluya el fomento del Reúso Planificado Directo del Agua Residual Tratada proveniente de Fuentes No Convencionales, dentro del ciclo real natural y urbano del agua sustentable, a través del sistema de abastecimiento dual existente hacia usuarios con necesidades en destinos de uso consuntivo complementarios al Industrial y de Riego, tales como el Público, Comercial e inclusive Doméstico No Potable, como una Opción para el Abasto de Agua Sustentable en la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey, Nuevo León; lo cual se encuentra alineado a lo estipulado en la Resolución A/RES/70/1 del 25 de septiembre de 2015 de la Agenda 2030 establecida por la Organización de las Naciones Unidas, y se fundamenta en el Paradigma del Desarrollo Sostenible, cuyo sexto objetivo es: “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”, (SDG6, Metas 6.3 y 6.4); al Derecho Humano al Agua y Saneamiento reconocido en el Artículo 4º de la Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos, así como a los modelos y preceptos de la Visión 2050 del Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) establecidos en el año 2010 y, a lo establecido en Informe Mundial 2017 de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos (WWAP), donde se reconoce al agua residual como un recurso desaprovechado.

La ausencia de un abordaje holístico real del “*Agua*” como centro del paradigma alternativo y creciente del Desarrollo Sostenible, la constriñe generalmente a una función mecanicista de utilitarismo como recurso antropocentrista en procesos de producción, distribución, interés, explotación e intercambio, basada en un principio de productividad y causalidad lineal enfocada a la satisfacción de las necesidades humanas y finalizando con su desecho y agotamiento, lo cual es fomentado por la cultura utilitarista del desperdicio y enfoque de las mayorías dentro del paradigma de la no percepción, que es mitigada tan solo por la moral y ética normativa de disruptores minoritarios concientes de lo que “debe ser” si se le considera un bien común, pero sin escapar del consensualismo por su valor como capital natural, cuyo desequilibrio elástico en ecosistemas que satisfacen a tecnosistemas creados para prosperar en la escasez o abundancia, suele traer consigo caos y conflicto mediante

competencias de uso y conflictos contrarios al bienestar socioambiental, con soluciones falacias carentes de sustentabilidad, direccionadas comúnmente a monetizar su daño y fomentar grandes obras de infraestructura, impidiendo su escape de la tragedia de los comunes, al dejar de lado opciones viables de alto rendimiento holístico en el sector hídrico, como ciclo vicioso dentro de nuestra percepción, que posterga sin duda “La Sustentabilidad Hídrica”.

Es imprescindible comprender que el “*Agua*” no está en equilibrio, no es completamente renovable dentro del espacio-tiempo del hombre; es extremadamente compleja y difícil de controlar en los aspectos asociados a su disponibilidad, calidad, accesibilidad, asequibilidad, adaptabilidad, aceptabilidad, valoración, optimización, aprovechamiento y cuidado; así como reducir o neutralizar su poder de devastación, fragilidad de contaminación y, causalidad de enfermedades y penurias, por lo que la Gestión Holística del Agua dentro de su Ciclo, tanto natural como urbano, es realmente un sistema complejo regido por relaciones no lineales muy alejadas del equilibrio social, ambiental y económico, a diferencia de como se plantea en la teoría, donde se le maneja como un sistema lineal dentro de una infraestructura de los tecnosistemas, falsamente mimetizada a la corriente de un río, bajo el supuesto enfoque del paradigma de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH), cuando se hace referencia a la Sustentabilidad Hídrica (SH).

Dada la magnitud y complejidad del tema del “*Agua*”, la presente investigación se limita a tratar de demostrar, a través de la metodología mixta aplicada a un estudio de caso como es la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey (ZC-MM) que, como parte de la Gestión Holística del Agua (GHA) en su ciclo urbano, el Reúso de Agua Residual Tratada (ART) de forma planificada directa para destinos complementarios al industrial, a través de sistemas de abastecimiento duales como el existente en dicha metrópoli, es una opción viable que puede coadyuvar a la Sustentabilidad Hídrica (SH) al representar una opción para el abastecimiento de Agua Sostenible (AS).

El presente documento se integra de cinco capítulos conformados por: una Introducción; un análisis sobre el Agua, Sociedad y la Sostenibilidad Hídrica; la Gobernanza y la situación actual del agua y el agua residual tratada como un recurso desaprovechado y su reúso;

Planificación y Metodología; Implantación del método un estudio de caso específico mediante el análisis de potencialidad del Sistema Dual para Abastecimiento de Agua Residual Tratada y resultados, aplicando herramientas basadas en la teoría fundamentada, tales como entrevistas a profundidad, aplicación y análisis de encuestas de percepción, modelación mediante sistemas de información geográfica para valorar la potencialidad del uso de sistemas duales de abastecimiento de agua residual tratada para la ciudad, resultados, análisis de los ámbitos económico, social y ambiental dentro de la teoría de las opciones y finalmente las discusiones, recomendaciones, factores limitantes y principales conclusiones de la investigación efectuada.

Como conclusión primordial de la presente tesis se establece la viabilidad de la implementación del suministro planificado directo no convencional de Agua Residual Tratada a destinos de uso diferentes al Industrial para el aprovechamiento de la infraestructura existente dentro del sistema de abastecimiento dual existente, con el objetivo de para mejorar la Gestión Holística del Agua, al reducir la extracción de fuentes convencionales dentro de la etapa de Crisis Hídrica Incipiente (CHI) mediante el intercambio de agua de primer uso por agua Residual Tratada (ART), al diversificar la oferta de suministro con beneficios económicos, sociales y ambientales, y contribuir mediante ello al Desarrollo Hídrico Sostenible (DHS) de la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey (ZC-MM) en el presente siglo.

De esta forma, se genera conocimiento que nos permita que comprendamos un poco más del valor y mejor gestión del agua, lo cual nos permita tomar de una forma concertada y consensuada, acciones de tipo convencional y no convencional, que rompan paradigmas, con la finalidad de estar en condiciones para garantizar una seguridad hídrica sostenible, por todos y para todos.

El Proyecto de Investigación, a la vez que el resto de las actividades y acciones enmarcadas dentro del ejercicio 2020-2022, fue impactado ante la situación derivada de la Contingencia Sanitaria implementada en el decreto presidencial ante la presencia de la pandemia por el Virus SARS COV II (COVID-19), por lo que, es necesario análisis y estudios complementarios para refrendar y ampliar los resultados obtenidos, que contribuyan a una



toma de decisiones adecuada al entorno socioambiental y económico que mantiene transformaciones y crecimiento continuos.

“EL REÚSO DE AGUA RESIDUAL TRATADA: UNA OPCIÓN PARA EL  
ABASTO SUSTENTABLE DE AGUA EN LA ZONA CONURBADA Y  
METROPOLITANA DE MONTERREY”

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN .....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y CASO DE ESTUDIO .....	3
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN GENERAL .....	8
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN ESPECÍFICAS .....	9
OBJETIVO GENERAL .....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
SUPUESTOS TEÓRICO HIPOTÉTICOS DE INVESTIGACIÓN.....	12
JUSTIFICACIÓN .....	13
<b>CAPÍTULO I MARCO CONTEXTUAL.....</b>	<b>20</b>
<b>I.1 EL CASO ESTUDIO DE LA ZC-AMM (ZONA CONURNABADA Y ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY).....</b>	<b>24</b>
<b>I.2 PARADIGMAS ASOCIADOS AL AGUA SOSTENIBLE PARA LA ZC-AM DE MONTERREY ANTE SUS CONDICIONES DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO A TRAVÉS DE SUS IMPACTOS HIDRO SOCIOAMBIENTALES PREPONDERANTES, 1596-2022.....</b>	<b>28</b>
<i>I.2.1 Aspectos geofísico-ambientales, sociales y económicos preponderantes en la zona conurbada y metropolitana de Monterrey.....</i>	<i>29</i>
<i>I.2.2 Reconstrucción histórica hasta el reuso a través de los impactos hidro socioambientales.....</i>	<i>36</i>
<b>I.3 EFECTOS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMATICO, ECONOMIA, AGUA SOSTENIBLE Y RESIDUAL TRATADA EN LA ZC- AMM.....</b>	<b>42</b>
<i>I.3.1 Cambio climático y agua.....</i>	<i>45</i>
<i>I.3.1.1 Agua, valor, escasez y economía.....</i>	<i>52</i>
<i>I.3.2 El reuso del agua residual tratada una opción para el abastecimiento de agua.....</i>	<i>58</i>

<i>I.3.3 Enfoque holístico para el agua sostenible</i> .....	64
--	----

**CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**.....66

II.1 DESARROLLO SOSTENIBLE ASOCIADO A LA SUSTENIBILIDAD HÍDRICA, AGUA SOSTENIBLE, SU GOBERNANZA Y EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DUALES HACIA EL REÚSO PLANIFICADO DIRECTO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA.....	67
--	----

<i>II.1.1 Gobernanza y agua sostenible</i> .....	79
--	----

**CAPÍTULO III. METODOLOGÍA**.....87

III. 1 PRECEPTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS.....	88
---	----

III.2 ENFOQUE ASOCIADO AL ANÁLISIS DE LA OPCIÓN DEL REÚSO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	93
---	----

III.3 IMPLEMENTACIÓN METÓDICA DE PLANEACIÓN Y MODELACIÓN ASOCIADA AL POTENCIAL DE REÚSO DE AGUA RESIDUAL TRATADA: CASO DE LA ZONA CONURBADA Y METROPOLITANA DE MONTERREY.....	101
---	-----

**CAPÍTULO IV. RESULTADOS**.....124

IV. 1 GOBERNANZA ASOCIADA AL EL REÚSO PLANIFICADO DIRECTO DE EFLUENTES RESIDUALES TRATADOS Y AGUA SOSTENIBLE PARA LA ZC-MM.....	127
---	-----

IV.2 REPRESENTACIONES SOCIALES ASOCIADAS A LA SUSTENTABILIDAD HÍDRICA, SU VALOR Y AL REÚSO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA EN LA ZC-MM.....	141
---	-----

IV.3 LA SUSTENTABILIDAD HÍDRICA Y REÚSO PLANIFICADO DIRECTO DE AGUA RESIDUAL TRATADA A TRAVÉS DEL SISTEMA ATLAS-TI PARA LA ZC-MM.....	161
---	-----

IV.4 MODELO PROPUESTO PARA EL INCREMENTO POTENCIAL DE REÚSO PLANIFICADO DIRECTO DE AGUA RESIDUAL TRATADA EN DESTINOS COMPLEMENTARIOS AL INDUSTRIAL DETERMINADO MEDIANTE EL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA ZC-MM.....	187
---	-----

IV.5 INCREMENTO POTENCIAL DE REÚSO PLANIFICADO DIRECTO DE AGUA RESIDUAL TRATADA EN DESTINOS COMPLEMENTARIOS AL INDUSTRIAL DETERMINADO MEDIANTE MÉTODOS CONVENCIONALES DE PLANEACIÓN EN LA ZC-M DE MONTERREY.....	197
--	-----

<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>223</b>
V.1 LA GOBERNANZA, REPRESENTACIONES SOCIALES, PLANEACIÓN Y POTENCIALIDAD DE SUSTENTABILIDAD HÍDRICA MEDIANTE EL REÚSO DE AGUA RESIDUAL TRATADA EN LA ZC-AM DE MONTERREY.....	226
V.2 ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS RECOMENDADOS DERIVADOS DE LIMITACIONES DEL ALCANCE Y RESULTADOS.....	239
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>242</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>261</b>



## INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene una síntesis metodológica y de los resultados obtenidos en una investigación enfocada al Abasto de Agua Sostenible, donde el término de *Sostenibilidad Hídrica (SH)*, lo adoptamos de Cruz García Lirios (2012), quien la considera como la distribución equitativa del agua entre las especies animales y vegetales, considerando sus necesidades y en el caso de los humanos, sus expectativas de crecimiento sin comprometer las capacidades de las generaciones de especies futuras, para satisfacer sus necesidades, la cual complementamos principalmente con el modelo de Herman Daly (1990), quien establece, que para el logro de la Sostenibilidad Hídrica (SH), es necesario romper paradigmas y brindar la misma prioridad a las fuentes no convencionales y a los sistemas de Reúso Hídrico.

El Objeto de Estudio está plenamente asociado con el derecho humano al agua y el saneamiento, indispensables para la vida digna y deben ser disponibles, accesibles, seguros, aceptables y asequibles para todos (ONU, 2015); sin embargo, este derecho se ve limitado por el estrés hídrico, la contaminación de las fuentes de agua, el aumento de la demanda, la extracción intensiva de aguas, entre otros que afectan la Sustentabilidad Hídrica, donde el reúso de agua regenerada o ART puede ayudar a mitigar los efectos negativos de la escasez del agua a nivel local, (FAO, 2013:XV), siendo necesario generar conocimiento sobre ello para la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, ya que en la actualidad no existen procedimientos de corte cualitativo en investigación sobre el reúso de agua regenerada o residual tratada sobre la entidad

A través de la investigación, se consolida la premisa de que, desde la perspectiva social, ante una disponibilidad cada vez más limitada del recurso hídrico de primer uso y el deterioro de su calidad atender el enfoque de que:

*“ninguna agua de calidad superior, a menos que exista un excedente, debe utilizarse para un propósito que pueda tolerar un grado inferior”*, expresado en 1958, durante el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (AWWA, 2009).

Partiendo de dicha premisa y de que la Investigación Cualitativa no estudia la realidad en sí, sino como se construye la realidad, para el Estudio sobre la Sustentabilidad Hídrica y el Reúso del Agua Residual Tratada en la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey, Nuevo León, (ZC-MM), nos enfocamos en comprender dicha realidad, de manera reflexiva, y alejado de procedimientos previamente establecidos, a fin de brindar significado al fenómeno estudiado, crear conocimiento asociado a las representaciones sociales que prevalecen en la sociedad regiomontana y presentar la experiencia metodológica como recuerdan Arnal, Del Rincón y Latorre, (1992:54) de que *“la elección del área problemática viene determinada por el conocimiento, experiencia y condiciones que rodean al investigador”*, tomando en cuenta y, como línea base lo establecido por Lincoln y Denzin (1994:576), respecto a que este tipo de investigación, sobre los temas de Agua Sostenible asociados a la Sustentabilidad Hídrica y el Reúso de Agua Residual Tratada como opción de abastecimiento y suministro. pertenecen sin duda a un campo interdisciplinar, transdisciplinar, y en muchas ocasiones contra-disciplinar, con enfoque multimetódico que atraviesa las humanidades, las ciencias sociales y las físicas.

Así mismo, su naturaleza es de corte mixto, en razón de que pueden aplicarse técnicas de corte cualitativo como la entrevista y encuesta para la obtención de datos, cumpliendo así con lo señalado por Taylor y Bogdan (1986:20), quienes consideran a la Investigación Cualitativa como *“aquella que produce datos descriptivos: las propias palabras de las personas, habladas o escritas, y la conducta observable”*, aunado a adoptarse plenamente la característica de que para el investigador cualitativo, todas las perspectivas y/o percepciones son valiosas; y de que todos los escenarios, como lo es la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey (ZC-MM), y toda su población, como las involucradas en las tomas de decisiones y usuarios de los sistemas de agua, son dignos de estudio.

En este tecnosistema en estudio, las condiciones reiterativas de escasez de agua a través de su historia, y ante una actual e incipiente crisis hídrica, enmarcan la incertidumbre de consolidar el cumplimiento del Derecho Humano al Agua y Saneamiento de su sociedad, que por más de 20 años la ha considerado accesible y asequible, a pesar de ser de las más caras del país, y la enfrentan nuevamente a la búsqueda de alternativas, ante la disyuntiva de optar por opciones internas para su abastecimiento, suministro, uso y reúso sustentable, o refrendar acciones de importación de tan valioso recurso, de entidades aledañas, con los conflictos

sociales que derivan del mismo; cuando lo realmente necesario es una transformación profunda en el imaginario social y realidad individual del ser económico y ambiental que le habita, e implementar un proyecto social alternativo más consciente y solidario con los ecosistemas y los servicios ambientales que le brindan, al ser el Agua un servicio vital y esenciales para su subsistencia y desarrollo.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y CASO DE ESTUDIO.**

A través de la presente investigación social, se aborda el problema de la Sostenibilidad Hídrica, bajo la premisa de que, desde la perspectiva social, ante una disponibilidad cada vez más limitada del recurso hídrico de primer uso y el deterioro de su calidad atender el enfoque de que “ninguna agua de calidad superior, a menos que exista un excedente, debe utilizarse para un propósito que pueda tolerar un grado inferior”, expresado en 1958, durante el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (AWWA, 2009).

La investigación se centra en la potencialidad que representa el Reúso planificado directo del Agua Residual Tratada en la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey, que es la capital del Estado de Nuevo León y la segunda metrópoli de México, como opción estratégica para el abasto sustentable de agua en alineación con lo estipulado en la Agenda 2030 de la teoría del Desarrollo Sostenible (O.N.U., 2015), implementada por la Organización de las Naciones Unidas, cuyo sexto objetivo es: “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos” para garantizar la sostenibilidad hídrica al romper paradigmas y brindar la misma prioridad a las fuentes no convencionales y a los sistemas de Reúso Hídrico.

El agua ha sido un factor preponderante para la Ciudad de Monterrey desde su fundación el 20 de septiembre de 1596, cuando su abundancia en la zona, rodeada de ríos y manantiales, hizo pensar a sus fundadores que esta no llegaría a faltar, donde el mismo Capitán Alonso de León, en una descripción hecha en 1649 decía:

*“Los Ríos son claros, el agua es buena, sin color, sabor, ni olor, como dicen los filósofos que ha de ser. Corren siempre por piedras con rápido curso; son de mucha frescura”* (Torres, 1985).



En el ámbito de Sustentabilidad Hídrica (SH), la relación sociedad-naturaleza en la Zona Conurbada y el Área Metropolitana de Monterrey (ZC-AMM), ha sido supeditada por sus habitantes, a las prioridades del orden de desarrollo socio-económico, que parece mantenerla inmersa en un círculo vicioso desde hace más de 250 años, por lo que es necesario efectuar la investigación adecuada para generar conocimiento sobre los actores de la sociedad regiomontana y si estos estarían dispuestos a utilizar en su uso diario agua residual tratada para satisfacer algunas de sus necesidades de uso de agua, y contribuir así a la sustentabilidad hídrica en concordancia con el sexto objetivo de desarrollo sostenible de: “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos” y no dejar a nadie atrás, ante la óptica de que como sociedad “no vemos realmente el problema al contar con suministro de agua las 24 horas desde el año 2000”, prácticamente inmersos en el paradigma de la no percepción y sin advertir la recomendación establecida por el Ingeniero Enrique Torres hace más de 30 años, quien a través de la reflexión durante la “Crisis del Agua”, señaló:

*“Aprender a Cuidar el Agua y Usarla Racionalmente es Imprescindible, tanto como para dar mantenimiento y desarrollo a las obras. Sería absurdo construir los sistemas de abastecimiento y distribución para desperdiciarla o para descuidarlos. Sería Irracional usarla sin discernimiento y abandonar el mantenimiento. De todos depende que Monterrey tenga un mejor futuro. Si el Agua que ahora disfrutan los habitantes se cuida y se ahorra, habrá para muchos años. Si se desperdicia, a corto plazo la ciudad puede volver a vivir épocas de crisis y escasez”, (Torres, 1985).*

Por lo anterior, y ante la declaratoria de Emergencia emitida por el Gobierno del Estado en Febrero del 2022, ante una nueva e incipiente crisis hídrica, (SADM, 2022b) pareciese que como sociedad, se mantiene a su vez inmersa en un círculo vicioso en su relación con el agua, por lo que hacemos referencia a la problemática general que se desprende del Balance Hídrico de México, en el cual se tiene que de los 1,449 kilómetros cúbicos de precipitación, el 71.5% regresa a la atmosfera, se exportan 0.43 km<sup>3</sup> anualmente del Río Bravo a los Estados Unidos, de acuerdo con el Tratado sobre Distribución de Aguas Internacionales del año 1944, quedando solamente 447.3 de agua disponible (SEMARNAT, 2016).

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), como agente administrativo nacional del recurso, agrupa en 37 Regiones Hidrológicas, donde la más extensa es la No 24. Bravo-Conchos, con un total de 226,275 km<sup>2</sup>, y la tercera con más población del país, y comprende parte de Nuevo León, principalmente las Cuencas Hidrológicas No. 32 Río Pesquería y No. 33 Río San Juan 1 donde se encuentra ubicada la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey (ZC-MM) (CONAGUA 2015, SEMARNAT 2016).

Una de las variables relevantes del sector hídrico a nivel de Región Hidrológica No. 24 Bravo Conchos, y la cual es de nuestro interés para los efectos de la investigación, es que en ella se generan casi 20 metros cúbicos por segundo de aguas residuales, de los cuales se tratan solamente 15.4 metros cúbicos por segundo, es decir el 77% del total y el agua residual industrial; aunado que en esta Región, el caudal de diseño de conjunto de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR's) es de 498,000 metros cúbicos diarios y solamente la mitad de estos efluentes cumplen con las condiciones particulares de descarga establecida en la normativa vigente; aunado a que solo se destina a un tipo de reúso 1,479 litros por segundo, lo que significa que en la región no existe una cultura para el reúso del agua a pesar de que las carencias de fuentes de abastecimiento y su alto costo de inversión. (DOF, 2011)

De esta forma, partimos de la realidad geográfica semi-árida y sociocultural de su población, donde su clima extremoso la conduce a reiterativas crisis hídricas que la mantienen en la incertidumbre del derecho humano al agua y, a pesar de las condiciones de escases del agua segura de primer uso, denotan preliminarmente que no se valora al Agua Residual (Metcalf & Eddy, 1996), que es considerado un recurso desaprovechado a nivel mundial según la O.N.U. (WWAP, 2017)

La ZC-MM, padece de una *acelerada y desordenada expansión urbana*, que actualmente supera los 7,050 Km<sup>2</sup> de extensión; *fuentes convencionales sobre explotadas*, cuya capacidad de extracción sostenible de tan solo 10,250 litros por segundo, (SDS, 2010) es ampliamente rebasada ante una sed de crecimiento de más de 16,200 litros por segundo que demanda el tecnosistema, la cual ha derivado en que a marzo del año 2022, la presa de la Boca y la Presa Cerro Prieto, de mas de 340 millodes de metros cúbicos de capacidad conjunta, se encuentren prácticamente a días de quedar completamente vacías, (SADM, 2022a) provocando un

estres mayor sobre las endeble fuentes convencionales subterráneas, cuyo Disponibilidad Media de Agua (DMA) es de -131.49%, agudizando el problema hasta alcanzar un Grado de Presión Hídrica del 47% (CONAGUA, 2020).

Aunado a ello, el Sistema de Abastecimiento mantiene una *infraestructura de vida útil rebasada e insuficiente*, ya que los proyectos como el Plan Estatal de Desarrollo (PED, 2016) y Planes Hídricos, como el denominado Monterrey VI y el Plán Hidrico 2030 convertido al Plan Maestro 2030, (SADM, 2022c) que contiene tres puntos fundamentales como son la construcción de la presa Libertad, el mejorar la eficiencia en la distribución del agua y el incremento de saneamiento y reúso del agua tratada, de la mano del Plan Hídrico Nuevo León 2050 del Fondo de Agua Metropolitano de Monterrey (FAMM, 2018), cuyas medidas de mitigación estructurales se abocan a la diversificación de las fuentes de agua, que implica incrementar la robustez del sistema de distribución de agua y saneamiento ante futuras sequías en el Estado, y el Reúso de agua tratada más allá del riego de áreas verde y jardines, enfocados a buscar alcanzar una disponibilidad suficiente de agua para las generaciones futuras (SADM, 2020), no se han cristalizado por conflictos de carácter económico, social y ambiental entre las partes interesadas.

Esta metrópoli ha presentado un *gran crecimiento poblacional en zona urbana*, como es la constante de las ciudades latinoamericanas, albergando a más de 5,325,091 habitantes (INEGI, 2021); derivado de su calidad de vida que ofrece, al tener una cobertura de agua potable del 99.6%; un 98.96% en drenaje sanitario, y prácticamente un 100% en el saneamiento de sus aguas residuales municipales. (SADM, 2020); contando con un suministro de agua potable y segura las 24 horas del día desde el año 2000, que le permite a sus pobladores mantener una realidad *Enfoque hacia el Desarrollo Económico como Realidad*, que le ha redituado para alcanzar un ingreso per cápita de \$236 799 con un Producto Interno Bruto (PIB) del 7.7% alcanzando el 3<sup>er</sup> nacional en 2019, y logrando un Índice de Desarrollo Humano (IDH) de 0.82, que lo sitúa por encima del 0.779 nacional (SENL, 2021) (PNUD, 2020:384); situación que deriva en una *Sociedad inmersa en la No Percepción de su Realidad Hídrica*.

De esta forma, pasamos de la realidad geográfica semi-árida y la económica, a la sociocultural de su población, donde reiterativas crisis hídricas la mantienen en la

incertidumbre del derecho humano al agua y, a pesar de las condiciones de escases del agua segura de primer uso, denotan que no se valora adecuadamente al agua y, a su vez, a la opción que les representan el reúso planificado directo del Agua Residual (Metcalf & Eddy, 1996), ya que a pesar de brindarle un tratamiento adecuado como el que poseen sus fuentes no convencionales existentes, solo 116 de los más de 1,653, 000 usuarios que se abastecen del sistema de distribución agua dual existente, han optado por ella para satisfacer sus necesidades de agua de calidad no potable, siendo principalmente para destinos de reúso industrial, denotando el por que es considerado un recurso desaprovechado a nivel mundial según la O.N.U. (WWAP, 2017); razón por la cual podemos plantear si el Reúso de Agua Residual Tratada, planificado directo de sus fuentes no convencionales, para destinos de consuntivos complementarios al Industrial, sería una Opción para contribuir al abastecimiento Sustentable de Agua en la ZC-MM.

Ante ello, el problema también radica en encontrar no solo los aspectos técnicos, infraestructura y los métricos que nos permitan evaluar y asegurar la optimización del uso del agua a través del reúso del agua residual tratada, sino que, a su vez, podamos encontrar los medios para una concientización efectiva y adecuada para que la generación actual que habita la ciudad, se involucre en mayor medida en el tema de la Sustentabilidad Hídrica (SH).

La problemática anterior procede de un modelo de gestión del agua particular y complejo que se ha vuelto hegemónico en México, un modelo centralista, reduccionista y monopolizador que, en el caso de la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey, es mantenido por el gobierno federal y estatal a través de planes hídricos fallidos y sistemas hidráulicos lineales basados en la explotación no sustentable de fuentes convencionales, donde históricamente ha prevalecido la idea de que se puede extraer agua de cualquier lugar, y del que espera obtener, según el estatus económico, lo más clara, inodora e incolora posible (Worster, 2008), a partir de supuestos estudios de factibilidad técnica y viabilidad financiera, sin considerar el saneamiento del agua residual y su reúso a destinos complementarios al industrial y agrícola, a partir de fuentes no convencionales y sistemas de abastecimiento duales que representen opciones reales a los usuarios que no requieren agua de calidad potable y, donde se continúa limitando el valor del agua de primer uso y del agua residual tratada, bajo perspectivas utilitaristas antropogénicas y ontologías paradigmáticas de no percepción de su escasez, que fundamentan la lógica del abastecimiento de agua a la que

*“con un mínimo esfuerzo de nuestra parte brota de un grifo, mientras que los medios por los que llega a nosotros son dados por sentado”* (Worster, 2008: 163).

De esta forma, y ante la incipiente Crisis de Agua en la Segunda Metrópoli del País, cuya calidad de vida y economía ofrecida es superior a la media del país, mantiene a una Sociedad aparentemente inmersa en el Paradigma de la No Percepción, que conocía el precio de las cosas pero no el valor del agua, con fuentes convencionales sobre-explotadas, infraestructura insuficiente, deficiente y obsoleta, que evita cumplir fehacientemente con el derecho humano al agua, derivando en conflictos entre las partes interesadas que han detenido los planes y proyectos en la búsqueda del agua sostenible, se aborda el Problema de la Sostenibilidad Hídrica, desde la perspectiva social, ante una disponibilidad cada vez más limitado del recurso hídrico para atender el enfoque de que *“ninguna agua de calidad superior, a menos que exista un excedente, debe utilizarse para un propósito que pueda tolerar un grado inferior”*, expresado en 1958, durante el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (AWWA, 2009).

## **CUESTIONAMIENTO DE INVESTIGACIÓN GENERAL.**

El principal cuestionamiento de índole general asociado a la investigación deriva de la necesidad de determinar si el abastecimiento de Agua Residual Tratada (ART), mediante el reúso planificado directo en destinos de reúso urbano complementarios al industrial, representa una opción viable de suministro no convencional de agua, para contribuir en la solución al problema de escasez y diversificación de la demanda de agua en la Zona Conurbada y Metropolitana Monterrey Nuevo León, (ZC-MM); aunado a establecer que sectores u actores de la sociedad que habitan la misma, pudiesen reutilizar en su uso diario, agua residual tratada para satisfacer algunas de sus necesidades, y contribuir así a la sustentabilidad hídrica en concordancia con el sexto objetivo de desarrollo sostenible de: *“Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”*, de esta forma, dicho cuestionamiento se enuncia como:

¿El Reúso de Agua Residual Tratada (ART) es una opción alternativa no convencional de abastecimiento que, como estrategia operativa a partir del Principio de Recolección Sostenible, puede coadyuvar a mitigar o inclusive brindar la solución a algunos de los

problemas de demanda de agua en la Zona Conurbada y Area Metropolitana de Monterrey, Nuevo León (ZC-AMM) para su Sostenibilidad Hídrica (SH) como Agua Sostenible (AS)?

### **CUESTIONAMIENTOS DE INVESTIGACIÓN ESPECÍFICOS.**

Los cuestionamientos de investigación específicos planteados a responderse dentro de la presente investigación, se encuentran alineados a los cuestionamientos de investigación general, y enfocados a la obtención de respuestas a partir de la aplicación de estudios de corte mixto conforme a los paradigmas cualitativos y cuantitativos y sus diferentes herramientas metodológicas, que permitan demostrar o descartar si el reúso del agua residual tratada representa una opción viable para el abasto sustentable de agua en la Zona Conurbada y Metropolitana Monterrey Nuevo León, siendo estas las siguientes:

- A. ¿El Agua Residual Tratada representa una opción viable para el suministro planificado directo en destinos complementarios al industrial, que representa a su vez una alternativa no convencional de abastecimiento a usuarios que no requieren de agua de calidad potable para satisfacer sus necesidades, la cual contribuya a la mitigación de los problemas de demanda de agua en la ZC-MM?
- B. ¿Quiénes serían las partes interesadas o usuarios conforme a los destinos de reúso público urbano que pudieran interesarse más en el uso del agua residual tratada?
- C. ¿Qué obstáculos tendría la población y sociedad que conforma la ZC-MM para adoptar a partir de su accesibilidad y asequibilidad, la aceptabilidad de reutilizar el Agua Residual Tratada?
- D. ¿La modificación y complementación de sistemas duales internos para acceder al sistema de abastecimiento de agua potable y agua residual tratada en las instalaciones de usuarios comerciales, público e inclusive doméstico no potable serían aceptados por la población objetivo?

## **OBJETIVO GENERAL.**

Ante los proyectos hídricos que no han fructificado y manifiesta preocupación por un nuevo Impacto hídrico socio-ambiental preponderante, ante la emisión de una declaratoria de emergencia ante una crisis hídrica incipiente en febrero del año 2022 por la autoridad (SADM, 2022b), derivada principalmente de los efectos de la sequía atípica que se mantiene en el país desde el año 2020; así como de la transformación en la segunda metrópoli más grande del país con una extensión de más de 7050 km<sup>2</sup> y, un crecimiento poblacional de más de un 50% en tan solo 20 años, llegando a una población superior a los 5.35 millones de habitantes, los cuales, ante un adecuado nivel de calidad de vida que representa un Índice de Desarrollo Humano de 0.82, superior al nacional de 0.779 (PNUD, 2020) (SENL, 2021), coberturas adecuadas de agua potable y saneamiento, con una continuidad de suministro de 24 horas los 365 días del año por más de 20 años, contando con los servicios de agua potable asequible, accesible y segura, que, derivaron en una gestión de satisfacción de la demanda que se incrementó en un 50% durante el mismo periodo, hasta rebasar los límites de la oferta firme sustentable de sus fuentes convencionales, aunado a un comportamiento social y cultural sobre el valor del agua, que parece permanecer en la no percepción de los efectos históricos potenciales ante una nueva crisis del agua, en razón de la incertidumbre ambiental y social relacionada con la extracción insostenible y deterioro de los recursos naturales, que son factores determinantes en la aparición de un comportamiento de tinte egoísta de las personas y los grupos (Biel y Gärling, 1995), al ser un dilema que implica un conflicto entre los intereses propios y el bienestar de un grupo o sociedad en general, ante la situación de que la mayoría de las personas no logran contener o limitar su requerimiento de agua, escasa en la región 24 del río Conchos, y propiciando la reducción de bosques y contaminación, que afecta la seguridad hídrica regional, por lo que es imprescindible efectuar la búsqueda de opciones de naturaleza convencional y no convencional, para mitigar los efectos ya conocidos de la escasez de agua; de esta forma, el objetivo general de la presente investigación se define como:

Determinar si el Reúso del Agua Residual Tratada de forma planificada directa a destinos de uso público urbano complementarios al industrial en la Zona Conurbada y Area Metropolitana de Monterrey, representa potencialmente una opción estratégica para el abasto sustentable de agua, en alineación con lo estipulado en la Agenda 2030 del paradigma del

Desarrollo Sostenible, cuyo sexto objetivo es: “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”, para mitigar y coadyuvar en su sostenibilidad hídrica, al romper paradigmas y brindar la misma prioridad a las fuentes no convencionales y a los sistemas de Reúso Hídrico.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

El objetivo general de la investigación es vinculantes y alineado a lo estipulado en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, cuyo SEXTO OBJETIVO es: “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”, de conformidad con la Resolución A/RES/70/1 del 25 de septiembre de 2015 establecida por la Organización de las Naciones Unidas.

De este objetivo deriva la propuesta de opción del Reúso Planificado Sustentable de Agua para el aprovechamiento de las aguas residuales, que en el año 2017 se consideraron como un Recurso Desaprovechado y, que ante la situación de crisis que prevalece en la Zona Conurbada y Area Metropolitana de Monterrey, se denota que socialmente se carece de una aceptación adecuada, al no considerar al Agua Residual Tratada y a las “Fuentes No Convencionales” como viables para el abasto de agua en destinos complementarios al Industrial dentro del sistema de distribución dual existente.

De esta forma se observa que dicha sociedad ha desestimado el potencial de reúso planificado directo de efluentes tratados como Estrategia Operativa, la cual se alinea al Principio de Recolección Sostenible de Herman Daly para el abasto de agua sustentable, específicamente en destinos público urbanos como el comercial, público y doméstico no potable, con lo cual le resta valor a los “servicios ambientales” que mantienen la biodiversidad y la producción de bienes asociados al agua sostenible; razón por la cual se desprenden del objetivo general, los objetivos, general y específicos, de la investigación siguientes:

- I. Determinar la potencialidad que tendría el Agua Residual Tratada o Regenerada como una alternativa no convencional para contribuir en la mitigación y solución al problema de demanda de Agua en la ZC-AMM.



- II. Establecer que actores de AMM estarían dispuestos a utilizar en su Uso Diario Agua Residual Tratada.

### **SUPUESTOS TEÓRICO HIPOTÉTICOS DE INVESTIGACIÓN.**

Los supuestos teóricos hipotéticos en la investigación para determinar si el reúso del agua residual tratada representa una estrategia real para el desarrollo urbano y medio ambiente como opción de fuente no convencional para el abasto sustentable de agua en la Zona Conurbada y Metropolitana de la Ciudad de Monterrey Nuevo León son los siguientes:

- I. El Agua Residual Tratada mediante su reúso contribuye a mitigar la demanda de agua de primer uso en la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey (ZC-MM).
- II. El Reúso del Agua Residual Tratada tiene obstáculos o barreras de tipo simbólico social en la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey (ZC-MM).
- III. El aceptar agua de calidad no potable para usos que no requieren dicha calidad requiere de cambios en la cultura de la población de la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey (ZC-MM).

## JUSTIFICACIÓN

Alineado al objetivo principal, con la finalidad de demostrar, a través de un estudio de caso, que la Perspectiva y Representación Social (PRS) en el Reúso del Agua Residual Tratada (ART) planificado directo, es un factor tan importante como la perspectiva ambiental y económica que habitualmente se considera en la planificación y proyectos de abastecimiento de agua potable para tecnosistemas, diseñados en forma lineal con un limitado concepto de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos, al considerar como fin del ciclo urbano del agua, el vertimiento de las aguas residuales o residuales tratadas, a los cuerpos de agua receptores como ríos, lagos o cañadas, desestimando al ciclo holístico urbano del agua, donde converge una visión de Agua Sostenible (AS) para la circularidad real del agua, aplicables mediante los Sistemas de Abastecimiento de Agua Residual Tratada (SAART) como parte de los sistemas duales para su reúso, y que a su vez también coadyuva de forma importante en la Sustentabilidad Hídrica (SH), tomando como caso de estudio la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey, (ZC-MM).

La estimación de un déficit de disponibilidad que tenía la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey (ZC-MM) para el año 2030, donde se estimaba que la demanda sería del orden de 16,400 litros por segundo contemplando una dotación de 130 l/hab/día (SDS, 2010); se ha adelantado en más de 8 años, en una nueva crisis hídrica incipiente, cuyas repercusiones socioambientales y económicas son difíciles de advertir, ya que conforme los datos brindados por el Organismo Operador de Agua, en el año 2022 se han rebasado los caudales señalados de extracción de las fuentes convencionales (SADM, 2022a), donde algunas de las mismas sufren un agotamiento no visto en más de 20 años, y las restantes sufren de una sobre explotación desmedida en el afán de satisfacer la demanda sedienta de crecimiento, a pesar de haberse rebasado desde el año 2015 la oferta firme sustentable de agua de las fuentes convencionales disponibles de agua disponible es de tan solo 10,250 litros por segundo (TNC, 2015), por lo que para contrarrestar este déficit y mitigar los efectos de la nueva crisis hídrica incipiente, es necesario considerar opciones de abastecimiento de agua sostenible, mediante la planificación de sistemas y proyectos de ampliación y de nuevas fuentes convencionales y no convencionales inclusive, con opciones como el Agua Residual Tratada (ART).

La presente investigación a su vez se justifica mediante la búsqueda de contribuir a generar conocimiento respecto a esta opción de abastecimiento, así como establecer que la perspectiva de las representaciones sociales asociadas al valor del agua y al Reúso del Agua Residual Tratada (ART), mediante los SAART's, constituye un gran impacto en la utilidad misma de dichos sistemas, que puede constituirse como una herramienta importante en la gestión integral de los recursos hídricos y coadyuvar para el logro de las Metas 6.3 y 6.4, de la reutilización del agua residual así como la utilización eficiente de los recursos hídricos que integran el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 6 (SDG6), establecido en la resolución A/RES/70/1 de la asamblea general de la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2015a), y en atención al Informe Mundial 2017 de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos (WWAP, 2017).

La principal justificación es generar conocimiento socio-ambiental y económico que contribuya a romper el círculo vicioso que representan los Impactos hídricos socio-ambientales preponderantes que acontecen en forma reiterativa en la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, mediante un trabajo de corte cualitativo y cuantitativa que se apoye en la teoría, métodos y diversas técnicas de investigación que estos ofrecen, donde como investigadores motivados en hacer análisis cualitativo, nos permita construir conocimiento sustantivo. Habiendo de señalar que, “como cualquier conjunto de prácticas, el nivel de logros analíticos dependerá de quienes lo aplican” los métodos como la teoría Fundamentada u otros (Strauss & Corbin, 2002: XXI), en la búsqueda de una respuesta a la preguntas de investigación.

Con este fin, se utilizan diversas herramientas para captar información y métodos de análisis en el manejo de datos, considerando el contexto de las condiciones económicas, políticas, sociales y ecológicas que vive la región y de esta manera tener la percepción sobre los antecedentes y condiciones actuales relacionados al Reúso de Agua y la Sostenibilidad Hídrica, cuyo propósito se encuentra, como ha sido establecido, alineado a lo estipulado en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, dentro del sexto objetivo que es: “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos” Resolución A/RES/70/1 del 25 de septiembre (ONU, 2015a).

Es esta misma perspectiva social la que le brinda validez a las referencias del Sistema de Reúso, como lo establece Fregge, la cual en forma simbólica a la percepción le añade complejidad en su estructura, al señalar metódicamente que, para efectuar el “Reúso Directo Planeado y el Intercambio” a través de un SAART por un entorno social, es necesario que la “fuente” suministre una cantidad y calidad de ART que cumpla los requisitos que le son inherentes a la aplicación o destino de la misma.

La Perspectiva Social sobre el reúso de agua residual tratada es de gran impacto para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos, cuyos preceptos y aplicados al Sistema de Abastecimiento de Agua Residual Tratada pueden contribuir, mediante la construcción simbólica y referente de métricos e indicadores, en la optimización del Reúso Hídrico y servir como herramienta en la Gestión Hídrica Sustentable.

#### IMPACTOS HÍDROSOCIOAMBIENTALES PREPONDERANTES EN MONTERREY.

La importancia del Agua y su disponibilidad esta incluso enmarcada en el “Acta de Fundación de la Ciudad de Monterrey” (Montemayor, 1596), donde el propio capitán, Don Diego de Montemayor expresó: *“Hago fundación de Ciudad Metropolitana junto a un monte grande de nopales, parrales, morrales y aguacates, y Ojos de Agua que llaman Santa Lucía... Y se ha de titular e intitula Ciudad de Nuestra Señora de Monterrey”*.

La Ciudad de Monterrey, Nuevo León, fundada el 2 de noviembre de 1596 y su área Metropolitana, con más de 4.2 millones de habitantes, se encuentra enclavada en la Cuenca Hidrológica No. 24 del Río Conchos, la cual tiene clima extremoso, árido, semiárido y muy árido, con temperaturas por debajo de 0° centígrados y por arriba de los 45° centígrados con ocurrencias de agua per cápita de 1,085 metros cúbicos por habitante por año donde se han registrado sequías extremas y concentra la mayor parte de la industria y con disponibilidad muy restringida de abastecimiento. Se generan casi 20 metros cúbicos por segundo Agua Residual Municipal, de los cuales se tratan solamente 15.4 metros cúbicos por segundo y se destinan a reúso solamente 1,479 litros por segundo, lo que significa que en la región no existe una cultura para el reúso del agua a pesar de que las carencias de fuentes de abastecimiento y su alto costo de inversión. El reúso es sobre todo para fines industriales y de riego de áreas verdes urbanas (DOF, 2011).

En el nivel nacional, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) señala que las entidades que padecen más sequías son: Durango, Chihuahua, Coahuila, y Nuevo León. (CESOP, 2017), por lo que mejorar la eficiencia en el uso del agua es imprescindible para hacer frente a la brecha proyectada de 40% entre la demanda y la oferta, a fin de mitigar la escasez de agua proyectada para el año 2030 (PNUMA, 2011), por lo que, para los fines del estudio, se considera que una opción hacia encaminada hacia la Sustentabilidad Hídrica, puede ser el reúso de agua regenerada o ART, la cual puede mitigar los efectos negativos de la escasez del agua a nivel local. (FAO, 2013: XV), razón por la cual se le elige para realizar el presente estudio.

Los habitantes de la Ciudad de Monterrey y su área Metropolitana han mantenido una relación sociedad-naturaleza de explotación, en donde durante los primeros tres siglos, se mantuvo un dominio por la segunda, limitando su crecimiento hasta 1740, en donde inició en incremento poblacional a 3,000 habitantes, y derivado a su vez como un efecto del crecimiento de la relación sociedad-economía, donde el manejo inadecuado de los servicios ambientales de la naturaleza, como lo es el agua, derivó que el “Primer Impacto Hídrico Socio-Ambiental Preponderante” (IHSAP I) en 1765, con la desaparición de la escorrentía superficial del agua en el Río Santa Catarina, denotando así el inicio del declive de la disponibilidad hídrica”

El auge industrial y las oportunidades convirtieron a la metrópoli en un polo de desarrollo, con el cual se incrementó su población notablemente hasta los casi 700,000 habitantes que requerían más de 800 lps superando la infraestructura instalada, por lo que, a partir de ese momento se agudizó el aprovechamiento del agua desde la racionalidad moderna capitalista, teniendo como consecuencia que en la década de 1960 se presentara al IHSAP II (Segundo Impacto Hídrico Socio-Ambiental preponderante) con la importación de agua para la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, de los Acuíferos Huajuco y Mina, para poder satisfacer su demanda mediante la extracción y conducción de agua de galerías filtrantes de calizas, pozos profundos y de la primer presa de agua para consumo humano del Estado.

Rebasada su infraestructura y disponibilidad del agua ante un crecimiento industrial y poblacional que luchan por este recurso como bien económico, el agua se vuelve casi un bien suntuario, en una sociedad dividida por la desigualdad, donde más de 2;300,000

habitantes demandan de 7,865 litros por segundo, en un caos con más de 500,000 habitantes que no tenían acceso, conociéndose como La Crisis del Agua en Monterrey y consolidándose el IHSAP III (Tercer Impacto Hídrico Socio-Ambiental Preponderante) de insustentabilidad con las acciones para traerla desde más de 100 kilómetros de distancia con la construcción de la Presa Cerro Prieto y sus acueductos en la décadas de los ochentas.

Las políticas de desarrollo de descentralización de la ciudad no fructifican, por lo que la sociedad de la zona urbana sigue creciendo a partir de intereses que dejan a un lado los aspectos medio ambientales, lo que deriva en el IHSAP IV (Cuarto Impacto Hídrico Socio-Ambiental Preponderante) que inicia en 1993 con la Presa Cuchillo Solidaridad de 1,123 mil millones de metros cúbicos, y un acueducto de 110 kilómetros para más de 3.5 millones de habitantes que se tuvieron en el año 2000 que demandaban más de 10,200 lps ”

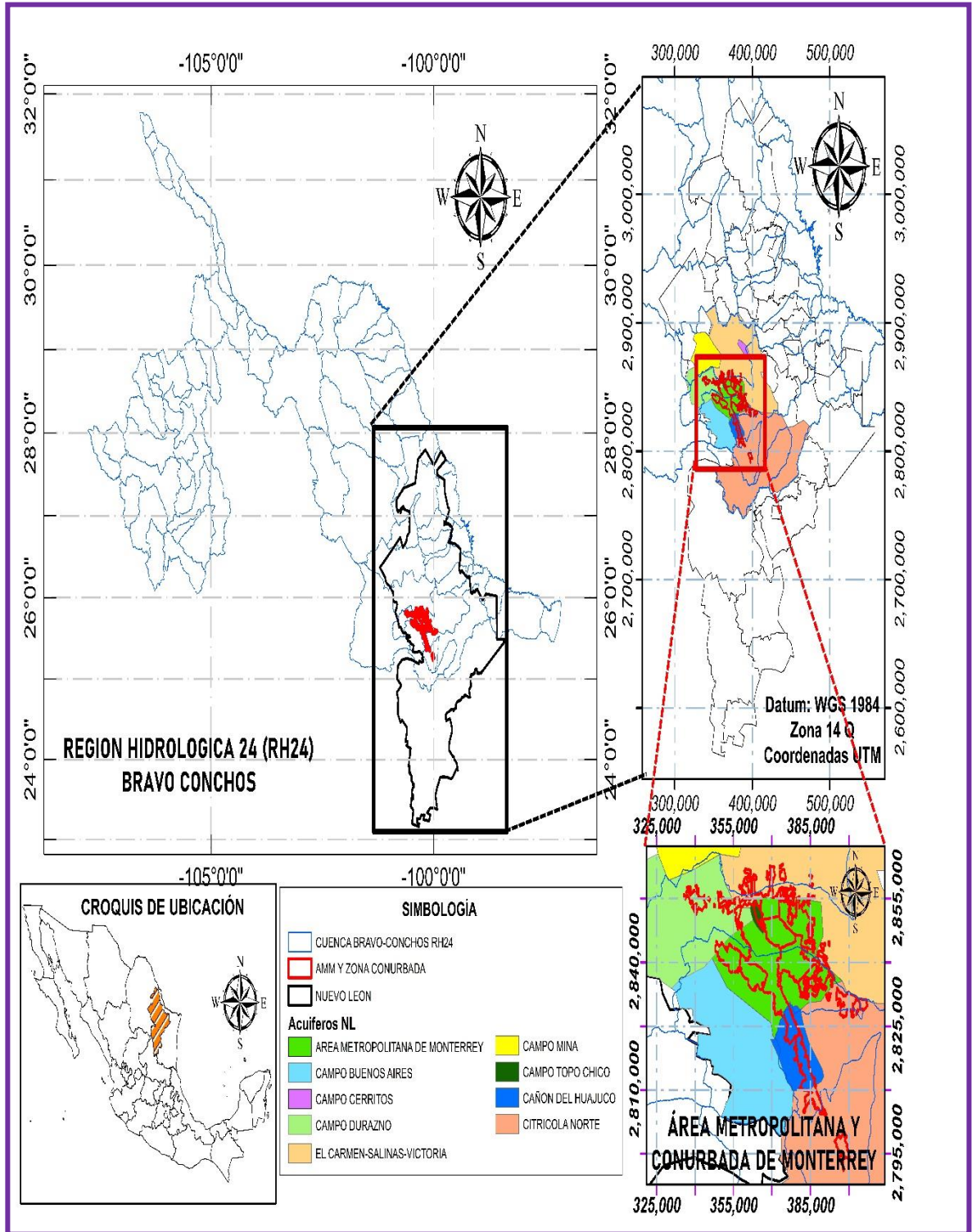
La Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey continuó en expansión, y registró un crecimiento de extensión territorial a 7,657 KM<sup>2</sup> con 13 municipios y más de 4,220,000 habitantes en el año 2015, con un Índice de Desarrollo Humano promedio de 0.880, a pesar de que se ubica en una región semiárida, el clima es cálido, extremoso, con una precipitación media anual de solo 600 mm y su topografía es tipo mixta de valles y montañas (INEGI, 2017); y la demanda de agua potable se incrementó a 12,599 litros por segundo en 2017 (SADM, 2018), por lo que, prevalece la existencia de un déficit de disponibilidad de agua presente y futura, ya que la oferta firme sustentable de agua disponible de las fuentes actuales es de tan solo 10,200 litros por segundo, (SDS, 2010).

Luego del fallido Programa Monterrey VI, aún en controversia, el cual fue cancelado en el año 2017, que busca a grosso modo, la importación de hasta 15 m<sup>3</sup>/seg del Río Tampacán de la Cuenca del Río Pánuco hasta la cuenca del Río San Fernando, mediante un acueducto que desembocaría en la Presa Miguel de La Madrid (Cerro Prieto) a más de 100 km de la ZC-MM, el Plan Hídrico Nuevo León 2050, presentado en el mes de agosto de 2018, (FAMM, 2018), representaba una oportunidad para implementar algunos de los preceptos de Sostenibilidad Hídrica y desarrollo hídrico sostenible, a nivel Estatal, ante la imposibilidad de limitarlo al ámbito local dentro del tecnosistema ante la reducida disponibilidad de agua de primer uso y una demanda creciente de extracción promedio que supero los 15,000 litros por segundo en 2020, donde la reducción significativa y sostenida de la disponibilidad de

agua de primer uso, ante factores como el paso de la ZC-AMM como segundo grupo poblacional mas grande del país con mas de 5.34 millones de habitantes en el año 2020, que demandan más de 160 litros por habitante por día; el bajo nivel en las fuentes convencionales superficiales que a febrero de 2022, contaban con un tan solo el 44% de volumen de llenado en conjunto; la declaratoria de emergencia por Sequía Extrema del 02 de febrero de 2022 (SADM, 2022b), el retraso de acciones que incrementarían el reúso industrial de agua residual tratada (ART) dentro de sus sistema de abastecimiento dual, y no contar con una nueva fuente convencional denominada como “Presa Libertad”, representa un IHSAP V (Quinto Impacto Hídrico Socio-Ambiental Preponderante) incipiente.

Sin embargo, el 15 mayo de 2022, durante la presentación del denominado Plan Maestro del Agua para afrontar la crisis hídrica que ya se presenta, así como en busca de garantizar el abasto para los próximos 50 años, el gobernador de Nuevo León y, el Director General del Organismo Operador informaban que actualmente se tiene ya una demanda de 16,000 lps, y buscaban satisfacer con el plan hasta 25,000 lps para los próximos 3 años, con una inversión de 25,000 millones de pesos, mediante 132 pozos, la nueva presa libertad, 4 potabilizadoras de tratamiento avanzado y un segundo acueducto el Cuchillo II, aunado a importar agua de cuencas de Tamaulipas y Veracruz (SADM, 2022c), sin mencionar que el plan contenga específicamente el aprovechamiento del reúso optimizado planeado directo de efluentes tratados de agua residual en destinos consuntivos complementarios al industrial que prevalece de forma mediática, ya que las industrias principales mantienen sus propias fuentes, y las que se abastecen de agua residual tratada del sistema de abastecimiento dual, solo aprovechan alrededor del 15% del volumen contratado, para fines generalmente asociados a la responsabilidad social empresarial y cédulas de operación ambiental.

Figura 1. Ubicación de la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey (ZC-MM), Región Hidrológica y Acuíferos. (Estudio de Caso)



Elaboración propia a partir de datos de INEGI y SADM 2021.



## PRIMERA PARTE

### CAPÍTULO I

#### MARCO CONTEXTUAL

A través de la presente investigación social, se aborda el problema de la Sostenibilidad Hídrica, bajo la premisa de que, desde la perspectiva social, ante una disponibilidad cada vez más limitada del recurso hídrico de primer uso y el deterioro de su calidad, es preciso atender el enfoque de que “ninguna agua de calidad superior, a menos que exista un excedente, debe utilizarse para un propósito que pueda tolerar un grado inferior”, expresado en 1958, durante el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (AWWA, 2009).

La representación social predominantemente asociada al agua por una sociedad puede considerarse un hecho social e inclusive una acción social en el contexto societal, al representar una articulación entre lo psicológico y lo social, al rendir cuenta de la manera en que el sujeto y la sociedad interpreta la realidad a la que se enfrenta (Jodelet, 1986), sobre la base de su entorno geográfico y ante su relación histórica como propiedad fundamental (Rouquette, 1994, p.179).

Siendo regida por claroscuros de abundancia y escases, opera como guía potencial de las prácticas y de las decisiones sobre su gestión en función de su identidad, pero también como forma de apropiación de estas decisiones (Giménez, 2007), desde como y donde establecer los asentamientos humanos construidos precariamente hasta los tecnosistemas que conforman las ciudades o tecnosistemas.

Estos tecnosistemas son desarrollados generalmente de conformidad por las condiciones que imponen el clima, su topografía y los cuerpos de agua, al ser el resultado de la interacción de las sociedades con los elementos de un espacio natural determinado y también de la forma en que este afecta la organización social (Altieri y Koohafkant 2015).

Recordemos que el modelo epistemológico el carácter fáctico de lo social o Teoría del Hecho Social, que Durkheim explora en *Las reglas del método sociológico* (1895), y quien sobre los hechos sociales señala (1898: 40-41 y 45) que: a) que son maneras de obrar, de pensar y de sentir; b) que son representaciones mentales colectivas; c) que son independientes de la

conciencia individual; d) que están dotados de una fuerza imperativa o coercitiva por medio de la cual se imponen; e) que pueden ser contemplados en cuanto cosas, suscitando así la aplicabilidad a la sustentabilidad hídrica mediante el reúso del agua residual tratada, a partir de la percepción del entorno social hacia este y su propia estructura objetiva.

Donde consideramos a partir de la tesis durkheimiana, el hecho social asociado al reúso hídrico, el cual quedaría verificado por la existencia sobre este de pautas culturales de la sociedad regiomontana (creencias, costumbres, representaciones, etc.) que trascienden al individuo porque existen antes de su incorporación a la vida social, sin estar a su alcance el poder evitarle y, que prácticamente se ve obligado a adherirse a las mismas pautas.

Ello en función de que continúan su curso durante su vida e incluso aún después de la muerte del mismo, en virtud de que todos los miembros de una sociedad poseen pautas concurrentes en la forma de vivir, y reglas morales vinculadas al agua, y se desenvuelven todos dentro de una organización común de instituciones legales, políticas y económicas.

Finalmente su conjunto forma una estructura más o menos estable que persiste en sus características esenciales durante largos períodos de tiempo, y que se transmite de generación en generación (Evans Pritchard, 1965: 68-69), lo que podría considerarse a su vez como un hecho etnográfico al considerar la participación y selección del investigados.

Por ende, tomamos lo señalado por Julian H. Steward (1949), quien nos dice que los hechos solo existen en tanto estén relacionados con teorías, y las teorías no se destruyen por hechos: se reemplazan por nuevas teorías que los expliquen mejor, por lo que se diferencia del hecho etnográfico a partir de lo señalado en el marco teórico.

De esta forma, los hechos sociales son reconocidos también como expresión de funciones que subvienen a necesidades biológicas, tales como el beber y acceder al agua, que a la postre han sido reconocidos como Derechos del Hombre o Derechos Humanos, para lo que Malinowski señala que la función fundamental del derecho es *“contener ciertas propensiones naturales, canalizar y dirigir los instintos humanos e imponer una conducta obligatoria, no espontánea; con otras palabras, asegurar un tipo de cooperación basado en concesiones mutuas y en sacrificios orientados hacia un fin común. Una fuerza nueva, diferente de las inclinaciones innatas y espontáneas, debe estar presente para que esta tarea se lleve a cabo”* (1985: 79-80).

De esta forma, podemos a su vez encuadrar en menor medida la teoría la teoría nominalista o subjetiva de la acción social basada en la intencionalidad de las acciones de los seres humanos (al incluir tolerancia u omisión individual sobre el reúso del agua residual tratada), al ver que se orienta por las acciones de los otros miembros de la sociedad reciomontana, las cuales pueden ser presentes, pasadas o futuras (Weber, 1979:18).

Ello asido al paradigma interpretativista y el esbozo de los tipos ideales, desprendida que toda interacción que fuera fisiológica o inconsciente, donde lo que le interesa es la interpretación de dicha acción social, estudiada en función de las causas que la propicia, a fin de explicarla causalmente, en su desarrollo y efectos, dada su intención que labra el futuro social.

Ante la continua limitación del valor del agua de primer uso y del agua residual tratada, bajo perspectivas utilitaristas antropogénicas y ontologías paradigmáticas como la de no percepción de su escasez, que fundamentan la lógica del abastecimiento de agua a la que *“con un mínimo esfuerzo de nuestra parte brota de un grifo, mientras que los medios por los que llega a nosotros son dados por sentado”* (Worster, 2008: 163).

Donde por ontologías del agua se entiende a la posibilidad y la política de una multiplicidad de mundos relacionados con el agua, destacando múltiples realidades del agua y formas de estar con esta, no solo diferentes percepciones o sistemas de conocimiento ligados a su existencia material.

Algunos supuestos ontológicos sustentan las formas dominantes de gestión del agua, las cuales las sociedades, situadas histórica y geográficamente, configuran propiedades que identifican, dado que las ontologías del agua no tienen que ver únicamente con conocimientos cercanos a la realidad, sino con el carácter mismo de lo que existe y puede ser conocido (Yates et al. 2017);

Así, se plantea un conflicto ontológico (Blaser 2009, 2014) que interroga los fundamentos mismos de la economía política y abre nuevas formas y “puentes metafóricos” para pensar en las racionalidades y subjetividades en torno al agua de maneras más genuinas y menos instrumentales (Ruiz-Serna y Del Cairo 2016).

De esta forma, el estudio contempla la captación y análisis de la perspectiva hídrica social de la población regiomontana asociadas al valor del agua y la opción vigente de incorporación del reúso del agua residual tratada como herramienta que coadyuve a la sustentabilidad hídrica.

De forma tal que el reúso planificado directo del agua residual tratada interrelaciona las áreas sociales, ambientales y económicas en forma práctica a través de un sistema de abastecimiento dual público urbano existente, con la finalidad de generar conocimiento que pueda ser utilizado por parte de los responsables del diseño y la operación de dichos sistemas.

Así mismo, sea considerada en la toma de decisiones de políticas públicas y de gobernanza hídrica, mediante información societal actual, ante las condiciones de escasez de los recursos hídricos disponibles en los ecosistemas y contribuir en el desarrollo sostenible de la ciudad y la región.

La investigación se enfoca de esta forma en la opción potencial del reúso planificado directo del agua residual tratada en la Zona Conurbada y Metropolitana de la Ciudad de Monterrey, Nuevo León, al presentarla como estratégica viable para el abasto sustentable de agua.

Esta propuesta de opción de abastecimiento de agua sustentable mantiene alineación con lo estipulado en la Agenda 2030 de la teoría del Desarrollo Sostenible implementada por la Organización de las Naciones Unidas, cuyo sexto objetivo es: “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos” para garantizar la sostenibilidad hídrica al romper paradigmas y brindar la misma prioridad a las fuentes no convencionales y a los sistemas de Reúso Hídrico en concordancia con lo señalado por Daly (1990) y García (2012).

Así mismo, es necesario generar conocimiento que contribuya a la formación de conciencia hídrica en la perspectiva social de quienes habitan la Ciudad de Monterrey y su Área Conurbada y Metropolitana, sobre la base de que el reúso de efluentes tratados, como parte de una gestión holística de los recursos hídricos, dentro de los ciclos natural y urbano del agua, contribuye directamente en todos los aspectos que conforman la contraparte ambiental y de los derechos humanos.

Peuesto que la opción del reúso hídrico sostenible confluye en múltiples procesos con

interrelaciones, no solo económicas, sino también sociales y ambientales, dentro de estructura de un sistema del tecno-sistema urbano y su interacción con los ecosistemas.

Ante el análisis de datos preliminares que demuestran que a pesar de que casi el 100% del agua residual que se genera por usuarios domésticos, comerciales e industriales que se abastecen del sistema de agua de la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana es saneada mediante plantas tratadoras, solamente alrededor de un 10% del caudal de dichos efluentes tratados de agua residuales domésticas es reutilizado.

La mayor parte del reúso es del tipo de intercambio para la agricultura derivada de acuerdos y compromisos que datan de los años 60's para el intercambio por agua de primer uso; en segundo lugar esta la industria, siguiéndole escasamente el comercio, y prácticamente un inexistente reúso doméstico no potable; de donde deriva la potencialidad que representa la optimización del “Reúso planificado directo del Agua Residual Tratada”.

Ante una reducción notable de la disponibilidad hídrica, un incremento del stress hídrico y afectaciones a causa del cambio climático, se denota aún más la potencialidad del reúso hídrico planificado directo hacia destinos de uso consuntivo diferentes al industrial, tales como el comercial, publico e inclusive el doméstico no potable mediante sistemas de abastecimiento duales existentes, como una herramienta importante en la gestión holística del agua sostenible.

## **I.1 EL CASO ESTUDIO DE LA ZC-AMM (ZONA CONURNABADA Y ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY)**

En 2020, la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey conformada por 18 Municipios se convirtió en la segunda más grande del país al alcanzar, mediante un crecimiento de más del 50% de su población en este siglo, los 5,325,091 habitantes (INEGI, 2021); requiriendo un incremento insostenible de la extracción promedio de sus fuentes convencionales de agua necesaria para satisfacer su sed de crecimiento urbano tan disperso, la cual alcanzó un promedio de 15,291 litros por segundo (SADM, 2021).

Ello supera en gran medida la oferta de extracción firme sustentable de agua disponible de

sus fuentes convencionales es de tan solo 10,265 litros por segundo (TNC, 2015, p.5), por lo que para superar este déficit se necesitan nuevas fuentes convencionales y no convencionales inclusive (SDS, 2010), en virtud de que su sociedad mantiene una histórica demanda de 248 litros per cápita diaria por habitante.

Esta demanda satisfecha les permite gozar de una calidad de vida con Índices de Desarrollo Humano con valores muy altos por encima del 0.85; un PIB per cápita de más de 18,900 usd que aporta el 7.8% del PIB nacional, y aunque es auto considerada como “capital industrial”, solo el 24% de su economía corresponde a este sector (SETNL, 2021).

De esta forma, a través de los últimos 20 años ha ido creciendo ampliamente el sector “servicios y comercio”, favorecidos ante una cobertura efectiva de servicios básicos de alcantarillado del 98.8% y 99.63% de agua potable las 24 horas del día.

También en torno al saneamiento de sus aguas residuales cumpliendo con la NOM-003-SEMARNAT-1997 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público de sus aguas residuales correspondiente a 336,973,833 metros cúbicos en el año 2020 las cuales se vierten en su mayoría a cuerpos receptores como el Río Pesquería para cumplir con compromisos con Distritos de Riego, y que tan solo se suministraron 27,368,647 metros a reúso por intercambio planificado para fines principalmente industriales, identificándola como “Agua Industrial” (SADM, 2021).

Deesta forma, el valor asociado de reaprovechamiento planificado directo en reúso industrial representa tan solo un 8% de la producida y menos del 32% de la contratada por 110 industrias de las 1741 que se abastecen del sistema público de agua potable, en tanto que para destinos de reúso urbano como comercial o doméstico no potable el volumen suministrado es prácticamente nulo; situación que inclusive se presente para el agua potable, ya que, diversos estudios han determinado que la sociedad regiomontana establece como principales problemas a la contaminación atmosférica y movilidad.

Sin embargo, su realidad hídrica, al ubicarse en entornos áridos y semiáridos de la Región Hidrológica 34 Bravo-Conchos, donde no existe una cultura para el reúso del agua a pesar de que las carencias de fuentes de abastecimiento y su alto costo de inversión (DOF, 2011), principalmente en las Cuencas hidrográficas 32 del Río Pesquería y 33 del Río San Juan,

donde la precipitación pluvial es escasa e intermitente con valores de 600 mm promedio anual.

Ante una baja disponibilidad de agua de primer uso con reducida disponibilidad de agua en su fuentes convencionales superficiales, sus principales acuíferos de abastecimiento como Buenos Aires, Mina y Huajuco en veda con una capacidad de extracción sustentable ampliamente rebasada y condiciones climatológicas extremas, se han tornado en una incipiente crisis con recortes de suministro de agua potable programados para el mes de septiembre del 2021, (Milenio, 2021) por lo que el conocimiento de representaciones sociales de percepción asociadas a la sustentabilidad hídrica y al aprovechamiento del agua residual tratada e infraestructura disponibles, es de vital importancia para fortalecer el valor del agua, y con ello su desarrollo sostenible.

Responder al aumento de la demanda mediante un aumento de oferta es el manejo tradicional de los sistemas urbanos de agua de la ZMM conforme a su historia, sin embargo, ante las condiciones de límites naturales y costos crecientes, resulta conveniente buscar alternativas más sustentables.

Dentro de estas opciones posibles se encuentra el aprovechamiento de fuentes no convencionales como el reúso del agua residual tratada en destinos de uso público-urbanos complementarios al industrial, por lo que para considerarlos como opción, es importante capturar la dinámica de la percepción social asociada a las representaciones sociales en torno al agua y al desarrollo hídrico sostenible que representan dichas opciones y, evaluarlo en términos de medición que pudieran ser interpretados adecuadamente y comunicarse fácilmente a los formuladores de políticas públicas y gobernanza hídrica, lo cual se considera una tarea difícil.

Por esta razón, partimos de la realidad geográfica semi-árida de la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, y sociocultural de su población, donde las condiciones reiterativas a través de la historia y actuales de crisis hídrica, así como la incertidumbre futura de lograr consolidar el cumplimiento del derecho humano para que el agua sea accesible y asequible, que vive la sociedad regiomontana.

Sin embargo, al igual que en el resto del país, a pesar de las condiciones de escases del agua segura de primer uso, denotan que no se valora al Agua Residual (Metcalf & Eddy, 1996),

que es considerado un recurso desaprovechado a nivel mundial según la O.N.U. (WWAP, 2017).

El agua residual, y en mayor medida la residual tratada, es hoy en día un elemento clave de la gestión integral del agua o ciclo urbano del agua (Seguí-Amortegui, 2004), pues al ser ignorada, sus consecuencias son evidentes en ríos y el medio ambiente, por lo que pareciese que la sociedad regiomontana se encontrase inmersa en el Paradigma de la No Percepción, ante más de 20 años de tener un suministro continuo y confiable, sin percatarse de que sus problemas asociados al Agua permanecen, aislada de su realidad hídrica.

La existencia de un déficit de disponibilidad que tendrá la Zona Metropolitana de Monterrey en el año 2030 se estimaba sería del orden de 16,400 litros por segundo, en tanto que la oferta de extracción firme sustentable de agua disponible de sus fuentes convencionales es de tan solo 10,265 litros por segundo (TNC, 2015), por lo que para superar este déficit se necesitan nuevas fuentes convencionales y no convencionales inclusive (SDS, 2010), más sin embargo, dichos caudales de extracción de las fuentes son alcanzados y superados en el año 2022 durante una crisis hídrica incipiente (SADM, 2022b).

En la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, las condiciones reiterativas ambientales que le brindan un Estrés Hídrico, que se define como la proporción de agua que extraen todos los sectores en relación con los recursos hídricos disponibles y el reúso de agua regenerada o ART puede ayudar a mitigar los efectos negativos de la escasez del agua a nivel local. (FAO, 2013:XV), acorde a la gestión adecuada de los recursos hídricos constituye un sistema de soporte vital, Dourojeanni (2011).

En el ámbito de esta Sustentabilidad Hídrica, la relación sociedad-naturaleza en la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, ha sido supeditada por sus habitantes, a las prioridades del orden de desarrollo socio-económico, que parece mantenerla inmersa en un círculo vicioso desde hace más de 250 años.

Por esta razón es necesario efectuar la investigación adecuada para generar conocimiento sobre los actores de la sociedad regiomontana y si estos estarían dispuestos a utilizar en su uso diario agua residual tratada para satisfacer algunas de sus necesidades de uso de agua, y contribuir así a la sustentabilidad hídrica en concordancia con el sexto objetivo de desarrollo sostenible de: “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento



para todos” y no dejar a nadie atrás, ante la óptica de que como sociedad “no vemos realmente el problema al contar con suministro de agua las 24 horas desde el año 2000”.

## **I.2 PARADIGMAS ASOCIADOS AL AGUA SOSTENIBLE PARA LA ZC-MM DE MONTERREY ANTE SUS CONDICIONES DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO A TRAVÉS DE SUS IMPACTOS HIDRO SOCIOAMBIENTALES PREPONDERANTES, 1596-2022**

Ante la nueva realidad sociocultural de la población de la ZC-MM del siglo XXI, la realidad geográfica semi-árida no ha sufrido cambios mas que los ocasionados por el Cambio Climático en el incremento gradual de la temperatura, que la vuelva más propensa a las condiciones reiterativas de impacto hidro socioambientales y económicos a través de la historia, tales como la actual crisis hídrica incipiente declarada a inicios del año 2022, que le conlleva al incremento de su incertidumbre respecto a la consolidación del cumplimiento del derecho humano para que el agua sea accesible y asequible, que vive la sociedad regiomontana, y que como a nivel nacional, a pesar de las condiciones de escases del agua segura de primer uso, denotan que no se valora al Agua Residual (Metcalf & Eddy, 1996), que es considerado un recurso desaprovechado a nivel mundial según la O.N.U. (WWAP, 2017), siendo que es un elemento clave de la gestión integral del agua o ciclo urbano del agua. (Seguí-Amortegui, 2004), pues al ser ignorada, sus consecuencias son evidentes en ríos y el medio ambiente. La existencia de un déficit de disponibilidad que tendrá la Zona Metropolitana de Monterrey en el año 2030 será del orden de 16,400 litros por segundo, en tanto que la oferta firme de agua disponible es de tan solo 16,200 litros por segundo, por lo que para superar este déficit se necesitan nuevas fuentes convencionales y no convencionales inclusive (SDS, 2010).

El Objeto de estudio está plenamente asociado con el derecho humano al agua potable y el saneamiento, indispensables para la vida digna y deben ser disponibles, accesibles, seguros, aceptables y asequibles para todos (ONU, 2015c); sin embargo, este derecho se ve limitado por el estrés hídrico, la contaminación de las fuentes de agua, el aumento de la demanda, la extracción intensiva de aguas, entre otros que afectan la Sustentabilidad Hídrica, donde el reúso del agua residual tratada o agua regenerada, en lo sucesivo ART, puede ayudar a

mitigar los efectos negativos de la escasez del agua a nivel local, (FAO, 2013:XV), siendo necesario generar conocimiento sobre ello para la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, ya que en la actualidad no existen procedimientos de corte cualitativo en investigación sobre el reúso de agua regenerada o residual tratada sobre la entidad

A través de la investigación, se prevé consolidar la premisa de que, desde la perspectiva social, ante una disponibilidad cada vez más limitada del recurso hídrico de primer uso y el deterioro de su calidad atender el enfoque de que “ninguna agua de calidad superior, a menos que exista un excedente, debe utilizarse para un propósito que pueda tolerar un grado inferior”, expresado en 1958, durante el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (AWWA, 2009).

En la Ciudad de Monterrey, su Área Metropolitana, que incluye los municipios de San Nicolás de los Garza, Guadalupe, Apodaca, San Pedro Garza García, Santa Catarina, Santiago, General Escobedo, Juárez y una parte del municipio de García, y zona conurbada de Pesquería, Salinas Victoria, El Carmen, Pesquería, Cadereyta Jiménez, Ciénega de Flores, Zuazua y hasta Abasólo; las condiciones reiterativas a través de la historia y actuales de crisis hídrica incipiente, así como la incertidumbre futura de lograr consolidar el cumplimiento del derecho humano para que el agua sea accesible y asequible, que vive la sociedad regiomontana, la enfrentan nuevamente a la búsqueda de alternativas para su uso sustentable, que conduzcan hacia una transformación profunda en el imaginario y la realidad individual del ser económico, ambiental y social que la habita, y promover un proyecto social alternativo más consciente y solidario con los ecosistemas y los servicios ambientales que le brindan, al ser el agua uno de estos servicios vitales esenciales.

### **I.2.1 ASPECTOS GEOFÍSICO-AMBIENTALES, SOCIALES Y ECONÓMICOS PREPONDERANTES EN MONTERREY Y SU ÁREA METROPOLITANA.**

Nuevo León se localiza geográficamente en la zona noreste de la república mexicana en las coordenadas de longitud 98° 26' este y 101° 14' oeste y en las coordenadas de latitud 23° 11' sur y 27° 49' norte; Colinda al noreste con el estado de Tamaulipas; al suroeste con los estados de San Luis Potosí y Zacatecas y al norte con los estados de Coahuila, Tamaulipas y con el río Bravo siendo la zona limítrofe con el Estado de Texas perteneciente a los Estados

Unidos de Norte América. Su capital es la Ciudad de Monterrey, y su área Metropolitana está ubicada en la Longitud 99° 59' este y 100°30' oeste, Latitud 25° 3' sur y 25° 50' norte, con una Altitud de 547 msnm. Dicha metrópoli que se muestra en la Figura 1, aprovecha fuentes subterráneas y superficiales de abastecimiento de agua para uso urbano ubicadas en el mismo Estado, las cuales satisfacen su demanda, que en el año 2010 fue de aproximadamente 11,500 lps. (NADBANK, 2014).

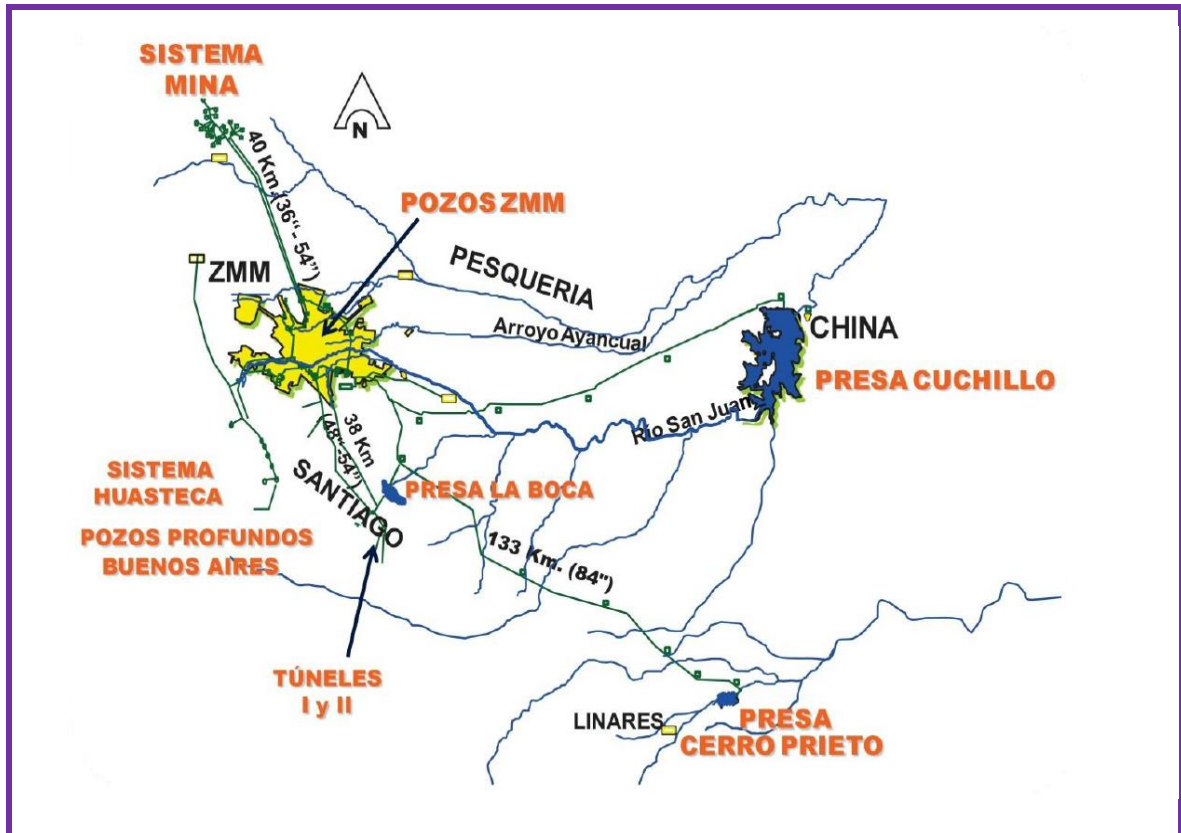
Su tipo de clima es seco estepario, cálido y extremoso el cual comprende un radio de 100 kilómetros a partir del centro del Area Metropolitana de Monterrey; la Máxima temperatura media mensual registrada en la región, (1921-1999) es de 32.6°C; la Mínima temperatura media mensual registrada en la región, (1921-1999) es de 10.5°C; la Precipitación media anual del año más seco en la región, (1886-1999) es de 147.40 mm/año, en tanto que la Precipitación media anual del año más lluvioso en la región, (1886-1999) es de 1,313.30 mm/año; así mismo, los Servicios ambientales prestados por ecosistema y su entorno en la región, (1977) fueron de 88,540,619 dólares/año. El 95% de sus presenta algún grado de erosión, siendo los tipos de suelo predominantes (1997): Xerosol (2,036.23 ha.), Litosol (5,694.10 ha.), Feozem (6,317.45 ha.) y Rendzina (11,565.86 ha.); El tipo de vegetación en la región, (1997) es: Bosque templado (25,548.60 ha), Matorral y pastizal (263,689.36 ha.), Vegetación urbana (121.22 ha) y Vegetación de galería (729.02 ha.)

La Sociedad de la Zona Metropolitana de Monterrey, sin contar su zona conurbada, continua en crecimiento y sus zonas en expansión, ante un crecimiento a 6,356.6 KM<sup>2</sup> con 12 municipios, con una *Sociedad* sedienta conformada por más de 4,220,000 habitantes en el año 2015, donde el 39.30% eran menores de 20 años, 55.35% entre 20 y 65 años, y tan solo 4.37% mayores de 65 años, contando con un Índice de Desarrollo Humano promedio de 0.880, (INEGI, 2017), registrando coberturas de agua potable reportadas de 99.6 por ciento en agua potable, 99.1 por ciento en drenaje sanitario, cien por ciento en saneamiento y una eficiencia comercial de 94.6 por ciento (SADM, 2020) a pesar de ubicarse en una región semiárida, donde el clima es cálido, extremoso, su promedio de consumo de agua en el año, 2001 fue de 200 l/hab/día, cuando para 2005 la disponibilidad media anual era poco más que mil metros cúbicos por habitante por año, y desde el año 2000 a la fecha, recibe un suministro continuo las 24 horas del día, cuando su disponibilidad de agua renovable per cápita para 2013 fue de solamente de 1 063 m<sup>3</sup>/año (CONAGUA, 2014) siendo que una región con un

volumen de agua renovable menor de 1,700 m<sup>3</sup>/hab/año se considera en estado de estrés hídrico, considerando que el agua renovable de una región, es la cantidad de agua máxima que es factible explotar anualmente, dividida entre el número de habitantes de la región da como resultado el volumen de agua renovable per cápita (CONAGUA, 2010).

Las fuentes de abastecimiento de agua de esta sociedad regiomontana son del tipo convencional para uso urbano, las cuales, para satisfacer la demanda, el 56% se capta de fuentes superficiales como son la Presa Rodrigo Gomez “La Boca”, Miguel de la Madrid “Cerro Prieto” y Solidaridad “El Cuchillo”, en tanto que el otro 44% se extrae de fuentes subterráneas conformada por más de 46 pozos profundos de entre 700 y mil metros y 74 pozos someros de no más de cien metros; toma de río La Estanzuela, Galerías Filtrantes tipo túneles (Cola de Caballo I, Cola de Caballo II y San Francisco) y de Río (Huasteca y Los Elizondo), la cual se conduce mediante los Acueductos Mina-Monterrey, Huasteca, San Pedro, Santiago I y II, Linares-Monterrey y China-Monterrey, convergiendo en un Sistema de Abastecimiento conformado por 1,752 km de líneas principales y 8,390 km de redes secundarias y más de 204 Tanques de Regulación, donde los principales se encuentran interconectados por el denominado Anillo de Transferencia de 70 km de los Proyectos Monterrey I, II, III y IV, y una línea de conducción denominada como Monterrey V, con una extensión de 73 km, como se esquematiza en la Figura 2.

Figura 2. Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana.



Fuente: (SADM, 2021)

La Zona Metropolitana de Monterrey es considerada *Económicamente* una de las más importantes del país por su desarrollo industrial y comercial apuntalado por más de 12.000 unidades económicas, que le permiten ocupar la tercera posición de contribución al Producto Interno Bruto -PIB-, solo después de la Ciudad de México y del Estado de México (INEGI, 2010), por lo que el incremento en la demanda y presión ambiental sobre los recursos hídricos como motor del desarrollo social y económico son extremadamente fuertes por las diferentes partes interesadas.

The Nature Conservancy, en su estudio sobre oferta y demanda: perspectiva del Proyecto Monterrey VI, determina una “*oferta firme sustentable*” en las fuentes disponibles en la actualidad para el abastecimiento del AC-ZMM, que equivale a tan solo 10,265 l/s (323.72 Mm<sup>3</sup>/año) (TNC, 2015, 21), como el doméstico, comercial e industrial, en tanto que, a Octubre de 2020 ya se mantiene una extracción superior a los 14,000 lps. (SADM, 2020) como se aprecia en la Tabla 1, por lo que las proyecciones de incremento de demanda son prácticamente ya rebasadas, un incremento sostenido en la cantidad de tomas de diferentes destinos para uso del agua como se aprecia en la Tabla 2, ya que el organismo operador indica

que a octubre de 2020 se tienen 1,422,499 tomas; en tanto que la proyección de incremento de demanda a 2030 en función del crecimiento poblacional y económico señalada en la Tabla 3, también es rebasada; y el crecimiento de consumo estadístico continua incrementándose como se aprecia en la Tabla 4, concluyéndose a partir de esto, que al 2020, aún no se tienen suficientes fuentes convencionales disponibles para mitigar la sed en crecimiento de la urbe de la ZC-AMM.

Tabla 1.- Extracción de las Fuentes Convencionales

SUMINISTRO DE AGUA (L/s)			
FUENTE	EXTRACCION	MUNICIPIOS FORANEOS	AREA METROPOLITANA
BUENOS AIRES	2,167 (15.12%)	0	2,167
MINA	1,218 (8.5%)	323	895
CERRO PRIETO	4,039 (28.18%)	0	4,039
CUCHILLO	3,364 (23.47%)	499	2,865
SANTIAGO	2,305 (16.08%)	110	2,195
P.METROPOLITANOS	1,240 (8.65%)	0	1,240
MONTERREY V	-	846	-846
<b>TOTAL</b>	<b>14,333 (100%)</b>	<b>1,778</b>	<b>12,555</b>

Octubre del 2020

\*Pronóstico del Mes 14,350 L/s  
 \*Promedio Actual 15,871 L/s  
 \*Promedio Anual 15,200 L/s

Fuente: Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D. (SADM, 2020)

Tabla 2: Proyección de Incremento de Tomas de Agua y su Tipo.

AÑO	TOMAS DOMÉSTICAS					TOMAS COMERCIALES, INDUSTRIALES Y PÚBLICAS						TOTALES TOMAS DOMÉSTICAS		TOTALES TOMAS COMERCIALES, INDUSTRIALES Y PÚBLICAS		GRAN TOTAL AC-ZMM	
	Sin consumo	Con bajo consumo	Nivel socioeconómico Popular	Nivel socioeconómico Medio	Nivel socioeconómico Alto	COMERCIALES		INDUSTRIALES		SERVICIOS PÚBLICOS							
						Sin Consumo	Con Consumo	Sin Consumo	Con Consumo	Sin Consumo	Con Consumo	Total N° Tomas	Total N° Tomas con consumo	Total N° Tomas	Total N° Tomas con consumo		
2011	87,514	150,838	482,595	299,511	106,651	4,214	57,556	90	1,400	361	5,389	1,127,109	1,039,595	69,010	64,345	1,196,119	1,103,940
2015	94,587	163,028	521,594	323,715	115,269	4,617	63,054	88	1,374	388	5,782	1,218,193	1,123,606	75,303	70,210	1,293,496	1,193,816
2020	103,150	177,787	568,817	353,023	125,705	5,174	70,672	86	1,341	423	6,313	1,328,482	1,225,332	84,009	78,326	1,412,491	1,303,658
2025	111,253	191,753	613,500	380,754	135,580	5,799	79,210	84	1,309	462	6,893	1,432,840	1,321,587	93,757	87,412	1,526,597	1,408,999
2027	114,277	196,966	630,177	391,104	139,266	6,070	82,907	83	1,297	479	7,140	1,471,790	1,357,513	97,976	91,344	1,569,766	1,448,857
2028	115,729	199,468	638,182	396,072	141,035	6,210	84,820	83	1,290	487	7,266	1,490,486	1,374,757	100,156	93,376	1,590,642	1,468,133
2030	118,496	204,238	663,444	405,545	144,408	6,500	88,779	82	1,278	505	7,526	1,536,131	1,417,635	104,670	97,583	1,640,801	1,515,218
2035	124,596	214,751	687,081	426,420	151,841	7,285	99,504	80	1,248	551	8,218	1,604,689	1,480,093	116,886	108,970	1,721,575	1,589,063
2040	129,635	223,436	714,867	443,665	157,982	8,165	111,525	78	1,218	602	8,973	1,669,585	1,539,950	130,561	121,716	1,800,146	1,661,666
2044	132,999	229,235	733,419	455,179	162,081	8,945	122,179	76	1,195	645	9,627	1,712,913	1,579,914	142,667	133,001	1,855,580	1,712,915

\*Considerando 3.39 habitantes por toma.

Fuente: The Nature Conservancy (TNC, 2015)

Tabla 3: Proyección de Incremento de Demanda.

AÑO	Mantenimiento de la situación ACTUAL									32.01% Agua No Contabilizada							
	Usuarios Domésticos				Usuarios No domésticos			TOTAL CONSUMO		Usuarios Domésticos				Usuarios No domésticos		TOTAL CONSUMO	
	Total Nº Tomas con consumo	Consumo l/hab/día	Equivalencia (l/s)	Equivalencia Mm³/año	Total Nº Tomas con consumo	Consumo Mm³/año	Equivalencia (l/s)	Mm³/año	Equivalencia (l/s)	ESE (2015 a 2044)	Dotación l/hab/día	Equivalencia (l/s)	Equivalencia Mm³/año	Consumo Mm³/año	Equivalencia (l/s)	Mm³/año	Equivalencia (l/s)
2011	1,039,595	182.56	7,447	234.84	64,345	81.65	2,589.10	316.49	10,036	17.89%	222.34	9,069	286.01	99.44	3,153	385.45	12,222
2015	1,123,606	182.56	8,048	253.81	70,210	87.52	2,775.24	341.33	10,824	17.89%	222.33	9,802	309.11	106.59	3,380	415.70	13,182
2020	1,225,332	182.56	8,777	276.79	78,326	95.56	3,030.19	372.35	11,807	17.89%	222.34	10,689	337.10	116.38	3,690	453.48	14,380
2025	1,321,587	182.56	9,467	298.54	87,412	104.48	3,313.04	403.02	12,780	17.89%	222.34	11,529	363.59	127.24	4,035	490.83	15,564
2027	1,357,513	182.56	9,724	306.65	91,344	108.31	3,434.49	414.96	13,158	17.89%	222.34	11,842	373.46	131.91	4,183	505.37	16,025
2028	1,374,757	182.56	9,847	310.55	93,376	110.28	3,496.96	420.83	13,344	17.89%	222.34	11,993	378.21	134.31	4,259	512.52	16,252
2030	1,417,635	181.27	10,083	317.97	97,583	114.35	3,626.01	432.32	13,709	17.89%	220.77	12,280	387.25	139.26	4,416	526.51	16,696
2035	1,480,093	182.57	10,602	334.35	108,970	125.30	3,973.24	459.65	14,575	17.89%	222.34	12,912	407.20	152.60	4,839	559.80	17,751
2040	1,539,950	182.57	11,031	347.87	121,716	137.40	4,356.93	485.27	15,388	17.89%	222.34	13,434	423.66	167.34	5,306	591.00	18,740
2044	1,579,914	182.56	11,317	356.89	133,001	148.03	4,694.00	504.92	16,011	17.89%	222.34	13,783	434.65	180.28	5,717	614.93	19,499

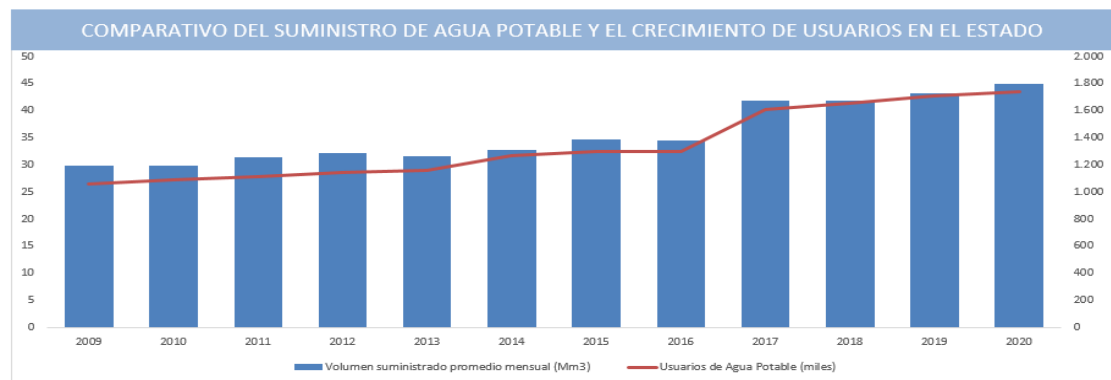
Fuente: The Nature Conservancy (TNC, 2015)

Tabla 4: Estadística de Incremento de Demanda y Usuarios.

COMPARATIVO DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE Y EL CRECIMIENTO DE USUARIOS EN EL ESTADO												
2009-2020												
Concepto	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Volumen suministrado promedio mensual (Mm³)	29,88	29,90	31,43	32,08	31,59	32,74	34,58	34,42	41,80	41,75	43,12	45,01
Usuarios de Agua Potable (miles)	1.057	1.085	1.113	1.141	1.161	1.265	1.296	1.301	1.608	1.652	1.710	1.738

Nota: Mm³ = Millones de metros cúbicos.

Fuente: Dirección de Operación y Dirección Comercial, Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D.



Fuente: Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D. (SADM, 2020)

La conclusión para este año 2020, así como lo fue para 2015 es que, actualmente la demanda es superior a la Oferta Firme Sustentable, lo que indica la existencia de un déficit en las fuentes actuales de abastecimiento convencionales.

Lo anterior es concordante con otros estudios, donde la estimación del caudal de demanda de agua potable que tendrá la Zona Metropolitana de Monterrey en el año 2030 es del orden de 16.4 m<sup>3</sup>/s, considerando una dotación de 130 l/hab/día, y en cuanto a drenaje sanitario, se producirán poco más de 15 m<sup>3</sup>/s en el mismo período, sin embargo a su vez se estima que el volumen 1,700 m<sup>3</sup>/hab/año de agua renovable del 2013 se reducirá a solo 900 m<sup>3</sup>/hab/año en 2030, lo que la ubica en un rango de alto estrés, por lo que deben considerarse los proyectos de ampliación y de nuevas plantas de tratamiento de aguas negras, en lugares estratégicos, que con sistemas de tratamiento primario y secundario garanticen el aprovechamiento de fuentes no convencionales como las Plantas de Tratamiento de Agua Residual con una calidad adecuada para el reúso de los efluentes tratados (SDS, 2010), ya que los más de 10 m<sup>3</sup>/seg de aguas residuales urbanas, son recolectadas con una red de más de 8,299 km de atarjeas y colectores, que son actualmente tratadas en seis Plantas de tipo Lodos Activados con Operaciones Unitarias hasta la desinfección, denominadas Dulces Nombres, Norte, Noreste, Santa Rosa, Zuazua, Santiago y Salinas Victoria. (SADM, 2019).

A pesar de que el Organismo Operador de Agua trata el 98% de las aguas residuales que recolecta; 75 por ciento de las aguas residuales tratadas se vierte principalmente al río Pesquería y forma parte de los escurrimientos que alimentan al Distrito de Riego 023 y la presa Marte R. Gómez en Tamaulipas, por lo que aunque en suma el porcentaje de intercambio es alto, realmente solo se comercializa menos del 10% del total de agua residual tratada, principalmente para los destinos de uso de tipo industrial y en menor grado el comercial y campos de golf. (SADM, 2019).

Nuevo León contaba en diciembre de 2015 con 52 plantas de tratamiento de agua residual, con una capacidad instalada integral para tratar 14,610 lps, con una promedio de ART de 11,230.5 lps producidos, (SEMARNAT, 2016); donde el volumen tratado en el área metropolitana es cercano a los 27 millones de m<sup>3</sup> mensuales, de los cuales, cerca de 2 millones m<sup>3</sup> se reutilizan en la industria como agua residual tratada ART, cuya calidad se encuentra en cumplimiento con la norma NOM-003-SEMARNAT-1997, para contacto



indirecto, con más de 100 usuarios de tipo industrial y comercial, y tan solo un usuario de uso tipo doméstico. (SADM, 2017).

### **I.2.2 RECONSTRUCCIÓN HISTÓRICA HASTA EL REUSO DE ART A TRAVÉS DE LOS IMPACTOS HIDRO SOCIOAMBIENTALES PREPONDERANTES EN LA ZONA CONURBADA Y METROPOLITADA DE MONTERREY.**

La importancia del Agua y su disponibilidad esta incluso enmarcada en el “Acta de Fundación de la Ciudad de Monterrey” (Montemayor, 1596), donde el propio capitán, Don Diego de Montemayor expresó: *“Hago fundación de Ciudad Metropolitana junto a un monte grande de nopales, parrales, morrales y aguacates, y Ojos de Agua que llaman Santa Lucía... Y se ha de titular e intitula Ciudad de Nuestra Señora de Monterrey”*.

Para el logro de la sostenibilidad hídrica, es necesario romper paradigmas y brindar la misma prioridad a las fuentes no convencionales y a los sistemas de Reúso Hídrico (Daly, 1990).

La Ciudad de Monterrey, Nuevo León, fundada el 2 de noviembre de 1596 y su área Metropolitana, con más de 4.2 millones de habitantes, se encuentra enclavada en la Cuenca Hidrológica No. 24 del Río Conchos, la cual tiene clima extremoso, árido, semiárido y muy árido, con temperaturas por debajo de 0° centígrados y por arriba de los 45° centígrados con ocurrencias de agua per cápita de 1,085 metros cúbicos por habitante por año donde se han registrado sequías extremas y concentra la mayor parte de la industria y con disponibilidad muy restringida de abastecimiento. Se generan casi 20 metros cúbicos por segundo Agua Residual Municipal, de los cuales se tratan solamente 15.4 metros cúbicos por segundo y se destinan a reúso solamente 1,479 litros por segundo, lo que significa que en la región no existe una cultura para el reúso del agua a pesar de que las carencias de fuentes de abastecimiento y su alto costo de inversión. El reúso es sobre todo para fines industriales y de riego de áreas verdes urbanas (DOF, 2011).

En el nivel nacional, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) señala que las entidades que padecen más sequías son: Durango, Chihuahua, Coahuila, y Nuevo León. (CESOP, 2017), por lo que mejorar la eficiencia en el uso del agua es imprescindible para hacer frente a la brecha proyectada de 40% entre la demanda y la oferta, a fin de mitigar la escasez de agua proyectada para el año 2030 (PNUMA, 2011), por lo que, para los fines

del estudio, se considera que una opción hacia encaminada hacia la Sustentabilidad Hídrica, puede ser el reúso de agua regenerada o ART, la cual puede mitigar los efectos negativos de la escasez del agua a nivel local. (FAO, 2013:XV), razón por la cual se le elige para realizar el presente estudio.

El agua ha sido un factor preponderante para la Ciudad de Monterrey desde su fundación el 20 de septiembre de 1596, cuando su abundancia en la zona, rodeada de ríos y manantiales, hizo pensar a sus fundadores que esta no llegaría a faltar, donde el mismo Capitán Alonso de León, en una descripción hecha en 1649 decía: *“Los Ríos son claros, el agua es buena, sin color, sabor, ni olor, como dicen los filósofos que ha de ser. Corren siempre por piedras con rápido curso; son de mucha frescura”* (Torres, 1985).

Los habitantes de la Ciudad de Monterrey y su área Metropolitana han mantenido una relación sociedad-naturaleza de explotación, en donde durante los primeros tres siglos, se mantuvo un dominio por la segunda, limitando su crecimiento hasta 1740, en donde inició en incremento poblacional a 3,000 habitantes, y derivado a su vez como un efecto del crecimiento de la relación sociedad-economía, donde el manejo inadecuado de los servicios ambientales de la naturaleza, como lo es el agua, derivó que el “Primer Impacto Hídrico Socio-Ambiental Preponderante” (IHSAP I) en 1765, con la desaparición de la escorrentía superficial del agua en el Río Santa Catarina, denotando así el inicio del declive de la disponibilidad hídrica”

El auge industrial y las oportunidades convirtieron a la metrópoli en un polo de desarrollo, con el cual se incrementó su población notablemente hasta los casi 700,000 habitantes que requerían más de 800 lps superando la infraestructura instalada, por lo que en la década de 1960 se presente al IHSAP II (Segundo Impacto Hídrico Socio-Ambiental preponderante) con la importación de agua para la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, de los Acuíferos Huajuco y Mina, para poder satisfacer su demanda mediante la extracción y conducción de agua de galerías filtrantes de calizas, pozos profundos y de la primer presa de agua para consumo humano del Estado.

Rebasada su infraestructura y disponibilidad del agua ante un crecimiento industrial y poblacional que luchan por este recurso como bien económico, el agua se vuelve casi un bien suntuario, en una sociedad dividida por la desigualdad, donde más de 2;300,000

habitantes demandan de 7,865 litros por segundo, en un caos con más de 500,000 habitantes que no tenían acceso, conociéndose como La Crisis del Agua en Monterrey y consolidándose el IHSAP III (Tercer Impacto Hídrico Socio-Ambiental Preponderante) de insustentabilidad con las acciones para traerla desde más de 100 kilómetros de distancia con la construcción de la Presa Cerro Prieto y sus acueductos en la décadas de los ochentas.

Las políticas de desarrollo de descentralización de la ciudad no fructifican, por lo que la sociedad de la zona urbana sigue creciendo a partir de intereses que dejan a un lado los aspectos medio ambientales, lo que deriva en el IHSAP IV (Cuarto Impacto Hídrico Socio-Ambiental Preponderante) que inicia en 1993 con la Presa Cuchillo Solidaridad de 1,123 mil millones de metros cúbicos, y un acueducto de 110 kilómetros para más de 3.5 millones de habitantes que se tuvieron en el año 2000 que demandaban más de 10,200 lps ”

Actualmente, para el Estado de Nuevo León se tienen concesionadas para los diferentes usos consuntivos un volumen total de aguas nacionales de 2,064.8 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales: 1,179.9 hm<sup>3</sup>/año corresponden a aguas superficiales (57.1%) y el resto, 884.9 hm<sup>3</sup>/año (42.9%) a aguas subterráneas. Los principales usos consuntivos del agua son: i) agrícola (64.1%); ii) uso público urbano (24.8%); iii) usos múltiples (5.4%); iv) uso industrial (3.6%) (CONAGUA, 2014).

La existencia de un déficit de disponibilidad que tendrá la Zona Metropolitana de Monterrey en el año 2030 será del orden de 16,400 litros por segundo, contemplando una dotación de 130 l/hab/día; en tanto que la oferta firme de agua disponible es de tan solo 16,200 litros por segundo, por lo que para superar este déficit se deberán considerar proyectos de ampliación y de nuevas fuentes convencionales y no convencionales inclusive (SDS, 2010).

Como medida alternativa para mantener el suministro de agua a mediano y largo plazo, el Gobierno del Estado de Nuevo León, ha puesto marcha en este año 2018 el Plan Hídrico 2030 (FAMM, 2018), el cual incluye acciones tales como: B) Mejorar el sistema de saneamiento en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales e incentivar el reúso del agua para potenciar un caudal de 2.0 m<sup>3</sup>/s; ya que la presión sobre los recursos hídricos superficiales y subterráneas en Nuevo León, ha aumentado considerablemente ante tecnologías más eficientes de extracción y aumento de los consumos, alcanzando un nivel per cápita de alrededor de 60 m<sup>3</sup> al año entre 2014 y 2015 (SEMARNAT, 2016), y de acuerdo

a la OMS, son necesarios de 50 a 100 litros de agua por persona al día para garantizar que se cubran las necesidades básicas, es necesario implementar acciones que propicien la optimización del consumo y del reúso hídrico. (SADM, 2017)

En el Plan Hídrico 2030 presentado en el mes de agosto de 2018, representa una oportunidad para implementar los preceptos de sostenibilidad hídrica y desarrollo hídrico sostenible, a nivel Estatal, ante la imposibilidad de limitarlo al ámbito local de la Ciudad de Monterrey y su área Metropolitana, que, de no ser así, representaría potencialmente el IHSAP V (Quinto Impacto Hídrico Socio-Ambiental Preponderante).

Si “un sistema de gestión del agua con enfoque de sostenibilidad debe preservar el entorno, y a la vez, proveer agua al sistema urbano” (Rueda, 1999), por lo que el tratamiento y el reúso del agua residual se señala como necesario, a fin de evitar un incremento en el deterioro ambiental, en la calidad de vida de la población y en la economía, clasificándose al agua residual en 2017 como un “Recurso desaprovechado” en el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. (WWAP, 2017).

En el Estado de Nuevo León, la institución pública descentralizada del gobierno estatal denominada Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey es la responsable de brindar los servicios de agua potable, alcantarillado, saneamiento y reúso de agua en el nivel estatal, que opera 58 plantas de tratamiento, de las cuales, 5 son las encargadas del tratamiento de agua residual del área metropolitana, con una capacidad instalada de 12,775 litros por segundo para el tratamiento del agua residual conforme a la NOM-003-SEMARNAT 2017 con fines de reúso (SADM, 2017).

Nuevo León contaba en diciembre de 2015 con 52 plantas de tratamiento de agua residual con una capacidad instalada integra para tratar 14,610 litros por segundo, con un promedio de ART de 11,230.50 litros por segundo producidos, lo que representa más del 54% del caudal extraído y potabilizado de sus fuentes, que ascendió a 6,082 litros por segundo en el mismo periodo; por lo que es muy amplia la potencialidad de la implementación y mejora de los SAART para el desarrollo de un RH (SEMARNAT, 2016b).

Dados los problemas para el suministro de agua potable para la ciudad de Monterrey y su área metropolitana, conforme a los datos de Bueno (2009), durante los años sesenta, el gobierno estatal y federal, en conjunto con la iniciativa privada, establecieron acuerdos para

utilizar el agua de la recién construida presa Rodrigo Gómez (La Boca) para el consumo humano, en lugar de destinarla al uso industrial como era su objetivo inicial. Por otra parte, el IMTA (1999) señala a Monterrey como pionera en México y Latinoamérica en el tratamiento del agua residual y en el reúso de ART para la industria.

En 1955 se fundó la empresa Agua Industrial de Monterrey para distribuir 300 litros por segundo y en 1956 se creó, en Copropiedad por el Grupo Industrial Cydsa para el suministro de 60 litros por segundo (después se amplió a 120 lps) de ART, para 8 empresas del Grupo durante 45 años (hasta el 2001). La copropiedad fue más allá de una P'tars, fue un concepto de cogeneración de energía; del agua residual se obtuvo agua industrial, del agua industrial vapor, del vapor se generó energía eléctrica y del vapor exhausto energía térmica para los procesos industriales (Bueno, 2009).

En los años 80's se instalaron más P'tars y la primera red de distribución de ART de 15 kilómetros operada por Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, IPD mediante convenio con Petróleos Mexicanos (PEMEX) de la P'tars San Rafael con 15 usuarios iniciales y capacidad de 450 litros por segundo (Bueno, 2009).

El desarrollo en el tratamiento de agua residual municipal durante el siglo XX en Nuevo León se aprecia en la Tabla 5, el cual inició de la mano del RH dadas las necesidades apremiantes de agua de primer uso para consumo humano presente, de mediados a finales del siglo, principalmente en la Zona Conurbada del área metropolitana de Monterrey, que incluye el municipio de Santiago (Bueno, 2009).

Tabla 5: Desarrollo de P'tars en Nuevo León durante el siglo XX.

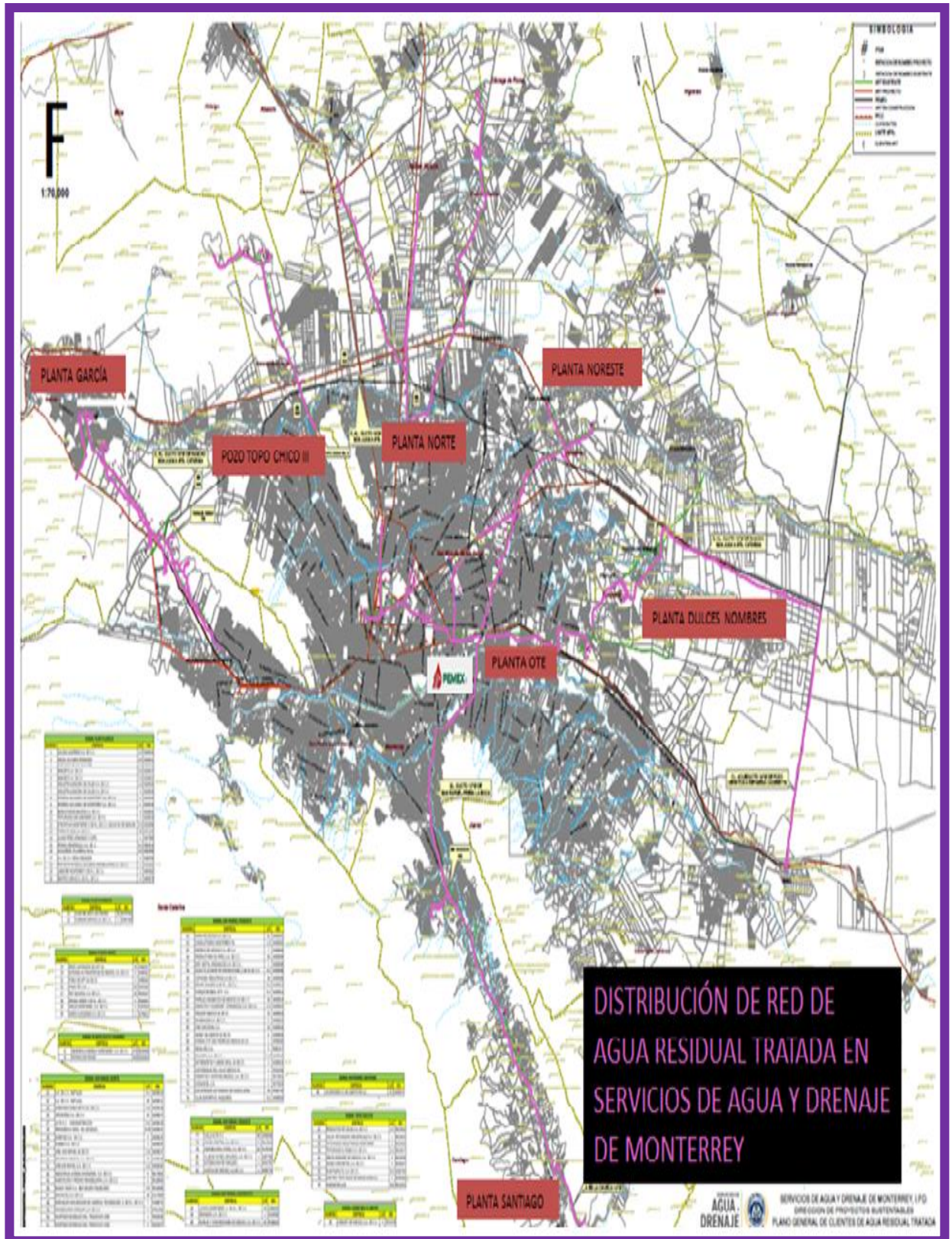
<b>Década</b>	<b>P'tars</b>	<b>Capacidad (lps)</b>
60's	<i>Agua Industrial de Monterrey con 13 usuarios y Red de Dist., AIMSU</i>	300
	<i>Comisión Federal de Electricidad (El mezquital, sin operar desde 2003)</i>	500
	<i>Papelera Maldonado, S.A. de C.V.</i>	60
	<i>Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey y Aceros Planos, S.A. de C.V. (cerrada en 1986)</i>	600

70's	<i>Comisión Federal de Electricidad (Huinalá)</i>	70
	<i>Club Campestre, S.A. de C.V. (para riego)</i>	50
	<i>PEMEX (S.R-Cadereyta)</i>	900
80's	<i>Corporativo de CYDSA (ahora de CEMEX)</i>	15
	<i>Corporativo de VITRO, S.A. de C.V.</i>	15
	<i>Agua Industrial del Poniente, S.A. de C.V.</i>	125
	<i>Club Cima para los empleados de los grupos CYDSA (Operada por la UTM, S.C. desde 2006)</i>	15
90's	<i>Dulces Nombres (Operada actualmente por SADM)</i>	5,000
	<i>Noreste (Operada actualmente por SADM)</i>	1,250
	<i>Norte (Operada actualmente por SADM)</i>	2,500
	<i>Santiago (SISTELEON-Las Misiones) Lagunas aireadas.</i>	140

Elaboración Propia con información de Bueno, 2009 y Aguilar, 2015

El SAART de Nuevo León está conformado, como se muestra en la Figura 3, por diferentes subsistemas de reúso de efluentes tratados de diferentes P'tar, que en su conjunto suman más de 299 kilómetros para distribuir más de 2,650 litros por segundo contratados para 113 usuarios que la destinan a usos industrial, público urbano y paisaje; así mismo, 1,200 litros por segundo para agricultura como agua de "intercambio" por agua de primer uso de la Presa Solidaridad "El Cuchillo" a los Ejidos San Nicolás y Francisco Villa, aunado al compromiso de entregar 6,000 litros por segundo de efluentes tratados como "intercambio" a través del Río Pesquería al Estado de Tamaulipas dentro de la cuenca del Río Bravo (SADM, 2020).

Figura 3 Sistema de Abastecimiento de Agua Residual Tratada en Nuevo León.



Fuente: Dirección de Proyectos, Operación y Saneamiento, (SADM, 2020).

### **I.3 EFECTOS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMATICO, ECONOMIA, AGUA SOSTENIBLE Y RESIDUAL TRATADA EN ZONAS METROPOLITANAS.**

El Consejo Nacional de Población define como Zona Metropolitana a la agrupación en una sola unidad de municipios completos que comparten una ciudad central y están altamente interrelacionados funcionalmente. También se consideran a los centros urbanos mayores a un millón de habitantes, aunque no hayan rebasado su límite municipal y a los centros urbanos de las zonas metropolitanas transfronterizas mayores a 250 mil habitantes (CONAPO, 2012. p. 13).

Consideramos que existen diversos fenómenos que causan impactos de índole positivo y negativo en la sostenibilidad hídrica de zonas metropolitanas, como la del alcance del estudio que es la de la ZC-MM, sin embargo, en este apartado nos enfocaremos en analizar estos últimos para los fines de la investigación, considerando aquellos que derivan en problemas ocasionados para el suministro de una dotación de agua segura, adecuada y sostenible para la población, lo cual está relacionado con dos fenómenos principales que son:

- I. El crecimiento de la demanda, debido a la expansión de las zonas metropolitanas.
- II. El cambio climático, debido a la acción antropogénica mundial sobre el medio ambiente.

Lo anterior, nuevamente partiendo de las realidades de geografía semi-árida, económica de servicios e industria y sociocultural de la población, ante una incertidumbre cada vez más preocupante de la sostenibilidad hídrica futura para consolidar el cumplimiento del derecho humano al agua accesible y asequible, donde se denota aún que no se valora en forma suficiente como fuente no convencional al Agua Residual (Metcalf & Eddy, 1996), que es considerado un recurso desaprovechado a nivel mundial según la O.N.U. (WWAP, 2017), siendo que es un elemento clave de la gestión integral del agua o ciclo urbano del agua.

El presente documento se integra por secciones desarrolladas a partir de los resultados de la investigación documental realizada en información actualizada sobre estos dos principales fenómenos y sus impactos, con la finalidad de encontrar opciones de solución orientadas y en alineación a la gestión sostenible de los recursos hídricos.



En la primera sección se plantea, de acuerdo a lo establecido por los diferentes autores, como el Cambio Climático, tanto a nivel local como mundial, se encuentra relacionado de forma tan compleja con el agua, que la problemática asociada a la misma, es casi imposible establecer fehacientemente como una causa o un efecto, en virtud de que, la variabilidad del ciclo del agua es un impacto que derivado del cambio climático.

El cambio climático provoca a su vez, otro tipo de fenómenos, como los meteorológicos de orden extrema como las sequías o inundaciones, lo cual reduce la capacidad de previsión y control sobre la disponibilidad de recursos hídricos, incide y demerita la calidad del agua y, constituye como tal, un impacto negativo al Desarrollo Sostenible, los ecosistemas y al bienestar social ante la imposibilidad de asegurar de acceder en forma segura y asequible al derechos humano al agua y el saneamiento.

Así mismo dentro de esta sección y como preámbulo a de la siguiente sobre el Agua y Economía, encontramos a partir de la literatura estudiada, como el incremento continuo de la demanda de agua, tanto en las zonas metropolitanas como a nivel mundial, conlleva un aumento de la necesidad de una gestión holística mediante sistemas de Abastecimiento de Agua Sostenible, considerando inclusive fuentes de tipo no convencionales para ello.

Estas fuentes no convencionales deben ser integradas a los sistemas de abastecimiento mediante infraestructuras hidráulicas especializadas a partir de las plantas de tratamiento de agua residual, incluyendo sistemas de bombeo, conducción, abastecimiento, calidad y suministro optimizados y eficientes, a fin de evitar la producción de agua con un alto consumo energético y degradación de sumideros de carbono fundamentales.

Aunado a implementar herramientas y acciones de mitigación del cambio climático y opciones de abasto que coadyuven a incrementar la disponibilidad de los recursos hídricos, los cuales son considerados ya como un “bien económico”, y son un motor del crecimiento según la O.N.U. (WWAP, 2016), donde el 75% de los empleos se asocian de alguna forma al agua.

De esta forma, en la tercer sección se aborda más a detalle los criterios que mantienen diferentes autores respecto a que es necesario considerar opciones para asegurar y consolidar el acceso en forma segura y asequible al agua, tal y como se establece mundialmente como derecho humano al agua y el saneamiento, lo cual es aplicable a ZC-AMM.

Nos enfocamos en el Agua Residual Tratada conocida también como Agua Regenerada, como una opción para el Abasto palnificado directo de lo que consideramos como parte Agua Sostenible, al derivar de una fuente no convencional como lo es una Planta de Tratamiento de Agua Residual o Depuradora de Aguas Servidas, la cual puede o no cumplir con las características requeridas para el agua potable, y brindársele un destino de uso que requiera o no con el cumplimiento de dichas características.

Ello a través de un Sistema de Abastecimiento de Agua Residual tratada (SAART) a fin de mantener o incrementar inclusive, la disponibilidad de los recursos hídricos, al provenir de lo que es considerado como un recurso desaprovechado a nivel mundial según la O.N.U. (WWAP, 2017), y no ser necesario captar o extraer el recurso de una fuente convencional de tipo subterránea o superficial.

Finalizamos con una serie de Reflexiones Personales respecto a lo tratado en las secciones anteriores, a fin de consolidar el planteamiento referencial de la presente investigación, a la premisa de que, desde la perspectiva social, ante una disponibilidad cada vez más limitada del recurso hídrico de primer uso y el deterioro de su calidad atender el enfoque de que “ninguna agua de calidad superior, a menos que exista un excedente, debe utilizarse para un propósito que pueda tolerar un grado inferior”, expresado en 1958, durante el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (AWWA, 2009).

### **I.3.1 CAMBIO CLIMÁTICO Y EL AGUA.**

Un claro ejemplo de lo señalado respecto a la compleja relación entre el cambio climático y el agua es que cualquier sociedad actual puede cobrar conciencia de la presencia real e impactos del primero mediante los efectos que se hacen notar por la segunda en los ámbitos del bienestar social, tales como los derechos humanos de acceso a ella y su saneamiento, a la salud, a un ambiente sano, gestión de riesgos, la seguridad alimentaria, energética, economía e inclusive su movilidad y migración.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático CMNUCC, (ONU 1992), señala que este es entendido como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo

comparables. Por otro lado, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) lo define como cualquier cambio en el clima con el tiempo debido a la variabilidad natural o como resultado de actividades humanas, y una forma el adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos se documentan en el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 13 de la Agenda 2030 (O.N.U., 2015b).

De esta forma, el Cambio Climático provoca efectos que derivan en impactos extremos de exceso de escorrentías a la falta de acceso al agua o de disponibilidad de la misma, a causa de impactos del fenómeno traducidos en inundaciones o sequías, e inclusive por la interacción de estos efectos con una gobernanza débil en su gestión como riesgo, que afecta al bienestar y los medios de subsistencia (Mach, 2018).

Así mismo, podemos establecer que para un acceso accesible y asequible del recurso agua a la población, el abastecimiento del agua para las zonas urbanas metropolitanas influye directamente en el crecimiento y desarrollo de las mismas, convirtiéndolas en un paraíso o un infierno para quienes las habitan, en función no solo de la infraestructura y disponibilidad del recurso agua, sino de la variabilidad que ha traído consigo para éste los efectos del Cambio Climático a nivel Mundial, en donde la Ciudad de Monterrey y su Zona Metropolitana no han sido la excepción.

Puesto que el cambio climático deriva y ha sido acelerado principalmente de las acciones antropogénicas como la Revolución Industrial (Craig, 2008), como lo señalan los autores de la literatura estudiada, estos efectos son completamente visibles a más de 420 años de la fundación de la Ciudad el 20 de septiembre de 1596.

lo cual queda de manifiesto y registrada en el acta de la misma para el entonces Valle de la Extremadura que se describía “...como y haber como hay muchos montes y pastos, ríos y ojos de agua manantiales y muchas tierras para labores... hago fundación de ciudad metropolitana junto a un monte grande y ojos de agua que llaman de Santa Lucía, ... y se ha de intitular e intitule la Ciudad de Nuestra Señora de Monterrey...” (Montemayor, 1596),

Uniendo su destino desde entonces al abastecimiento de misma, así como, para su beneficio y sufrimiento a los cambios climáticos, a lo largo de prolongadas sequías, épocas de bonanza y destructivas inundaciones (Torres, 1985).

Esta situación se puede transpolar a través de resultados de estudios realizados sobre el impacto del Cambio Climático en el abastecimiento de agua en ciudades y zonas metropolitanas del Reino Unido, donde Arnell y coautores (2006), encontraron que el cambio climático, propicia variaciones en la cantidad y calidad de los flujos de los ríos y en la recarga de las aguas subterráneas que pueden afectar la frecuencia de la escasez de suministros y, a su vez, estos efectos pueden influir en la variación de la demanda máxima de agua afectando la escasez de la demanda, por lo que este tiene los siguientes impactos potenciales en el sistema de suministro de agua:

- a) puede alterar la confiabilidad de las fuentes de agua cruda al cambiar la frecuencia de caudales bajos y recarga, aumentando la frecuencia de inundaciones que pueden inundar las instalaciones del lado del banco, aumentando la frecuencia de flujos altamente turbios, y amenazando puntos de abstracción con intrusión salina;
- b) puede alterar la confiabilidad de la infraestructura de suministro, por ejemplo, alterando seguridad del reservorio;
- c) puede alterar la capacidad de tratar el agua cruda según los estándares de agua potable cambiando la frecuencia de inundación de las obras de tratamiento y cambiando la calidad del agua extraída;
- d) puede alterar la demanda de agua y la capacidad de distribución de agua para satisfacer necesidades de los clientes, especialmente en momentos de máxima demanda.

Ante un cambio climático que propiciase deshielo temprano, Julie Vano y coautores (2010), evaluaron la sensibilidad de los sistemas de suministro de agua en las ciudades de la cuenca de Puget Sound de Everett, Seattle y Tacoma a la variabilidad histórica y futura proyectada del caudal y las demandas de agua, efectuando una simulación del caudal para las décadas de 2020, 2040 y 2080 utilizando el modelo distribuido de hidrología-suelo-vegetación (DHSVM).

Lo anterior impulsado por conjuntos reducidos de simulaciones climáticas archivadas del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC de 2007, en donde como resultado se aprecia la necesidad de cambios en la gestión del abastecimiento del agua no solo en zonas de escasez, sino ante condiciones de abundancia repentina por deshielo o lluvia.

De esta forma, otros estudios coinciden con dichos preceptos estimados, tales como los efectuados en California e Irán sobre el estrés antropogénico en fuentes subterráneas (Ashraf et al, 2017), donde establecen que el cambio climático global y las actividades humanas regionales tienen impactos considerables sobre el medio ambiente y el agua, el espectacular crecimiento de la población ha contribuido a un aumento general de las demandas de agua en todo el mundo, causando un estrés antropogénico adicional en los suministros de agua.

De esta forma se ha acuñando inclusive el término de *sequía antropogénica*, que corresponde al estrés hídrico inducido por el hombre intensificado por el uso insostenible del agua relativo al agua renovable disponible.

Esta sequía antropogénica deriva del aumento de la población junto con el crecimiento económico continuo posible gracias a la gestión antropocéntrica utilitarista del agua y el cambio en el uso de la tierra/cobertura de la tierra agrava la escasez de agua dulce al aumentar la demanda de agua, lo cual se observa al obtener resultados que muestran una tendencia de amenazar a la sostenibilidad de aguas superficiales y subterráneas, siendo un ejemplo el noroeste de Irán y California, donde se ha excedido la capacidad natural de suministro de agua renovable, lo cual también se refleja en la ZC-AMM, donde el incremento gradual de la temperatura propician las grandes obras de infraestructura que son un aliciente político-económico para brindar soluciones falaceas a crisis hídricas creadas por intereses de algunas partes, grupos o sectores.

Aunado a lo anterior, los resultados del estudio sobre los efectos compuestos de las actividades humanas y climáticas en relación a los Cambios en la Disponibilidad de Agua Superficial en Irán (Ashraf et al, 2019), indican que las extracciones de agua y el cambio del clima dominan la variabilidad sobre el estrés hídrico, ya que la demanda de agua antropogénica ha aumentado sustancialmente debido al crecimiento de la población y nivel socioeconómico.

Lo anterior coadyuvó a comprender los resultados previos obtenidos por Mahdi Mohammadi y Ebrahimi (2015) sobre los efectos de las actividades humanas y la variabilidad climática en los recursos hídricos en la llanura de Saveh, de Irán. donde la distribución de la cantidad y calidad de las aguas superficiales y subterráneas está cambiando debido a los impactos tanto de la variabilidad climática como de las actividades humanas.

El objetivo principal de estos estudios consiste en evaluar los impactos antes mencionados analizando los cambios espaciales y temporales de la calidad y cantidad de las aguas superficiales y subterráneas, utilizando datos hidrométricos y meteorológicos.

En los Estados Unidos de América, Kennet D. Frederick (1993) a través de su estudio sobre sobre los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y posibles respuestas en la región comprendida en los estados de Missouri, Iowa, Nebraska y Kansas (MINK), pudo determinar a partir de los modelos matemáticos considerando al clima analógico, que existe un impacto comprobable de los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos, donde la irrigación es el uso que es más sensible a los cambios en las precipitaciones y temperaturas, que conlleva a establecer una relación directa, que debe de ser considerada desde la planificación para una gestión sostenible de los mismos.

Para mitigar los efectos de estos fenómenos del Cambio Climático y la Demanda de Agua antropogénica, Hefa Cheng y Yuanan Hu (2012) en su estudio respecto a la mejora de la gestión de fuentes de agua para una mejor adaptación al cambio climático en China, establecen que, ante un desequilibrio entre la oferta y la demanda de agua, con la finalidad de apoyar el rápido desarrollo social y económico, así como proteger el medio ambiente natural y los ecosistemas, ya que se espera que el cambio climático incida aún más estrés en los recursos de agua dulce, solo es viable un camino para el abastecimiento accesible y asequible de agua: *La Adaptación*.

Ante la situación señalada, emiten diferentes recomendaciones para la gestión adecuada de la demanda de agua, lo cual no solo es aplicable para su estudio en China, sino que lo consideramos viable para nuestro objeto de estudio y el abastecimiento del agua en ciudades y sus áreas metropolitanas, destacando:

- a) *Incrementar la eficiencia del uso del agua.*- Una reducción significativa de la demanda de agua industrial y municipal puede lograrse mediante el aumento de la eficiencia en el uso del agua, el reciclaje del agua y la promoción tecnologías de ahorro de agua. Mejorar la eficiencia de uso se está convirtiendo en el medio principal de equilibrar el suministro limitado de agua con la creciente demanda.
- b) *Clarificar los derechos de agua y promover el comercio de derechos*

*de agua.*- Los derechos de agua permiten la asignación ordenada y el uso sostenible de agua valiosa recursos y proporcionar un mecanismo eficaz para garantizar la gestión adecuada de los recursos hídricos

- c) *Hacer cumplir las leyes y regulaciones de manera efectiva.*- El sistema de gestión de recursos hídricos y la implementación de políticas están lejos de ser eficaz y eficiente, debido a la falta de coherencia de la ley y aplicación de la gobernanza y regulación entre diferentes regiones, intereses en conflicto en diferentes niveles de la administración, y la autoridad y los recursos insuficientes disponibles para instituciones para el desempeño de sus funciones
- d) *Controlar adecuadamente la contaminación.*- Para una adecuada gestión de los recursos hídricos, ya que los ecosistemas fluviales y lacustres saludables poseen diversos valores y funciones de servicio.

El calentamiento climático y la adaptación al manejo del agua para California fue estudiado por Stacy Tanaka (2006), donde utilizó el Modelo CALVIN (California Value Integrated Network) de optimización de Ingeniería económica, política, planificación y estudios de operaciones de agua, indicando que para los estudios de cambio climático a largo plazo de sistemas complejos, es muy valioso incluir otros cambios importantes que se esperan durante un marco de tiempo a largo plazo como son los cambios de población, y representar el sistema con suficiente detalle hidrológico y operativo y amplitud para permitir una adaptación significativa.

El proceso de sobre la adaptación de la gestión del agua de California al cambio Climático fue estudiada también por Hellen Hanak y Jay R. Lund (2012), específicamente para el delta de Sacramento-San Joaquín mediante el modelo CALVIN, donde los sistemas de gestión del agua son inusualmente complejos, extensos e interconectados, la cual crea una cacofonía política con respecto a los problemas de agua, y permite una amplia gama de adaptaciones físicas y económicas a los cambios en el clima, el uso de la tierra, la economía y las expectativas sociales, destacando que es necesario mejorar el nivel de adaptación en diferentes ámbitos.

La adaptación de todas y cada una de las recomendaciones anteriores no pueden ser posibles sin una adecuada planificación e implementación y control de los cambios hacia lo que se denomina actualmente la Gestión de la Demanda, donde James Cullis y coautores su artículo respecto a la Incorporación de las variables derivadas del cambio climático en la planificación de los mal denominados recursos hídricos para la ciudad de Polokwane, en Sudáfrica (2010).

La disponibilidad del agua de primer uso es altamente vulnerable al cambio climático en el sector medioambiental debido al aumento potencial de la variabilidad reductiva de la oferta, así como el aumento potencial de la demanda y sobreexplotación ante la presencia de temperaturas más altas.

Por esta razón, se enfatizan que la gestión de la demanda es una de las adaptaciones más importantes para la variabilidad y el cambio climático, incorporando este último en la planificación y recomendando un proceso de seis pasos, el cual se resume a continuación:

*Paso 1: cribado: realice una evaluación preliminar de si la variabilidad o el cambio climático puede comprometer la integridad, la efectividad o la longevidad de un proyecto.*

*Paso 2: identificación de adaptaciones-identificar adaptaciones a la variabilidad climática y el cambio.*

*Paso 3: llevar a cabo el análisis-examinar las consecuencias de la variabilidad climática y la efectividad, los costos, y los costes de adaptaciones que puede reducir la vulnerabilidad a la variabilidad climática y el cambio.*

*Paso 4: seleccione el curso de acción: Utilice los resultados del análisis y determinar qué hacer para adaptarse a la variabilidad y el cambio climáticos.*

*Paso 5: desarrollar el plan de implementación -identificar los próximos pasos y quién puede/debe implementarlos.*

*Paso 6: evaluar las adaptaciones -examinar la efectividad de las adaptaciones para abordar los riesgos del clima y el cambio climático actuales.*

Jeannie Sowers, Avner Vengosh y ErikaWeinthal (2011), consideran que la gestión de la demanda de agua, la mejora de la eficiencia del uso del agua y la promoción de la conservación serán ingredientes clave para responder a los impactos inducidos por el clima en el sector del agua.



A partir de los resultados del estudio sobre el cambio climático, los recursos hídricos y las políticas de adaptación en Oriente Medio y África del Norte, donde analizaron los aspectos políticos, económicos, e impulsores institucionales que han dado forma a las respuestas de gobernanza, ya que, si bien la literatura académica enfatiza la importancia del capital social para la gobernanza adaptativa, mencionan que muchos líderes políticos y expertos en agua en ésta región, rara vez involucran a los actores sociales en la consideración de los riesgos del agua.

Por lo anterior, es imperativo reiterar que actualmente para el abastecimiento de agua en la Ciudad de Monterrey y su Zonas Conurbada y Metropolitana la demanda es superior a la Oferta Firme Sustentable, lo que indica la existencia de un déficit en las fuentes actuales de abastecimiento convencionales (TNC, 2015); y el organismo operador señala a octubre de 2020 que se tienen 1,422,499 tomas; en tanto que la proyección de incremento de demanda a 2030 en función del crecimiento poblacional y económico también es rebasada.

Este crecimiento de consumo estadístico continua incrementándose, concluyéndose a partir de esto, que al 2020, aún no se tienen suficientes fuentes convencionales disponibles para mitigar la sed en crecimiento de la urbe metropolitana de Monterrey, que fue impactada por efectos hidro-meteorológicos como lo son la Tormenta Hanna en medio de un periodo de sequía atípica, derivados también del Cambio Climático (SADM, 2020).

### **I.3.1.1 AGUA, VALOR, ESCASEZ Y ECONOMÍA**

Actualmente, se considera al Agua como el centro del desarrollo sostenible al ser fundamental para el desarrollo socio-económico, ecosistemas saludables y la supervivencia humana; por lo que el Día Mundial del Agua del año 2021 tiene el tema: “El Valor del Agua”.

En este context, donde como en la “Paradoja de Valor” del diamante y el agua, se invita a no monetizarla simplemente; sino a valorarla holísticamente, al ser conscientes de la necesidad global de cuidar y optimizar su uso e incorporarle en la toma de decisiones con la finalidad de lograr una gestión sostenible y equitativa de los recursos hídricos.

De esta forma, la finalidad es cumplir con los Derechos Humanos y con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, para lo cual clasifica metodologías y

enfoque con arreglo a cinco perspectivas interrelacionadas: valorar los recursos hídricos, los recursos hídricos in situ (fuentes) y los ecosistemas; valorar la infraestructura hídrica para el almacenamiento de agua, su uso, su reutilización o el aumento del suministro; valorar los servicios hídricos, principalmente el agua potable, el saneamiento y los aspectos relacionados con la salud humana; valorar el agua como un aporte a la producción y la actividad socio-económica, como la alimentación y la agricultura, la energía y la industria, la empresa y el empleo; y otros valores socio-culturales del agua, incluidos los atributos recreativos, culturales y espirituales. (WWAP, 2021)

Sin embargo, en la realidad del estrés hídrico mundial, la competencia por ella, y no ella, aún alimenta conflictos entre comunidades, países y sectores como la agricultura, la energía hidroeléctrica, la minería e incluso el agua potable y el saneamiento, sin considerar que “el agua es más que un factor de producción, es sobre todo un factor de cohesión social, económico y ambiental” (Aguilera, 1996, p. 437).

Al ser de vital importancia para el ser humano, el agua debe de tener una valoración acertada, la cual es posible solo con la participación de conciliatoria de todas las partes interesadas y variables, regida con una sólida gobernanza y fiscalizada por el Estado, que es garante del “*Bien Común*” para el desarrollo sostenible (Romero, 2007).

Pero es necesario reconocer que, los conflictos no son realmente por el “Bien Agua” en sí mismo, sino por la tendencia social generalizada de obtener los mayores beneficios económicos posibles a partir de la sobre-explotación de los recursos hídricos, cuyo tiempo de renovación es demasiado largo en la escala humana para considerarlos renovables, ya que si la tasa de extracción de una fuente, como un acuífero, supera a la tasa de recarga, estamos transformando un recurso renovable en uno agotable, lo que es lamentable característica habitual de un gran número de fuentes convencionales en el mundo hoy en día ante una explotación insostenible.

El Agua dulce es un recurso finito y vulnerable en la escala humana, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente conforme a la Declaración de Dublín de 1992 (OMM, 1992); y la lógica heredada a través de las generaciones es considerarla como “*Bien Libre*”, utilizándola históricamente como recurso renovable.

Sin embargo, se desdeña la capacidad del agua de tener una utilidad particular y concreta en función de su destino de uso, lo que le brinda un “*Valor de Uso*”; así mismo, su capacidad de que, a través de su intercambio, se puedan adquirir otros bienes, lo que le brinda un “*Valor de Cambio*” que da lugar a la forma de dinero, lo que la convierte, en términos socioeconómicos en un “*Bien*”.

De esta forma, el agua posee el valor de uso hacia su destino; y su valor de cambio, como todo bien, se alimenta de dos fuentes: la escasez y la cantidad de trabajo “requerida para obtenerla”; pero, si ante el estrés hídrico, este valor es solo gobernado por la escasez, al no poder incrementar bajo ningún trabajo su oferta; entonces ahora, su “Valor” se sustenta también en la idea filosófica de “*Sustancia*”.

Este valor añadido de sustancia le integra al agua aspectos cualitativos no cuantificables casi infinitos en sus posibilidades en función de las necesidades humanas, pues para satisfacerlas, implícitamente la requieren, al ser una materia en movimiento y en desarrollo perpetuo, e inigualable en su interacción con la naturaleza y el hombre, convirtiéndola en la actualidad como “la moneda común que vincula casi todos los Objetivos de Desarrollo Sostenible” (GBM, 2016, p. VI).

De esta forma, el valor del agua en la sociedad es reconocida como derecho humano el 28 de julio de 2010 la por la Asamblea General de las Naciones Unidas cuando, preocupada porque aproximadamente 884 millones de personas carecen de acceso a agua potable y más de 2.600 millones de personas no tienen acceso a saneamiento básico, y que cada año fallecen aproximadamente 1,5 millones de niños menores de 5 años y se pierden 443 millones de días lectivos a consecuencia de enfermedades relacionadas con el agua y el saneamiento.

Dicha asamblea reconoce la importancia de disponer de ello en condiciones equitativas como componente esencial del disfrute de todos los derechos humanos, y el pleno disfrute de la vida, otorgándole un lugar especial entre los clasificados como Económicos, Sociales y Culturales (O.N.U., 2011), pero es esencial determinarlo para optimizar su distribución o destino de uso conforme a diferentes metodologías de análisis ponderados de alternativas.

Ello tiene implicaciones económicas, como el costo de oportunidad; ambientales como requerimiento esencial de los ecosistemas; y sociales como los de equidad; por lo que no siempre es claro como puede ser estimado, ya que es influenciado o afectado por diversas

variables espaciales y temporales (Hellegers, 2007), asociadas a estos mismos rubros de la sustentabilidad.

El Agua y la Economía están intrínsecamente ligados en las sociedades, principalmente en las que habitan las Ciudades, ya que de esta relación dependen el desarrollo socioeconómico, la productividad de los sectores agroalimentario, energético e industrial, su seguridad alimentaria y la salud; por lo que para evaluar la relación entre el agua, el crecimiento económico y el empleo es un desafío, ya que el agua es esencial para el trabajo digno y desarrollo sostenible, y es una componente esencial de las economías (WWAP, 2016), en tanto que el desarrollo económico depende en última instancia de la disponibilidad de agua.

Martín Sevilla (2010), sostiene junto con otros, que el problema con la disponibilidad de los recursos hídricos es, que si bien el agua es un recurso que se renueva constantemente, dichos tiempos son tan largos en la escala humana que en ocasiones la consideración, por ejemplo en las aguas subterráneas, es de recursos fósiles o no renovables; es decir, que en términos económicos, si la tasa de extracción de un acuífero supera a la tasa de recarga, estamos convirtiendo un recurso renovable en uno agotable, lo cual es lamentablemente una característica de un gran número de acuíferos en el mundo.

Actualmente, se vive a nivel mundial lo que se puede considerar como una transformación del agua de un bien no económico en un bien económico, la cual en términos de economistas, derivaría de su escasez relativa, en la competencia en sus usos, diferenciados en consuntivos y no consuntivos, en elevados costes para su gestión de abastecimiento y en los mecanismos necesarios para hacerle frente al déficit de disponibilidad, sin embargo, no es el objeto ni alcance de la presente investigación su estudio es factible dentro de la esfera económica, sino de analizar su relación enfocada hacia el abastecimiento, considerando perspectivas sociales, ambientales y económicos.

En relación a lo anterior, Sevilla (2010), habla de lo que se conoce como la Nueva Economía del Agua, en donde, el considerarla bien económico, se equipara con la privatización de la producción, la distribución y la gestión de los recursos hídricos, donde incluso las grandes agencias internacionales relacionadas con los recursos hídricos como el Consejo Mundial del Agua, están presionando en este sentido, aunque sin la base de unos principios o directrices communes.

Esta situación genera una contraparte como resultado, que es la oposición de grupos de usuarios, organizaciones humanitarias o gobernantes, que señalan la existencia de riesgos asociados a esa privatización tales como mantenimiento de ecosistemas, influencia de las grandes compañías, control extranjero sobre un bien fundamental como el agua, desigualdades en el acceso, o precios finales excesivamente elevados, ante una débil gobernanza.

Existe a su vez la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) generada a partir de una conceptualización Antigua basada en cuencas, considerada por algunos como una solución a los problemas relacionados con el agua, la cual es definida por la Global Water Partnership en el año 2000 como el, *“proceso que promueve el desarrollo coordinado y la gestión del agua, la tierra y los recursos relacionados, para maximizar el resultado económico y el bienestar social de una manera equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales”*.

Sevilla, (2010), nos señala que dicha gestión no es suficiente, ya que se debiese complementar con una visión holística para asegurar la accesibilidad y asequibilidad de su abastecimiento seguro y óptimo.

La transición hacia la gestión del agua económicamente adaptativa es estudiada por Medellín (2008) para el sistema de suministro de agua del Estado de California en los Estados Unidos de América, utilizando también el Modelo CALVIN (California Value Integrated Network) enfocado al aspecto de optimización económica, considerando un escenario climático comparado con un escenario similar con el clima histórico, así como los efectos del crecimiento de la población y el uso de la tierra.

Este método integra la comparativa con la hidrología histórica, las operaciones optimizadas para el escenario de calentamiento climático seco aumentan la escasez de agua y los costos totales de operación en \$ 490 millones de dólares al año con las demandas de agua proyectadas al año 2050, a fin de evaluar la adaptabilidad y adaptaciones necesarias de implementar en el sistema de suministro de agua, desde cambios operativos hasta las económicamente óptimas.

Medellín reporta como resultados del modelo CALVIN, tanto de escasez de agua, económicos, ambientales, hidroeléctricos y de adaptación en todo el estado de California,

donde se resumen para las condiciones de demanda de agua de 2050 con condiciones hidrológicas históricas y secas-cálidas.

Estos resultados optimizados muestran el mejor desempeño económico alcanzable adaptándose a los cambios climáticos y poblacionales de una manera totalmente integrada, dentro de las limitaciones físicas y ambientales, y hace especial hincapié en la operación del almacenamiento superficial y acuífero y cómo su operación optimizada cambia con el clima.

- a) *Escasez de agua, costos de escasez y costos operativos.* - Con una población estimada en 2050 de aproximadamente 65 millones de habitantes, los volúmenes de escasez de agua en todo el estado alcanzan el 9% para las condiciones climáticas históricas; Si se gestiona de manera óptima, los costos de escasez de agua aumentan de \$ 240 millones usd / año en 2050 con hidrología histórica a \$ 361 millones / año con calentamiento climático seco. El cambio climático seco-cálido eleva los costos operativos promedio en \$ 384 millones usd / año por encima del clima histórico.
- b) *Costos Ambientales de Oportunidad.* - Las inviabilidades anuales totales en todo el estado promediaron 1.075 BCM / año, que es aproximadamente el 4% de los requisitos de flujo ambiental anual. Tales aumentos en los costos de oportunidad marginales de los caudales ambientales para el suministro de agua urbana, agrícola y hidroeléctrica podrían generar una mayor controversia en el establecimiento de caudales ambientales.
- c) *Energía Hidroeléctrica.* - Con el calentamiento climático seco, la producción de energía hidroeléctrica del sistema de suministro de agua disminuye. Los beneficios hidroeléctricos promedio anuales son de \$ 684 M usd / año y \$ 602 M usd / año para los escenarios históricos y de calentamiento climático seco, respectivamente. Asimismo, en cualquier nivel de probabilidad, la generación hidroeléctrica anual es menor para el escenario seco-cálido.
- d) *Mercados de agua.* - La escasez significativa de agua tanto en el crecimiento de la demanda de agua como en las condiciones de calentamiento climático crea incentivos económicos para los titulares de derechos de agua de alta prioridad y contratos con usos de agua de bajo valor para vender agua a otros con usos de agua económicamente más productivos. Con el calentamiento climático seco, aumentan los costos de

escasez en \$ 251 M usd / año en comparación con la optimización en todo el estado.

Cabe señalar que el Cambio Climático genera incrementos en los costes de abastecimiento de agua, lo cual Paul Kirshen (2005) documentó dentro de los resultados de estudio basado en cuencas fluviales denominado Análisis Global de los Cambios en los Rendimientos y Costos del Suministro de Agua bajo el Cambio Climático, dentro del Estudio de un Caso en China, la cual es altamente vulnerable al cambio climático en el sector de los recursos hídricos debido al aumento potencial de la variabilidad de la oferta, así como el aumento potencial de la demanda ante la presencia de temperaturas más altas, y considera relevante considerarle en las fases de planeación económica del abastecimiento de agua.

La Zona Metropolitana de Monterrey es considerada *Económicamente* una de las más importantes del país por su desarrollo industrial y comercial apuntalado por más de 12.000 unidades económicas, que le permiten ocupar la tercera posición de contribución al Producto Interno Bruto -PIB-, solo después de la Ciudad de México y del Estado de México (INEGI, 2010) (SETNL, 2021), por lo que el incremento en la demanda y presión ambiental sobre los recursos hídricos como motor del desarrollo social y económico son extremadamente fuertes por las diferentes partes interesadas.

### **1.3.2 EL REÚSO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA O REGENERADA, UNA OPCIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA.**

El agua potable que actualmente disfrutamos es en definitiva, resultado de un tratamiento y acondicionamiento de un agua que ya fue utilizada anteriormente, es decir, un residual, lo que nos lleva a que realmente se realiza cada día el reúso del agua por el ser humano en lo que se denomina el Ciclo del Agua y, que en las ciudades o Tecno-sistemas, con infraestructura hidráulica y sanitaria, se transforma en el Ciclo Urbano del Agua.

Funcionando como un sistema, donde la “gestión del agua con tintes de sostenibilidad debe preservar el entorno.... a la vez que tiene que proveer agua al sistema urbano.... a través de reducir la extracción de recursos y de disminuir la carga contaminante vertida en la cuenca. Las oportunidades de reducción se centran....en la reutilización del agua depurada” (Rueda, 1999, p. 23) o agua residual tratada, por lo que el tratamiento y el reúso del agua se transforma en una acción indispensable para la Sostenibilidad Hídrica.

A fin de evitar un incremento en el deterioro ambiental, en la calidad de vida de la población y en la economía, otorgándole un “Valor potencial” al clasificar al agua residual como un “Recurso desaprovechado” en el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. (WWAP, 2017).

El reúso del agua residual, específicamente el Agua Residual Tratada, también conocida como agua regenerada, ha llegado a ser un elemento importante en la gestión de los recursos hídricos por razones económicas, ambientales y sociales en diferentes partes del mundo, donde, la reutilización apropiada de estos caudales se ha llegado a considerar como un ejemplo de tecnología medioambientalmente sostenible (UNEP, 2006).

Ante una disponibilidad cada vez más limitada del recurso hídrico de primer uso y el deterioro de su calidad en fuentes convencionales, el concientizar a las partes interesadas de una sociedad sobre su “Valor Social” , ante el hecho de que “ninguna agua de calidad superior, a menos que exista un excedente, debe utilizarse para un propósito que pueda tolerar un grado inferior”, expresado en 1958, durante el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (AWWA, 2009, P. 2).

Este principio es la base que permite contribuir a una gestión holística integral de los recursos hídricos con enfoque al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible asociados al Derecho al Agua y Saneamiento, dentro de un Destino de Uso que satisfaga las específicas y equitativas necesidades del Ser Humano para su Bienestar.

El reúso del Agua Residual Tratada posee el “Valor Ambiental” de contribuir a la sostenibilidad hídrica mediante el intercambio de caudales de extracción por caudales tratados, que permite incrementar la disponibilidad de agua de primer uso en fuentes convencionales y la reducción de la carga de nutrientes en las aguas y suelos receptores de las aguas residuales. (Santos, 2018).

El reúso del Agua Residual Tratada, como insumo tangible de la reutilización adaptativa, posee el “Valor Económico” dentro del modelo de “Economía Circular” actual, que se encuentra basado en el principio de que en la naturaleza nada es "desperdicio" y que todo puede convertirse en un "recurso", colocando en la praxis los principios de desarrollo sostenible. (Girard & Nocca, 2019)



La utilización de estos caudales, además, reduce las necesidades de inversión en extracciones de aguas subterráneas, infraestructuras de trasvases o almacenamiento de aguas superficiales, por la sustitución en usos donde el agua no potable es apropiada incrementando con ello la disponibilidad de agua potable (MED-EUWI, 2007).

Este recurso tangible como insumo para satisfacer necesidades específicas en destinos de uso diferente al del agua potable y consumo humano, proveniente de fuentes no convencionales, se ha convertido en el elemento clave del funcionamiento de muchos sistemas hídricos (Torregrosa, 2009) y que sirve de opción alterna más económica y complementaria de abastecimiento ante desequilibrios a largo plazo entre oferta y demanda. (MED-EUWI, 2007)

El abastecimiento de Agua Residual Tratada como opción frente a otros recursos alternativos, es más estable al provenir de fuentes no convencionales y resulta más económico que los trasvases o la desalación, consumiendo mucha menos energía que esta última.

Esta acción contribuye a solucionar problemas de escasez estacionales asociados a la actividad turística, ya que en verano la disponibilidad de estos caudales aumenta, y la demanda de agua para consumo urbano también; así mismo, puede dirigirse al intercambio de aguas limpias –superficiales y subterráneas– desde las comunidades de regantes hacia determinados municipios para satisfacer el incremento de demanda de agua urbana estival como consecuencia del turismo, a cambio del trasvase de aguas regeneradas para el riego. (Torregrosa, 2009)

De esta forma, en la actualidad, el “Valor del Agua Residual Tratada” es el que se le considera como una opción viable para satisfacer necesidades de este recurso para el Ser Humano, el cual la destina para usos diferentes a la supervivencia y uso doméstico, que no requieren realmente de una calidad potable.

Existen sistemas de abastecimiento de agua residual tratada que superan por mucho la demanda de agua para esa finalidad, y que son indispensables para la alimentación, el desarrollo, salud y cumplimiento de los derechos humanos y ODS`s, por lo que es preciso considerar el modelo de Herman Daly (1990), quien establece que, para el logro de la sostenibilidad hídrica, es necesario romper paradigmas y brindar la misma prioridad a las fuentes no convencionales y a los sistemas de Reúso Hídrico.

Retomando la consideración, respecto a que si la tasa de extracción de un acuífero supera a la tasa de recarga, estamos convirtiendo un recurso renovable en uno agotable, lamentable característica de un gran número de acuíferos en el mundo, (Sevilla et al, 2010) lo que reduce la disponibilidad de los Recursos Hídricos óptimos para su destino de uso final, siendo el más afectado el destino de uso para consumo humano.

Chuyuncuy (2011) establece que el crecimiento de la población y el desarrollo industrial han multiplicado los problemas de contaminación del agua, la cual es producida principalmente por vertimiento de aguas servidas, basura, relaves mineros y productos químicos, por lo que, para limpiarla, se requieren diversos procesos, cuya complejidad depende de las características del agua y sus contaminantes, los cuales divide en Físicos, Químicos, Gaseosos y Bacteriológicos.

Berdonces (2008) considera al acondicionamiento de agua para consumo humano como un proceso complejo que introduce algunos elementos químicos al agua, siendo la cloración es el más conocido, señalando que el proceso de tratamiento del agua incluye diferentes sub-procesos, aunado a realizar una especial consideración de los aparatos caseros de purificación del agua, situación que incrementa los costes para un abastecimiento de agua segura accesible y asequible para el consumo humano.

La finalidad es satisfacer las necesidades básicas, sin embargo, se estima que alrededor del 80% del agua utilizada para ello no requiere cumplir con características de calidad potable, aunado a que es desechada mediante los medios que tiene disponible, por lo que a su vez, alrededor de un 80% del agua que se abastece para consumo principalmente humano, se vierte a sistemas de desalojo como las alcantarillas de drenaje sanitario.

Sevilla (2010) señala que la sobreexplotación de acuíferos, ha forzado la búsqueda de recursos alternativos para aumentar la cantidad de caudales disponibles; los denominados de fuentes no convencionales, tales como la desalación, el reúso y la reutilización de agua servidas, considerando que para el logro de la sostenibilidad hídrica.

Sin embargo, es imprescindible previo al reúso de aguas servidas efectuar un análisis de las características del agua requerida para cada destino de reúso, y del agua proveniente de fuentes no convencionales a fin de que se ajuste a dichos requerimientos de calidad y de la infraestructura adecuada para su abastecimiento.

Ello es necesario para evitar incurrir en errores que demeriten el reúso de este tipo de fuentes, tales como lo sucedido y documentado por Huibers (2004), en la Ciudad de Cochabamba en Bolivia, la capital regional del centro agrícola del país, donde se efectuó el típico riego con aguas residuales no tratadas como resultado de la escasez de recursos de agua dulce.

Esta agua contaba con altos niveles de contaminación de origen industrial y doméstico al no tener una infraestructura y capacidad de tratamiento de agua insuficiente para cumplir con las características requeridas para dicho destino de reúso, colocando en riesgo a la salud de las personas que laboran en ello, aunado a una degradación al medioambiente.

Cuando se cumple con un análisis y planificación adecuada del destino de reúso de aguas servidas y una determinación detallada de las características que esta debe de cumplir, se logran grandes resultados como los logrados en países como Israel y Jordania en el Valle del Jordán, donde a través del tiempo se ha logrado establecer y mejorar las normativas y gobernanzas aplicables al reúso de aguas servidas al ser primeramente tratadas o regeneradas en plantas (Assano, 1991).

Es necesario contar con un control y seguimiento para su abastecimiento, tal y como se documenta en un estudio que sigue el trazo de la reutilización de aguas residuales a la recuperación de agua, en lo referente a la progresión de los estándares de reutilización del agua en Jordania, dado que sus aguas residuales pueden caracterizarse como muy fuertes con alta salinidad y metales pesados insignificantes y compuestos orgánicos tóxicos.

Para su reúso seguro después del tratamiento, los efluentes de estas plantas se mezclan con agua dulce y se almacenan antes de destinarse a usos en la agricultura en el Valle del Jordán, que ante el crecimiento, aumenta el volumen de aguas disponibles y, estos factores brindan oportunidades para nuevas aplicaciones de reutilización de agua, los cuales incluyen recarga de agua subterránea, enfriamiento industrial e incluso reutilización municipal; por lo que cuentan con normas y directrices adecuadas para la reutilización del agua (McCornick et al, 2004).

De ésta forma, se puede realizar un reúso seguro, no solo con destinos enfocados al riego en la industria no agroalimentaria o industria de transformación, sino que también a la industria agroalimentaria, y a la producción de alimentos, tales como el estudio realizado en México, donde se efectuó la Reutilización del agua residual tratada en la Unidad Académica

Profesional Amecameca de la UAEM en la producción de *Cyprinus carpio specularis* para consumo humano (Hernández et al, 2006).

Sevilla (2010) establece que el Agua Residual Tratada o Agua Regenerada es un recurso que se ha convertido en el elemento clave del funcionamiento de muchos sistemas hídricos, y que sirve de solución a los desequilibrios a largo plazo entre oferta y demanda, reconociendo que existe la preocupación asociada a la utilización de este tipo de recursos ante la calidad resultante del proceso de tratamiento, por lo que, tanto desde organismos internacionales como nacionales se han venido desarrollando normativas y gobernanzas específicas que garanticen la calidad del recurso.

La utilización del agua reutilizada o residual tratada ha llegado a ser un elemento importante en la gestión de los recursos hídricos por razones económicas, ambientales y sociales. Una utilización apropiada de estos caudales se ha llegado a considerar como un ejemplo de tecnología medioambientalmente sostenible (UNEP, 2016).

De entre las ventajas de estos caudales, a parte de que suponen un incremento de los recursos hídricos disponibles, donde hay que tener en cuenta que frente a otros recursos alternativos, las aguas regeneradas o residuales tratadas son un recurso más estable y resulta más económico que los trasvases o la desalación, consumiendo mucha menos energía que esta última (Sevilla, 2010).

Ante diferentes proyecciones que estiman que para el año 2025 serán aproximadamente tres mil quinientos millones de personas que vivirán en regiones con escasez de agua, añadido al desarrollo industrial y agrícola, lo cual originará una situación de falta de agua en diversas regiones del planeta.

El precepto de que para enfrentar ese problema una opción de solución podría ser, el utilizar los efluentes tratados de las plantas de tratamiento de aguas residuales se arraiga más a nivel mundial, el cual ya es liderado por grupos interdisciplinarios internacionales como la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Watereuse, Asociación Española de Reutilización Sostenible del Agua, entre otras, las cuales fomentan el uso seguro del Agua Residual Tratada como un Aspecto Fundamental (Tello et al, 2016).

### **I.3.3 ENFOQUE HOLÍSTICO PARA EL AGUA SOSTENIBLE.**

Ante los fenómenos de escasez que afectan la Sustentabilidad Hídrica, consideramos que es preciso adoptar un enfoque holístico, no solo en la gestión sostenible de los recursos hídricos y su gobernanza, sino que es imperativo considerar en dicho enfoque al Cambio Climático, a fin de analizar opciones e incorporar acciones viables de sustentabilidad con una planificación climática a escala nacional y regional.

Entendemos como Gestión Sostenible del Agua a aquella que es implementada mediante soluciones que se encuentren enmarcadas y adaptadas en la trilogía de sociedad justa, viabilidad económica y seguridad hacia el medio ambiente, aceptando y consolidando opciones no convencionales, donde para enfrentar el problema de escasez hídrica, una solución podría ser, el utilizar los efluentes tratados de las plantas de tratamiento de aguas residuales (Dautant, 2016).

Para ello es imprescindible adoptar Modelo de Gestión del Agua Sostenible, a fin de que se priorice la preservación del entorno natural manteniendo una determinada complejidad del mismo, a la vez que tiene que proveer agua al sistema urbano según su destino de uso para el mantenimiento de su organización. Ello es posible si el modelo se desarrolla con la intención de incrementar su capacidad de anticipación. Lo anterior contribuye a disminuir la presión sobre los ecosistemas, que también son demandantes de agua, a través de reducir la extracción de recursos y de disminuir la carga contaminante vertida en la cuenca (Rueda, 1999).

Lo anterior toda vez que el incremento sustantivo y continuo de escasez y estrés hídrico a raíz de las acciones antropogénicas y cambio climático, así como la búsqueda de satisfacer el derecho humano al agua y saneamiento, no tan solo de cumplir con la demanda futura de este recurso, nos obligan día a día a la toma de decisiones impostergables para asegurar la equidad social en su suministro y abasto de los recursos hídricos, clasificados por su diferente destino de uso para optimizar y eficientar los sistemas, orientado a su vez a la mitigación del cambio climático.

De esta forma, la opción de adoptar una Gestión Holística del Agua Sostenible, mediante la administración del agua con visión multidisciplinaria, que optimiza su aprovechamiento en la forma, cantidad y calidad, considerando las necesidades derivadas de los destinos de uso,

desde la fase de análisis y planeación de soluciones hasta su implementación con una evaluación sobre el alcance, costos, riesgo e impactos, vinculado a capacidades personales y sociales en procesos de toma de decisiones colectivas (OBS, 2018), puesto que un enfoque económico y sostenible requiere la consideración especial y principal de los recursos y sistemas hídricos.

Reiteramos que “un sistema de gestión del agua con enfoque de sostenibilidad debe preservar el entorno, y a la vez, proveer agua al sistema urbano” (Rueda, 1999), por lo que el tratamiento y el reúso del agua residual se señala como necesario, a fin de evitar un incremento en el deterioro ambiental, en la calidad de vida de la población y en la economía, clasificándose al agua residual en 2017 como un “Recurso desaprovechado” en el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. (WWAP, 2017).

De esta forma la opción del reúso del agua residual tratada o agua regenerada, sea realmente es factible para la ZC-AMM en el abasto sostenible de agua, la cual pueda ayudar a mitigar los efectos negativos de la escasez del agua a nivel local, (FAO, 2013:XV), al contar con gran potencial en virtud de que el volumen tratado en el área metropolitana es cercano a los 27 millones de m<sup>3</sup> mensuales, de los cuales, cerca de 2 millones m<sup>3</sup> se reutilizan en la industria como agua residual tratada ART, cuya calidad se encuentra en cumplimiento con la norma NOM-003-SEMARNAT-1997, para contacto indirecto, con más de 100 usuarios de tipo industrial y comercial, y tan solo un usuario de uso tipo doméstico. (SADM, 2017), siendo necesario el generar y aplicar conocimiento actualizado sobre ello.

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

El abasto de *Agua Sostenible o Sostenibilidad Hídrica*, es entendido para fines del presente estudio como la distribución equitativa del agua entre las especies animales y vegetales, considerando sus necesidades y en el caso de los humanos, sus expectativas de crecimiento sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras, para satisfacer sus necesidades (García, 2012:1).

Es la piedra angular de la viabilidad del desarrollo sostenible, y las Tecnologías de Información como los Sistemas de Información Geográfica, son potencialmente determinantes para hacerla posible. El Objetivo 6 para el Desarrollo Sostenible en todo su contexto es una meta dedicada completamente al agua: “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”.

Las Ciudad es considerada como un Tecno-sistema construido por el hombre en su relación con la naturaleza, Sejenovich (2015b); cuando la sociedad fue seleccionando recursos de la naturaleza, como el agua, que le servirían para satisfacer sus necesidades, y mediante un proceso de progresiva artificialización de la misma naturaleza, transformó los ecosistemas en tecno-sistemas específicos, que pueden comprenderse como un enfoque articulado, económico, ecológico y social, de cuyo equilibrio depende su sustentabilidad.

El tratamiento y el reúso del agua residual se señala como necesario, a fin de evitar un incremento en el deterioro ambiental, en la calidad de vida de la población y en la economía, clasificándose éstas en 2017 como un “Recurso desaprovechado” en el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. (WWAP, 2017),.

El Agua Residual Tratada es producto del tratamiento de las Plantas de Tratamiento de Agua Residual Municipal (P´tar), consideradas como Fuentes No Convencionales derivados de los Tecno-sistemas, es el agua del efluente que cumple las características físicas, químicas y biológicas que le son inherentes para considerarse regenerada o reclamada, también conocida

como agua renovada, agua recuperada o agua reciclada, y su división en clases en función del grado de cumplimiento de las características requeridas o calidad.

Estas características son determinadas en función de su destino de Reúso Hídrico RH (Metcalf & Eddy, 1996); ante ello, la perspectiva social actual adopta al “aprovechamiento del agua previamente utilizada, una o más veces en alguna actividad”, como una alternativa para suplir las necesidades de otros usos como lo es el “Reúso Directo Planificado o Planeado” cuando los efluentes, después de ser debidamente tratados, son enviados directamente desde su punto de descarga hasta el lugar del reúso (Lavrador, 1987).

## **II.1 DESARROLLO SOSTENIBLE ASOCIADO A LA SUSTENIBILIDAD HÍDRICA, AGUA SOSTENIBLE, SU GOBERNANZA Y EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DUALES HACIA EL REÚSO PLANIFICADO DIRECTO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA.**

El agua fluye constantemente y cambia a través de geografías físicas, pero también a través de distintos contextos culturales, sociales y simbólicos (Swyngedouw 1999, 2004), por lo que dentro del marco conceptual de la presente investigación, se analiza de manera particular el papel del agua sostenible (García 2012), dentro de su ciclo natural y urbano integrados de forma holística mediante la opción del reúso del agua residual doméstica (WWAP,2017), la cual es tratada para su reúso planificado directo (AWWA, 2009).

Considerada como opción de abastecimiento de agua, dicha herramienta operativa (Daly, 1990) puede contribuir a cumplir los preceptos del paradigma del Desarrollo Sostenible (ONU, 2015a) y de sus objetivos, (ONU, 2015b) principalmente el sexto, así como de los derechos Humanos vinculados con el agua (ONU, 2015c), puesto que la gestión del Agua Sostenible aplicada en tiempos de crisis hídrica, es posible mediante una gestión holística del agua en sus ciclos, natural y urbano, que eficiente la oferta sustentable de fuentes convencionales y no convencionales, respecto a una demanda hídricamente consciente de sus costos y valor económico, social y ambiental.



Para el presente estudio es necesario definir entre otros a algunos conceptos tales como:

- *El Agua dulce*, es un recurso finito y vulnerable en la escala humana, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente conforme a la Declaración de Dublín de 1992 (OMM, 1992), convirtiéndola en la actualidad como “la moneda común que vincula casi todos los Objetivos de Desarrollo Sostenible” (GBM, 2016: VI).
- *Principio de la sostenibilidad* es el que se integra en la Teoría General de los Sistemas propuesta por Von Bertalanffy (1976), que indica que sea cual fuere la naturaleza de sus elementos componentes y las relaciones o fuerzas reinantes entre ellos, les pueden ser formulados principios válidos en general.
- *Sistemas de soporte* es aquel sistema natural o creado por el hombre que fomenta la biosfera de forma sostenible (ELSS, 2017), como lo es la infraestructura para el logro de la sostenibilidad hídrica a través de su gestión holística.
- Sostenibilidad, postulado por vez primera bajo el término *Nachhaltigkeit Ertrag / Ertrag nachhaltiger* o “Rendimiento Sostenible” por Hans Carl von Carlowitz en el libro *Sylvicultura Oeconomica*, (1713) y conceptualizada por Lawrence (1997) como la satisfacción de las necesidades (ecológicas, sociales y económicas) y de las aspiraciones de la especie humana (y de otras especies), y está orientada al establecimiento de sistemas funcionales para el equilibrio y la preservación de los aspectos sociales, económicos y ambientales dentro de un mismo sistema; en este caso, aplicable a la gestión hídrica, que desde el ámbito de las ciencias ambientales y de la ingeniería, se implemente la infraestructura urbana enfocada al mantenimiento de los sistemas de soporte vitales, como el agua (Holdren, J., Gretchen, C., Herlich, P., 1995; Sutton, 2000).
- *La dimensión económica* se basa en el concepto de “lucro”, donde se considera que una inversión consigue lucro económico cuando el retorno invertido es más que suficiente para pagar el costo del capital de terceros y el capital propio; que para Cotes y Cotes (2005:2820) la sustentabilidad económica “*se alcanzará a través de un crecimiento sostenido y de la eficiencia en el uso del capital y de los recursos*”.
- *La dimensión ambiental* conceptualiza la suma de todos los procesos bio-geológicos

y sus elementos, llamado *capital ambiental* por los economistas (Spangenberg, Pfahl y Deller, 2002), donde “*La utilización de los recursos debe ser eficaz y correcta con respecto a las necesidades humanas*” (Robert, 2002:39). La sostenibilidad ambiental se alcanzará “*reduciendo la degradación ambiental, que puede consistir tanto en la sobreexplotación de los recursos naturales como en el aumento de la contaminación*” (Cotes y Cotes, 2005:2820).

- *La dimensión de sostenibilidad social* contempla a los seres humanos, sus habilidades, dedicación, experiencias y el comportamiento resultante como *capital humano* (Spangenberg, Pfahl y Deller, 2002). La sostenibilidad social se alcanzará “*a través del logro de una mayor equidad, de la preservación de la diversidad cultural y de la mayor utilización de prácticas sostenibles en culturas menos dominantes*” (Cotes y Cotes, 2005:2820).
- *Desarrollo Sostenible* como aquel que satisface las necesidades esenciales de la generación presente, sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades esenciales de las generaciones futuras, registrado en el Informe Brundtland (WCED, 1987:43).
- *El Agua Sostenible o Sostenibilidad Hídrica*, es la distribución equitativa del agua entre las especies animales y vegetales, considerando sus necesidades y en el caso de los humanos, sus expectativas de crecimiento sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras, para satisfacer sus necesidades (García, 2012:1). Para el logro de la sostenibilidad hídrica, es necesario brindar la misma prioridad a las fuentes no convencionales y a los sistemas de Reúso Hídrico que a las fuentes y sistemas convencionales de uso hídrico lineal, al implementar herramientas de eficiencia técnico-económica y ambiental, aplicadas a los marcos normativos, planeación y operación de su infraestructura (Daly, 1990).
- *Tecno-sistema* es aquel construido por el hombre en su relación con la naturaleza, Sejenovich (2015b); cuando la sociedad fue seleccionando recursos de la naturaleza, como el agua, que le servirían para satisfacer sus necesidades, y mediante un proceso de progresiva artificialización de la misma naturaleza, transformó los ecosistemas en tecno-sistemas específicos, que pueden comprenderse como un enfoque articulado,

económico, ecológico y social.

- *Ciudad Sostenible* es aquella que actualmente cuenta con una sociedad ambientalmente responsable, una infraestructura urbana sostenible y una ecoeficiencia que le permita ser aquella que satisface sus objetivos de desarrollo humano (presentes y futuros), sin crecer a partir de materia y energía más allá de las capacidades de regeneración y absorción de su entorno local, nacional e internacional (Gasson, 2002).
- *La Escasez* es el principio básico que da origen a la Economía como ciencia social, desde su origen en la antigua Grecia hasta la moderna postulada por el filósofo Escocés Adam Smith en *La Riqueza de las Naciones* (1776); y a la Sostenibilidad; donde este último cumple ya 310 años de ser acuñado por el contador Alemán Von Carlowitz en su libro *Sylvicultura Oeconomica* (1713); ya que la distribución y suministro de recursos escasos, ya sean naturales, económicos y humanos, involucra amplias cuestiones filosóficas de valores; preferencias; eficiencia; aceptabilidad; accesibilidad; asequibilidad; adaptabilidad y equidad, donde el agua renovable, se encuentra sujeta a variaciones espacio temporales vinculadas a su estado en el ciclo hidrológico natural y urbano.
- *Escasez Hídrica*, es una construcción social y política, normalmente corresponde a un período concreto de carencia de agua, es un evento espacio temporal, sin embargo, la incertidumbre de su duración y efectos, suele rebasar la adaptación de las necesidades y/o necedades del hombre en prácticamente todos los ámbitos o sectores, la cual representa el desafío más importante para el desarrollo socioeconómico y humano a largo plazo, porque puede agravarse por el cambio climático, en zonas áridas y semiáridas sometidas a un estrés hídrico (UNESCO, 2020).
- La *Seguridad Hídrica*, es aquella entendida por el Programa Hidrológico Internacional de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, como la capacidad de la población para salvaguardar el acceso a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable, que permita sustentar tanto la salud humana como la del ecosistema, basándose en las cuencas hidrográficas, así como garantizar la protección de la vida y la

propiedad contra riesgos relacionados con el agua –inundaciones, derrumbes, subsidencia de suelos y sequías (UNESCO, 2012).

- *Reúso de Agua* es el uso del agua residual tratada en actividades municipales, industriales, comerciales y agrícolas de manera técnicamente confiable y ambientalmente segura. Práctica de utilizar el agua que ya ha sido usada o utilizada” (Dautant, 2016:26), para el que la Norma NOM-003-SEMARNAT-1997 lo clasifica en Reúso en servicios al público con: a) Contacto Directo y b) indirecto u ocasional.
- *La perspectiva social sobre el reúso del agua*, entendido como reciclaje o circularidad, es aquella que está estrechamente ligada al desarrollo sostenible ya que constituye un factor importante para optimizar la gestión de recursos hídricos, y puede contribuir al cumplimiento de los tres objetivos: crecimiento económico, equidad social y valor ecológico. La relevancia de este tema se manifestó en 2012, en el apartado de Agua y Saneamiento de la resolución: El Futuro que queremos,( A/RES/66/288), aprobada en la asamblea de la Organización de las Naciones Unidas, mediante el cual se reconoce a el agua como un elemento básico del desarrollo sostenible; subrayando la necesidad de adoptar medidas para hacer frente a su escasez, incluidos, según proceda, los recursos hídricos no convencionales, y la necesidad de movilizar recursos financieros e infraestructura para los servicios de abastecimiento de agua (UNESCO, 2012).
- *Agua Residual Tratada*, la NOM-003-SEMARNAT-1997 la define como aquella que, mediante procesos individuales o combinados de tipo físicos, químicos, biológicos u otros, se ha adecuado para hacerla aptas para su reúso en servicios al público (SEMARNAT, 1998); De acuerdo Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales (compilación de términos similares en México) a las Aguas residuales tratadas.
- *Gestión Sostenible del Agua* es aquella que implementa soluciones que se encuentren enmarcadas y adaptadas en la trilogía de sociedad justa, viabilidad económica y seguridad hacia el medio ambiente, aceptando y consolidando opciones no convencionales, donde para enfrentar el problema de escasez hídrica, una solución

podría ser, el utilizar los efluentes tratados de las plantas de tratamiento de aguas residuales (Dautant, 2016).

- *Gestión Holística del Agua Sostenible*, es la administración del agua con visión multidisciplinaria, que optimiza su aprovechamiento en la forma, cantidad y calidad, considerando las necesidades derivadas de los destinos de uso, desde la fase de análisis y planeación de soluciones hasta su implementación con una evaluación sobre el alcance, costos, riesgo e impactos, vinculado a capacidades personales y sociales en procesos de toma de decisiones colectivas (OBS, 2018). Un enfoque económico holístico y sostenible requiere la consideración especial y principal de los recursos y sistemas hídricos.
- *Modelo de Gestión del Agua Sostenible*, es aquel que debe preservar el entorno manteniendo una determinada complejidad del mismo, a la vez que tiene que proveer agua al sistema urbano según su destino de uso para el mantenimiento de su organización. Ello es posible si el modelo se desarrolla con la intención de incrementar su capacidad de anticipación. Lo anterior contribuye a disminuir la presión sobre los ecosistemas, que también son demandantes de agua, a través de reducir la extracción de recursos y de disminuir la carga contaminante vertida en la cuenca (Rueda, 1999).

En 2010, se determinó el enfoque del sector hídrico, que todos los países deben promover modalidades sostenibles de consumo y producción (ONU, 2010). El Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD, 2010), como en la Cumbre de Río, se adelantó a los gobiernos mundiales y estableció el documento: Visión 2050; Nueva Agenda para los Negocios, que, centrada en la sostenibilidad y una proyección de 9.000 millones de habitantes, establece una Hoja de Ruta, donde el agua residual municipales considerada como un recurso que permite el incremento del reúso de agua reciclada o residual tratada.

Considerando que dentro de la investigación cualitativa, la información es la que guía el Muestreo, y por ello es preciso que evolucione a fin que se cubran todos los requerimientos conceptuales del estudio, y no la adaptación a unas reglas metodológicas, se seleccionó “Muestreo Teórico” para los fines del mismo, en donde, a partir de la Lectura Consultada, Recopilación de Datos e Información, y Observación, encuestas y entrevistas a voluntarios,

se avanzó hacia una estrategia de acervo del marco conceptual asociado al abasto de Agua Sostenible a partir de los términos de *Sostenibilidad Hídrica y Reúso de Agua Residual Tratada*, determinados como fundamento en la investigación para determinar si este último representa una opción para el abasto sustentable de agua en la Ciudad de Monterrey Nuevo León y su Área Metropolitana al considerarse en base a las siguientes Visiones Filosóficas y Teóricas:

En el presente estudio se utilizan además los conceptos de: Agua Residual Tratada, Reúso de Agua y Sostenibilidad Hídrica. De acuerdo Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales (compilación de términos similares en México) solo la NOM-003-SEMARNAT-1997 define a las Aguas residuales tratadas como “aquellas que, mediante procesos individuales o combinados de tipo físicos, químicos, biológicos u otros, se han adecuado para hacerlas aptas para su reúso en servicios al público (SEMARNAT, 1998).

Una definición de reúso del agua es “es el uso del agua residual tratada en actividades municipales, industriales, comerciales y agrícolas de manera técnicamente confiable y ambientalmente segura. Práctica de utilizar el agua que ya ha sido usada o utilizada” (Dautant, 2016, p.26 ), para el que la Norma NOM-003-SEMARNAT-1997 lo clasifica en Reúso en servicios al público con: a) Contacto Directo y b) indirecto u ocasional.

La sostenibilidad hídrica y agua sostenible, se considera como:

*...“la distribución equitativa del agua entre las especies animales y vegetales, considerando sus necesidades y en el caso de los humanos, sus expectativas de crecimiento sin comprometer las capacidades de las generaciones de especies futuras, para satisfacer sus necesidades (García, 2012, p.1).*

De esta forma, el manejo sostenible del agua requiere de soluciones que se encuentren enmarcadas y adaptadas en la trilogía de sociedad justa, viabilidad económica y seguridad hacia el medio ambiente, aceptando y consolidando soluciones no convencionales, donde para enfrentar ese problema una solución podría ser, el utilizar los efluentes tratados de las plantas de tratamiento de aguas residuales (Dautant, 2016).

La perspectiva social sobre el reúso del agua está estrechamente ligada al desarrollo sostenible ya que constituye un factor importante para optimizar la gestión de recursos hídricos, y puede contribuir al cumplimiento de los tres objetivos: crecimiento económico,

equidad social y valor ecológico.

Como sociedad, se debe tener un enfoque holístico para que la población futura goce de un nivel de vida aceptable, en armonía con la naturaleza y los recursos que el planeta ofrece y que la Organización de las Naciones Unidas en la Agenda 2030 plasmó en sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2015a), así como por las principales corporaciones privadas que encabeza el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible mediante la Nueva Agenda para los negocios, Visión 2050 (WBCSD, 2010).

Derivado del estudio del Sistema Conceptual Común para la Pobreza y Desarrollo Sostenible en América Latina, Sejenovich (2015a), se encontró como área de oportunidad la implementación de herramientas metodológicas aplicables a un Sistema de Abastecimiento de Agua Residual tratada (SAART) que coadyuven al desarrollo hídrico sostenible y de métodos para cuantificar y evaluar los componentes económico, social y ambiental

Un modelo de gestión del Agua Sostenible debe preservar el entorno manteniendo una determinada complejidad del mismo, a la vez que tiene que proveer agua al sistema urbano según su destino de uso para el mantenimiento de su organización. Ello es posible si el modelo se desarrolla con la intención de incrementar su capacidad de anticipación.

La *Escasez Hídrica* es una construcción social y política, normalmente corresponde a un período concreto de carencia de agua, es un evento espacio temporal, sin embargo, la incertidumbre de su duración y efectos, suele rebasar la adaptación de las necesidades y/o necesidades del hombre en prácticamente todos los ámbitos o sectores. La escasez de agua no solo se debe a la baja disponibilidad renovable del vital líquido en su estado natural, también obedece a dimensiones biofísico-ambientales; ciclo-temporales, socio-políticas y antropogénicas; dada su transversalidad, representa el desafío más importante para el desarrollo socioeconómico y humano a largo plazo, porque puede agravarse por el cambio climático, en zonas áridas y semiáridas sometidas a un estrés hídrico, para una efectiva protección de los recursos hídricos mundiales se requieren acciones antropogénicas que impactan al ambiente y sean gestionadas de forma integrada (UNESCO, 2020) y holística.

Como principales causas de *Escasez Hídrica* se tiene a la falta absoluta de agua y ocurre cuando las fuentes de suministro o sistemas de abastecimiento seguros se encuentran a kilómetros de distancia, tal es el caso de zonas desérticas naturales o de áreas que han sufrido

mal manejo del suelo y del vital líquido (ONU, 2014). La contaminación o mala calidad de las aguas de los ríos, lagos y acuíferos, degradadas principalmente por la acción antropogénica y el cambio climático son otras causas de Escasez Hídrica.

*El Índice de estrés hídrico.* Es un indicador utilizado para medir la escasez de agua acuerdo con la cantidad disponibles por persona, considera:

- i. *Estrés Hídrico*, los suministros anuales de agua bajan hasta los 1700 metros cúbicos renovables por persona por año.
- ii. *Escasez Periódica de Agua* es, los niveles del agua bajan entre 1700 y 1000 metros cúbicos renovables por persona por año.
- iii. *Escasez de Agua*, el suministro de agua cae debajo de los 1000 metros cúbicos renovables por persona por año.
- iv. *Escasez Absoluta de Agua*, el suministro de agua cae debajo de los 500 metros cúbicos renovables por persona por año.
- v. *Escasez de Agua Fabricada*, es utilizada como dispositivo para legitimar las políticas impulsadas por el mercado, y se centra en la disposición de soluciones tecnológicas u obras de infraestructura.
- vi. *Crisis Hídrica* se presenta cuando existe una disminución en la calidad y cantidad disponible de agua dulce, al grado de generar efectos nocivos para la salud humana y/o la actividad económica.

La *Seguridad Hídrica*, es entendida por el Programa Hidrológico Internacional de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, como la capacidad de la población para salvaguardar el acceso a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable, que permita sustentar tanto la salud humana como la del ecosistema, basándose en las cuencas hidrográficas, así como garantizar la protección de la vida y la propiedad contra riesgos relacionados con el agua –inundaciones, derrumbes, subsidencia de suelos y sequías (UNESCO, 2012).

Es importante, desde la perspectiva social, ante una disponibilidad cada vez más limitada del recurso hídrico de primer uso y el deterioro de su calidad atender el enfoque de que “*ninguna agua de calidad superior, a menos que exista un excedente, debe utilizarse para un propósito*”



*que pueda tolerar un grado inferior*”, expresado en 1958, durante el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (AWWA, 2009).

Para el logro de la sostenibilidad hídrica, es necesario romper paradigmas y brindar la misma prioridad a las fuentes no convencionales y a los sistemas de Reúso Hídrico (Daly, 1990).

La existencia de un déficit de disponibilidad que tendrá la Zona Metropolitana de Monterrey en el año 2030 será del orden de 16,400 litros por segundo, contemplando una dotación de 130 l/hab/día; en tanto que la oferta firme de agua disponible es de tan solo 16,200 litros por segundo, por lo que para superar este déficit se deberán considerar proyectos de ampliación y de nuevas fuentes convencionales y no convencionales inclusive (SDS, 2010).

Como medida alternativa para mantener el suministro de agua a mediano y largo plazo, el Gobierno del Estado de Nuevo León, ha puesto marcha en este año 2018 el Plan Hídrico 2030, el cual incluye acciones tales como: B) Mejorar el sistema de saneamiento en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales e incentivar el reúso del agua para potenciar un caudal de 2.0 m<sup>3</sup>/s; ya que la presión sobre los recursos hídricos superficiales y subterráneas en Nuevo León, ha aumentado considerablemente ante tecnologías más eficientes de extracción y aumento de los consumos, alcanzando un nivel per cápita de alrededor de 60 m<sup>3</sup> al año entre 2014 y 2015 (SEMARNAT, 2016), y de acuerdo a la OMS, son necesarios de 50 a 100 litros de agua por persona al día para garantizar que se cubran las necesidades básicas, es necesario implementar acciones que propicien la optimización del consumo y del reúso hídrico. (SADM, 2017)

Para Rueda (1999), un sistema o modelo de gestión del agua con enfoque de sostenibilidad debe preservar el entorno, y a la vez, proveer agua al sistema urbano, por lo que el tratamiento y el reúso del agua residual se señala como necesario, a fin de evitar un incremento en el deterioro ambiental, en la calidad de vida de la población y en la economía, clasificándose al agua residual en 2017 como un “Recurso desaprovechado” en el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. (WWAP, 2017).

A lo largo de la historia, han existido diferentes modelos de gestión del agua, algunos con enfoque social, ambiental o economicista. En el presente siglo existen múltiples basadas en la tecnología económico-social de alta gama para los problemas hídricos mundiales, pero no son ejecutadas, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

(FAO) estima en su informe "*Hacia un futuro con seguridad hídrica y alimentaria*" (2015), que la escasez de agua afecta a más del 40 por ciento de la población mundial, cifra que alcanzará los dos tercios para año 2050. A continuación, se describen los principales modelos de gestión del agua:

### 1. *Reduccionista.*

*Este modelo* responde a grandes intereses económicos, fomenta el sistema lineal de sobreexplotación de fuentes de agua convencionales y desechamiento de las aguas residuales sin tratar, que son vertidas a cuerpos receptores generando contaminación y enfermedades. Se privilegian los intereses de los urbanizadores y especuladores de la tierra, quienes empiezan a construir cada vez más lejos de la ciudad central, dotando de agua potable los nuevos fraccionamientos mediante concesiones no habitacionales.

### 2. *Holístico*

Es la administración del agua con visión multidisciplinaria, que optimiza su aprovechamiento en la forma, cantidad y calidad, considerando las necesidades derivadas de los destinos de uso, desde la fase de análisis y planeación de soluciones hasta su implementación con una evaluación sobre el alcance, costos, riesgo e impactos, vinculado a capacidades personales y sociales en procesos de toma de decisiones colectivas (OBS, 2018). Un enfoque económico holístico y sostenible requiere la consideración especial y principal de los recursos y sistemas hídricos.

### 3. Modelo Integral de Circularidad mediante el reúso.

Los *sistemas naturales de circularidad*, se basan fundamentalmente en la acción solar, ya sea en forma directa a través de la evaporación, cuya acción es propiamente una “destilación” natural, y su consecuente condensación, para volver a tierra mediante la precipitación pluvial; o indirectamente, a través del filtrado que ocurre al pasar a través de formaciones geológicas debido a la acción de la gravedad, o por acción de la vegetación, la cual absorbe nutrientes y sustancias, generando un efecto de depuración, derivando a su vez en un aumento del valor natural del agua.

Sin embargo, la capacidad planetaria de depuración y reciclado natural del agua es limitada, en el ámbito local, las aguas suelen permanecer durante un tiempo con condiciones de calidad

deteriorada, hasta ser evacuadas al mar o evaporadas, reintegrándose, más tarde, al sistema natural bajo la forma lluvias, nieves y granizos; en tanto a nivel global, las aguas residuales no tratadas tienden a diluirse en océanos, mares y lagos, incorporándose a éstos y disminuyendo la calidad de los sistemas hídricos naturales.

En el caso del agua residual tratada o regenerada es gestionada mediante este modelo de circularidad en donde se fomenta el tratamiento y reúso mediante sistemas de abastecimiento de agua duales, que permitan el reúso planificado directo hacia destinos de uso industrial, público, comercial y agrícola, lo cual incrementa la disponibilidad de agua renovable. La circularidad reduce el estrés hídrico y la contaminación ambiental (Antón y Díaz, 2000).

Nuevo León contaba en diciembre de 2015 con 52 plantas de tratamiento de agua residual, con una capacidad instalada integral para tratar 14,610 lps, con un promedio de ART de 11,230.5 lps producidos, (SEMARNAT, 2016); donde el volumen tratado en el área metropolitana es cercano a los 27 millones de m<sup>3</sup> mensuales, de los cuales, cerca de 2 millones m<sup>3</sup> se reutilizan en la industria como agua residual tratada ART, cuya calidad se encuentra en cumplimiento con la norma NOM-003-SEMARNAT-1997, para contacto indirecto, con más de 100 usuarios de tipo industrial y comercial, y tan solo un usuario de uso tipo doméstico. (SADM, 2017).

### **II.1.1 GOBERNANZA Y AGUA SOSTENIBLE.**

El análisis presentado en esta sección radica es contextualizar el estado del arte desde la Gobernanza Hídrica desde la evolución de la política hídrica en México en los últimos años, partiendo de literatura consultada, específicamente enfocándonos en una breve historia de la conceptualización de gobernanza, haciendo un recuento de diferentes definiciones que ha tenido a lo largo de los años.

En segundo lugar, se discute la forma como se define gobernanza del agua, y la utilidad del concepto para el estudio de los mecanismos de gobierno del recurso hídrico, para finalmente se concluir en la aplicación del concepto de gobernanza del agua al caso mexicano en específico, donde acuerdo con las leyes mexicanas, el agua es propiedad de la Nación.

Desde la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (DOF, 1917), en su artículo 27, donde enuncia que “la propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada”, lo que equivale al gobierno federal, así como la reforma al artículo 4º relativo a los derechos humanos asociados al agua, salud y ambiente sano (DOF, 2012).

La infraestructura urbana sostenible debe ser planeada, construida y operada conforme a procesos congruentes con la sostenibilidad de los sistemas de soporte, a los que la Encyclopedia of Life Support Systems (ELSS, 2017) señala como “*cualquier sistema natural o creado por el Hombre que fomenta la biosfera de forma sostenible*”, como lo es la infraestructura para el logro de la sostenibilidad hídrica a través de su gestión holística integral.

En ella, el reúso planificado, se constituye como un elemento importante en la gestión de los recursos hídricos (AWWA, 2016), no solamente en los países de reconocida escasez hídrica, sino también en aquellos de reconocida disponibilidad natural abundante; sin embargo, si no se realiza una planificación, se vierte el peligro para la salud pública y consecuentemente el medio ambiente (Cirilo, Cabral, Silva, 2007).

En la presente década, los paradigmas de gestión de los recursos hídricos se han ido transformando en el entorno mundial (Biswas & Tortajada, 2009a, 2009b), de estar enfocados en el suministro del vital líquido al mayor número posible de personas mediante soluciones tecnológicas, a colocar al centro del debate el derecho de todo ser humano a tener un suministro continuo de agua para su consumo, necesidades primarias y secundarias, y a tener acceso universal a servicios de saneamiento, los cuales incluyen el tratamiento, transportación y entubamiento, y disposición de los efluentes contaminados municipales.

Considerando la literatura académica consultada sobre gobernanza del agua se han ido enfatizando conceptos importantes, tales como el derecho humano al agua (Domínguez, Martínez, Palacios, & Peña, 2013; Mar, Potos, Mar, & Sociales, 2010; Tello Moreno, 2008) y una popularización del concepto de seguridad hídrica (K. Bakker & Morinville, 2013; Biswas-Tortajada, 2014; Falkenmark, 2013; Norman, Dunn, Bakker, Allen, & de Albuquerque, 2013; Tindall & Campbell, 2012).

Si bien éste es el caso en la literatura internacional y anglosajona, incluso en México ya se empieza a hablar de seguridad hídrica, si bien los primeros pasos para éste tipo de estudios apenas se están viendo formalizados (Pablos & Adams, 2011; Scott et al., 2012).

La conceptualización de Gobernanza se orienta hacia poder determinar qué elementos de su definición pueden ser valiosos para transformar (Williams, 1977) de manera positiva la forma en la cual se construyen políticas hídricas en México.

Desde perspectivas de Rhodes, quien estableció cinco elementos fundamentales a través de los cuales es posible una transformación del proceso gubernamental (Bevir, Rhodes, & Weller, 2003; Huitema & Meijerink, 2010; Rhodes, 1996, 2000, 2007) de ser un proceso jerárquico, rígido, de estructura autoritaria y vertical, a ser un fenómeno de flexibilización de las interacciones entre los diferentes actores del sistema político y de política pública (Fischer, Miller, & Sidney, 2007).

La noción de gobernanza permite crear puentes entre disciplinas, tradicionalmente está asociada con un modelo de gobierno donde la división de autoridades y responsabilidades es tal que el actor central del sistema gubernamental cede en parte el control del proceso gubernativo a

diferentes actores involucrados (Aguilar, 2012), que por ende comparten una responsabilidad ya sea de ejecución, diseño, implementación o monitoreo de políticas públicas, siendo estas redes el elemento definitorio de la gobernanza (Rhodes, 2007, p. 1245).

El cual va desde Foucault a Enroth, quien señala que la gobernanza sea desde un arte de gobernar para resolver los problemas de una sociedad mediante la producción de políticas públicas sólidas, a un arte de resolver problemas sin que exista una referencia explícita a una población objetivo a la cual se le deben resolver dichos problemas (Enroth, 2014, p. 60).

A su vez, Himley señala que la gobernanza involucra una reconfiguración de los arreglos institucionales y organizacionales a través de los cuales las relaciones entre la sociedad y la naturaleza se gobiernan (Himley, 2008).

La Gobernanza del agua o hídrica, parte para algunos de la transición conceptual del paradigma tecnocrático de gobernación de los recursos hídricos hacia un modelo más alineado con los conceptos de gobernanza inicia con la implementación del concepto de manejo integrado de los recursos hídricos (*integrated water resources management*) (Benson, Gain, & Rouillard, 2015; Beveridge & Monsees, 2013; de la Porte, 2007).

Se enfatiza una visión sistémica en la cual las decisiones con respecto de a quién le corresponde ofrecer el servicio de agua tienen que tomar en cuenta a los usuarios de la misma (Biswas, 2008), sin olvidar que los modelos para evaluar la gobernanza del agua han ido cambiando al paso del tiempo y que a literatura internacional sobre gobernanza del agua está dispersa en muchos aspectos y en diferentes disciplinas.

Tropp (2006), señala cuatro dimensiones fundamentales de la Gobernanza del agua o Hídrica, que son la Dimensión Social, la Dimensión Económica, la dimensión Ambiental y una cuarta que es la Dimensión Política, las cuales se asemejan con mucho a la literatura sobre sustentabilidad que emerge a partir del Reporte Bruntland (WCED, 1987) y se asocia al Objetivos 6 de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

Posteriormente indica que es fundamental tomar en cuenta la complejidad de la problemática del manejo del recurso hídrico como función pública (Tropp, 2007).

No se debe confundir la Gobernanza con la gestión Integral de los Recursos Hídricos, y dada la polarización respecto a la Gobernanza Hídrica, Wegerich y colaboradores establecen que ante un gran número de paradigmas conceptuales que pueden estar contrapuestos unos con los otros, la Gobernanza del Agua, de alguna manera es un proceso anárquico (Wegerich et al., 2014), en virtud de que en ciencia política la anarquía se refiere a la ausencia de un regulador.

La gobernanza mundial con respecto a la protección del medio ambiente, en relación con los recursos hídricos, suele contemplar el uso de permisos y licencias, la aplicación de normas de calidad de emisiones o aguas residuales o la zonificación para el uso de la tierra (Sterner & Coria, 2012; WWAP, 2017).

La aplicación de Gobernanza del agua o Hídrica en México, usualmente considera el arreglo institucional más popular para la gestión del recurso hídrico en el país que son los Consejos de Cuenca desde 1948 y los Comités Técnicos de Aguas (COTAS) que se ocupa de los aspectos de agua subterránea.

Estos comités están tradicionalmente conformados por representantes de los tres niveles de gobierno (federal, estatal y municipal) y de los diferentes usos consuntivos (industrial, agrícola, servicios). (CONAGUA, 2010), los cuales provienen de experimentos de política pública en el manejo del agua en España según lo señalan Sancho Marco y Parrado Díez (Sancho Marco & Parrado Díez, 2004a, 2004b).

En México, el Gobierno Federal es quien permite la concesión del uso del vital líquido para actividades productivas y antropogénicas, siendo utilizado como un recurso político que es manipulado por diferentes agentes en el trayecto del ciclo hidrológico, desde la extracción hasta la distribución (Coleman, 2012).

En años recientes, la popularización del concepto del “derecho humano al agua” ha crecido de tal suerte que esta noción está convirtiéndose lentamente en un paradigma central de la gestión del agua, no solamente en México, sino a escala internacional (Chociey, 2013).

En el caso de México, hay diferentes periodos en los cuales ha habido cambios de política pública en materia hídrica, colocando como ejemplo los modelos de gestión participativa del agua en México de 1947, con el arreglo institucional denominado “consejo de cuenca” (Tortajada & Contreras-Moreno, 2005; Tortajada, 2001).

Hubo un gran número de precursores de estos consejos en el país, incluyendo los comités de cuenca, los comités vecinales y las juntas de agua. Actualmente, la gran variedad de modelos para la gestión del recurso hídrico en todas las escalas (federal, estatal, regional, municipal y a nivel de comunidad) ha derivado en un entramado institucional que es más bien una maraña de relaciones entre diferentes actores.

Soares (2007) señala tres periodos históricos para la gobernanza del agua en México en su análisis: 1948-1976, periodo durante el cual se creó y posteriormente se extinguió la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SIH).

De 1976 a 1988 en que la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP) toma la agenda de agua potable y alcantarillado, y 1989 en adelante, cuando se crea la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) que considera que existen 13 regiones hidrológico administrativas tales que se conforma por agrupaciones de cuencas, las RHA (Regiones Hidrológico Administrativas) son la unidad básica para la gestión del agua.

Estas Regiones Hidrológico Administrativas están contempladas de tal manera que se respete las líneas estatales para facilitar la administración de cada una de ellas y se convierte en reguladora de los sistemas hidráulicos y lleva a cabo la descentralización de la política hidráulica urbana principalmente, y mantiene el registro público de derechos del agua (REPDA) es el organismo encargado de generar información sobre las concesiones del agua en México.

Para ello, el eje central analítico no era el agua como recurso natural, sino “el Estado y los movimientos sociales en su disputa por el derecho a la ciudad” (Ávila García, 2008, p. 151), pues lugar de tomar al recurso hídrico como el centro de atención, los gobiernos (y muchos investigadores) se han enfocado en las disputas que emergen como resultado de la falta de atención a las necesidades de los usuarios en contextos urbanos.



Por lo mismo, el elemento de interés que se encuentra al centro de las discusiones sobre gobernanza urbana del agua era tradicionalmente el aspecto de conflictividad (Castro, Kloster, & Torregrosa, 2004; Pacheco-Vega, 2014a; Sainz Santamaría & Becerra, 2002; Talledos, 2011).

El Artículo 9º de la Ley de Aguas Nacionales señala a La Comisión Nacional del Agua, como un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, que se constituye como el Órgano Superior de carácter técnico, normativo y consultivo de la Federación, ejerce las atribuciones de la autoridad en materia de gestión integrada de los recursos hídricos, entre las cuales destacan fomentar y apoyar el desarrollo de los sistemas de agua potable y alcantarillado; el saneamiento, tratamiento y *reúso de agua* (LAN, 2016).

De acuerdo con la CONAGUA, el diseño de la Agenda del Agua 2030, como un instrumento de planeación hídrica a futuro, involucra una transformación de la visión histórica de la política hídrica, en donde el plan es enfocarse en la sustentabilidad del recurso. En dicho documento, se reconocen 3 etapas históricas en la política hídrica de México.

La primera etapa, un enfoque a la oferta que inicia en 1926 donde la prioridad fue construir infraestructura hidráulica. La segunda etapa comienza en 1950 y en ella la prioridad era controlar la demanda y descentralizar. Mientras que la tercera etapa inicia en 2010 y se prioriza la búsqueda de mecanismos que garanticen equilibrios de largo plazo (CONAGUA, 2011).

Ahora bien, en relación al Reúso Hídrico, es importante destacar que la gobernanza o legislación y normatividad técnico-ambiental sobre este rubro no es tan antiguo como su empleo, por lo que su especialización inicia realmente a partir de la toma de conciencia de que el agua es factible de agotarse, y de la conceptualización ambiental del Desarrollo Sostenible en el libro *Nuestro Futuro Común*, más conocido como el Informe Bruntland (WCED, 1987).

El régimen legal para el Reúso Hídrico del Agua Residual Tratada se inicia en España con la Norma RD 1620/2007, la cual se considera una de las primeras en el mundo en establecer

los destinos y sus parámetros de calidad y valores máximos permitidos para cada uno de los usos como son: el agrícola, el recreativo, el industrial y el ambiental; así como los destinos prohibidos como son consumo humano e industria alimentaria; y conceptualiza el RH como “Reutilización” e introduce la denominación de aguas regeneradas a la tradicional ART (MAPAMA, 2010).

En los Estados Unidos de América se inició con la Ley Federal de Control de la Contaminación del Agua de 1948, pero un incendio en el Río Cuyahoga, en 1969, que era uno de los ríos más contaminados, fomentó la conciencia para el control de la contaminación del agua, que culminó con la Ley de Agua Limpia (CWA) y la creación de la Environmental Protection Agency (EPA, SF).

Para 2010 España estableció preliminarmente el Plan Nacional de Reutilización de Aguas, enfocado al RH (MAPAMA, 2010), cuya finalidad es contribuir en el logro de condiciones adecuadas del agua establecido en el artículo 92 bis de la Ley de Aguas Española, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001; donde, en general, señala que el Marco Normativo es la Directiva Comunitaria 91/271 de la Unión Europea de 1994, la cual norma lo relacionado a el agua residual urbana y su tratamiento

En México, la Constitución y los tratados internacionales son la máxima gobernanza de los aspectos ambientales. De ellos derivan las diferentes legislaciones y normas aplicables, que provienen de la Promulgación del Derecho Humano al Agua y el Saneamiento por la Asamblea General de las Naciones Unidas.

La Ley General de Aguas de 2015 aún no ha sido publicada en el Diario Oficial de la Federación, y está suspendida, por lo que sigue vigente la de 1992 denominada Ley de Aguas Nacionales, la cual no contempla el concepto de *SAART*, y solo establece el término de reúso definiéndolo como: “La explotación, uso o aprovechamiento de aguas residuales con o sin tratamiento previo” (LAN, 2016). En los años de 1996 a 2002 se incorporaron en México las legislaciones en materia de agua residual con la creación de las Normas Oficiales Mexicanas (ANEAS, 2017):

- NOM-001-SEMARNAT-1996\*, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
- NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.
- NOM-004-SEMARNAT-2002, que establece las especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes en lodos y biosólidos para su aprovechamiento y disposición final.
- NOM-014-CONAGUA-2003, que establece los requisitos para la recarga artificial de acuíferos con ART.

\*Actualizada en 2022

La Comisión Nacional del Agua hizo público en 2007 el “Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento”, donde establece los lineamientos técnicos aplicables a los sistemas de abastecimiento de agua potable, drenaje sanitario y saneamiento; sin embargo, no contempla los SAART (SEMARNAT, 2007), por lo que suplementariamente se utiliza actualmente dicho manual para la implementación de SAART’s, con las complementaciones realizadas hasta el 2015, al considerarse como equivalentes a ambos sistemas, y porque este documento se toma a su vez como referencia general para la construcción y operación de los sistemas de riego.

De esta forma podemos señalar que ha existido y persiste una transición desde lo que se considera un proceso anárquico hasta las bases de una Gobernanza Hídrica robusta, que a desde la conceptualización misma, hasta la integración de normativas y textos rectores de la política hídrica hacia la utilización del lenguaje asociado con la gobernanza.

No se localizó evidencia documentada o empírica que permita constatar realmente que México presenta ahora un modelo de gobierno de sus recursos hídricos más acorde con los preceptos establecidos sobre lo que significa una gobernanza, menos aún con el enfoque hacia el Reúso del Agua Residual Tratada como opción al abastecimiento urbano.

Mediante este aprendizaje, se considera necesario el análisis de políticas públicas hídricas que permita generar información y conocimiento suficiente para coadyuvar a los tomadores de decisiones al diseño e implementación de políticas con visión holística en favor de la sostenibilidad y seguridad hídrica.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

Esta investigación se divide en dos grandes campos de trabajo relacionados entre sí de manera mixta como son los paradigmas Cualitativo y Cuantitativo. Para ello se utilizan herramientas teóricas y metodológicas para la identificación y delimitación de la problemática hídrica en la región que será objeto de estudio, en cuanto a la dimensión de su geografía física y social.

Los rasgos económicos, políticos, etnológicos, naturales y culturales de la sociedad regiomontana y su relación con el agua se entienden como ejes transversales de investigación que se pueden estudiar de manera analítica, interdisciplinar y holística de acuerdo con la naturaleza de la problemática ante una potencial crisis hídrica dentro de un caos clásico de la tragedia de los comunes ante el uso utilitario del agua como recurso y el paradigma de la no percepción que se detecta en su interior.

Dentro de este campo de la sostenibilidad hídrica, cobra cada vez mayor fuerza la tendencia a investigar el impacto social y ambiental que sufren las distintas regiones debido al proceso de cambio climático y globalización económica; la sobreexplotación del agua con fines de producción alimentaria, industrialización, fines comerciales y uso doméstico entre zonas rurales, ciudades, regiones y países, donde se vislumbra a la transferencia de tecnología como solución.

La actividad humana que caracteriza al Antropoceno está poniendo en peligro los límites planetarios para sostener la vida. Cambio climático, pérdida de biodiversidad, contaminación de suelo, agua y aire, deforestación, agujeros en la capa de ozono y alteración de los ciclos biogeoquímicos del planeta son algunos puntos que interactúan con problemas sociales como la desigualdad, violencia y migración para constituir la crisis socioecosistémica actual

De esta forma observamos que se han perdido sentidos socioculturales y valoración del agua como centro del desarrollo sostenible, propiciando distintas problemáticas que se presentan en las relaciones socioambientales asociadas al agua.

### III.1 PRECEPTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS

Bajo la premisa de que la mejor forma de afrontar un problema de sostenibilidad hídrica es evitar que este se presente o magnifique, se implementan los diversos instrumentos de planeación y prevención dentro de su gestión, como actualmente es la Gestión Integral de Recursos Hídricos.

Sin embargo, los mismos modelos y métodos de planeación, intervención y prevención se encuentran sujetos a revisión y son objeto de investigación, al no tener resultados plausibles dentro del ámbito de la Gestión Holística real del Agua que evite la escases y problemas que derivan o se asocian al agua, indispensable para el logro de los objetivos de la Agenda 2030.

Desde luego, todas las líneas de investigación en desarrollo regional se cruzan y entrelazan en diversos grados con la terminal de Gobierno y Políticas Públicas, pero también, aunque en menor medida, con las otras dos; y, por lo tanto, admiten en principio la inter y trans-disciplinariedad.

En este documento se presenta los resultados de la investigación sobre la Sustentabilidad Hídrica y el Agua Sostenible mediante “El Reúso de Agua Residual Tratada, una opción para el Abasto de Agua en la Zona Metropolitana de Monterrey”, la cual es principalmente de corte mixto, donde el análisis cualitativo que se apoya en la Teoría Fundamentada (TF) como método de investigación.

Metodología que además de ofrecer diversas técnicas y procedimientos a los investigadores motivados en hacer análisis cualitativo, permite construir teoría sustantiva. Sin embargo, “como cualquier conjunto de prácticas, el nivel de logros analíticos dependerá de quienes lo aplican” (Strauss & Corbin, 2002: XXI).

En este caso, el uso de la TF, busca una respuesta a la pregunta principal ¿El Reúso de Agua Residual Tratada (ART) es una alternativa no convencional que coadyuva a la solución a los problemas de demanda de agua sostenible en la Ciudad de Monterrey, Nuevo León y su Zona Metropolitana para su Sostenibilidad Hídrica (SH).

Con este fin, se utilizaran diversas herramientas para captar información tales como: observación, lectura consultada, encuestas, entrevistas semi-estructurada, fotografía, grabación entre otras.

Además, se consideran métodos de análisis temático en el manejo de datos dentro del Software QGIS 3.16.2, y se consideró el contexto que de las condiciones económicas, políticas, sociales y ecológicas que vive la región y de esta manera tener la percepción de las partes interesadas e información del organismo operador de agua sobre los antecedentes y condiciones actuales relacionados al Agua Sostenible.

Ello a través del Reúso de Agua y su vinculación hacia la Sostenibilidad Hídrica, cuyo propósito se encuentra alineado a lo estipulado en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, cuyo sexto objetivo es: “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos” Resolución A/RES/70/1 del 25 de septiembre (ONU, 2015a).

Así mismo, se integra en la metodología, estrategias teórico-metodológicas que predominan en los ámbitos de estudios de sostenibilidad hídrica integrada a la gestión holística, orientado hacia lo preceptuado por Herman Daly en lo referente al desarrollo cualitativo de los sistemas y criterios operativos y cuantitativos para el desarrollo sostenible, los cuales permiten generar conocimiento.

Este conocimiento permite contribuir a determinar si el reúso del agua residual tratada representa una estrategia real para el desarrollo urbano y medio ambiente como opción de fuente no convencional para el abasto de Agua Sostenible en la Ciudad de Monterrey Nuevo León y su Área Metropolitana.

Lo anterior dadas las condiciones y relaciones sociedad-ambiente a través de los años, y considerando a su vez la visión de Desarrollo Hídrico Sostenible iniciada mediante la Declaración de Dublín de 1992 (OMM, 1992) y de los Objetivos de Desarrollo Sostenible del 2015, así como el Informe del programa PNUMA (WWAP, 2017) donde se considera al agua residual como un “recurso desaprovechado”.

Así mismo, dentro de la Perspectiva Social regional y sus actores principales asociados al reúso del agua residual tratada, que se considere como factor importante para el Desarrollo Hídrico Sostenible vinculado a la Gestión Integral y Holística del Agua.

De igual forma se aplica el método de caso (Stake, 2010), (Yin, 2009); en combinación con el método narrativo de tópico (Mertens, 2005) y la hermenéutica jurídica como método de análisis asociado a la gobernanza, complementado con el “método institucional” en lo

relacionado con las regulaciones existentes que constituyen una institución normativa y legal, y el método sistemático (Peña Chacon, 2017), dada la complejidad de la Gestión del Agua.

De igual forma se aplica la estrategia de la triangulación metodológica como se ha mencionado, al utilizar diversas fuentes y técnicas de recolección de datos, así como softwares de información geográfica y análisis de datos, donde también se consultaron diversas fuentes de información, tales como estudios académicos, fuentes judiciales, materiales sociales y públicos disponibles en la red.

Todo ello, tomando en cuenta que, desde la perspectiva y representaciones sociales, ante una disponibilidad cada vez más limitada del recurso hídrico de primer uso y el deterioro de su calidad se debe atender el enfoque de que ninguna agua de calidad superior, a menos que exista un excedente, debe utilizarse para un propósito que pueda tolerar un grado inferior, expresado en 1958, durante el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (AWWA, 2009).

Si “un sistema de gestión del agua con enfoque de sostenibilidad debe preservar el entorno, y a la vez, proveer agua al sistema urbano” (Rueda, 1999), por lo es necesario crear un entorno propicio para el cambio de paradigma que prevalece respecto al Reúso de Agua Residual Tratada, a fin de coadyuvar en la Sostenibilidad Hídrica, que se considera como la distribución equitativa del agua entre las especies animales y vegetales, considerando sus necesidades y en el caso de los humanos, sus expectativas de crecimiento sin comprometer las capacidades de las generaciones de especies futuras, para satisfacer sus necesidades, (García, 2012).

A ello lo complementamos con el modelo de Herman Daly (1990), quien establece que para el logro de la sostenibilidad hídrica, es necesario romper paradigmas y brindar la misma prioridad a las fuentes no convencionales y a los sistemas de Reúso Hídrico.

Razón por la cual, se consideró muy adecuada la utilización de la TF para la Investigación realizada, en correspondencia con lo señalado por Strauss y Corbin (2002), quienes indican que el propósito primario de la TF en los datos consiste en generar o descubrir “modelos explicativos” sobre determinados fenómenos sociales (en este caso, relacionado al de Sustentabilidad Hídrica y Reúso de Agua Residual Tratada en Monterrey, N.L.), cuyos postulados teóricos se encuentran apoyados en el análisis sistémico.

Para ello, se toma en cuenta lo expresado por Glaser y Strauss (1967), pues el investigador en sostenibilidad hídrica y reúso de ART, se debió basar en el análisis comparativo constante entre las opiniones del informante en relación con la situación actual del contexto de la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, identificando patrones de recurrencia en el discurso y las relaciones entre estos patrones con las lecturas realizadas y demás datos e información.

Se abordan métodos de la investigación cualitativa, cuantitativa bajo la metodología de enfoques mixto, con el uso de herramientas que nos permitan determinar y sustentar si el reúso del agua residual tratada representa una opción para el abasto sustentable de agua en la Ciudad de Monterrey Nuevo León y su Área Metropolitana enfocada a generar conocimiento e información para la toma de decisiones a partir de lo siguiente:

- a. «¿Qué?», Aplicar la Metodología Mixta con el uso de herramientas cualitativas y cuantitativas como la observación, encuestas y entrevistas, las cuales contribuyan a determinar el reúso del agua residual tratada representa una opción para el abasto sustentable de agua en la Ciudad de Monterrey Nuevo León y su Área Metropolitana.
- b. «¿Quiénes?», Los actores y partes interesadas identificados a investigar son los usuarios domésticos de agua potable como agentes potenciales del reúso hídrico, ya que representan más del 97% del padrón de usuarios de agua potable en la ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, sin embargo no representan ni al 1% del padrón de usuarios del Agua Residual Tratada; aunado a grupos de expertos del Organismo Operador y de actores de Organizaciones No Gubernamentales y Educativas para conocer su opinión y estrategias operativas y de proyección futura sobre el tema del reúso en la ciudad y su zona conurbada.
- c. «¿Acerca de?», La investigación se centrará en el reúso de agua residual tratada en la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, y si esta representa una opción estratégica viable para el abasto sustentable de agua en alineación con lo estipulado en la Agenda 2030 de la teoría del Desarrollo Sostenible implementada por la Organización de las Naciones Unidas, cuyo sexto objetivo es: “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos” para garantizar la sostenibilidad hídrica al romper paradigmas y brindar la misma prioridad a las fuentes no convencionales y a los sistemas de Reúso Hídrico en concordancia con lo señalado por Daly y García.
- d. «¿Por qué?», Ante la relación sociedad-naturaleza-economía que ha prevalecido en la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, la cual ha sufrido de Reiterativas Crisis del agua y fenómenos donde confluyen todos ellos que denominamos IHSAP’s, es necesario poder determinar una línea base hacia el futuro a partir de los servicios ambientales y el agua en la sociedad regiomontana, donde esta última es actualmente importada de acuíferos y fuentes superficiales que se ubican en zonas alejadas de la ciudad demostrando la insustentabilidad de la misma.



- e. «¿Para qué?», El agua residual y el reúso hídrico representan potencialmente a nivel internacional, la solución o mitigación a las crisis, y contribuyen a una sustentabilidad hídrica mediante una gestión integral y holística del agua, por lo que es necesario generar el conocimiento adecuado sobre las condiciones actuales que prevalecen dentro del imaginario social de quienes habitan y toman decisiones respecto a ello en la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, que contribuya a usar el potencial de las fuentes no convencionales de agua, aplicando los criterios operativos para el desarrollo sostenible.
- f. «¿Cómo?», Para poder generar el conocimiento que permita contribuir a explotar el potencial de las fuentes no convencionales de agua, ante la falta de disponibilidad de los acuíferos de la zona y la existencia de la infraestructura que trata el 100% de las aguas residuales que generan los diferentes tipos de usuarios incorporados al sistema de abastecimiento de agua potable y redes de alcantarillado de la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, las cuales brindan dichos servicios a más del 99% de la población que la habita y que demandan más de 12,300 litros por segundo, pero de los cuales, solamente se realiza un reúso planeado con pago por el mismo de tan solo el 10%, donde el sector doméstico representa menos del 1% de ese 10%, es necesario efectuar la investigación social mediante métodos mixtos con herramientas cualitativas y cuantitativas como entrevistas, encuestas que generen datos suficientes para su análisis, a fin de que este conocimiento del imaginario y paradigmas sociales que prevalece en la sociedad regiomontana, sea de utilidad para una toma de decisiones para la aplicación futura de criterios operativos para el desarrollo sostenible.
- g. «¿Cuándo?», El proceso investigativo tiene un programa que inició en 2018 y concluye en el año 2022, tomado en cuenta los antecedentes, datos y demás información que se recolectó y obtuvo mediante las técnicas cualitativas y cuantitativas aplicables a la metodología mixta de la investigación social.
- h. «¿Dónde?», La zona de cobertura de la investigación se circunscribe al alcance geográfico, de la Zona Conurbada y Area Metropolitana de Monterrey Nuevo León (ZC-AMM), utilizando los espacios físicos disponibles del Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Autónoma de Nuevo León y del Organismo Operador de Aguas Estatal.
- i. «¿Con qué?», Los recursos y materiales para elaborar la investigación serán los disponibles en el Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Autónoma de Nuevo León y aquellos que se gestionaron con el Organismo Operador de Aguas Estatal y otras partes interesadas en el proyecto de investigación.

Para lograr lo anterior, se tomaron decisiones consensuadas, mediante las cuales se expresan las estrategias teórico-metodológicas a adoptar en el proyecto de investigación, que en forma condensada se realizará en tres fases generales que son:

1. La primera se desarrolló haciendo acopio de información sobre las experiencias de reúso del agua a nivel nacional e internacional mediante expertos.

2. La segunda consistió en proponer modelos de tipo cuantitativa y cualitativo para mostrar la capacidad que existe en la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey Nuevo León (ZC-AMM) para ofertar y suministrar agua residual tratada de forma directa y planeada a usuarios complementarios al destino de reúso industrial con información del organismo operador de agua estatal.
3. La tercera consistió en un estudio exploratorio para conocer las representaciones sociales regiomontanas respecto al agua y la percepción que tiene la población para utilizar agua residual tratada mediante encuestas y análisis de datos.
- 4.- La cuarta consistió en efectuar un análisis general de viabilidad técnica y económica sobre la opción de abastecimiento y suministro de agua residual tratada de forma directa y planeada a usuarios de sectores complementarios al industrial, a través del sistema de abastecimiento dual existente.

### **III.2 ENFOQUE ASOCIADO AL ANÁLISIS DE LA OPCIÓN DEL REÚSO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA.**

Para los efectos de la presente investigación, se establece que el desarrollo del trabajo deberá realizarse adoptando diferentes criterios metodológicos desde la definición del alcance y su proceso de organización, ya que la forma en que se aborda toda investigación asociada al “agua” como la llevada al cabo, tiene repercusiones sobre los resultados de la misma.

Puesto que la propuesta presentada no es la solución a un problema de escasez o crisis hídrica presente, sino que representa una opción que apoye, mediante un enfoque de gestión holística del agua sostenible, al sistema de abastecimiento actual, que fundamenta en la explotación, e incluso sobreexplotación de las fuentes convencionales para satisfacer una sed de intereses y crecimiento no sustentable.

En general, la investigación asociada al reúso del agua residual tratada de forma planificada directa y de intercambio, podría ser llevada a la práctica desde la forma tradicional, unidisciplinaria e individual desde el ámbito cuantitativo de la ingeniería, renunciando a ello al tomar lo señalado por Follari respecto al caso de la especialización, que describe como “un mundo despersonalizado, dirigido por fríos técnicos que sólo conocen de su especialidad,

fruto de esos señores parcializados en su pequeña área...”.

Por lo que se elige realizarla mediante la actuación interdisciplinar, cuantitativa y cualitativa en conjunto y en forma interrelacionada, de los elementos afines de varias disciplinas con el fin de abordar y explicar el fenómeno estudiado asociado al abastecimiento de agua.

Esto es el enfoque metodológico de corte mixto que se aplica como eje para el análisis de los supuestos hipotéticos acorde a los objetivos planteados, manteniendo bases comunes, pero fines específicos diferentes, así como participación combinada y cooperativa entre disciplinas,

Es preciso señalar que ello obedece a que los trabajos individuales y unidisciplinarios son casi obsoletos y en desuso ante la vertiginosa generación y proceso de la información, así como por el carácter que ha tomado el “agua” como centro del paradigma del desarrollo sostenible y de los derechos humanos.

Ello obliga a desarrollar mejores prácticas para su gestión humanamente optimizada y eficiente, al ser línea base para el logro de objetivos y metas dentro de la Agenda 2030; por lo que es conveniente reconocer estos enfoques holísticos, como el reúso del agua residual tratada, que representan opciones particularmente rechazadas o menospreciadas por la sociedad y partes interesadas, donde es necesario el trabajo interdisciplinario avanzada que coadyuve al proceso educativo y de aceptación de cambios ante realidades socioambientales y económicas que se contemplan en la investigación.

Al aceptar el hecho de que metodológicamente, el agua es la línea base para el cumplimiento de un desarrollo sostenible y de los derechos humanos que asegura un bienestar social real, ya que se interrelaciona con la vida de todas las especies y su supervivencia, y a su vez mantiene una transversalidad entre los ámbitos social, ambiental y económico, actuales y del pasado, a través de la historia que, como ciencia o disciplina, influye en el ser actual, manifestándose en el arte, la arquitectura, la ingeniería, la política, la ideología y en todos los demás campos del desarrollo humano.

En virtud de lo anterior, todo el trabajo intelectual se apega a la heurística y a toda regla que debe seguir todo proceso de investigación para lograr los objetivos deseados, al considerar que la ciencia es un conjunto de conocimientos ordenados y jerarquizados.

El objetivo fundamental es el conocimiento, por lo que el presente capítulo aborda metodológicamente cada uno de los objetivos y supuestos hipotéticos planteados en la investigación, y considera aportaciones científicas como la teoría general de los sistemas de Von Bertalanfy (1976).

Aunado también a herramientas metodológicas como técnicas asociativas y de objetivación descrito por Moscovici (Asch, 1946), la Investigación de Operaciones, la Formulación de Modelos, entre otros que fortalecen el trabajo científico, incursionando en el análisis de sus elementos y de sus relaciones asociadas al agua y al reúso del agua residual tratada, reconocidas a nivel internacional.

Ello nos permite analizar y estar en condiciones de proponer incluso modelos que contribuyan a generar conocimiento efectivo para la aplicabilidad de herramientas y realización de estudios complementarios posteriores que estén a favor de un enfoque de gestión holística del agua sostenible.

La metodologías, técnicas y herramientas aplicables al proyecto de investigación, son vinculantes y de corte mixto, alineadas a sus objetivos, principal y específicos, que se asocian a su vez a lo estipulado en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, cuyo Sexto Objetivo es: “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”, de conformidad con la Resolución A/RES/70/1 del 25 de septiembre de 2015 establecida por la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2015a)

Lo anterior ya que de este objetivo deriva la propuesta de opción del Reúso Planificado Sustentable de Agua para el aprovechamiento de las aguas residuales, que en el año 2017 se consideraron como un Recurso Desaprovechado y, que ante la situación de crisis que prevalece en la Zona Conurbada y Area Metropolitana de Monterrey.

Se denota que socialmente se carece de una aceptación adecuada, al no considerar al Agua Residual Tratada y a las “Fuentes No Convencionales” como viables para el abasto de agua en destinos complementarios al Industrial dentro del sistema de distribución dual existente.

Así, ante el supuesto de que dicha sociedad ha desestimado el potencial de reúso planificado directo de efluentes tratados como Estrategia Operativa, la cual se alinea al Principio de Recolección Sostenible de Herman Daly para el abasto de agua sustentable.

Específicamente en destinos público urbanos como el comercial, público y doméstico no potable, con lo cual le resta valor a los “servicios ambientales” que mantienen la biodiversidad y la producción de bienes asociados al agua sostenible.

La orientación epistemológica aplicada a la investigación que nos permita determinar si el Reúso del Agua Residual Tratada de forma planificada directa a destinos de uso público urbano complementarios al industrial en la Zona Conurbada y Area Metropolitana de Monterrey, representa potencialmente una opción estratégica para el abasto sustentable de agua, en alineación con lo estipulado en la Agenda 2030 del paradigma del Desarrollo Sostenible.

Su finalidad es mitigar y coadyuvar en su sostenibilidad hídrica, al romper paradigmas y brindar la misma prioridad a las fuentes no convencionales y a los sistemas de Reúso Hídrico, es con enfoque principalmente de corte mixto que se detalla más adelante.

Ya que indaga tanto el hecho social como las causas y la explicación de los sucesos asociados a ello, con una base conceptual apropiada al problema en estudio y con una serie de principios que expresen relaciones entre las variables estudiadas de forma complementaria y deductiva.

#### *Modalidad Básica de la Investigación.*

Las modalidades básicas aplicadas en la obtención de la información, para la investigación son:

- *Investigación Bibliográfica-Documental.*

Es aquella que se obtiene de referencias bibliográficas, informes de investigación, informes técnicos, financieros, revistas científicas, tesis de grado, archivos gubernamentales y de autoridades, etc.; que sustentan el análisis de cada uno de los componentes de la Tesis.

Puede realizarse en forma independiente o como parte de la investigación de campo y de la experimental. Es un medio de información por excelencia; como trabajo científico original constituye la investigación propiamente dicha en el área de las ciencias sociales o humanas, lo cual es usualmente es el primer paso de la investigación científica.

- *Investigación de Campo.*

Mediante la cual se estudian los hechos en el lugar donde se producen, mediante el contacto directo con la realidad del problema, para obtener información del problema en análisis. Las

técnicas principalmente usadas son: observación, observación participante, semi-entrevista y encuesta de profundidad.

#### *Niveles o Tipos de Investigación.*

- Exploratorio.- En este tipo de investigación, se analiza el contexto en el que se origina el problema, estableciendo posibles causas y efectos.
- Descriptivo.- Con este tipo de investigación, se identifican los aspectos principales de cada una de las variables o condiciones para confrontarlas y describir el contexto.
- Asociación.- Se ocupa de verificar el efecto normalmente de la variable independiente, para este caso, dentro del software especializado Atlas Ti y según se señale mas adelante conforme a la naturaleza del estudio.

#### *Técnicas de Investigación.*

- Observación/Observación Participante.- Permite familiarizarse con la situación actual y además contribuirá en la recolección de datos para su posterior análisis e interpretación sobre la base del marco teórico, que permitirá llegar a conclusiones y toma de decisiones; el instrumento a emplearse es la ficha de notas.
- *Entrevista de Profundidad.* - Esta técnica se aplica con la finalidad de recolectar información que servirá para profundizar más en el objeto de estudio, para lo cual se aplica el cuestionario semiestructurado a encargados de la prestación de los servicios.
- *Encuesta.* - Con esta técnica se recopilan datos de un mayor número de personas de acuerdo a una muestra calculada y en base a estos resultados llegar a proponer soluciones.

#### *Población y Muestra.*

De acuerdo a Herrera et al (2004), la Población o Universo, es la totalidad de elementos a investigar, respecto a ciertas características. En la mayoría de los casos, no es factible investigar a toda la población, razón por la cual se recurre a definir una muestra, que consiste en seleccionar a una parte de las unidades del conjunto, que sea representativa del colectivo sometido a estudio.

Para esta investigación, donde participaran usuarios residentes de la considerada como segunda ciudad más grande del país, seleccionados por muestreo propositivo (Suri, 2011), del padrón de usuarios del sistema de abastecimiento local representativas de la población adulta del padrón de usuarios del sistema de abastecimiento de agua de la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey objeto de estudio.

La población del marco muestral es de más de 1,321,406 clientes comerciales, domésticos e industriales como usuarios del sistema de abastecimiento de agua potable a cargo del Organismo Operador denominado Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D., determinada utilizando la fórmula para población finita señalada en a), dado que se conoce el total de unidades de observación que la integran, por lo que se determinó la muestra de 3,372 habitantes, cuya primera fase integró 752 habitantes con servicio.

Esta muestra realizada en función al universo de servicios otorgados de clientes considerados en cada una de los Municipios que integran la Zona conurbada y área Metropolitana, ya que cuentan con un predominio de un modelo suburbano y, por tanto, con un potencial mayor de aplicación de alternativas no convencionales complementarias de suministro de agua para usos comerciales, público y domésticos no potables (por ejemplo, riego de jardines), estratificándola de acuerdo con la población servida en ellos, considerando la fórmula señalada, y un margen de error máximo de la encuesta es de +/- 4 puntos porcentuales y al 95% de confianza estadística.

$$a) n = \frac{N Z^2 p q}{(d^2 (N - 1) + Z^2 p q)}$$

Donde: N=tamaño de población; Z= Nivel de Confianza; P= probabilidad de éxito o proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia; q= proporción de la población de referencia que no presenta el fenómeno en estudio (1 -p); d=precisión

#### *Plan de Recolección de la Información.*

En el proceso de la investigación se ha desarrollado una tarea de búsqueda bibliográfica, de recolección y procesamiento de la información que permite interpretar y explicar el problema en estudio, para finalmente construir la propuesta más adecuada para su solución

- Tipos de Información.- Para esta investigación, los tipos de información necesaria

que se recolectan, son los siguientes:

- **Información Secundaria.**- Es la recolectada de investigaciones anteriores y asociada al objeto de estudio, que se encuentra registrada en documentos y material impreso, tales como: libros, revistas especializadas, informes técnicos, memorias de eventos científicos, tesis de grado, etc. Las fuentes de esta información son: bibliotecas, páginas oficiales de internet, archivos del organismo operador, centros de documentación, etc. En la actualidad y conforme a los avances en la informática, se obtiene información secundaria disponible a través de internet.
- **Información Primaria.**- Es la recolectada a través del contacto directo con el objeto de estudio, con la realidad de los acontecimientos. Las fuentes de esta información son partes interesadas, tales como: usuarios de los servicios de agua potable y alcantarillado, expertos del organismo operador de agua y de organizaciones civiles y gubernamentales.
- **Técnicas de Investigación.**- Las técnicas son los medios y procedimientos disponibles para recolectar, conservar, organizar, analizar y cuantificar los datos del problema que se investiga, es decir, permiten acceder a los hechos y producir conocimiento. Para obtener Información Secundaria, se emplean las Técnicas Bibliográficas, entre ellas el análisis de documentos (lectura científica). Para recolectar Información Primaria, se utilizan las Técnicas de Campo, como son la Observación, Observación Participante, la Entrevista de Profundidad, Semi-entrevista y la Encuesta.
  - **La Observación.**- Mediante esta técnica se consigue información directa y confiable, que permite tener una percepción de los aspectos relacionados con el abastecimiento de los servicios de agua potable y de agua residual tratada. Se aplica en la direcciones del organismo operador de agua estatal encargadas de dichos servicios.
  - **La Entrevista.**- Este instrumento consiste en una conversación directa entre el entrevistador y el entrevistado a fin de obtener información vinculada al objeto de estudio. Se aplica a responsables del abastecimiento de los servicios de agua potable y agua residual tratada, ya sean de organismo operador de aguas estatal, organizaciones no gubernamentales y gubernamentales.
  - **La Encuesta.**- Esta técnica recoge información, con el apoyo de un cuestionario de



preguntas que son contestadas mediante una semi entrevista cara a cara por el encuestado.

### *Plan de Procesamiento de la Información.*

El procesamiento de los datos se hará siguiendo los siguientes pasos:

- **Revisión Crítica de la Información Recopilada.**- Consiste en la detección de errores u omisiones en la limpieza de la información defectuosa.
- **Codificación de la Información.**- Se asignan códigos a las diferentes alternativas de respuesta de cada pregunta o de palabras clave de la respuesta, lo que facilita el proceso de tabulación y análisis.
- **Categorización de la Información.**- Es la determinación de grupos o clases en las que pueden ser clasificadas las respuestas.
- **Tabulación.**- Es el proceso que se realiza para conocer la frecuencia con la que se repiten los datos de la variable en cada categoría para presentarlos en cuadros estadísticos.
- **Análisis de los Datos.**- Comprende dos etapas: la selección del estadígrafo más apropiado en función de la hipótesis o supuestos hipotéticos formulados y la presentación de los datos.
- **Interpretación de los Resultados.**- Una vez efectuado el análisis de los datos y efectuados esquemas, cuadros y/o resumen de los resultados, se procede a interpretarlos, es decir, comprender la magnitud de los datos y su significado.

Para estar en condiciones de cumplir con los objetivos de la investigación, general y específicos, así como con lo correspondiente a los supuestos hipotéticos planteados, se utilizarán las técnicas y herramientas metodológicas comunes que permitan el logro de uno o mas de ellos al estar intrínsecamente relacionados, al considerar lo señalado por Friedrich Engels (2014), en la Ciencia de la Concatenación Universal, quien considera que el mundo es un “complejo sistema de relaciones”, cuyo aspecto más esencial es la conexión e interacción de las causas y los efectos, en el contacto dialéctico de la Ley de la transformación de los cambios cuantitativos en cualitativos y viceversa.

### **III.3 IMPLEMENTACIÓN METÓDICA Y DE PLANEACIÓN ASOCIADA AL POTENCIAL DE REÚSO DE AGUA RESIDUAL TRATADA: CASO DE LA ZONA CONURBADA Y AREA METROPOLITANA DE MONTERREY**

Gracias al sistema de relaciones, la conexión unos fenómenos y procesos engendran otros, se pasa de unas formas del movimiento a otras, así como basarnos en el “Modelo metodológico de investigación” propuesto por la investigadora brasileña Maria Immacolata Vasallo de Lopes (1990), que plantea cuatro niveles a tomar en cuenta a lo largo del proceso investigativo: epistemológico, teórico, metódico y técnico, implementándola a través de fases.

*Primera Fase.*- Proceso teórico epistemológico y de campo Asociado al Potencial de Reúso de Agua Residual Tratada: Caso de la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey (ZC-MM).

Todo proceso teórico incluye discusión ontológica, epistemológica y metodológica, manifestada con insistencia en otras ciencias sociales, como la sociología y antropología, el cual conduce el debate que genera conocimiento y soluciones al enfrentar problemas ontológicos, epistemológicos y metodológicos asociados al agua.

Estos problemas derivan de la aprehensión de su complejo objeto de conocimiento, para los cuales se distinguen vías de solución como la objetivista, propugnada por Durkheim (1895), que presupone el carácter fáctico de lo social de índole universalista, y otra nominalista, defendida por Weber y sustentada sobre la teoría de la acción individual dominada por el constructivismo y el interpretativismo.

Conforme a la método de investigación adoptado de Lopes (1996), es preciso indicar que la fase teórica epistemologica será tratada en el nivel operativo, siguiendo parte de la visión de García (2012) y Daly (1990), alineada a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2015b) y Derechos Humanos (ONU, 2015c), como de la tradición Durkheimniana y Weberiana, e inclusive ontologismo Bachelardiano, desde el positivismo, esctructuralismo hasta la creatividad del pensamiento.

Lo que permite crear y analizar opciones y posibilidades ante situaciones de escases y gestión del agua, en un afán correlacionar al reúso del agua residual tratada, planificado directo o de intercambio, al ciclo natural y urbano del agua como un solo evento gestionado a nivel holístico, anteponiendo como circunstancia limitante la condición humana y representaciones sociales que le atribuye, exponiendo el contexto social y filosófico del agua, su uso y su reúso.

Ello desde el momento en que se le considerará como un bien al que se le atribuye una dirección epistémica de corte de fecundidad heurística, que inicia a partir de su relación histórica, y que conecta, de forma sinérgica, al rigor racional y a la imaginación elemental, pues ambas son parte activa del conocimiento empírico asociado al agua.

A estas se les vincula en una premisa epistémica: Agua Sostenible, en donde se le adjudican, de forma racional e imaginaria, ventajas u obstáculos que representa, identificado como el acto humano de conocer sobre su cuidado y, que pueden derivar de actos que encuadran como error epistemológico, al tratar de dilucidar parte de la teoría.

Esto es, como nivel de la práctica metodológica, entendiendo que la reflexión teórico-epistemológica opera internamente a la práctica de investigación, para garantizar que los principios de científicidad operen internamente a la práctica científica, es decir, que la crítica epistemológica rige los criterios de validación interna del discurso científico.

El segundo punto es que esta perspectiva epistemológica no es suficiente si no es combinada con los criterios de validación externa apoyados en este caso por análisis de corte mixto asociados al estudio de caso, ya que la crítica hecha por la sociología del conocimiento, que conforme a Bourdieu (1975:99), «es en la sociología del conocimiento que se encuentran los instrumentos para dar fuerza y forma a la crítica epistemológica, revelando los supuestos inconscientes y las peticiones de principio de una tradición teórica».

Se aplicarán técnicas para la recopilación de datos es función del tipo de la investigación documental asociada al agua y su reúso que se realiza, donde su principal fuente de información son los organismos operadores de agua estatal y federal, centros de información privados o gubernamentales, nacionales e internacionales, así como institutos de investigación de las universidad, las bibliotecas, y organismos oficiales, y páginas de internet.

Mediante estas fuentes, se logrará el desarrollo de acopio y análisis de información, haciendo mediante la diversificación, las estrategias para la recolección y análisis de estos datos sobre infraestructura existente, condiciones de oferta y demanda, de agua, historia hídrica y aspectos preponderantes, así como las experiencias de reusó del agua a nivel nacional e internacional, utilizando a su vez herramientas y técnicas diversas para consolidar el acopio de la información.

Para realizar la investigación de campo, la información se obtendrá a través de la observación, entrevistas, encuestas, resultados de la realización de eventos científicos como congresos, asambleas, seminarios, actuación como investigador participante, etc.

A su vez se utilizaran herramientas tales como el muestreo teórico, el método de análisis temático y teoría fundamentada, datos estadísticos, softwares especializados y demás herramientas que se consideren útiles para el logro de los objetivos asociados entre otros a la Sostenibilidad Hídrica, Gestión Holística Integral, Gobernanza, Valor del Agua, Infraestructura, Cultura y Percepciones Sociales vinculados al Agua y el Reusó, así como adoptar una postura de Observador (Anguera, 1985) / Observador participante (Anguera, 1995) en el organismo operador de agua estatal, lo cual esta asociado a los objetivos y supuestos hipotéticos planteados.

Con un enfoque orientado a la gestión holística sustentable del agua en su ciclo urbano mediante el Reúso de Agua Residual Tratada, se buscará de esta forma, obtener información que denote evidencia científica y oficial que permita corroborar si mediante su reúso se mitiga la demanda social de agua de primer uso, se reduce la explotación de fuentes de agua convencionales, y los beneficios para la Zona Conurbada y Area Metropolitana de Monterrey.

Lo anterior en el *ámbito de demanda social* respecto a que ninguna agua de calidad superior, a menos que exista un excedente, debe utilizarse para un propósito que pueda tolerar un grado inferior”, expresado en 1958, durante el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (AWWA, 2009); en el *ámbito de demanda ambiental* respecto a si representa una reducción en la explotación de fuentes convencionales, a pesar de que ante las condiciones de escases del agua segura de primer uso, denotan que no se valora suficientemente al Agua Residual (Metcalf & Eddy, 1996).

Ya que el agua residual es considerado un recurso desaprovechado a nivel mundial según la O.N.U. (WWAP, 2017), continuando con una extracción por encima de la Oferta Sustentable; y en el *ámbito de demanda económica* considerando que “Un sistema de gestión del agua con enfoque de Sostenibilidad debe preservar el entorno, y a la vez, proveer agua al sistema urbano” (Rueda, 1999), con enfoque al agua sostenible (García, 2012).

De forma interrelacionada, nos enfocaremos en obtener información y documentar a su vez, la presencia de incertidumbre económica que pueda estar asociada al precio y los costes de implementación del Agua Residual Tratada para obtener conocimiento sobre si estas constituyen un vector primario en la valoración de esta oferta hídrica, al requerir un sistema de tuberías dual en los hogares.

Así como sobre la incertidumbre de calidad del agua de reúso, dirigido a obtener información y documentar si existe desconfianza notable y desconocimiento sobre el reúso, donde la exigencia de mayor calidad derivase en incremento de costes de tratamiento, que consecuentemente podría reducir la asequibilidad del precio bajo respecto al de la potable.

Aunado a obtener información y documentar aspectos relacionados a la existencia de incertidumbre cultural de no percepción, ante las condiciones de escases y crisis hídrica incipiente, considerándola como una paradoja donde radican ambas vías de incertidumbre, en función de considerar la historia que brinda evidencia que desde hace 20 años.

La sociedad regiomontana paga por un servicio de calidad de agua potable confiable y continuo, sin experimentar faltas de agua generalizadas por los usuarios como preocupación individual y proyectada a nivel estructural por la relación contradictoria de prioridades asociadas a la Sustentabilidad Hídrica y Reúso del Agua Residual Tratada.

*Segunda Fase: Modelación Metódica y Técnica Asociada al Potencial de Reúso de Agua Residual Tratada: Caso de la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey (ZC-MM).*

Se procederá de forma interrelacionada con la fase anterior, con los niveles metódico y técnico, a partir de los cuales se considera dentro del alcance de la investigación, el proponer diferentes “Modelos” de corte cualitativos y cuantitativos, derivados de los estudios, análisis e implementaciones realizados durante el periodo de la investigación en el tecnosistema de

la ZC-AMM, capital del Estado de Nuevo León, México.

De esta forma, consistirá en recabar y analizar información otorgada por organismos operadores de agua estatal, federal y organizaciones civiles y demás partes interesadas, colaborando como observador participante en conjunto con especialistas del ramo hídrico.

Lo anterior con la finalidad de integrar y presentar la propuesta de esquemas y modelos de tipo cuantitativo y cualitativo para mostrar la capacidad que existe en la Zona Conurbada y área Metropolitana de Monterrey para ofertar agua residual tratada a usuarios no industriales y percepción social, apoyándonos a su vez en la utilización de Softwares especializados como el SIG ArcGIS y QDA Atlas.TI, Arc.Maps, así como en la información entre otros actuando como investigador participante, observador y mediante lecturas de textos.

Para alcanzar un nivel adecuado de seguridad hídrica, y con ello, refrendar las acciones encaminadas al cumplimiento del Sexto Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS 6), se requiere de nuevos enfoques que integren las partes interesadas, mediante una vinculación sinérgica de grupos sectoriales que, conforme a su rama, actúan de forma individual en la gestión del agua y, ocasionalmente, como competidores por lo que denominan recurso.

#### *Modelaciones y esquemas Asociadas a la Gobernanza Hídrica Mediante el Reúso de Agua Residual Tratada en la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey (ZC-MM)*

La visión de una gobernanza hídrica para el agua sostenible, proporciona un marco conceptual, que permite analizar y potenciar la integración entre los diferentes actores y partes interesadas que establecen las normativas relacionadas a sectores como el de salud, medio ambiente y recursos naturales, economía, protección civil, desarrollo sustentable, infraestructura, desarrollo urbano, entre otros, en la dimensión del cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, cuyo compromiso aplica a la ZC-MM.

Las políticas y estrategias para mitigar el impacto de la escasez y crisis hídrica incipiente en la ZC-MM, e inclusive brindar solución a corto plazo a algunos de los problemas de los servicios de suministro de agua en dicho tecnosistema, deben ser enfocadas primeramente a las opciones existentes en el ámbito local, en aras de los principios que enarbola el paradigma

del desarrollo sostenible, por lo que la mejora y especialización de los modelos de gobernanza del agua, lograrán ser más eficientes al evitar perder la visión y objetivos, dentro de un entorno ceñido de intereses particulares, que son fundamentales para la comprensión de los alcances, teorías y metodologías bajo las cuales funcionan.

Un Modelo Gobernanza de Reúso de Agua es necesario considerar proponer en nuestro alcance de investigación, enfocada a el reúso planificado directo del agua residual tratada como opción de abastecimiento complementario al destino industrial mediante el sistema dual existente, es un conector imperantemente necesario para allanar el camino para el cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible.

Ya que contribuiría a permitir la entrada y apalancamiento de la Economía Verde en el sector, apenas notable en el tintero de la nueva legislación declarada en 2022 y denominada Ley General de Economía Circular, que conforme a los planteamientos vigentes internacionalmente, regulara un Equilibrio entre los tres ámbitos primordiales que representan la sociedad y sus partes interesadas, el medio ambiente ecosistémico y tecnosistémico, así como el entorno económico productivo en la ZC-AMM.

Para ello, se considerará lo establecido por Wiek y Larson (2012), respecto a que las características clave de la gobernanza hídrica, como una perspectiva sistémica, los cuales son: un enfoque en los actores sociales, un discurso transparente y accesible en valores y metas, y una perspectiva amplia sobre la sostenibilidad hídrica, efectuándose para ello el análisis respectivo y siguiendo lo preceptuado por Von Bertalanfy en su Teoría General de los Sistemas.

Los nuevos enfoques complementarios sobre el aprovechamiento de fuentes no convencionales de agua, la nueva cultura del reúso y la gestión holística de los recursos hídricos, complementan el tema de los modelos de gobernanza del agua tradicional porque éstos enriquecen sus elementos de política, normativa y sostenibilidad.

*Aprovechamiento de fuentes no convencionales de agua:* El tratamiento y el reúso del agua residual se señala como necesario, a fin de evitar un incremento en el deterioro ambiental, en la calidad de vida de la población y en la economía, clasificándose en 2017 como un “Recurso desaprovechado” en el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. (WWAP, 2017).

*Nueva Cultura del Reúso Hídrico:* En la actualidad se adopta como “el aprovechamiento del agua previamente utilizada, una o más veces en alguna actividad”, donde la “fuente” es la Planta de Tratamiento de Agua Residual (P´tar).

El reúso o reutilización de los efluentes tratados puede clasificarse, según su destino, en: a) Reúso Directo: que es el uso o aprovechamiento de agua residual tratada antes de su descarga en un cuerpo de agua. b) Reúso Indirecto: que es la explotación, uso o aprovechamiento de agua residual tratada de un cuerpo receptor, después del punto de descarga. c) Intercambio: que es la explotación, uso o aprovechamiento de agua residual tratada como fuente de suministro en actividades, donde el usuario deja de emplear el agua de primer uso (CONAGUA, 2016a).

*Gestión Holística de Recursos Hídricos:* La gestión hídrico sostenible constituye un sistema de soporte vital, por lo que, si su calidad y cantidad son insuficientes, o no asequibles, accesibles o adaptables legal y económicamente, afecta a la sociedad y su entorno general; por ello se requiere una organización holística e integral para su gestión sostenible (Dourojeanni, 2011).

Los sistemas de agua urbanos son un ejemplo de sistemas complejos y dinámicos de acoplamiento humano-medio ambiente, que muestran comportamientos emergentes que trascienden las disciplinas científicas individuales, y que para sus sostenibilidad exigen un cambio de paradigma basado en una gestión holística para maximizar el uso y recuperación del agua, la energía, los nutrientes y los materiales, mediante un diseño que permita lograr una eficiencia óptima (Xin, Xiaobo, González-Mejía y Garland, 2015).

*Modelaciones Asociadas a las Representaciones Sociales de Sustentabilidad Hídrica Mediante el Reúso de Agua Residual Tratada en la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey (ZC-MM).*

En virtud que la investigación se encuentra enmarcada y adaptada en la trilogía de sociedad justa, viabilidad económica y seguridad hacia el medio ambiente, se contempla dentro del alcance la realización de un estudio para analizar el valor y las barreras de percepción basadas en representaciones sociales asociadas al agua y su reúso por parte de la sociedad regiomontana, con la finalidad de estar en condiciones de corroborar si su gestión se



encuentra alíneada a los preceptos holísticos y de sustentabilidad establecidos en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, y su nivel de preparación ante las constantes de estrés y escasez hídrica.

El objetivo es efectuar la comparativa asociativa con los enfoques teóricos Procesual, Estructural y/o Sociológico de las representaciones sociales, derivados del concepto de representaciones colectivas establecido por Emilio Durkheim (1898), con los conceptos que se han mencionado a partir de estudios recientes referente al Agua, ya que ha sido el mayormente documentado conforme a la literatura consultada.

De la cual se encontró mayor información, e inclusive diferentes clasificaciones identificadas a partir de las diferentes percepciones sociales documentadas a través de diferentes estudios, metodologías y técnicas, como en este caso, a partir de instrumentos de análisis cualitativo y cuantitativo, a fin de que a partir de las mismas, y de la teoría existente, sea vinculada al concepto de reúso del agua residual tratada y a la sustentabilidad hídrica mediante los diversos contextos contenidos en el presente estudio.

La Teoría de las Representaciones Sociales de Enfoque Procesual, indica que esta se compone del saber, opinión o conocimiento popular, donde se prioriza el análisis cualitativo de lo sociocultural y la interacción social con un concepto o idea construido por una comunidad o sociedad, en materiales de tipo discursivo de conversaciones, entrevistas, obras literarias, documentos periodísticos.

Serge Moscovici es uno de sus principales precursores, quien la define como:

*“una modalidad particular del conocimiento, cuya función es la elaboración de los comportamientos y la comunicación entre los individuos. ...es un corpus organizado de conocimientos y una de las actividades psíquicas gracias a las cuales los hombres hacen inteligible la realidad física y social, se integran en un grupo o en una relación cotidiana de intercambios, liberan los poderes de su imaginación. ...son sistemas de valores, nociones y prácticas que proporciona a los individuos los medios para orientarse en el contexto social y material, para dominarlo”... (Moscovici, 1979, pp. 11-24);*

Denise Jodelet indica que son “*sistemas de referencia que nos permiten interpretar lo que nos sucede, e incluso dar un sentido a lo inesperado; ...formas de conocimiento social que permiten interpretar la realidad cotidiana... un conocimiento práctico que forja las evidencias de nuestra realidad consensual...*” (Jodelet, 1986, pp.469-494).

Dentro del Enfoque Estructural de la teoría de las representaciones sociales, constituyen una perspectiva teórica y metodológica, primeramente cualitativa y después cuantitativa, donde Jean Claude Abric indica que pueden “ser definidas como construcciones socio-cognitivas” regidas por sus propias reglas” (Abric, 2001, pág. 6).

Son de funcionamiento específico que están en la intersección de los procesos cognitivos y de la lógica social, donde estas proponen una aproximación al conocimiento con énfasis en la determinación y la organización de los significados, mediante los procesos cognitivos que derivan en los productos, captadas mediante técnicas de asociación libre a partir de las opiniones y percepciones mediante el análisis de similitud y correspondencia, para desarrollar explicaciones acerca de las funciones de esta estructura (Abric, 2001).

Por otra parte, el enfoque Sociológico de la teoría de las representaciones sociales, de William Doise, debe estudiarse mediante métodos multivariados que permitan poner en evidencia los nexos entre los elementos cognitivos así como entre los individuos o los grupos y los elementos cognitivos (Doise, Clémence & Lorenzi-Cioldi, 2005).

Esto debido a que se interpretan como producto de un proceso social y colectivo en el que habría una relación de causalidad entre pensamiento y acción colectiva, centradas en las condiciones de producción y circulación mediante el uso de técnicas cualitativas de corte etnográfico, como las encuestas, entrevistas y la observación, así como de consulta documental de medios de comunicación.

Estas describen su percepción, su evaluación del entorno social y su comportamiento en relación con dicho entorno, donde son “ los mecanismos los que, en el nivel del individuo, permiten a este organizar sus experiencias, que constituyen el objeto de los análisis propuestos.” (Doise, 1983, p.

662), y “constituyen principios generativos de tomas de postura que están ligadas a inserciones específicas en un conjunto de relaciones sociales y que organizan los procesos simbólicos implicados en las relaciones...” ( Sá, 1996, p.33).

Moscovici describe tres tipos de Representaciones sociales existentes, (Moscovici, 1988, pp. 211-250), las cuales permiten brindar mayor claridad al análisis asociado a los conceptos del presente estudio, siendo estas:

- a) *Representaciones hegemónicas*: les es típico un alto grado de consenso entre los miembros del grupo y se corresponderían más con las representaciones colectivas enunciadas por Durkheim.
- b) *Representaciones emancipadas*: no tienen un carácter hegemónico ni uniforme, emergen entre subgrupos específicos, portadores de nuevas formas de pensamiento social.
- c) *Representaciones polémicas*: surgidas entre grupos que atraviesan por situaciones de conflicto o controversia social respecto a hechos u objetos sociales relevantes y ante los cuales expresan formas de pensamiento divergentes.

El estado actual de los recursos hídricos, donde 2 000 millones de personas viven en países que sufren escasez de agua (O.N.U., 2019, pág 9) pone de relieve la necesidad de mejorar la gestión del agua para alcanzar una gestión sostenible y equitativa de los recursos hídricos y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (O.N.U., 2021), encuadra en la descripción de Representación Social Polémica, que implica la necesidad de transformación en las condiciones de vida de una sociedad y cambios en las concepciones sobre los objetos sociales, como lo es el valor asociado al agua y su aprovechamiento sustentable.

Por otra parte, el enfoque Sociológico de la teoría de las representaciones sociales, de William Doise, debe estudiarse mediante métodos multivariados que permitan poner en evidencia los nexos entre los elementos cognitivos así como entre los individuos o los grupos y los elementos cognitivos (Doise, Clémence & Lorenzi-Cioldi, 2005).

ya que se interpretan como producto de un proceso social y colectivo en el que habría una relación de causalidad entre pensamiento y acción colectiva, centradas en las condiciones de producción y circulación mediante el uso de técnicas cualitativas de corte etnográfico, como las encuestas, entrevistas y la observación, así como de consulta documental de medios de comunicación, que describen su percepción, su evaluación del entorno social y su comportamiento en relación con dicho entorno.

Son “ los mecanismos los que, en el nivel del individuo, permiten a este organizar sus experiencias, que constituyen el objeto de los análisis propuestos.” (Doise, 1983, p. 662), y “constituyen principios generativos de tomas de postura que están ligadas a inserciones específicas en un conjunto de relaciones sociales y que organizan los procesos simbólicos implicados en las relaciones...” ( Sá, 1996, p.33).

Para evaluar ello, se contempla efectuar primeramente un estudio de caso para conocer la percepción que tiene la población sobre el valor del agua y las barreras existentes para utilizar Agua Residual Tratada en destinos de uso urbano complementarios al industrial, donde participaran usuarios residentes de la considerada como segunda ciudad más grande del país.

Seleccionados por muestreo propositivo del padrón de usuarios del sistema de abastecimiento local, aplicando una metodología de corte mixto, captando información cualitativa y cuantitativa sobre su relación con el agua potable, saneamiento y reúso ante la crisis de escasez vigente, donde, como actores sociales, que contribuya a determinar si la sociedad permanece inmersa en el “Paradigma de la No Percepción” y “Representaciones Sociales” que no favorecen un cambio cultural.

Para aceptar que el modelo tradicional de manejo de agua de uso urbano ya no es sostenible y compromete su seguridad hídrica futura, y aprovechar las potencialidad de sus fuentes no convencionales y sistemas duales de abastecimiento para proporcionar un suministro de agua a prueba de sequías controlado localmente.

De esta forma, el estudio se centrará en la captación y análisis de la perspectiva social de la población regiomontana respecto con base en las percepciones y representaciones sociales asociadas al valor del agua y la incorporación del reúso del agua residual tratada como herramienta que coadyuva a la sustentabilidad hídrica.

La cual interrelaciona las áreas sociales, ambientales y económicas en forma práctica a través de un sistema de abastecimiento dual público urbano existente, con la finalidad de generar conocimiento que pueda ser utilizado por parte de los responsables del diseño y la operación de dichos sistemas.

Aunado a ser considerada para la toma de decisiones de políticas públicas y de gobernanza hídrica, mediante información societal actual, ante las condiciones de escasez de los recursos hídricos disponibles en los ecosistemas y contribuir en el desarrollo sostenible de la ciudad y la región.

Lo anterior, toda vez que para el manejo sostenible del agua requiere de soluciones que se encuentren enmarcadas y adaptadas en la trilogía de sociedad justa, viabilidad económica y seguridad hacia el medio ambiente, aceptando y consolidando soluciones no convencionales, donde para enfrentar ese problema una solución podría ser, el utilizar los efluentes tratados de las plantas de tratamiento de aguas residuales (Dautant, 2016).

En virtud de no encontrarse estudios documentados relacionados específicamente a la percepción asociada a dentro del que hacer empírico de representaciones sociales que corresponde al área temática de la cuestión comunitaria de las representaciones sociales y su tipo sobre el valor agua, del agua residual tratada y su reúso en la Zona Metropolitana de Monterrey.

Se tratará de un estudio de caso exploratorio-descriptivo, de diseño no experimental, transversal, para asociar las representaciones sociales teóricas documentadas sobre el agua con las percepciones captadas de la población de estudio, para identificar si están presentes en el contexto social actual, ya que “se podría decir que son la versión contemporánea del sentido común.... constructos cognitivos compartidos en la interacción social cotidiana que proveen a los individuos de un entendimiento de sentido común (Moscovici, p. 1981, p.p. 181-209).

Se documentará un cuestionario de caracterización en calidad de técnica enfocada en las características estructurales de la representación social (Abric, 2003, 2001b) para identificar la estructura representacional mediante un conjunto de recursos.

Respetando los pasos correspondientes al acercamiento pluri-metodológico estructurado de elaboración de una semi-entrevista con el uso del tipo cuestionario y escalas aceptado por

William Doise, (Doise et al, 2005) utilizando muestras de participantes seleccionados por muestreo propositivo (Suri, 2011), representativas de la población adulta del padrón de usuarios del sistema de abastecimiento de agua de la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey objeto de estudio al haber sido determinado como posible.

Se incluyen en algunos casos la asociación libre de palabras referido por Abric (2003, 2001a), así como las técnicas de teoría consultada y de análisis de contenido, de gran aceptación en estudios de corte mixto y desde un enfoque cuantitativo como cualitativo, con el objetivo principal de obtener datos de percepción de la población de estudio sobre ello.

Así mismo para obtener la valorización de dichos recursos hídricos que se estiman mundialmente como desaprovechados; para lo que también se estimó conveniente caracterizar la muestra y ver si existían determinantes sociales, económicas y ambientales significativos en las percepciones obtenidas y asociados a las tres perspectivas de enfoque teórico las representaciones sociales reseñadas anteriormente; estructurado con particularidades sus respectivos abordajes metodológicos.

Considerando que el ciudadano, como usuario del agua en las zonas urbanas, es en sí un actor social, y como tal “es a la vez integrador de informaciones según procesos definidos, participante en dinámicas interpersonales y posicionales, soporte activo de normas y de representaciones ideológicas.” (Doise, 1983, p. 673).

Incluyendo las de tipo Polémicas asociadas al agua, su aprovechamiento y reúso para coadyuvar a la sustentabilidad hídrica y desarrollo sostenible, para lo cual, Espitia et al (2020, p.120) determina un inventario de once (11) Representaciones Sociales del Agua que mediante técnicas asociativas se jerarquizarán dentro del estudio.

Para el análisis e integración se aplicará un método de jerarquización de ítems y por bloques (Flament, 2001), basado en los supuestos hipotéticos de una jerarquización colectiva de temas, que tiene como fin identificar aquellos elementos que tienen una fuerte saliencia a la hora de representar un objeto de interés científico, utilizado para indagar la importancia que los participantes le atribuyen a los componentes representacionales del instrumento.

Teniendo en cuenta que algunos son considerados por ellos como más satisfactorios o estar de mas acuerdo con ello mientras que otros en menor medida. Por lo tanto, se busca sea posible establecer que cuanto más relevante es un elemento, mayor es su saliencia (Vergés,

2001), y el tratamiento de datos obtenidos por medio de este cuestionario vía el análisis de similitud y asociación.

Lo anterior ya que permiten el acceso a la estructura y suponen igualmente la identificación inicial del contenido buscando como apoyo otros modos de recopilación, tomando a bien el tratamiento de datos obtenidos por medio de este cuestionario via el análisis de similitud (Flament, 1981, 1986; Guimelli, 1998),

De esta forma, se incluirá el análisis y la aplicación de técnicas asociativas, las cuales son señaladas como una de las formas de acceder al contenido de las representaciones sociales (Ruiz et al., 2001), documentadas y referidas respecto al Agua, de lo cual se encontraron diferenciadas e inclusive clasificadas a partir de estudios documentados referidos.

Dichas técnicas favorecen la expresión natural de las personas, con lo que se espera que las respuestas sean libres de “racionalizaciones, sesgos de defensa o deseabilidad social” (Ruiz et al., 2001, p. 118),

A partir de esta asociación, y en base en el proceso de objetivación descrito por Moscovici y en los trabajos de Asch (1946) relativos a la percepción social y la formación de impresiones, se busca determinar la existencia de un Sistema de Representaciones Estructural de la Sociedad Regiomontana.

Lo anterior basado en una adaptación del modelo de esquemas cognitivos de base, donde la hipótesis del núcleo central (Abric, 1976, 1989) que afirma que la Representación se organiza en torno de un núcleo central (Sá, 1996), al cual proponen distinguir de aquellos elementos de carácter periférico.

Dicho núcleo estaría formado por un conjunto reducido de elementos que determinarían la organización y el significado de la representación o el conjunto de ellas. De este modo, las representaciones sociales se organizarían en torno de un posible doble sistema complementario: el sistema central y el sistema periférico (Abric, 1994b, 2003).

*Modelaciones Asociadas a las Sustentabilidad Hídrica y Reúso Planificado Directo de Agua Residual Tratada a través del Sistema Atlas TI la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey (ZC-MM).*

Dentro del alcance de la investigación, se considera realizar un estudio de caso sobre la Sustentabilidad Hídrica y el Reúso del Agua Residual Tratada en Monterrey, N.L. de corte cualitativo que se apoye en la Teoría Fundamentada (TF) como método de investigación.

La Teoría Fundamentada (TF) es una metodología que además de ofrecer diversas técnicas y procedimientos a los investigadores motivados en hacer análisis cualitativo, permite construir teoría sustantiva. Sin embargo, “como cualquier conjunto de prácticas, el nivel de logros analíticos dependerá de quienes lo aplican” (Strauss & Corbin, 2002: XXI).

En este caso, el uso de la TF, busca una respuesta a la pregunta principal ¿El Reúso de Agua Residual Tratada (ART) es una alternativa no convencional que coadyuva a la solución a los problemas de demanda de agua en la Ciudad de Monterrey, Nuevo León y su Zona Metropolitana para su Sostenibilidad Hídrica (SH)?, la cual es base de los objetivos, general y específicos, así como para los supuestos hipotéticos planteados.

Con este fin, se utilizarán diversas herramientas para captar información tales como: observación, lectura consultada, entrevista semi-estructurada, fotografía, grabación. Además, se consideran métodos de análisis temático en el manejo de datos dentro del Software ATLAS.ti, y se consideró el contexto que de las condiciones económicas, políticas, sociales y ecológicas que vive la región.

De esta manera se logra tener la percepción experta del organismo operador de agua sobre los antecedentes y condiciones actuales relacionados al Reúso de Agua y la Sostenibilidad Hídrica, cuyo propósito se encuentra alineado a lo estipulado en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, cuyo sexto objetivo es: “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos” Resolución A/RES/70/1 del 25 de septiembre (ONU, 2015a).

Partiremos, como en lo demás estudios y propuestas señalados anteriormente, de la realidad geográfica semi-árida de la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, y sociocultural de su población, donde las condiciones reiterativas a través de la historia y actuales de crisis hídrica.



Así como la incertidumbre futura de lograr consolidar el cumplimiento del derecho humano para que el agua sea accesible y asequible, que vive la sociedad regiomontana, y que como a nivel nacional, a pesar de las condiciones de escases del agua segura de primer uso, denotan que no se valora al Agua Residual (Metcalf & Eddy, 1996), que es considerado un recurso desaprovechado a nivel mundial según la O.N.U. (WWAP, 2017), siendo que es un elemento clave de la gestión integral del agua o ciclo urbano del agua. (Seguí-Amortegui, 2004), pues al ser ignorada, sus consecuencias son evidentes en ríos y el medio ambiente.

La existencia de un déficit de disponibilidad de la Zona Metropolitana de Monterrey se recrudece ante una condición de crecimiento demográfico, territorial y de demanda de agua, donde esta última, en base a estudios, consideraba que en el año 2030, sería del orden de 16,400 litros por segundo, (SDS, 2010); en tanto que la oferta firme de agua disponible era de tan solo 10,250 litros por segundo.

Sin embargo, en 2022 se tienen ya estas demandas superiores a 16,000 litros por segundo, permaneciendo la ciudad en un estado de crisis hídrica incipiente, (SADM, 2022b) donde para superar este déficit plantean un Plan Maestro que contempla nuevas fuentes convencionales y no convencionales inclusive (SADM, 2022c).

Desde la perspectiva social, ante una disponibilidad cada vez más limitada del recurso hídrico de primer uso y el deterioro de su calidad se debe atender el enfoque de que ninguna agua de calidad superior, a menos que exista un excedente, debe utilizarse para un propósito que pueda tolerar un grado inferior, expresado en 1958, durante el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (AWWA, 2009).

Si “un sistema de gestión del agua con enfoque de sostenibilidad debe preservar el entorno, y a la vez, proveer agua al sistema urbano” (Rueda, 1999), por lo que es necesario crear un entorno propicio para el cambio de paradigma que prevalece respecto al Reúso de Agua Residual Tratada, a fin de coadyuvar en la Sostenibilidad Hídrica, quien la considera como la distribución equitativa del agua entre las especies animales y vegetales, considerando sus necesidades y en el caso de los humanos, sus expectativas de crecimiento sin comprometer las capacidades de las generaciones de especies futuras, para satisfacer sus necesidades, (García, 2012).

La cual complementamos con el modelo de Herman Daly (1990), quien establece que para

el logro de la sostenibilidad hídrica, es necesario romper paradigmas y brindar la misma prioridad a las fuentes no convencionales y a los sistemas de Reúso Hídrico.

En la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, las condiciones reiterativas ambientales que le brindan un Estrés Hídrico, que se define como la proporción de agua que extraen todos los sectores en relación con los recursos hídricos disponibles y el reúso de agua regenerada o ART puede ayudar a mitigar los efectos negativos de la escasez del agua a nivel local. (FAO, 2013: XV) (FAO, 2018), acorde a la gestión adecuada de los recursos hídricos constituye un sistema de soporte vital, Dourojeanni (2011).

Razón por la cual, se considera muy adecuada la utilización de la TF para la Investigación realizada, en correspondencia con lo señalado por Strauss y Corbin (2002), quienes indican que el propósito primario de la TF en los datos consiste en generar o descubrir “modelos explicativos” sobre determinados fenómenos sociales (en este caso, relacionado al de Sustentabilidad Hídrica y Reúso de Agua Residual Tratada en Monterrey, N.L.).

Los postulados teóricos se encuentran apoyados en el análisis sistemático y posterior interpretación de los datos recogidos en la entrevista al experto. Para ello, se toma en cuenta lo expresado por Glaser y Strauss (1967), pues el investigador en sostenibilidad hídrica y reúso de ART, se debió basar en el análisis comparativo constante entre las opiniones del informante en relación con la situación actual del contexto de la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, identificando patrones de recurrencia en el discurso y las relaciones entre estos patrones con las lecturas realizadas y demás datos e información.

Conforme a lo requerido, la técnica de análisis se realizaría mediante el método de “análisis temático” para realizar el análisis de una entrevista en profundidad semi-estructurada a través del programa de análisis cualitativo asistido por computadora (QDA) ATLAS.ti, versión 8, siendo desarrollada como se describe a continuación:

Mediante el uso del software de análisis cualitativo asistido por computadora (QDA) denominado ATLAS.ti, el cual nos permitiira asociar primeramente códigos o etiquetas con fragmentos de texto de la entrevista, referencias, sonidos, imágenes, dibujos, videos y otros formatos digitales que no pueden ser analizados significativamente con enfoques formales y estadísticos; para después buscar códigos de patrones; y finalmente clasificarlos (Lewis, 2004; Hwang, 2007).

El análisis realizado en computadora coadyuvara a dicho proceso, dado que permite realizar procedimientos sistemáticos, y flexibilizar la revisión de los procesos de análisis, (Dicicco-Bloom & Crabtree, 2006).

El sistema ATLAS.ti permite crear proyectos denominados “Unidades hermenéuticas” (UH) que incluyen documentos primarios como, por ejemplo, citas, códigos y memos; donde estas UH integran y organizan los documentos asociados a un proyecto, investigación o tema en particular.

El análisis temático es un método que nos permitira identificar, organizar, analizar en detalle y proporcionar patrones o temas a partir de una lectura cuidadosa de la información recogida en la entrevista, y así inferir resultados que propicien la adecuada comprensión/interpretación del fenómeno en estudio, conforme lo señalado por Braun y Clarke, (2006).

Para ello, se contempla efectuar un proceso exhaustivo para identificar referencias cruzadas entre los temas o categorías que van surgiendo y toda la información, permitiendo vincular varios conceptos y opiniones realizadas por el entrevistado y compararlos con los datos que han sido guardados en diferentes situaciones en diferentes momentos durante la investigación mediante la Lectura de Textos, conforme a lo señalado por Alhojailan, (2012).

Con lo anterior se podrá apreciar si existen coincidencias entre el análisis de contenido y el análisis temático, ya que ambos analizan los datos transversalmente, e identifican patrones y temas o categorías, su principal diferencia radica en que no cuantifica los datos como en el análisis de contenido (Vaismoradi, Turunen & Bondas, 2013).

Posteriormente, mediante el software ATLAS. ti. e efectuaría la “formulación y descripción de las categorías interpretativas”, que para Strauss y Corbin (2002) resulta importante construir categorías lo suficientemente saturadas, densas y desarrolladas en términos de sus dimensiones y propiedades, con lo que se garantiza, desde su perspectiva, el surgimiento del modelo teórico explicativo desagregado con redes, usando documentos pdf, fotos, audio y video que se integrara finalmente en un archivo electrónico de redes del software.

*Modelaciones Asociadas a Métodos Convencionales de Planeación para Sustentabilidad Hídrica Mediante el Reúso de Agua Residual Tratada en la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey (ZC-MM).*

Dentro del alcance de la investigación, se contempla efectuar un estudio de caso de corte documental cualitativo, que consiste en el acopio de información y analizar Metodologías Aplicadas en la Planificación e Implantación de Proyectos de Reúso de Agua, para que, a través de herramientas asociativas y comparativas, proponer un modelo metodológico asociado a ello para la Zona Conurbada y Metropolitana de la Ciudad de Monterrey, Nuevo León.

Para ello es necesario efectuar la investigación documental y de campo través a fin de captar información, tales como la lectura consultada de estudios y documentos, considerando el contexto de los antecedentes y trabajos con el organismo operador de agua estatal, sobre antecedentes y acciones aplicadas y aplicables bajo las condiciones que vive la región y entorno en búsqueda de posibles opciones encaminadas a la Sostenibilidad Hídrica.

El estudio para la generación del modelo documental, se centraría en las Metodologías establecidas por el Banco Mundial, Taheshi Asano y Standish Lee principalmente, para la incorporación de proyectos de Reúso de Agua proveniente de las fuentes no convencionales existentes como son las Plantas de Tratamiento de Agua Residual a destinos de uso público urbano.

Se utilizará este como herramienta que interrelaciona las áreas ambientales, sociales y económicas en forma práctica mediante un Sistema de Abastecimiento de Agua Residual Tratada (SAART), con fundamento en la planificación y factibilidad de implementación a partir de la experiencia profesional, información científica actual, las ciencias ambientales y sus objetivos, ante las condiciones de escasez de los recursos hídricos disponibles.

Es imprescindible considerar que, el sistema de abastecimiento para el suministro de agua potable que actualmente disfruta la ZC-MM, al igual que diferentes metrópolis, es en definitiva, resultado de un tratamiento y acondicionamiento, mediante la infraestructura existente, de un agua que ya fue utilizada anteriormente, es decir, un residual, lo que nos lleva a que realmente se realiza cada día el reúso del agua por el ser humano en lo que se denomina el Ciclo del Agua.

Lo mismo en las ciudades o Tecno-sistemas, con infraestructura hidráulica y sanitaria, se transforma en el Ciclo Urbano del Agua, funcionando como un sistema, donde la *“gestión del agua con tintes de sostenibilidad debe preservar el entorno.... a la vez que tiene que proveer agua al sistema urbano.... a través de reducir la extracción de recursos y de disminuir la carga contaminante vertida en la cuenca. Las oportunidades de reducción se centran....en la reutilización del agua depurada”* (Rueda, 1999, p. 23) o agua residual tratada

Lo anterior a partir de resultados de análisis de calidad de las aguas por parte de entidades como la Organización Mundial de la Salud, sobre los límites establecidos, no solo en México, sino por diferentes países y en especial por Estados Unidos de Norteamérica, donde los resultados indican que solo pueden ser alcanzados con un tratamiento de tipo primario, secundario y desinfección, para lograr una calidad de efluentes tratados que asegurará un “riesgo cero”.

Esta realidad es técnicamente es factible, no continuamente posible desde el punto de vista práctico y económico, por lo que es necesario considerar lo que se ha denominado como lineamientos generales y específicos para la planificación y gestión integral de las aguas residuales a través de la adopción de los planes de seguridad en saneamiento (PSS) en América Latina. (Moscoso et al, 2008, p.p. 188-191),

Aguilar, (2018), afirma que el agua debe ser disponible, de calidad y accesible, sobre la base de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en su párrafo 6.4 que indica el garantizar la disponibilidad del agua mejorando *“la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial”*,

En tanto que destaca que la potabilidad del agua no debe ser necesariamente la misma y puede ajustarse a cada uno de sus *usos esenciales*, ejemplificando ello sobre el criterio de que el agua destinada a la higiene personal puede tener unos índices de calidad menores que la que tiene como fin el consumo de las personas, y lo complementa al referir como complemento añadiendo que *el criterio de calidad se encuentra vinculado con el de aceptabilidad*.

Soares (2019), sostiene que la dimensión de *aceptabilidad* del derecho humano al agua y al saneamiento está estrechamente relacionada con las normas socioculturales que rigen los grupos sociales, de tal suerte que las instalaciones y servicios de agua y saneamiento, así como los procesos asociados al manejo, transporte y tratamiento de los residuos, deben ser aceptables desde el punto de vista cultural, lo cual es aplicable al contexto de su reúso.

Si bien, se han establecido en la ZC-MM propuestas y casos de éxito donde el reúso del agua residual tratada se propone y reutiliza para mitigar el problema de la demanda de agua en el sector agrícola e industrial principalmente, para fortalecer la sostenibilidad de cualquier sistema de abastecimiento, es actualmente imprescindible integrar el reúso planificado directo de efluentes de las aguas residuales tratadas a destinos complementarios al industrial en el holístico ciclo urbano del agua, con un enfoque en los ecosistemas y la remoción adecuada de patógenos para su reúso seguro y productivo.

En virtud de que los diferentes Modelos Metodológicos refieren a los trabajos de Takeshi Asano y colaboradores, así como del Banco Mundial para los Proyectos de Reutilización de Agua, se actuará como investigador participante, en conjunto con personal de las áreas operativas del Organismo Operador de Agua Estatal, en el análisis y propuesta de un modelo metodológico adecuado para su implementación sobre la base de las condiciones vigentes y conforme a su Sistema de Gestión de la Calidad certificado bajo la Norma ISO 9001:2015, vigente desde 2005 (SADM, 2020).

A partir de lo señalado, y de conformidad con lo establecido por el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible y la Organización Internacional de Estandarización (ISO), se pretende presentar como propuesta, el modelo metodológico de Planeación de Proyecto de Reutilización de Agua Residual Tratada, acorde a las directrices para los negocios a medida, establecidos con el enfoque para reducir el uso del agua, reutilización y reciclaje de agua (WBSD, 2017, pp. 32-35) y su Sistema de Gestión de Calidad Institucional certificado bajo la Norma ISO 9001:2015.

*Modelaciones Asociadas a la Potencialidad de Sustentabilidad Hídrica Mediante los Sistemas de Información Geográfico SIG's, para el Reúso de Agua Residual Tratada en la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey (ZC-MM).*

Así mismo, consideramos necesario proponer a partir del alcance de la investigación, un Modelo sobre el Incremento Potencial de Reúso Planificado Directo de Agua Residual Tratada en Destinos Complementarios al Industrial determinado mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG.s) para la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey, A partir de la infraestructura del sistema de abastecimiento dual existente, que contruibuya a una gestión holística de los ciclos natural y urbano del agua mediante el reúso de aguas residuales domésticas tratadas, que sea factible para la ZC-MM, asociado a los objetivos y supuestos hipotéticos planteados, complementado con otras herramientas tecnológicas, que pueda a su vez apoyar , y de ser posible definir y utilizar modelos de tipo cuantitativo y cualitativo para mostrar la capacidad que existe en la Zona Metropolitana de Monterrey para ofertar agua residual tratada a destinos no industriales y usuarios.

En virtud de que la infraestructura urbana sostenible debe ser planeada, construida y operada conforme a procesos congruentes con la sostenibilidad de los sistemas de soporte, a los que la Encyclopedia of Life Support Systems (ELSS, 2017) señala como “*cualquier sistema natural o creado por el Hombre que fomenta la biosfera de forma sostenible*”, como lo es la infraestructura para el logro de la sostenibilidad hídrica a través de su gestión holística integral.

Donde el reúso planificado, se constituye como un elemento importante en la gestión de los recursos hídricos (AWWA, 2016), no solamente en los países de reconocida escasez hídrica, sino también en aquellos de reconocida disponibilidad natural abundante; sin embargo, si no se realiza una planificación, se vierte el peligro para la salud pública y consecuentemente el medio ambiente (Cirilo, Cabral, Silva, 2007).

Por lo que su gestión a través de herramientas tecnológicas como son los Sistemas de Información Geográfico SIG's, que son un conjunto de componentes específicos, permiten crear consultas, integrar, analizar y representar de una forma eficiente la integración de información geográfica referenciada asociada, (Longely, et al; 2001).

Consolidados con programas de Base de Datos y plataformas de CAD y SCADA,

infraestructura, tipología de usuarios, estudio socioeconómico, consumos, fuentes, entre otros que les facilitan día a día las labores específicas de la gestión del abastecimiento de agua potable como de reúso, que permita identificar los retos del futuro cercano, orientados en alineación a la gestión sostenible de los recursos hídricos, siguiendo esta definitiva estrategia potencial para la implementación de acciones que coadyuven hacia el logro de las metas y objetivo de desarrollo sostenible No. 6.: El Agua Sostenible (García, 2012).

#### *Análisis Comprobatorio Asociativo y Particular.*

En ambas fases, una vez realizadas todas las actividades de plan del trabajo y metodológicamente encaminadas a obtener y organizar toda la información requerida de investigación, así como haber efectuado los modelos y pruebas para demostrar la certeza o falsedad de los supuestos hipotéticos planteados a partir de los objetivos, general y específicos, de la investigación, se comprobará su congruencia interna y externa. De esta forma se asegurará su consistencia como base del rigor de la investigación.

Debe existir congruencia entre el comportamiento técnico y social asociado al reúso del agua residual tratada como opción de abastecimiento viable en función de todas las variables y condiciones del entorno, se procederá a documentar el soporte de falsedad o veracidad de los supuestos hipotéticos, y en caso de encontrar relaciones no esperadas, se deberá de descubrir una explicación o de señalar la necesidad de estudios de investigación complementarios al caso; y finalmente, se redactarán los resultados de cada estudio de casos de la investigación dentro de su propio apartado, a partir de la planeación y proceso seguido para cada una de las etapas.



## SEGUNDA PARTE

### CAPITULO IV

#### RESULTADOS

Continuando conforme al modelo metodológico de investigación propuesto por la brasileña María Immacolata Vasallo de Lopes (1990:119), quien establece el uso de cuatro niveles dentro del proceso investigativo, donde una vez concluida la primera fase que engloba los rubros epistemológico y teórico, continuamos con los niveles metódico y técnico, a partir de los cuales proponemos diferentes “Modelos” de corte cualitativos y cuantitativos, derivados de los estudios, análisis e implementaciones realizados durante el periodo de la investigación en el tecnosistema de la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey (ZC-MM).

De esta forma, dentro del Capítulo IV se integra primeramente, la propuesta de un esquema de Gobernanza Holístico del Agua que reúne las partes interesadas asociados a los diversos ámbitos, con enfoque hacia la Sostenibilidad Hídrica que considera la falta de normativa vinculante del Reúso de las Aguas Residuales Tratadas dentro del Ciclo Urbano del Agua, donde el Agua Residual Tratada a nivel nacional sigue siendo un recurso desaprovechado dentro de los programas de infraestructura dirigidos a la linealidad de sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento lineales, lo que le impide coadyuvar a la sostenibilidad hídrica local y regional, que es asociado al segundo y tercer supuesto teórico hipotético.

Posteriormente, y a partir del estudio para conocer la percepción que tiene la población de la ZC-AMM para utilizar Agua Residual Tratada en destino de uso doméstico urbano complementarios al industrial, lo cual se encuentra también asociado al segundo y tercer supuesto teórico hipotético, se analizan el valor que la sociedad regiomontana le brinda al recurso agua y a su reúso, a partir del cual se determina que prevalece un Modelo de núcleo central de Representaciones Sociales de identidad polémica, donde el tipo Antropocéntrica Utilitarista es el predominante, lo cual da lugar a la comprensión de la situación que impera ante la existencia del paradigma de la No Percepción, que deriva en un incremento de la demanda de extracción de agua de las fuentes convencionales, más allá de su oferta sostenible, lo cual incrementa el riesgo de escases y crisis hídrica.

Aunado a ello, al captar la voz de expertos mediante entrevista de profundidad semiestructurada y muestreo teórico, para conocer la percepción complementaria a la que tiene la población, por ser a su vez partes interesadas sobre el reúso y utilizar agua residual tratada, se propone un Modelo de Sustentabilidad Hídrica y Reúso de Agua Residual Tratada, a partir del Análisis y uso de softwares especializados de tipo QDA, en este caso el denominado ATLAS.TI, mediante el cual se efectúa la articulación del trabajo de campo con la propuesta teórica y metodológica implementada.

Continuando con el uso de software especializados, pero de corte cuantitativo; al haber adoptado una postura de Observador/ Observador participante, lo cual está asociado a los supuestos teórico hipotéticos planteados, se logró, mediante información aportada por el organismo operador de agua Estatal para fines académicos, proponer un Modelo de incremento potencial de usuarios de reúso planificado directo en destinos de uso urbano complementarios al industrial mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG's), tales como el Q-GIS 3.16.2.

Ello con la finalidad de que, al romper el paradigma de “agua industrial”, como se le denomina dentro del organismo operador al agua residual tratada, y el fomento del reúso para usuarios no industriales, que solo utilizan el 10% del caudal contratado, se aproveche en mayor medida el sistema de abastecimiento dual de agua existente en la zona, mediante tomas de agua para comercios, gobiernos municipales, e incluso usuarios domésticos para uso diferente al potable, y que contribuya a una gestión holística del ciclo urbano del agua, fomentando el reúso urbano diferente al industrial, que es factible para 400 colonias de la ZC-MM de Monterrey.

De forma complementaria, para reforzar, basados en la teoría de las opciones y preceptos económicos, una vez que ya han sido considerados los aspectos sociales y ambientales, se propone el modelo de planeación y gestión holística con el reúso planeado directo de los efluentes tratados en las plantas de tratamiento del sistema de saneamiento, ahora consideradas para los fines de la investigación como fuentes no convencionales locales de agua sostenible.

Lo anterior con la finalidad de preservar el entorno ecosistémico que proveen las fuentes convencionales, proveer agua de intercambio al sistema de abastecimiento urbano del

tecnosistema para destino complementario al industrial, que también son demandantes de agua, a través de reducir la extracción de recursos y de disminuir la carga contaminante vertida en la cuenca, el cual se basa en metodologías de planeación existentes.

El presente apartado deriva de los estudios de corte cualitativo documental y de campo, así como de los de corte cuantitativo, que se realizaron mediante una revisión y análisis de la literatura prevaleciente sobre el agua y del reúso de efluentes tratados a partir de libros, tesis, documentos técnicos, sitios web y publicaciones científicas en diferentes bases de datos; realización de estudios mediante encuestas de tipo semi-entrevista y entrevistas a las partes interesadas, aunado a adoptar como observador-participante, con la finalidad de refrendar y generar conocimiento.

Los resultados obtenidos permiten consolidar la propuesta de esquemas y modelos asociados a la Gobernanza del Agua y del reúso planificado directo de efluentes tratados; de las Representaciones Sociales vigentes asociadas al agua sostenible y su reúso; así como de Planeación y Sustentabilidad Hídrica en el ámbito local y regional.

Consideramos lo anterior como clave para enfrentar la inseguridad hídrica que prevalece desde hace años en la ZC-AMM, donde la sequía, declarada desde inicios de la segunda década del presente siglo a nivel nacional, aflora aún más la falta de acciones que debieron ser consensuadas y tomadas oportunamente por las partes interesadas como gobierno, expertos, empresarios y sociedad.

Con la finalidad de estar preparados para afrontar, no solo lo que por naturaleza se sabía que existiría derivado de los ciclos hidrometeorológicos extremos en su ubicación geográfica; sino por el estado de sus fuentes convencionales rebasadas por la extracción insostenible ante la gestión insana de satisfacer la demanda voraz y sedienta de crecimiento insustentable.

Por su amplia pero limitada infraestructura rebasada en su vida útil ante políticas carentes de medios legales y normativos suficientes para su renovación y/o rehabilitación programada; por el impacto del cambio climático mundial sin medios de mitigación documentados e implementados; o por el status quo del orden social aparentemente inmerso en el paradigma de la no-percepción.

Ya que dicha sociedad parece mantenerse inconsciente del valor del agua, monetizándola a niveles que su poder adquisitivo alcanza, elevando su costo de asequibilidad que le dividirá

aún más y, a pesar de ser de las más caras del país, cuya carencia que a inicios del año 2022 la mantiene al borde de la crisis hídrica, legal, económica, técnica, social y ambiental, lo cual evitaría sin lugar a dudas la existencia de una Gobernanza Hídrica realmente holística, madura y fortalecida, en lugar de la obsoleta, burocrática y no incluyente de opciones no convencionales, con la que se recibieron los nuevos Derechos Humanos y Objetivos para el Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

#### **IV.1 GOBERNAZA ASOCIADA AL REÚSO PLANIFICADO DIRECTO DE EFLUENTES RESIDUALES TRATADOS Y AGUA SOSTENIBLE PARA LA ZC-AMM**

Actualmente se conciben múltiples definiciones y conceptos sobre lo que es gobernanza y gobernabilidad, por lo que en lo que respecta al tema del agua, adoptamos la definición proporcionada por la Asociación Mundial del Agua, que la define en lo general como el conjunto de sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos establecidos para desarrollar y gestionar los recursos hídricos y la prestación de servicios de agua en diferentes estratos de la sociedad (Rogers & Hall, 2003).

La gobernanza del agua, se constituye a partir de una serie de funciones centrales, que se refieren a una gama de actividades estándar que deben realizar las instituciones del sector (PNUD et al. 2013), para lo que se considera una correcta gestión del agua.

A partir de lo ya señalado en el presente, podemos hacer notar que la literatura sobre la gobernanza del agua y reúso de efluentes de aguas residuales tratadas, no se dirige al estudio de las estructuras de incentivos, interdisciplinaria y a la orientación con implicaciones políticas claras sobre fuentes no convencionales y destinos de reúso, por lo que para brindar respuesta a las preguntas de investigación planteadas a partir de los supuestos teórico hipotéticos determinados dentro del alcance y objetivo de la misma, se determinó necesario proponer un esquema más holístico y actual, que vinculase teorías recientes que provienen del aprovechamiento de fuentes no convencionales, la nueva cultura del reúso y la gestión holística de los recursos hídricos para coadyuvar a diagnosticar los desafíos de la sustentabilidad hídrica en la ZC-MM.

Ante ello, permanece pendiente una conceptualización más clara y alcance de la gobernanza hídrica local y nacional asociada al reúso planificado directo de efluentes de agua residual tratada, la cual ha adoptado normativas no oficiales, de corte técnico que datan de finales de la década de los 90's, con un rezago tan grande en sus requerimientos respecto a los aplicados por países desarrollados que la fomentan y brindan un gran valor al Agua Sostenible (García, 2012).

La participación colectiva para la atención de la escasez hídrica en la ZC-MM ha sido carente de resultados, polarizada y politizada; con demeritada promoción de la nueva cultura del agua y débil práctica de la optimización de sus destinos de uso y reúso, carente de potencialización de las nociones que la comunidad tiene sobre la materia hídrica; la construcción de acuerdos que reconocen las formas de organización de las partes interesadas, y el establecimiento de normativas y políticas públicas horizontales conjuntas con los tomadores de decisiones.

Las acciones que sean emprendidas hacia el 2030, deban de estar orientadas a romper paradigmas y barreras que impiden a la sociedad acceder a la seguridad hídrica, donde la participación de las colectivas consolide acciones de gobierno como el establecimiento de una Gobernanza más firme y acorde a los tiempos actuales, las cuales propiciarían una reducción del estrés hídrico y ambiental al impulsar un nuevo modelo de pensamiento que rechace la violencia hídrica y que fomente el reúso planificado directo de efluentes residuales tratados como parte del agua sostenible.

#### NORMATIVIDAD, PROCESOS ORGANIZATIVOS, INFORMACIÓN Y SOLUCIÓN DE CONFLICTOS: LAS ALTERNATIVAS DE GOBERNANZA HÍDRICA PARA EL AGUA SOSTENIBLE.

La visión de una gobernanza hídrica para el agua sostenible, proporciona un marco conceptual, que permite analizar y potenciar la integración entre los diferentes actores y partes interesadas que establecen las normativas relacionadas a sectores como el de salud, medio ambiente y recursos naturales, economía, protección civil, desarrollo sustentable, infraestructura, desarrollo urbano, entre otros, en la dimensión del cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, cuyo compromiso aplica a la ZC-AMM.

El combate a las violencias y conflictos estructurales relacionados al agua sostenible requiere por su complejidad, de un trabajo colaborativo orientado a la incidencia, que se caracterice por soluciones transdisciplinarias. Los estudios de gobernanza no eran considerados como temas de investigación, pero ahora se reconoce que el factor de gobernanza hídrica es clave en la determinación de las desigualdades, violencias y exclusiones socioambientales y económicas en una región, ya que este factor se encuentra como núcleo central, transversalizado por los ámbitos de derechos humanos y desarrollo sostenible, y reconocido por múltiples partes interesadas a nivel global.

Aunque el concepto de Gobernanza, como se ha visto con anterioridad, ofrece principios rectores e implicaciones políticas claras y aplicables para tiempos pasados, no abunda en mucho en la utilidad asociada al alcance del reúso, de forma que, podemos notar una tendencia hacia ello durante este siglo, en lo espaldado por Pahl-Wostl, Gupta y Petry (2008) quienes le definen como el desarrollo y la aplicación de normas, principios, incentivos, herramientas informativas y de infraestructura para promover un cambio en el comportamiento de los actores a nivel mundial del sector agua.

Es importante hacer notar que la generación de una Ley General de Aguas realmente consensuada, la cual no se tiene aún en el país ni en el estado, pudiese ser la base para generar acciones urgentes de restauración del ciclo natural del agua en los ecosistemas y establecer la definición de reglas claras y actualizadas para regir el ciclo urbano del agua los tecnosistemas, pues solo mediante procesos organizativos adecuados e información validada, las partes interesadas que viven día a día la escasez hídrica, pueden realmente establecer las normatividades correctas, al ser la población desprotegida y carente de la accesibilidad, asequibilidad y aceptabilidad, las que deben tener prioridad sobre el uso y reúso del agua (LAN, 2016).

De esta forma, es importante deconstruir el paradigma de gobernanza de los sistemas de abastecimiento de agua lineal, por uno circular y dual, mediante el cambio en las dinámicas de captación, tratamiento y producción, conducción, distribución y suministro de agua de fuentes convencionales en los ecosistemas y tecnosistemas, así como del quehacer científico asociado a la economía circular vinculada al reúso planificado directo de efluentes residuales tratados.

Las metas se centran en generar impactos reales en la sostenibilidad y seguridad hídrica a través de la optimización regulada de los destinos de uso y reúso consuntivos, el intercambio de agua de primer uso que reduzca las extracciones insustentables de las fuentes convencionales por el aprovechamiento del agua residual tratada que proveen las fuentes no convencionales disponibles, y el maximizar el uso del sistema de abastecimiento dual para abastecer de agua más barata y de aceptabilidad de reúso en destinos complementarios al industrial por parte de la sociedad regiomontana.

Mediante la colaboración y acciones consensuadas por todas las partes interesadas, al adoptar un modelo holístico de gobernanza del reúso de agua residual tratada, se enfatiza la articulación horizontal de capacidades en torno a la construcción de una experiencia colectiva de beneficio para la seguridad y agua sostenible; donde los cuerpos colegiados en los órdenes técnicos y ejecutivos, coadyuven con los de orden legislativo y judicial, para hacer cumplir un estado de derecho asociado al agua, evitando los conflictos y violencia hídrosocioambiental, bajo la figura de debida diligencia, reforzada con perspectiva de Derechos Humanos y Desarrollo Sostenible, derivada de la aplicación del conocimiento directo del modelo en la ZC-MM para producir un efecto que favorezca el bienestar social que brinda la seguridad hídrica sostenible.

En un claro parteaguas conceptual, hemos visto que Biswas y Tortajada (2010) argumentan que el término gobernanza del agua implica una visión holística del agua, donde posteriormente, se ha buscado ir abandonando paradigmas antropocéntrico utilitaristas aún vigentes como el de gestión integral de recursos hidráulicos, hacia el término de “gestión del agua sostenible”, a partir del cual establecemos la noción de Gestión Holística de Agua Sostenible, donde su enfoque no solo sea al aseguramiento de los servicios de agua y saneamiento lineales convencionales aplicados a sistemas urbanos delimitados dentro de políticas públicas del pasado, sino que vaya más allá de lo que llaman “integral” sin serlo, para ahondar en los ámbitos ambientales y del bienestar humano, que se han ido formalizando internacionalmente por la Organización de las Naciones Unidas en la forma de Derechos Humanos y Objetivos de Desarrollo, en donde recientemente se ha aceptado que, el Agua es su vinculante central.

## MODELOS DE GOBERNAZA ASOCIADOS AL AGUA EN LOS ALBORES DEL NUEVO SIGLO.

El modelo tradicional de gobernanza del agua en la ZC-AMM aceptado desde 1906, fue regido desde el inicio por los intereses económicos de empresas y del gobierno en el sector del agua, mantuvo las mismas tendencias y errores de la administración pública tradicional latinoamericana; tales como corrupción diferenciada, precios políticamente regulados, subsidios a los usuarios, multas sin remediación a contaminadores, impuestos temporales, incentivos por uso y ahorro, créditos vencidos, normatividad permisiva, enfoque en demanda, controles deficientes, financiamiento e inversión nulificadas, burocráticos, inercia, regímenes y partes interesadas en conflicto y la información imperfecta, lo cual se asocia actualmente a un Modelo deficiente de Gobernanza.

Un modelo adecuado de Gobernanza Hídrica permite el uso de la capacidad del gobierno para controlar y regular el uso holístico optimizado del agua sostenible, al establecer una unidad de propósito transversal que brinda equilibrio a los intereses sociales, ambientales y económicos de todas las partes interesadas, mediante un sistema sin problemas de fragmentación y de información, a través de la alineación a un estado de derecho transparente e imparcial, que coadyuve y colabore con los organismos reguladores, legisladores y operadores, en la implementación, control y seguimiento de las políticas, infraestructuras y tecnologías oportunamente correctas, acorde a las características del entorno, socialmente incluyentes y con respeto a los Derechos Humanos y Desarrollo Sostenible.

Un nuevo modelo de gobernanza hídrica, no debe solamente contemplar los aspectos holísticos actuales, sino que debe ser a su vez social y políticamente deseable, lo que generalmente es más probable cuando se tienen entornos de crisis, ya que es cuando ambos, sociedad y gobierno, se benefician de la transformación, por lo general a través de la mejora de la calidad del agua y su servicio de suministro, accesibilidad, asequibilidad o incremento de precios, la expansión de la infraestructura del sistema de abastecimiento, créditos, financiamientos, o partidas presupuestales especiales.

Ante los cambios generados a nivel mundial, los paradigmas asociados a la gestión del agua, como centro del Desarrollo Sostenible, se actualizan hacia visiones 2050, por lo que es importante adaptarse a estos nuevos enfoques disciplinarios, por lo que a continuación se



presenta una relación de los modelos tomados como referencia, al ser de los mas importantes utilizados en el presente siglo:

- a. Modelo de gobernanza para la hestión de instituciones formales de Saleth y Dinar (1999), quienes describieron indicadores para la evaluación de instituciones formales encargadas de la gestión del agua sobre el desempeño del impacto socio-económico, político y medio ambiental.
- b. Modelo de gobernanza de Fung y Wright (2003), el cual adopta una forma no jerárquica de gobierno, caracterizada por la cooperación con actores al interior de redes de decisión mixtas entre lo público y lo privado como Consejos de Cuenca.
- c. Modelo de gobernanza del agua de la UNESCO (2006), el cual se enfoca en temas gubernamentales y se integra por las dimensiones, social, económica, capacitación política y sostenibilidad medioambiental.
- d. Modelo de gobernanza hidráulico centralizado de Mussetta (2008), como crítica hacia el Estado que centraliza al Agua como sinónimo de desarrollo y decide legítima autoridad sobre el recurso.
- e. Modelos de gobernanza de Líneas y de Gestión Integral de Recursos Hidráulicos (GIRH) de Guhl (2008), que establecen una la línea dura al enfocarse en aumentar la oferta de agua mediante la construcción de obras de infraestructura, y una línea blanda que se basa en búsqueda de sostenibilidad con racionalización de usos y consumo; y el de la gestión integrada sostiene como principios centrales la equidad, eficacia y sostenibilida, con sus correspondientes variables de índole ambiental, social y económica.
- f. Modelo de bloques de Saneamiento y Agua para Todos (SWA, 2009), que es una alianza mundial, intergubernamental y de múltiples partes interesadas para el sector del agua, que se basa en la definición de sistemas sólidos y el fortalecimiento de las capacidades del sector para lograr una transformación real que permita alcanzar la visión de la alianza y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) para saneamiento, agua e higiene para todos, en cualquier momento y en cualquier lugar.
- g. Modelo de gestión municipal del agua de Ventura (2010), originado como

consecuencia de “descentralización” de servicio de agua potable y saneamiento, en donde los intereses económicos y políticos de corporaciones y gobiernos, buscan influir en el diseño y la implementación de las políticas públicas (Rhodes, 2000).

- h. Modelo de funciones de Gobernanza del Agua, desarrollado por Water Governance Facility (WGF, 2013), que señala que los componentes de social, económico, político y ambiental, constituyen poderes de representación de diversos intereses en la toma de decisiones relacionadas con el agua.
- i. Modelo de Gobernanza de Principios de la OCDE (OCDE, 2015), para contribuir a la creación de políticas públicas tangibles y orientadas a la obtención de resultados, en base a las dimensiones de efectividad de las políticas, eficiencia de la gestión sostenible del agua y confianza para la participación ciudadana.
- j. Modelo de Gobernanza del Instituto Internacional del Agua de Estocolmo (SIWI, 2018), incluye como funciones la política y estrategia; la coordinación; la preparación y planificación; la financiación; los arreglos institucionales; la regulación; el desarrollo de capacidades; el monitoreo, evaluación y aprendizaje y finalmente la gestión de respuesta y recuperación ante desastres.

#### NUEVOS ENFOQUES DISCIPLINARIOS COMO BASE DEL MODELO DE GOBERNANZA DEL REÚSO DEL AGUA.

Para alcanzar un nivel adecuado de seguridad hídrica, y con ello, refrendar las acciones encaminadas al cumplimiento del Sexto Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS 6), se requiere de nuevos enfoques que integren las partes interesadas, mediante una vinculación sinérgica de grupos sectoriales que, conforme a su rama, actúan de forma individual dentro de la gestión del agua y, ocasionalmente, como competidores por lo que denominan recurso hídrico. De esta forma, la mejora y especialización de los modelos de gobernanza del agua, logran ser más eficientes al evitar perder la visión y objetivos, dentro de un entorno ceñido de intereses particulares, que son fundamentales para la comprensión de los alcances, teorías y metodologías bajo las cuales funcionan.

Un Modelo Gobernanza de Reúso de Agua, como el propuesto en nuestro alcance de investigación, enfocada a el reúso planificado directo e intercambio del agua residual tratada como opción de abastecimiento complementario al destino industrial mediante el sistema dual existente, es un conector imperantemente necesario para allanar el camino para el cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible, ya que contribuiría a permitir la entrada y apalancamiento de la Economía Verde en el sector, apenas notable en el tintero de la nueva legislación declarada en 2022 y denominada Ley General de Economía Circular por publicar, alineada al Programa Nacional Hídrico 2020-2024 (CONAGUA, 2020), para la cual, los gobiernos de los estados y los gobiernos municipales, disponen de un plazo máximo de dos años y, que conforme a los planteamientos vigentes internacionalmente, regulara un equilibrio entre los tres ámbitos primordiales que representan la sociedad y sus partes interesadas, el medio ambiente ecosistémico y tecnosistémico, así como el entorno económico productivo en la ZC-MM

Para ello, se consideró lo establecido por Wiek y Larson (2012), respecto a que las características clave de la gobernanza hídrica, como una perspectiva sistémica, las cuales son: un enfoque en los actores sociales, un discurso transparente y accesible en valores y metas, y una perspectiva amplia sobre la sostenibilidad hídrica, efectuándose para ello el análisis respectivo y siguiendo lo preceptuado por Von Bertalanfy en su Teoría General de los Sistemas.

Los nuevos enfoques complementarios sobre el aprovechamiento de fuentes no convencionales de agua, la nueva cultura del reúso y la gestión holística de los recursos hídricos, complementan el tema de los modelos de gobernanza del agua tradicional porque éstos enriquecen sus elementos de política, normativa y sostenibilidad.

*Aprovechamiento de fuentes no convencionales de agua:* El tratamiento y el reúso del agua residual se señala como necesario, a fin de evitar un incremento en el deterioro ambiental, en la calidad de vida de la población y en la economía, clasificándose en 2017 como un “Recurso desaprovechado” en el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. (WWAP, 2017).

*Nueva Cultura del Reúso Hídrico:* En la actualidad se adopta como “el aprovechamiento del agua previamente utilizada, una o más veces en alguna actividad”, donde la “fuente” es la

Planta de Tratamiento de Agua Residual (P'tar). El reúso o reutilización de los efluentes tratados puede clasificarse, según su destino, en: a) Reúso Directo: que es el uso o aprovechamiento de agua residual tratada antes de su descarga en un cuerpo de agua. b) Reúso Indirecto: que es la explotación, uso o aprovechamiento de agua residual tratada de un cuerpo receptor, después del punto de descarga. c) Intercambio: que es la explotación, uso o aprovechamiento de agua residual tratada como fuente de suministro en actividades, donde el usuario deja de emplear el agua de primer uso (CONAGUA, 2016a).

*Gestión Holística de Recursos Hídricos:* La gestión hídrico sostenible constituye un sistema de soporte vital, por lo que si su calidad y cantidad son insuficientes, o no asequibles, accesibles o adaptables legal y económicamente, afecta a la sociedad y su entorno general; por ello se requiere una organización holística e integral para su gestión sostenible (Dourojeanni, 2011). Los sistemas de agua urbanos son un ejemplo de sistemas complejos y dinámicos de acoplamiento humano-medio ambiente, que muestran comportamientos emergentes que trascienden las disciplinas científicas individuales, y que para sus sostenibilidad exigen un cambio de paradigma basado en una gestión holística para maximizar el uso y recuperación del agua, la energía, los nutrientes y los materiales, mediante un diseño que permita lograr una eficiencia óptima (Xin, Xiaobo, González-Mejía y Garland, 2015).

PROPUESTA DE MODELO DE GOBERNANZA DE REÚSO DE AGUA PARA FORTALECER LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN LA ZONA CONURBADA Y METROPOLITANA DE MONTERREY (ZC-MM).

Las políticas y estrategias para mitigar el impacto de la escasez y crisis hídrica incipiente en la ZC-MM, e inclusive brindar solución a corto plazo a algunos de los problemas de los servicios de suministro de agua en dicho tecnosistema, deben ser enfocadas primeramente a las opciones existentes en el ámbito local, en aras de los principios que enarbola el paradigma del desarrollo sostenible; posteriormente con análisis de condiciones regionales, mediante programas y proyectos a mediano plazo enfocados a la visión de agua sostenible, y solo en última instancia, aquellos que representan las soluciones de línea dura, enfocados a mantener las condiciones de crecimiento poblacional y urbano, mediante grandes obras de infraestructura para la importación del agua, dirigidos a impactar en forma negativa las

propias relaciones y condiciones de ecosistemas alejados, afectando el derecho de las generaciones futuras de esos lugares, al anteponer los intereses de grupos que solo ven a los ecosistemas como proveedores de recursos, lo que sin duda, genera conflictos.

Una de estas opciones disponibles dentro de la ZC-AMM es por un lado, el aprovechamiento del remanente de agua residual tratada, que una vez cumplidos los compromisos con industriales y distritos de riego, supera los 4,500 litros por segundo de agua disponible; la cual puede distribuirse y suministrarse a través de los más de 300 kilómetros de la red de tuberías especializadas existente dentro de su sistema dual, hacia destinos de reúso complementarios al industrial, tales como centros comerciales, comercio, gobiernos, e inclusive usuarios domésticos que habitan más de 400 colonias del tecnosistema, y no requieran de agua de calidad potable para satisfacer sus necesidades.

Para lo anterior, es necesario que permita romper paradigmas entre las partes interesadas, tales como industria, gobierno, organismo operador de aguas, población, y sociedad en general, al abandonar barreras de orden sociocultural, que impiden el reúso de este recurso desaprovechado existente en el ámbito local, que puede ser captado de las fuentes no convencionales disponibles, las cuales tratan alrededor de 15,000 litros por segundo, y representan un suministro confiable; su problema: Se requiere un nuevo Modelo de Gobernanza enfocado al Reúso.

Luego de la década de los 60's cuando se construyeron las primeras plantas de tratamiento en la entidad, y se optó por el intercambio industrial de aguas de fuentes convencionales como las de la presa de la boca para destinarlas a consumo humano, por aguas de fuentes no convencionales proveniente de las plantas de tratamiento de aguas residuales a través de sistemas de distribución adaptados de poliductos y plantas de PEMEX principalmente, a partir del año 2000, el organismo operador de aguas estatal, residuales introduce la posibilidad de hacer reúso planificado directo de aguas residuales tratadas para industria y riego de campos de golf, al incrementar el volumen tratado y numero de plantas de tratamiento de aguas residuales, para alcanzar casi el 100% del saneamiento de dichas aguas, para lo que se inician programas de rehabilitación y construcción de redes para la ampliación y fomento del reúso de agua en la ZC-AMM; sin embargo, la inversión y fomento de dicha opción de suministro, a más de 20 años de ser retomada como estrategia para el agua

sostenible, no ha fructificado, al coartarse opciones de destinos de reúso complementarios al industrial y riego, de esta forma, el problema del Modelo Aplicado de GIRH es: Su destino de reúso y nombre es “Agua Industrial”

Como parte de las mejoras al modelo aplicado y arreglos específicos para el fomento e incremento de el reúso de aguas residuales, donde el costo del saneamiento de los efluentes residuales municipales, ya lo pagan los usuarios del agua potable, es decir, los ciudadanos de la ZC-MM, se propone una especialización del Modelo hacia el Reúso del Agua, enfocado en seis grandes rubros de programas sectoriales y proyectos, dirigidos a impactar positivamente en la seguridad hídrica y fomento del agua sostenible, integrando para ello los siguientes aspectos:

- i) **Gestión Holística de Recursos Hídricos:** A través de cambio de paradigmas, uso herramientas y opciones como las basadas en la naturaleza e implementación de nuevas tecnologías.
- ii) **Aprovechamiento de Fuentes No Convencionales:** Considerar a las plantas de tratamiento de agua residual como depuradoras y fuentes perenes de agua para destinos de reúso urbano complementarios al industrial, los cuales no requieran de agua de calidad potable para satisfacer sus necesidades de accesibilidad, asequibilidad, adaptabilidad y aceptabilidad, reduciendo la extracción y estrés sobre las fuentes convencionales.
- iii) **Fomento de Dimensión Económica Circular:** Implementación de preceptos de planeación, programas de infraestructura y ampliación de cobertura en función de la capacidad sustentable de fuentes convencionales y no convencionales, enfocado al reúso dentro del ciclo holístico urbano del agua.
- iv) **Adopción de la Nueva Cultura del Reúso:** Rompimiento de paradigmas y barreras socio culturales que se contraponen al aprovechamiento de los efluentes de aguas residuales tratadas, mediante la concientización de la población de su realidad hídrica, para el cambio de las representaciones sociales de tipo utilitarista asociadas al agua en la ZC-MM.

- v) Fomento de Dimensión Política de Bienestar: Implementar el enfoque a cumplimiento de los preceptos de Desarrollo Sustentable y Derechos Humanos que mantienen al agua como centro vinculante de los mismos, efectuando una restructuración legislativa y normativa consensuada mediante estructuración de redes proactivas de partes interesadas, con toma de decisiones efectiva por expertos apolíticos del sector.
- vi) Fomento de Dimensión Socio-ambiental Sostenible: Establecer como prioridad el bienestar social y de los ecosistemas dentro del aprovechamiento, bajo principios de equidad, derechos humanos, optimización de uso y reúso, seguimiento y evaluación de indicadores de accesibilidad, asequibilidad, adaptabilidad y aceptabilidad del agua sostenible.

Si bien la gestión del reúso de aguas residuales tratadas en la ZC-MM tiene más de 60 años de realizarse, actualmente solo 112 de más de 1,500,000 usuarios del sistema de agua potable registrados, hacen un reúso efectivo del agua en destinos industriales y de riego, lo que representa menos del 5% del volumen de agua residual tratada producida en las plantas de depuración existentes; lo que sin duda ejemplifica la necesidad de un cambio de Modelo de Gobernanza asociado y especializado hacia el Reúso como se propone en la figura y, que en la función de arreglos sectoriales del modelo de Gobernanza del Agua, se observen otras funciones claves para su implementación y vinculación con acciones y estrategias de coordinación y regulación, de orden principal y específico para la ZC-AMM, alineadas al cumplimiento de los Derechos Humanos y a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda 2030.

Figura 6.- Propuesta de Modelo de Gobernanza de Reúso de Agua Residual Tratada (ART) para Fortalecer los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en La ZC-AMM.



Elaboración propia a partir del estudio realizado.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES SOBRE EL MODELO DE GOBERNANZA PROPUESTO

Si bien, ha existido y persiste una transición desde lo que se considera un proceso anárquico hasta las bases de una Gobernanza del Agua, cuya conceptualización misma, hasta la integración de normativas y textos rectores, se enfocan al agua de primer uso y a su saneamiento, dejando de lado la Gobernanza propia del Reúso del Agua, para la cual se propone el preliminar de un modelo que integra las disciplinas social, ambiental y económica de la sostenibilidad, aunada a la política que incluyen otros modelos asociados al agua, aunado a integrar las necesidades actuales de reúso que coadyuven a la sostenibilidad hídrica, con una visión holística que fomente el rompimiento de paradigmas y el uso de herramientas basadas en la naturaleza para el aprovechamiento de las fuentes no



convencionales, como lo son las plantas de tratamiento de agua residual, cuyos Efluentes tratados, puedan ser una opción para el abastecimiento urbano en destinos de reúso complementarios al industrial.

Se concluye que los elementos del modelo propuesto pueden coadyuvar a la complementación de la gobernanza del agua en todos los ámbitos de seguridad hídrica, derechos humanos y Desarrollo Sostenible, para lo cual es recomendable generar nuevos estudios de investigación que examinen la aplicabilidad y resultados de las nuevas políticas públicas y cambios en la legislación y normativa de frente al año 2030 acorde a los desafíos derivados del fenómeno de la escasez del agua que se agravan cada día en la ZC-MM, así como en el resto del país, y que pueda servir como impulso para crear una nueva gobernanza acorde a los desafíos presentes y futuros derivados de la crisis hídrica incipiente, antes de la llegada del día cero.

De esta forma y para ello, la propuesta de fines académicos presentada, requiere como segundo paso, ser analizada y complementada por un grupo interdisciplinario entre académicos, expertos de Colegios como el de Ingenieros Civiles, Biologos, y Economistas, etc, así como del Organismo Operador de Agua Estatal y del Normativo Federal, de la Secretaría de Desarrollo Sustentable, de la Secretaría de Salud, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, más la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en la búsqueda de la seguridad del agua sostenible.

La declaratoria de sequía extrema en la ZC-MM establecida en febrero del 2022, no solo representa una necesidad social ante la escasez, sino una verdadera emergencia ambiental y potencial emergencia sanitaria en la segunda ciudad más grande del país, lo que denota un salto hacia atrás a menos de ocho años del plazo para el cumplimiento del objetivo No. 6 de Desarrollo Sostenible, y un retraso significativo hacia el cumplimiento de los Derechos Humanos enmarcados en la Constitución, los cuales representan el máximo lineamiento de Gobernanza asociada al Agua en los niveles Nacional e internacional. ¿Que hemos hecho mal como sociedad regiomontana?; aunque sea ya un dicho muy trillado... ¡La historia nos juzgará!

## **IV.2 REPRESENTACIONES SOCIALES ASOCIADAS A LA SUSTENTABILIDAD HÍDRICA, SU VALOR Y AL REÚSO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA EN LA ZC-AMM**

En virtud que la investigación se encuentra enmarcada y adaptada en la trilogía de sociedad justa, viabilidad económica y seguridad hacia el medio ambiente, se analiza el valor y las barreras de percepción basadas en representaciones sociales asociadas al agua y su reúso por parte de la sociedad regiomontana, con la finalidad de estar en condiciones de corroborar si su gestión se encuentra alineada a los preceptos holísticos y de sustentabilidad establecidos en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, y su nivel de preparación ante las constantes de estrés y escasez hídrica.

Para evaluar ello, se realizó primeramente un estudio de para conocer la percepción que tiene la población sobre el valor del agua y las barreras existentes para utilizar Agua Residual Tratada en destinos de uso urbano complementarios al industrial, donde participaron 3372 residentes de la considerada como segunda ciudad más grande del país, seleccionados por muestreo propositivo del padrón de usuarios del sistema de abastecimiento local, aplicando una metodología de corte mixto, captando información cualitativa y cuantitativa sobre su relación con el agua potable, saneamiento y reúso ante la crisis de escasez vigente, donde, como actores sociales, parecen permanecer inmersos en el “*Paradigma de la No Percepción*” y Representaciones Sociales que no favorecen un cambio cultural para aceptar que el modelo tradicional de manejo de agua de uso urbano ya no es sostenible y compromete su seguridad hídrica futura, y aprovechar las potencialidad de sus fuentes no convencionales y sistemas duales de abastecimiento para proporcionar un suministro de agua a prueba de sequías controlado localmente.

De esta forma, el estudio se centra en la captación y análisis de la perspectiva social de la población regiomontana respecto con base en las percepciones y representaciones sociales asociadas al valor del agua y la incorporación del reúso del agua residual tratada como herramienta que coadyuva a la sustentabilidad hídrica que interrelaciona las áreas sociales, ambientales y económicas en forma práctica a través de un sistema de abastecimiento dual público urbano existente, con la finalidad de generar conocimiento que pueda ser utilizado por parte de los responsables del diseño y la operación de dichos sistemas y/o para la toma

de decisiones de políticas públicas y de gobernanza hídrica, mediante información societal actual, ante las condiciones de escasez de los recursos hídricos disponibles en los ecosistemas y contribuir en el desarrollo sostenible de la ciudad y la región.

Lo anterior, toda vez que para el manejo sostenible del agua requiere de soluciones que se encuentren enmarcadas y adaptadas en la trilogía de sociedad justa, viabilidad económica y seguridad hacia el medio ambiente, aceptando y consolidando soluciones no convencionales, donde para enfrentar ese problema una solución podría ser, el utilizar los efluentes tratados de las plantas de tratamiento de aguas residuales (Dautant, 2016).

#### DISEÑO DEL ESTUDIO DE LAS PERCEPCIONES DEL AGUA RESIDUAL TRATADA COMO OPCIÓN DE SUMINISTRO Y ASOCIACIÓN A LAS REPRESENTACIONES SOCIALES AL AGUA Y SU VALOR.

En virtud de no encontrarse estudios documentados relacionados específicamente a la percepción asociada a dentro del que hacer empírico de representaciones sociales que corresponde al área temática de la cuestión comunitaria de las representaciones sociales de tipo polémica sobre el valor agua, del agua residual tratada y su reúso en la Zona Metropolitana de Monterrey, se trata de un estudio exploratorio-descriptivo, de diseño no experimental, transversal, para asociar las representaciones sociales teóricas documentadas sobre el agua con las percepciones captadas de la población de estudio, para identificar si están presentes en el contexto social actual, ya que “se podría decir que son la versión contemporánea del sentido común... constructos cognitivos compartidos en la interacción social cotidiana que proveen a los individuos de un entendimiento de sentido común (Moscovici, p. 1981, p.p. 181-209).

Se documentó y utilizó un cuestionario de caracterización en calidad de técnica enfocada en las características estructurales de la representación social (Abric, 2003, 2001b) para identificar la estructura representacional mediante un conjunto de recursos, respetando los pasos correspondientes al acercamiento pluri-metodológico estructurado de elaboración de una encuesta tipo cuestionario y escalas aceptado por William Doise (Doise et al, 2005), utilizando muestras representativas de la población objeto de estudio al haber sido determinado como posible; los cuales incluyen en algunos casos la asociación libre de palabras referido por Abric (2003, 2001a), así como las técnicas de teoría consultada y de

análisis de contenido, de gran aceptación en estudios de corte mixto y desde un enfoque cuantitativo como cualitativo, con el objetivo principal de obtener datos de percepción de la población de estudio sobre ello y la valorización de dichos recursos hídricos que se estiman mundialmente como desaprovechados; para lo que también se estimó conveniente caracterizar la muestra y ver si existían determinantes sociales, económicas y ambientales significativos en las percepciones obtenidas y asociados a las tres perspectivas de enfoque teórico las representaciones sociales reseñadas anteriormente; estructurado con particularidades sus respectivos abordajes metodológicos.

Para ello se aplicó un método de jerarquización de ítems y por bloques (Flament, 2001), basado en la hipótesis de una jerarquización colectiva de temas, que tiene como fin identificar aquellos elementos que tienen una fuerte saliencia a la hora de representar un objeto de interés científico, utilizado para indagar la importancia que los participantes le atribuyen a los componentes representacionales del instrumento, teniendo en cuenta que algunos son considerados por ellos como más satisfactorios o estar de mas acuerdo con ello mientras que otros en menor medida. Por lo tanto, es posible establecer que cuanto más relevante es un elemento, mayor es su saliencia (Vergés, 2001), y el tratamiento de datos obtenidos por medio de este cuestionario vía el análisis de similitud y asociación, que permiten el acceso a la estructura y suponen igualmente la identificación inicial del contenido buscando como apoyo otros modos de recopilación. bien el tratamiento de datos obtenidos por medio de este cuestionario via el análisis de similitud (Flament, 1981, 1986; Guimelli, 1998),

De esta forma, se incluyó el análisis y la aplicación de técnicas asociativas, las cuales son señaladas como una de las formas de acceder al contenido de las representaciones sociales (Ruiz et al., 2001), documentadas y referidas respecto al Agua, de lo cual se encontraron diferenciadas e inclusive clasificadas a partir de estudios documentados referidos. Dichas técnicas favorecen la expresión natural de las personas, con lo que se espera que las respuestas sean libres de “racionalizaciones, sesgos de defensa o deseabilidad social” (Ruiz et al., 2001, p. 118),

A partir de esta asociación, y en base en el proceso de objetivación descrito por Moscovici y en los trabajos de Asch (1946) relativos a la percepción social y la formación de impresiones, se

concluyó un Sistema de Representaciones Estructural, basado en una adaptación del modelo de esquemas cognitivos de base, donde la hipótesis del núcleo central (Abric, 1976, 1989) que afirma que la Representación se organiza en torno de un núcleo central, (Sá, 1996) al cual proponen distinguir de aquellos elementos de carácter periférico. Dicho núcleo estaría formado por un conjunto reducido de elementos que determinarían la organización y el significado de la representación o el conjunto de ellas. De este modo, las representaciones sociales se organizaron en torno de un doble sistema complementario: el sistema central y el sistema periférico (Abric, 1994b, 2003).

#### CONTEXTO GENERAL Y PARADOJA DEL AGUA

El estado actual de los recursos hídricos, donde 2 000 millones de personas viven en países que sufren escasez de agua (O.N.U., 2019, pág 9) pone de relieve la necesidad de mejorar la gestión del agua para alcanzar una gestión sostenible y equitativa de los recursos hídricos y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (O.N.U., 2021), encuadra en la descripción de Representación Social Polémica, que implica la necesidad de transformación en las condiciones de vida de una sociedad y cambios en las concepciones sobre los objetos sociales, como lo es el valor asociado al agua y su aprovechamiento sustentable.

En México, 35 millones de habitantes viven una situación de poca disponibilidad de agua en términos de cantidad y calidad; uno de cada seis acuíferos del país presenta problemas de sobreexplotación, de ellos se extrae el 50% del agua utilizada (OEA, 2019), sin embargo, se presenta lo que se ha llamado “la paradoja del agua”, que se sintetiza en el hecho de que: “la disponibilidad natural en la zona sureste es siete veces mayor que en el resto del país. Además, en la zona norte, centro y noroeste se asienta 77% de la población, se genera 85% del PIB y sólo se tiene 32% de la disponibilidad natural media” (SEMARNAT/CONAGUA, 2004: 26).

La población objetivo de estudio fueron los usuarios del sistema de abastecimiento de agua de la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey del Estado de Nuevo León México, donde como ya se

mencionó, existe una crisis hídrica incipiente ante las condiciones de baja disponibilidad de agua derivado del incremento poblacional a más de 5 millones de habitantes y extracción insostenible de más de 15,000 litros por segundo de sus fuentes convencionales de agua de primer uso. Los datos se levantaron en forma secuencial a lo largo de los años 2018 a 2020, integrando información relativa a sus condiciones de bienestar, que parecen tener inmersa a la Sociedad regiomontana en el “paradigma de la No Percepción”, donde una alternativa para la sostenibilidad hídrica sería el reúso del agua de fuentes no convencionales como es el agua residual tratada.

No obstante, una de las barreras más importantes que enfrentan los organismos y autoridades del agua al tratar de utilizar este tipo de fuentes no convencionales de agua residual tratada para reúso en destinos público urbanos, además de los retos tecnológicos, la calidad del agua, infraestructura, inversión, y costes de gestión, es la percepción social negativa de rechazo hacia dicha agua, donde cualquier incidencia puede generar problemas de orden social, además de un deterioro de la imagen de la autoridad del agua e incluso del gobierno en turno, por lo que se debe integrar inclusive el costo político de su implementación o no implementación para su aprovechamiento, dentro de las representaciones sociales asociadas al agua y su valor por parte de la sociedad.

El ciudadano, como usuario del agua en las zonas urbanas, es en sí un actor social, y como tal “es a la vez integrador de informaciones según procesos definidos, participante en dinámicas interpersonales y posicionales, soporte activo de normas y de representaciones ideológicas.” (Doise, 1983, p. 673), tales como las Polémicas asociadas al agua, su aprovechamiento y reúso para coadyuvar a la sustentabilidad hídrica y desarrollo sostenible, para lo cual, Espitia et al (2020, p.120) a partir del análisis de 237 registros y 29 artículos determina un inventario de once (11) Representaciones Sociales del Agua que se presentan en la tabla No 5.

Tabla 5. Representaciones Sociales Asociadas al Agua y su Valor.

REPRESENTACION SOCIAL	CONTEXTO
<b>Antropocéntrica Utilitarista</b>	Hay que sacar provecho del agua, de sus bienes y servicios. Es observable en Documentos públicos (POT, Planes de Desarrollo, CONPES). / Organizaciones estatales, de base, empresarios y ciudadano común / Ferreira Da Silva, 2002
<b>Antropocéntrica Pactuada</b>	Hay que sacar provecho del agua, reconociendo los impactos al medio ambiente. Se evidencia conocimientos ambientales en general. / Ciudadano común y corriente, funcionarios del estado, miembros de ONG / (Andrade, De Souza & Brochier, 2004).
<b>Antropocéntrica</b>	Énfasis en educación ambiental, respeto, solidaridad, amor y calidad del ambiente. Aparece en

<b>cultural</b>	tradición oral, campañas educativas y medios de comunicación locales. / Grupos indígenas, organizaciones ambientales / (Gutiérrez & Pérez, 1995).
<b>Comunitaria Conservacionista</b>	De regulación en el uso del agua y manejo integrado en las prácticas culturales. Énfasis en naturaleza orgánica, espiritual y social que regula los ciclos ambientales, en el equilibrio ecológico y la estética del paisaje. Desconfianza en el Estado y lo privado. Se evidencia en procesos participativos. Integra la idea de territorio, conocimiento experto y ambientalismo popular. / Organizaciones Base y la Mujer en general por su labor en el hogar / (Vargas Lamprea, 2012).
<b>Ecológica global, estética e identitaria</b>	Asigna valores estéticos e identitarios al agua, que es patrimonio social, abundante y asequible, pero limitada, lo que genera incertidumbre ambiental. Percepción de interdependencia entre hombre y ambiente. / Personas alto nivel educativo y adquisitivo (profesionales del agua, de la salud). / (Moser, Ratiu & De Vanssay, 2005).
<b>Fragmentada y Funcional</b>	Asignan valores funcionales y éticos al uso del agua, manifestados en el utilitarismo ligado al agua doméstica y en los discursos contra las desigualdades (fracturas sociales) de acceso al agua. Se plantean resolver necesidades a corto plazo. Aparece en Documentos públicos / Entidades Estatales, de servicios, empresarios, organizaciones de base como veedurías ciudadanas. / (Moser, Ratiu & De Vanssay, 2005).
<b>Globalizante</b>	Las interacciones entre la sociedad y la naturaleza son claves para la supervivencia de los seres humanos, en armonía con el medio ambiente, considerándolo como fuente de supervivencia. / Actores comunitarios / Reigota, (1990).
<b>Híbrida</b>	Integra la RS. Comunitaria y Privatizadora con discurso pro-ambientalista, para relacionarse con otros actores e imponer su representación. Legítima expertos y usa imágenes corporativas con animales, palabras y plantas, resaltando la estética de lo natural. Sin referencias a la apropiación privada del ambiente, promueven una imagen verde. Integran elementos del derecho, desarrollo sostenible y responsabilidad ambiental–social empresarial. / Actores Estatales / (Vargas Lamprea, 2012).
<b>Monista u Orgánica</b>	El agua da vida y está integrada a la naturaleza (Cosmogonía). Tiene fuerzas espirituales que se deben reconocer y respetar. Su furia trae castigo a la población. / Grupos étnicos, preferiblemente indígenas. Grupos ambientalistas radicales / Escobar (1999).
<b>Naturalista</b>	El agua hay que mantenerla en santuarios, sin humanos. Énfasis en lo físico – químico, sin considerar aspectos socioeconómicos. / Miembros de ONG / Reigota, (1990).
<b>Privatizadora</b>	El agua es un recurso privado con servicios ambientales sujetos a las reglas del mercado, con orientación hacia la industria y lo domiciliario. No hay ecosistema ni relaciones ecológicas entre la ciudad, el agua y el territorio. Concesionan la explotación del agua. Visión funcional y antropocéntrica de lo natural. El acceso es diferencial a los servicios del agua. El río se percibe como canal y desagüe. / Actores estatales y empresarios. Administración de élites con especialistas / (Vargas Lamprea, 2012).

Fuente: Espitia et al (2020, pág.120)

Este inventario de representaciones sociales asociadas al agua, derivadas del análisis de contenido, constituye una propuesta a partir de diferentes perspectivas teóricas y metodológicas que coadyuvan a la generación del conocimiento, las cuales pueden ser compartidas, pero no son fijas, ya que poseen la propiedad de ser resignificadas ante los cambios, complementaciones y/o intercambios de índole individual y/o social, ya que son las propias personas las que participan en su construcción, aportando su percepción en base a las condiciones de experiencia y conocimiento de sentido común en su relación a su entorno (Abarca, et. al., 2013, pp. 73-247).

La Perspectiva Social sobre el agua, su valor y el reúso de residual tratada es de gran impacto

para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos, la cual constituye un sistema de soporte vital, por lo que, si su calidad y cantidad son insuficientes, o no asequibles legal y económicamente, afecta a la sociedad y su entorno general; por ello se requiere una organización holística e integral para su gestión sostenible (Dourojeanni, 2011).

Las Representaciones Sociales Antropocéntrica Cultural, Comunitaria Conservacionista, Globalizante y Estética Global, mantienen un enfoque al aprovechamiento y cuidado ambiental, aunado a una gestión integral y holística, la cual contempla el reúso del agua; siendo la contraparte la Representaciones Sociales Privatizadoras y Antropocéntrica Utilitarista, donde su enfoque es la principalmente la explotación como un producto o materia prima.

#### MARCO MUESTRAL Y POBLACIÓN OBJETIVO.

En el estudio se incluyó una muestra de participantes seleccionados por muestreo propositivo (Suri, 2011), donde la población fueron Adultos del marco muestral más de 1,321,406 clientes comerciales, domésticos e industriales como usuarios del sistema de abastecimiento de agua potable a cargo del Organismo Operador denominado Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D., determinada utilizando la fórmula para población finita señalada en a), dado que se conoce el total de unidades de observación que la integran, por lo que se determinó la muestra de 3,372 habitantes, cuya primera fase integró 752 habitantes con servicio, que fue realizada en función al universo de servicios otorgados de clientes considerados en cada una de los Municipios que integran la Zona conurbada y área Metropolitana, ya que cuentan con un predominio de un modelo suburbano y, por tanto, con un potencial mayor de aplicación de alternativas no convencionales complementarias de suministro de agua para usos comerciales, público y domésticos no potables (por ejemplo, riego de jardines), estratificándola de acuerdo con la población servida en ellos, considerando la fórmula señalada, y un margen de error máximo de la encuesta es de +/- 4 puntos porcentuales y al 95% de confianza estadística.

$$b) n = \frac{N Z^2 p q}{(d^2 (N - 1) + Z^2 p q)}$$

Donde: N=tamaño de población; Z= Nivel de Confianza; P= probabilidad de éxito o proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia; q= proporción de la población de referencia que no presenta el fenómeno en estudio (1 -p); d=precisión



Cabe señalar que un factor Limitante para la realización del levantamiento en las fases de entrevistas fue la pandemia mundial derivada del SARS-COV-II Covid 19, que inició con el primer caso positivo en el Municipio de San Pedro Garza García del Área Metropolitana en el mes de abril de 2020 en virtud de que la técnica utilizada para el levantamiento de datos fue presencial cara a cara en el domicilio donde se presta el servicio de agua, durante el periodo del 26 de diciembre de 2018 al 9 de febrero de 2019, por lo que una segunda fase del resto de 620 se realizó del 13 al 24 de marzo del 2020, integrando el total de 3,372, las cuales se aplicaron a una población muestral conformada por 49.4% fue de sexo masculino y el 50.6% de sexo femenino, y grupos de edades y escolaridad que se muestran en los cuadros N°1 y N° 2.

En el cuadro N° 1 se muestra el número de participantes en los estudios por grupo de edad.

**Cuadro 1**  
Participantes en los estudios por contexto y grupo de edad

MENOR A 25	25 A 30	31 A 35	36 A 45	46 A 50	51 A 60	61 O MAS
<b>6.1%</b>	<b>16.5%</b>	<b>14.8%</b>	<b>26.0%</b>	<b>10.8%</b>	<b>15.5%</b>	<b>10.3%</b>

Fuente: elaboración propia a partir de los datos sociodemográficos obtenidos en los listados libres

En el cuadro N°2 se muestra el número de participantes en los estudios por grupo de escolaridad.

**Cuadro 2**  
Participantes en los estudios por contexto y grupo de edad

POSGRADO	UNIVERSIDAD	TECNICA	BACHILLER	SECUNDARIA	PRIMARIA	SIN EST/DATO
<b>0.8%</b>	<b>33.7%</b>	<b>6.9%</b>	<b>21.3%</b>	<b>18.7%</b>	<b>4.7%</b>	<b>13.9%</b>

Fuente: elaboración propia a partir de los datos sociodemográficos obtenidos en los listados libres

TÉCNICAS DE ANÁLISIS Y RECOLECCIÓN DE DATOS.

Primeramente se realizó la Recolección presencial de semi-entrevista cara a cara en la dirección donde se presta el servicio, y se documentó y utilizó un cuestionario de caracterización en calidad de técnica enfocada en las características estructurales de la representación social (Abric, 2003), aunado a utilizar escalas Likert/Q-Sort de Caracterización Estructural de Representación Social del Agua (Doise, 1983) con asociación de Palabras (Abric, 1994a) y Jerarquización Colectiva de Temas (Flament, 2001), para de esta forma aplicar Técnicas asociativas y de objetivación descrito por Moscovici y en los trabajos de Asch (1946) relativos a la percepción social y la formación de impresiones, para concluir en un Sistema de Representaciones Estructural de núcleo central (Sá, 1996).

En detalle, se utilizó la técnica de semi-entrevista cara a cara mediante el uso de un instrumento de cuestionario utilizado de formato auto-administrado, integrado por la técnica descrita a continuación, y por preguntas referidas a datos socio-demográficos, y preguntas de tipo abierto a fin de obtener contenido sobre representaciones sociales asociadas al valor del agua y del agua residual tratada mediante secciones o bloques, iniciando con el referente a la percepción sobre el valor que se le asocian a el Agua y el reúso para alinearlos posteriormente a las representaciones sociales identificadas en estudios previos consultados, donde en el primer bloque se solicita en conjunto, lo que concierne a la caracterización de los encuestados, aunado a las preguntas sobre la edad, el género, nivel de estudios principalmente, la información relacionada a su percepción sobre la disponibilidad del agua potable en función de su servicio y su calidad recibida, posteriormente sobre su conocimiento respecto Agua Residual Tratada como opción alternativa de abastecimiento, donde se les brindaba una breve información en caso de indicar que no tenían conocimiento de ello, para continuar aplicando el instrumento, las cuales se indican en el cuadro N° 3.

Cuadro N° 3 Afirmaciones/preguntas sobre la percepción de disponibilidad y valor del agua y agua residual tratada de la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey.

PREGUNTA	OPCIONES/REPRESENTACION
¿Qué tan satisfecho o insatisfecho está usted con el servicio de Agua y Drenaje?	Escala de Ikey, Q-Sort, 1=Totalmente Insatisfecho; 2= Insatisfecho, 3= Indiferente, 4= Satisfecho 5= Totalmente satisfecho.
¿Qué tan satisfecho o insatisfecho está usted con el suministro de agua potable en presión, calidad, continuidad	Escala de Ikey, Q-Sort 1=Totalmente Insatisfecho; 2= Insatisfecho, 3= Indiferente, 4= Satisfecho 5= Totalmente satisfecho.

y servicio las 24 horas?	
¿Se requiere optimizar el uso del agua potable de primer uso para que generaciones futuras neolonesas tengan acceso a ella en calidad y cantidad suficiente?	Escala de Ikear, Q-Sort 1=Totalmente en Desacuerdo; 2= En Desacuerdo; 3= Medianamente en desacuerdo 4= Ni en Desacuerdo ni De Acuerdo; 5= Medianamente de acuerdo; 6= De acuerdo 7= Totalmente de Acuerdo.
¿Usted sabe lo que es el Agua Residual Tratada?	Si; No; (Si señala no, se le brinda breve explicación de que es agua residual para reúso que proviene de plantas de tratamiento y es más económica que la potable)
¿Ahora que lo sabe, ¿Dónde cree que es más importante utilizarla?	En base a la explicación, se recaban “lista de palabras que establecen” para su análisis.

Fuente: Elaboración propia.

El segundo bloque del instrumento, se centra en obtener la valorización de distintas afirmaciones mediante una escala Iikeart/Q-Sort, Cuadro N° 4, enfatizando aspectos asociables al aprovechamiento de las aguas residuales tratadas procedentes de las fuentes no convencionales de tratamiento, a fin de orientar el instrumento al interés específico de poder determinar si para la sociedad regiomontana, representa una opción potencial de suministro de agua de calidad no potable para destinos de reúso público urbano que no requieren de calidad potable, la cual pueda para suplir agua de primer uso proveniente de las fuentes convencionales, para coadyuvar en la sostenibilidad hídrica ante las condiciones de crisis incipiente.

Cuadro N° 4 Afirmaciones/preguntas sobre la percepción asociada a la valoración del reúso de agua residual tratada en usos público-urbanos de la ZC-MM.

AFIRMACION/PREGUNTA	OPCIONES/REPRESENTACION
La opción de suministro de agua de residual tratada es una alternativa no convencional de solución a los problemas de falta de agua en el área metropolitana de Monterrey, para necesidades del hogar que no requieren agua potable	Escala de Ikear, Q-Sort 1=Totalmente en Desacuerdo; 2= En Desacuerdo; 3= Medianamente en desacuerdo 4= Ni en Desacuerdo ni De Acuerdo; 5= Medianamente de acuerdo; 6= De acuerdo 7= Totalmente de Acuerdo.
El suministro de agua residual tratada con calidad no potable es de interés y utilidad importante para los usuarios domésticos del área metropolitana de Monterrey	Escala de Ikear, Q-Sort 1=Totalmente en Desacuerdo; 2= En Desacuerdo; 3= Medianamente en desacuerdo 4= Ni en Desacuerdo ni De Acuerdo; 5= Medianamente de acuerdo; 6= De acuerdo 7= Totalmente de Acuerdo.
¿Realizaría las modificaciones en líneas internas del hogar para tener un sistema dual de tuberías de agua para satisfacer mis demandas de agua potable y de agua no potable?	Escala de Ikear, Q-Sort 1=Totalmente en Desacuerdo; 2= En Desacuerdo; 3= Medianamente en desacuerdo 4= Ni en Desacuerdo ni De Acuerdo; 5= Medianamente de acuerdo; 6= De acuerdo 7= Totalmente de Acuerdo.

Fuente: Elaboración propia.

En el último bloque, se confronta mediante cuestionamientos de enlace, (Cuadro N° 5), la

propia percepción de los encuestados respecto a las distintas afirmaciones sobre las barreras que se pudiesen presentar respecto a la valoración del agua residual tratada como opción de suministro de agua de fuentes no convencionales, ante implicaciones de orden económico, social, y ambiental, bajo aspectos económicos de infraestructura necesaria tanto en la ciudad como en sus hogares, los destinos de usos público urbano de este recurso y riesgos asociados términos de salud, y energéticos, con la finalidad de obtener información para determinar que porcentaje de usuarios del estudio estarían de acuerdo en utilizar el servicio de Agua Residual Tratada en forma complementaria al suministro de agua potable, por lo que en la encuesta se incluyeron aspectos sobre este tema, bajo la misma metodología descrita.

Cuadro N° 5 Afirmaciones/preguntas sobre la percepción y representación social asociados a las barreras sociales, económicas y ambientales respecto al reúso del residual tratada de la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey.

AFIRMACIÓN / PREGUNTA	OPCIONES / REPRESENTACIÓN
Los obstáculos para aceptar el suministro de agua residual tratada de menor costo y de calidad no potable en los hogares sería:	En base a la explicación, se recaban “lista de palabras que establecen” para su análisis.
La Falta de cultura social es un obstáculo para aceptar el suministro de agua residual tratada de menor costo y de calidad no potable para reúso.	Escala de Ikear, Q-Sort 1=Totalmente en Desacuerdo; 2= En Desacuerdo; 3= Medianamente en desacuerdo 4= Ni en Desacuerdo ni De Acuerdo; 5= Medianamente de acuerdo; 6= De acuerdo 7= Totalmente de Acuerdo.
La Falta de Información es un obstáculo para aceptar el suministro de agua residual tratada de menor costo y de calidad no potable para reúso.	Escala de Ikear, Q-Sort 1=Totalmente en Desacuerdo; 2= En Desacuerdo; 3= Medianamente en desacuerdo 4= Ni en Desacuerdo ni De Acuerdo; 5= Medianamente de acuerdo; 6= De acuerdo 7= Totalmente de Acuerdo.
La Mala Calidad del Agua es un obstáculo para aceptar el suministro de agua residual tratada de menor costo y de calidad no potable para reúso.	Escala de Ikear, Q-Sort 1=Totalmente en Desacuerdo; 2= En Desacuerdo; 3= Medianamente en desacuerdo 4= Ni en Desacuerdo ni De Acuerdo; 5= Medianamente de acuerdo; 6= De acuerdo 7= Totalmente de Acuerdo.
El Costo de Contratación es un obstáculo para aceptar el suministro de agua residual tratada de menor costo y de calidad no potable para reúso.	Escala de Ikear, Q-Sort 1=Totalmente en Desacuerdo; 2= En Desacuerdo; 3= Medianamente en desacuerdo 4= Ni en Desacuerdo ni De Acuerdo; 5= Medianamente de acuerdo; 6= De acuerdo 7= Totalmente de Acuerdo.
La Falta de Recurso Estatal es un obstáculo para aceptar el suministro de agua residual tratada de menor costo y de calidad no potable para reúso.	Escala de Ikear, Q-Sort 1=Totalmente en Desacuerdo; 2= En Desacuerdo; 3= Medianamente en desacuerdo 4= Ni en Desacuerdo ni De Acuerdo; 5= Medianamente de acuerdo; 6= De acuerdo 7= Totalmente de Acuerdo.
La Falta de Dinero en el Hogar es un obstáculo para aceptar el suministro de agua residual tratada de menor costo y de calidad no potable para reúso.	Escala de Ikear, Q-Sort 1=Totalmente en Desacuerdo; 2= En Desacuerdo; 3= Medianamente en desacuerdo 4= Ni en Desacuerdo ni De Acuerdo; 5= Medianamente de acuerdo; 6= De acuerdo 7= Totalmente de Acuerdo.
La Falta de Infraestructura hídrica para la gestión holística	Escala de Ikear, Q-Sort 1=Totalmente en Desacuerdo; 2= En

del agua es un obstáculo para aceptar el suministro de agua residual tratada de menor costo y de calidad no potable para reúso.	Desacuerdo; 3= Medianamente en desacuerdo 4= Ni en Desacuerdo ni De Acuerdo; 5= Medianamente de acuerdo; 6= De acuerdo 7= Totalmente de Acuerdo.
La Falta de Cuidado Ambiental es un obstáculo para aceptar el suministro de agua residual tratada de menor costo y de calidad no potable para reúso.	Escala de Ikear, Q-Sort 1=Totalmente en Desacuerdo; 2= En Desacuerdo; 3= Medianamente en desacuerdo 4= Ni en Desacuerdo ni De Acuerdo; 5= Medianamente de acuerdo; 6= De acuerdo 7= Totalmente de Acuerdo.

Fuente: Elaboración propia.

Aplicando técnicas asociativas y de objetivación descrito por Moscovici y en los trabajos de Asch (1946) relativos a la percepción social y la formación de impresiones, para concluir en un Sistema de Representaciones Estructural de núcleo central (Sá, 1996), así mismo, partiendo de las opiniones y valoraciones que los participantes otorgaron a cada pregunta y/o afirmación, así como a los conceptos o palabras captados en las enfocadas a obtener listados libres, se realizó un análisis procesual, generando la construcción a través de un análisis de contenido temático (Minayo, 2009, p. 259), el cual busca identificar “núcleos de sentido” dentro del análisis de datos cualitativos y cuantitativos, aunado al sistema periférico se las tiene que ver con las contingencias cotidianas y permite la adaptación de la representación a contextos sociales variados enfocados al objetivo principal de asociación mediante la identificación y vinculación a la Representación Social predominante o la necesidad de ella o ellas, a partir de las percepciones captadas mediante el instrumento documental aplicado.

#### CALIDAD DE LA INFORMACIÓN

En el enfoque procesual de las percepciones captadas que determinan las representaciones sociales que se le otorga, en este caso al agua y su reúso para la sostenibilidad hídrica, requiere de una importante validación mediante estudios complementarios o el uso de técnicas que permitan la triangulación como una forma de garantizar la calidad de los datos, “combinando múltiples técnicas, teorías e investigaciones consultadas para garantizar la confiabilidad en las interpretaciones” (Banch, 2000, p. 3.8). La combinación de técnicas se llevó a cabo mediante la búsqueda de estudios previos para la ciudad o la región sin haber encontrado ello, salvo en lo referente a las Representaciones Sociales enfocadas solamente al agua, como los antes citados (López, 2017) donde se utilizaron las técnicas y listados libres, cuestionario caracterizado de comparación de Ikear/Q-Sort. En este caso al sólo presentarse el análisis procesual de la información obtenida con la primera técnica, se

privilegió la triangulación por contrastación teórica que consiste en la comparación de los hallazgos con los obtenidos en los estudios citados en el presente y triangulación de resultados de investigaciones consultadas (Flick, 2014).

#### ASPECTOS ÉTICOS

Se garantizó a los participantes la confidencialidad y anonimato en la recolección y el análisis de información en colaboración con el organismo operador de agua de la ciudad. Antes de la aplicación de los instrumentos se explicaron los objetivos del estudio y se obtuvo el consentimiento informado verbal (Aguilera-Guzmán et al., 2008), al ser para fines académicos, enmarcada y adaptada en la trilogía de sociedad justa, viabilidad económica y seguridad hacia el medio ambiente, alineado al Objetivo 6 de la Agenda 2030,

#### AFIRMACIONES OBTENIDAS SOBRE LA PERCEPCIÓN DE DISPONIBILIDAD Y VALOR DEL AGUA Y AGUA RESIDUAL TRATADA DE LA ZONA METROPOLITANA DE MONTERREY.

Las preferencias de los encuestados para mantener, e inclusive aumentar el suministro de agua potable en caso fuese necesario se pueden apreciar en los resultados señalados en el Cuadro N° 6. Así mismo, la opción del aprovechamiento del agua residual tratada es desconocida por más de la mitad de la población, quienes carecen de forma general de información sobre la reutilización de aguas residuales tratadas y finalmente apuestan más por la optimización del uso del agua potable, para mantenerla como principal fuente de abastecimiento para la ciudad.

Cuadro N° 6. Resultados sobre la percepción de disponibilidad y valor del agua y agua residual tratada de la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey.

PREGUNTA	RESULTADOS
¿Qué tan satisfecho o insatisfecho está usted con el servicio de Agua y Drenaje?	Tan solo el 2.5% no se encuentra totalmente satisfecho con el servicio de agua y drenaje en la Ciudad, ya que cuenta con coberturas superiores al 98%, y un servicio promedio superior al nivel nacional. Los resultados se asocian a la Representación Social de Antropocéntrica Utilitarista con trazas de Representación Social Privatizadora.
¿Qué tan satisfecho o insatisfecho está usted con el suministro de agua potable en presión, calidad, continuidad y servicio las 24 horas?	El 92% se encuentra Satisfecho tanto con la presión, calidad y continuidad del suministro de agua potable, la cual mantiene un servicio de 24 horas del día los 365 días del año. Los resultados se asocian a la Representación Social de Antropocéntrica Utilitarista con trazas de Representación Social Privatizadora.
¿Se requiere optimizar el uso del agua potable de primer uso para que generaciones	El 95% señala que se requiere optimizar el uso de agua potable para que las generaciones futuras tengan acceso a ella conforme al Derecho Humano, lo que

futuras neolonesas tengan acceso a ella en calidad y cantidad suficiente?	representa acciones como la reducción de pérdidas de agua en redes y nuevas fuentes de primer uso. Los resultados se asocian a la Representación Social Híbrida con trazas de Representación Social Antropocéntrica Pactuada.
¿Usted sabe lo que es el Agua Residual Tratada?	El 56% de la población del estudio, no conoce que existe la opción del agua residual tratada para el abastecimiento de agua en destinos de uso público urbano de la ciudad. Los resultados se asocian a la Representación Social Antropocéntrica Utilitarista con trazas de Representación Social Privatizadora.
¿Ahora que lo sabe, ¿Dónde cree que es más importante utilizarla?	Los conceptos más mencionados para destino de utilización del Agua Residual Tratada fueron: Comercios: 24%; Jardines y Areas Verdes: 23%; Procesos Industriales: 20%; Doméstico: 19%, y otros: 14%. Los resultados se asocian a la Representación Social Antropocéntrica Utilitarista con trazas de Representación Social Privatizadora.

Fuente: Elaboración propia.

#### AFIRMACIONES OBTENIDAS SOBRE LA PERCEPCIÓN ASOCIADA A LA VALORACIÓN DEL REÚSO DE AGUA RESIDUAL TRATADA EN USOS PÚBLICO URBANOS DE LA ZONA CONURBADA Y METROPOLITANA DE MONTERREY.

Cuadro N° 7 Resultados sobre la percepción asociada a la valoración del reúso de agua residual tratada en destinos de usos público urbanos de la Zona Metropolitana de Monterrey.

AFIRMACION/PREGUNTA	RESULTADOS
La opción de suministro de agua de residual tratada es una alternativa no convencional de solución a los problemas de falta de agua en el área metropolitana de Monterrey, para necesidades del hogar que no requieren agua potable.	El 87% de la población de estudio está de acuerdo en que el agua residual tratada representa una alternativa no convencional de solución a los problemas de falta de agua, inclusive para destinarse a reúso doméstico no potable, lo que evidencia que se valora adecuadamente su potencial. Los resultados se asocian a la Representación Social Antropocéntrica Pactuada con trazas de Representación Social Híbrida.
El suministro de agua residual tratada con calidad no potable es de interés y utilidad importante para los usuarios domésticos del área metropolitana de Monterrey	El 80% de la población de estudio confirma con su opinión en esta pregunta de enlace con la anterior, la valoración asociada al reúso potencial del agua residual tratada para destinos de uso público urbano. Los resultados se asocian a la Representación Social Antropocéntrica Pactuada con trazas de Representación Social Híbrida.
¿Realizaría las modificaciones en líneas internas del hogar para tener un sistema dual de tuberías de agua para satisfacer mis demandas de agua potable y de agua no potable?	En correspondencia a la percepción captada mediante la opinión sobre la valoración asociada al reúso de agua residual tratada en destinos de uso público urbano, el 81% de la población de estudio señalo estar dispuesta a efectuar sistemas duales de abastecimiento, inclusive en los hogares, para el aprovechamiento asociado a la sustentabilidad hídrica. Los resultados se asocian a la Representación Social Antropocéntrica Pactuada con trazas de Representación Social Híbrida.

#### AFIRMACIONES OBTENIDAS SOBRE LA PERCEPCIÓN Y REPRESENTACIÓN SOCIAL ASOCIADOS A LAS BARRERAS SOCIALES, ECONÓMICAS Y AMBIENTALES RESPECTO AL REÚSO DEL RESIDUAL TRATADA DE LA ZONA CONURBADA Y METROPOLITANA DE MONTERREY.

Finalmente, después de las consideraciones teórico-metodológicas en este último apartado, se muestra el resultado de análisis asociativo de las relaciones entre las percepciones

captadas de las opiniones de la población de estudio y las representaciones sociales identificadas teóricamente vinculadas con el Agua, al reúso del agua residual tratada y ello a la sustentabilidad hídrica, a partir de sus barreras de índole social, económico y ambiental, a partir de la metodología y herramientas utilizadas para ello dentro de la investigación social, realizado en mediante esta vía en un tiempo difícil por las condiciones de una crisis hídrica incipiente en la Zona Metropolitana de Monterrey, y riesgoso ante la pandemia mundial que se vive en la ciudad derivado del virus SARS-COV-II desde abril de 2020.

Cuadro N° 8 Resultados sobre la percepción y representación social asociados a las barreras sociales, económicas y ambientales respecto al reúso del residual tratada de la Zona Metropolitana de Monterrey.

AFIRMACIÓN / PREGUNTA	RESULTADOS
Los obstáculos para aceptar el suministro de agua residual tratada de menor costo y de calidad no potable en los hogares sería:	Los conceptos más mencionados como obstáculos para aceptar el suministro de agua residual tratada en destinos de uso público urbano fueron: Falta de Información y conocimiento de esta opción: 35%; Otros asociados a calidad del agua: 14%; Costo: 13%; Tiempo: 9%; Temor a equivocarse (cruce de agua potable y ART): 8%; Ningún Obstáculo: 8%, Es innecesaria: 6%; Falta Infraestructura:4% y Costumbre: 3%; lo que refleja un área de oportunidad para incrementar la cultura asociada a la misma, mediante la difusión e información sobre su disponibilidad de aprovechamiento, calidad y costo inferior al de la potable. Los resultados se asocian a la Representación Social Antropocéntrica Utilitarista con trazas de Representación Social Privatizadora.
La Falta de cultura social es un obstáculo para aceptar el suministro de agua residual tratada de menor costo y de calidad no potable para reúso.	El 89% de la población de estudio percibe a la Falta de Cultura como Barrera Social para aceptar al reúso del agua residual tratada, que como un obstáculo se asocian a la necesidad de una mayor presencia de las Representaciones Sociales de tipo Antropocéntrica Cultural, Comunitaria y Globalizante.
La Falta de Información es un obstáculo para aceptar el suministro de agua residual tratada de menor costo y de calidad no potable para reúso.	El 87% de la población de estudio percibe a la Falta de Información como Barrera Social para aceptar al reúso del agua residual tratada, que como obstáculo se asocian a la necesidad de una mayor presencia de las Representaciones Sociales de tipo Antropocéntrica Cultural, Comunitaria, Globalizante, y Ecológica Global.
La Mala Calidad del Agua es un obstáculo para aceptar el suministro de agua residual tratada de menor costo y de calidad no potable para reúso.	El 73% de la población de estudio percibe a la Mala calidad del Agua como Barrera Social para aceptar al reúso del agua residual tratada, que como obstáculo se asocian a la necesidad de una mayor presencia de las Representaciones Sociales de tipo Comunitaria, Globalizante, Fragmentada Funcional y Ecológica Global.
El Costo de Contratación es un obstáculo para aceptar el suministro de agua residual tratada de menor costo y de calidad no potable para reúso.	El 83% de la población de estudio percibe al costo de contratación, y trámites enfocados hacia el destino de uso industrial como Barrera Económica para aceptar al reúso del agua residual tratada, que como obstáculo se asocian a la necesidad de una mayor presencia de las Representaciones Sociales de tipo Comunitaria, Globalizante, Fragmentada Funcional y Ecológica Global.
La Falta de Recurso Estatal es un obstáculo para aceptar el suministro de agua residual tratada de menor costo y de calidad no potable para reúso.	El 80% de la población de estudio percibe a la Falta de Recurso Estatal aplicado en planes hídricos como Barrera Económica para aceptar al reúso del agua residual tratada, que como obstáculo se asocian a la necesidad de una mayor presencia de las Representaciones Sociales de tipo Comunitaria, Globalizante, Fragmentada



	Funcional y Ecológica Global.
La Falta de Dinero en el Hogar es un obstáculo para aceptar el suministro de agua residual tratada de menor costo y de calidad no potable para reúso.	El 84% de la población de estudio percibe a la Falta de Dinero en el Hogar como Barrera Económica para aceptar al reúso del agua residual tratada, a pesar de que su costo es menor al del agua potable, que como obstáculo se asocian a la necesidad de una mayor presencia de las Representaciones Sociales de tipo Comunitaria, Globalizante, Fragmentada Funcional y Ecológica Global.
La Falta de Infraestructura hídrica para la gestión holística del agua es un obstáculo para aceptar el suministro de agua residual tratada de menor costo y de calidad no potable para reúso.	El 83% de la población de estudio percibe a la Falta de Infraestructura Hídrica para la gestión holística integral del agua como Barrera Ambiental para aceptar al reúso del agua residual tratada, a pesar de que su costo es menor al del agua potable, que como obstáculo se asocian a la necesidad de una mayor presencia de las Representaciones Sociales de tipo Comunitaria, Globalizante, Fragmentada Funcional y Ecológica Global.
La Falta de Cuidado Ambiental es un obstáculo para aceptar el suministro de agua residual tratada de menor costo y de calidad no potable para reúso.	El 91% de la población de estudio percibe a la Falta de Cuidado Ambiental en la gestión holística integral del agua como Barrera Ambiental para aceptar al reúso del agua residual tratada, que como obstáculo se asocian a la necesidad de una mayor presencia de las Representaciones Sociales de tipo Comunitaria, Globalizante, Fragmentada Funcional y Ecológica Global.

## RESULTADOS, CONCLUSIONES Y MODELO PROPUESTO DE REPRESENTACIONES SOCIALES PROPUESTO

“Una representación social tiene como propiedad fundamental ser histórica” (Rouquette, 1994, p.179), lo que permite comprender las interacciones individuales o colectivas humanas respecto a su entorno y “hacer convencionales los objetos, personas y eventos que se encuentran en la vida cotidiana” (Materán, 2008, p.245), las cuales pueden ser convergentes o divergentes en función del contexto social, al ser en sí sistemas de opiniones, conocimientos o incluso creencias, por lo que su teoría es aplicable al objeto del presente estudio sobre para identificarlas y asociarlas al valor del Agua y al Reúso del Agua Residual Tratada la Sustentabilidad Hídrica en Monterrey, N.L.

En virtud de que, “ningún modelo teórico permite actualmente captar la articulación de lo individual y lo social en toda su complejidad, hay que buscar los modelos que son compatibles entre sí; por otra parte, así se llega a menudo a especificar mejor las condiciones de aplicación de diferentes modelos.” (Doise, 1983, p. 681), y que las representaciones sociales son resultado de las percepciones conceptuales y situacionales determinadas mediante la captación muestral de opiniones de la población en tiempos actuales, debido al enorme caudal de la información disponible y extremadamente accesible en un mundo de

pensamientos tan globalizados pero excesivamente cambiantes en función de sus entornos y circunstancias, la cual normalmente es captada a través de medios tecnológicos tan versátiles existentes, que la hacen parecer como una imagen instantánea de un realidad cuya vigencia es relativamente breve, lo que dificulta en gran manera su estructuración, análisis y explicación dentro de esquema teóricos, de esta forma, mediante la captación de la información a través de la metodología y técnica aplicada, se recabaron las opiniones, donde el “sentido común se impone como la explicación más comprensible y determinante de las relaciones de intercambio social” (Mora, 2002, p. 23), determinadas como válidas y verdaderas por la población de estudio sobre el valor del agua y el reúso del agua residual tratada asociadas a la sustentabilidad hídrica en la ZC-AMM.

El tipo de Representación Social sobre el valor del agua y el reúso del agua residual tratada asociadas a la sustentabilidad hídrica en el Area Metropolitana de Monterrey es de “Identidad Polémica”, como resultado de los determinismos históricos, simbólicos y sociales particulares a los Impactos hídricos socio-ambientales preponderantes a los cuales han estado sometidos los diferentes grupos sociales de la sociedad regiomontana, ya que el Agua está fuertemente ligada a su historia, lo que se refleja en los documentos consultados y consensos de la percepción captada, que le sitúan principalmente como puntos de anclaje de esta representación social; en tanto que las convergencias o divergencias entre esos puntos de anclaje encuentran su origen en la estructuración de las relaciones sociales que emergen de dichos puntos de vista, para asociarse a una o más representaciones sociales definidas una vez integrados, transformándose en un sistema estructurado; de esta forma, los resultados derivados de la toma de opiniones, pueden ser divergentes aún refiriéndose a mismo principio, dejando de ser solo un conjunto de opiniones.

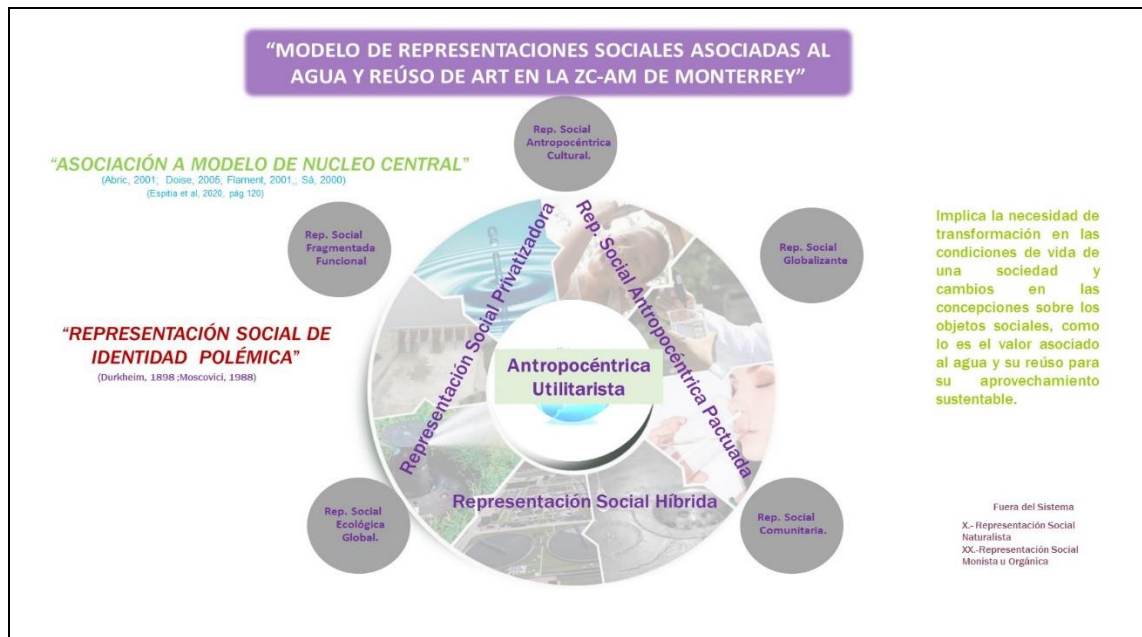
Aunque, sin embargo, la desviación típica en lo relacionado al valor potencial que representa el reúso del agua residual tratada que deriva de las fuentes no convencionales existentes en la ciudad, como opción para el suministro de agua, refleja opiniones más divididas para algunas respuestas, que reflejan diversas Representaciones sociales e inclusive la mezcla de ellas, sin embargo, a partir de los datos generales de la situación actual y los planes de desarrollo observados dentro de la literatura consultada que se mantienen vigentes, se observa una alineación hacia la Representación Social de tipo Antropocéntrica Utilitarista

arraigada aún en la sociedad regiomontana, producto de su ideosincracia y culturización, con tendencias en planes gubernamentales y de organizaciones civiles hacia la Representación Social Antropocéntrica Pactuada con trazas de Representación Social Híbrida ante la tendencia mundial del desarrollo sustentable, cuyo resultado podemos consolidar a partir del análisis de resultados de cada bloque del estudio.

Esta Representación Social de Identidad Polémica, mantiene un sistema central que estructura los elementos cognitivos relativos al objeto del estudio, y se encuentra integrada por componentes de diferentes subtipos de Representaciones Sociales resultantes y complementarias, pertenecientes a los enfoques procesual, estructural y/o Sociológico, donde predomina como núcleo, la Representación Social Antropocéntrica Utilitarista, la cual resulta del análisis de los resultados y asociación del consenso de la representación de opiniones de la población, la cual a su vez, constituye así la base común, colectivamente compartida, orientada a “sacar provecho del agua, de sus bienes y servicios”, dado que es por intermedio de la información captada y asociada, él que define la homogeneidad del grupo con respecto a un objeto de representación determinado.

Otras Representaciones Sociales constituyes del sistema central que brindan información en un sentido determinante e importante de la identidad social regiomontana, las cuales complementan y desempeñan un rol en la diferenciación de la percepción asociada al valor del agua y el reúso efectivo del agua residual tratada en la búsqueda de una sustentabilidad hídrica, fueron la Representación Social Antropocéntrica Pactuada, la Representación Social Híbrida e inclusive la Representación Social Privatizadora; las cuales arropan al núcleo, al enfocarse en “sacar provecho del agua, reconociendo los impactos al medio ambiente, aunque evidencian conocimientos ambientales en general, con discurso pro-ambientalista, elementos del derecho, desarrollo sostenible y responsabilidad ambiental social empresarial, pero enfatizando su consideración como recurso privado con servicios ambientales sujetos a las reglas del mercado, con orientación hacia la industria y lo domiciliario”, las cuales derivan del proceso de adaptación socio-cognitiva de los actores sociales del Área Metropolitana de Monterrey frente a las evoluciones de su contexto y entorno a través del tiempo, así como de las decisiones respecto a sus recursos hídricos disponibles.

La Representación Social de Identidad Polémica sobre el valor del agua y el reúso del agua residual tratada asociadas a la sustentabilidad hídrica prevaleciente en el Area Metropolitana de Monterrey, mantiene a su vez, una serie de Representaciones Sociales que conforman un tipo de sistema periférico que converge en lo deseable, que integra a través de las percepciones captadas, la aceptación de la existencia de una problemática hídrica y de opciones posibles de soluciones a las contingencias recurrentes y permite la adaptación de la representación a contextos sociales que puedan dar lugar a tomas de decisiones de posiciones, entre las que destacan las Representaciones Sociales de tipo Antropocéntrica Cultural, Globalizante, Comunitaria, Ecológica Global y Fragmentada Funcional, las cuales reconocen que se debe de hacer “énfasis en la educación ambiental, ya que la interacciones entre la sociedad y la naturaleza son clave para la supervivencia de los seres humanos; que el agua debe de tener una regulación en el uso del agua y manejo integrado con procesos participativos, que es patrimonio social, abundante y asequible, pero limitada, lo que genera incertidumbre ambiental, por lo que le asignan valores funcionales y éticos al uso del agua, planteando resolver necesidades a corto plazo”. En este sentido, estas representaciones sociales periféricas denotan la presencia de indicios de transformación ideológica que puede coadyuvar al cambio orientado hacia la sustentabilidad hídrica futura de la Ciudad, cuyo Modelo propuesto se presenta finalmente en el esquema de la Figura siguiente:



Elaboración propia a partir de los resultados del Estudio.

De esta forma, se identificaron a su vez Representaciones Sociales que no se asocian a las opiniones y posiciones expresadas, al no resultar representativos en los contextos sociales e ideológicos plurales captados a través de los instrumentos utilizados en la muestra de la población de estudio y sus resultados, siendo estas las Representaciones Sociales la Naturalista y Monista u Orgánica, al no detectarse opiniones o posturas asociativas que consideren que “hay que mantener a el agua en santuarios, sin humanos; o que señalen que esta tiene fuerzas espirituales que se deben reconocer y respetar, ya que su furia trae castigo a la población”, las cuales pudiesen encontrarse en otro tipo de estudio diferenciado o específico para ubicar actores sociales en situación o interacción con las mismas, por lo que no pueden descartarse completamente de su existencia dentro de la dinámica social del Área Metropolitana de Monterrey.

Estas Representaciones Sociales asociadas, “se podría decir que son la versión contemporánea del sentido común.... constructos cognitivos compartidos en la interacción social cotidiana que proveen a los individuos de un entendimiento de sentido común (Moscovici,1981, pp-181- 209), que nos demuestran de cierta forma que la sociedad regiomontana parece estar inmersa en el paradigma de la *No Percepción*, es necesario que la sociedad regiomontana despierte y reconozca su realidad y, de la mano de su pasado con visión hacia el futuro, aprenda de otras sociedades que ya que reconocen al Reúso del Agua como una opción viable para satisfacer necesidades de este recurso, el cual la destina para destinos de uso diferentes y asociados a la supervivencia y uso doméstico, para el logro de la sostenibilidad hídrica, mediante el aprovechamiento de fuentes no convencionales y los sistemas de Reúso Hídrico.

De esta forma, a partir de la incipiente crisis hídrica y de los resultados del análisis de los instrumentos aplicados, se destaca que el suministro actual del agua potable, con la presión, calidad, continuidad, y servicio de 24/7 recibe, altas puntuaciones de satisfacción, capta de una manera firme la presencia del “Paradigma de la No Percepción” de la sociedad regiomontana, respecto a las condiciones de baja disponibilidad hídrica ante las condiciones del incremento de la población y sobre-explotación de sus fuentes convencionales, que la coloca en la antesala de un nuevo impacto hídrico socio ambiental preponderante.

El cumplimiento a los Objetivos 6 de la Agenda 2030, (ONU, 2015b), así como de los Derechos Humanos, se encuentran en riesgo de no poder ser cumplimentados a corto plazo en el Area Metropolitana de Monterrey ante el continuo crecimiento poblacional urbano, la sobreexplotación de fuentes no convencionales, la crisis de insostenibilidad de los ecosistemas acuáticos y recursos naturales, cambio climático, y la falta de cuidado de los ecosistemas y biodiversidad de especies; por lo que la transformación positiva de sus Representaciones Sociales asociadas al Agua, con la finalidad de mejorar la cultura del agua en la búsqueda de una sustentabilidad hídrica y el aprovechamiento de fuentes no convencionales para el reúso efectivo del agua residual tratada como una opción potencial para su abastecimiento, es una necesidad urgente para el desarrollo sustentable.

### **IV.3 LA SUSTENTABILIDAD HÍDRICA Y REÚSO PLANIFICADO DIRECTO DE AGUA RESIDUAL TRATADA A TRAVÉS DEL SISTEMA ATLAS-TI PARA LA ZC-AMM**

Este apartado presenta el “Estudio sobre la Sustentabilidad Hídrica y el Reúso del Agua Residual Tratada en Monterrey, N.L.” de corte cualitativo que se apoya en la Teoría Fundamentada (TF) como método de investigación. Metodología que además de ofrecer diversas técnicas y procedimientos a los investigadores motivados en hacer análisis cualitativo, permite construir teoría sustantiva. Sin embargo, “como cualquier conjunto de prácticas, el nivel de logros analíticos dependerá de quienes lo aplican” (Strauss & Corbin, 2002: XXI). En este caso, el uso de la TF, busca una respuesta a la pregunta principal ¿El Reúso de Agua Residual Tratada (ART) es una alternativa no convencional que coadyuva a la solución a los problemas de demanda de agua en la Ciudad de Monterrey, Nuevo León y su Zona Metropolitana para su Sostenibilidad Hídrica (SH)? Con este fin, se utilizaron diversas herramientas para captar información tales como: observación, lectura consultada, entrevista semi-estructurada, fotografía, grabación. Además, se consideran métodos de análisis temático en el manejo de datos dentro del Software ATLAS.ti, y se consideró el contexto que de las condiciones económicas, políticas, sociales y ecológicas que vive la región y de esta manera tener la percepción de un experto del organismo operador de agua sobre los antecedentes y condiciones actuales relacionados al Reúso de Agua y la

Sostenibilidad Hídrica, cuyo propósito se encuentra alineado a lo estipulado en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, cuyo sexto objetivo es: “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos” Resolución A/RES/70/1 del 25 de septiembre (ONU, 2015a).

Partimos de la realidad geográfica semi-árida de la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, y sociocultural de su población, donde las condiciones reiterativas a través de la historia y actuales de crisis hídrica, así como la incertidumbre futura de lograr consolidar el cumplimiento del derecho humano para que el agua sea accesible y asequible, que vive la sociedad regiomontana, y que como a nivel nacional, a pesar de las condiciones de escases del agua segura de primer uso, denotan que no se valora al Agua Residual (Metcalf & Eddy, 1996), que es considerado un recurso desaprovechado a nivel mundial según la O.N.U. (WWAP, 2017), siendo que es un elemento clave de la gestión integral del agua o ciclo urbano del agua. (Seguí-Amortegui, 2004), pues al ser ignorada, sus consecuencias son evidentes en ríos y el medio ambiente. La existencia de un déficit de disponibilidad que tendrá la Zona Metropolitana de Monterrey en el año 2030 sería del orden de 16,400 litros por segundo, en tanto que la oferta firme de agua disponible es de tan solo 16,200 litros por segundo, por lo que para superar este déficit se necesitan nuevas fuentes convencionales y no convencionales inclusive (SDS, 2010).

Desde la perspectiva social, ante una disponibilidad cada vez más limitada del recurso hídrico de primer uso y el deterioro de su calidad se debe atender el enfoque de que ninguna agua de calidad superior, a menos que exista un excedente, debe utilizarse para un propósito que pueda tolerar un grado inferior, expresado en 1958, durante el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (AWWA, 2009). Si “un sistema de gestión del agua con enfoque de sostenibilidad debe preservar el entorno, y a la vez, proveer agua al sistema urbano” (Rueda, 1999), por lo es necesario crear un entorno propicio para el cambio de paradigma que prevalece respecto al Reúso de Agua Residual Tratada, a fin de coadyuvar en la Sostenibilidad Hídrica, quien la considera como la distribución equitativa del agua entre las especies animales y vegetales, considerando sus necesidades y en el caso de los humanos, sus expectativas de crecimiento sin comprometer las capacidades de las generaciones de especies futuras, para satisfacer sus necesidades, (García, 2012), la cual complementamos con el modelo de Herman Daly (1990), quien establece que para el logro de la sostenibilidad

hídrica, es necesario romper paradigmas y brindar la misma prioridad a las fuentes no convencionales y a los sistemas de Reúso Hídrico.

En la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, las condiciones reiterativas ambientales que le brindan un Estrés Hídrico, que se define como la proporción de agua que extraen todos los sectores en relación con los recursos hídricos disponibles y el reúso de agua regenerada o ART puede ayudar a mitigar los efectos negativos de la escasez del agua a nivel local. (FAO, 2013:XV), acorde a la gestión adecuada de los recursos hídricos constituye un sistema de soporte vital, Dourojeanni (2011).

Razón por la cual, se consideró muy adecuada la utilización de la TF para la Investigación realizada, en correspondencia con lo señalado por Strauss y Corbin (2002), quienes indican que el propósito primario de la TF en los datos consiste en generar o descubrir “modelos explicativos” sobre determinados fenómenos sociales (en este caso, relacionado al de Sustentabilidad Hídrica y Reúso de Agua Residual Tratada en Monterrey, N.L.), cuyos postulados teóricos se encuentran apoyados en el análisis sistemático y posterior interpretación de los datos recogidos en la entrevista al experto. Para ello, se tomó en cuenta lo expresado por Glaser y Strauss (1967), pues el investigador en sostenibilidad hídrica y reúso de ART, se debió basar en el análisis comparativo constante entre las opiniones del informante en relación con la situación actual del contexto de la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, identificando patrones de recurrencia en el discurso y las relaciones entre estos patrones con las lecturas realizadas y demás datos e información.

#### NATURALEZA DEL OBJETO DE ESTUDIO E INVESTIGACIÓN.

El Objeto de estudio está plenamente asociado con el derecho humano al agua potable y el saneamiento, indispensables para la vida digna y deben ser disponibles, accesibles, seguros, aceptables y asequibles para todos (ONU, 2015c); sin embargo, este derecho se ve limitado por el estrés hídrico, la contaminación de las fuentes de agua, el aumento de la demanda, la extracción intensiva de aguas, entre otros que afectan la Sustentabilidad Hídrica, donde el reúso de agua regenerada o ART puede ayudar a mitigar los efectos negativos de la escasez del agua a nivel local, (FAO, 2013:XV). siendo necesario generar conocimiento sobre ello



para la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, ya que en la actualidad no existen procedimientos de corte cualitativo en investigación sobre el reúso de agua regenerada o residual tratada sobre la entidad.

Partiendo de dicha base y de que la Investigación Cualitativa no estudia la realidad en sí, sino como se construye la realidad, para el Estudio sobre la Sustentabilidad Hídrica y el Reúso del Agua Residual Tratada en Monterrey, N.L. nos enfocamos en comprender dicha realidad, de manera reflexiva, y alejado de procedimientos previamente establecidos, a fin de brindar significado al fenómeno estudiado y crear teorías, partiendo de las vivencias, sentimientos y motivaciones de informantes, dentro del uso de la Teoría Fundamentada (TF), y presentar la experiencia metodológica como recuerdan Arnal, Del Rincón y Latorre, (1992:54) de que “La elección del área problemática viene determinada por el conocimiento, experiencia y condiciones que rodean al investigador”, a partir del tratamiento de los datos recogidos en el desarrollo de la investigación citada para enriquecer el conocimiento sobre ello, tomando en cuenta y como línea base lo establecido por Lincoln y Denzin (1994:576), respecto a que este tipo de investigación, sobre los temas de Sustentabilidad Hídrica y Reúso de Agua Residual Tratada pertenecen sin duda a un campo interdisciplinar, transdisciplinar, y en muchas ocasiones contra-disciplinar, con enfoque multimetódico que atraviesa las humanidades, las ciencias sociales y las físicas.

Así mismo, su naturaleza es cualitativa, en razón de que pueden aplicarse técnicas de corte cualitativo como la “Entrevistas” para la obtención de datos, cumpliendo así con lo señalado por Taylor y Bogdan (1986:20), quienes consideran a la Investigación Cualitativa como “aquella que produce datos descriptivos: las propias palabras de las personas, habladas o escritas, y la conducta observable”, aunado a adoptarse plenamente la característica de que para el investigador cualitativo, todas las perspectivas son valiosas; y de que todos los escenarios, como lo es la Ciudad de Monterrey, y todas las personas, como las involucradas en las tomas de decisiones y usuarios de los sistemas de agua, son dignos de estudio.

Conforme a esta metodología de la T.F., se aplican para el logro del objetivo planteado en el proyecto, los criterios establecidos en Métodos Cualitativos al tratar de descubrir teoría, conceptos y proposiciones, partiendo de los datos y no de supuestos a priori o investigaciones anteriores (Strauss y Corbin; 1994:273); e inclusive pudiendo entrar en la Etnometodología,

(De Landsheere; 1994:339) al intentar estudiar el fenómeno social respecto al reúso de agua residual, como lo es la tratada, incorporado al discurso y acciones de tomadores de decisiones y en un futuro a usuarios del agua en la ciudad, a través del análisis de las actividades humanas, específicamente de aquellas que inciden en la naturaleza, aprovechando los recursos como el agua, por lo que, son aplicables las técnicas utilizadas principalmente como “La Entrevista” y “Lectura de Textos” así como las complementarias como la “Grabación”, “Fotografía” y “Observación” como vías de recogida de datos e información para la investigación y una mayor aproximación a la situación, a fin de lograr lo señalado por Strauss y Corbin (2002), respecto a que el propósito primario de la T.F. en los datos consiste en generar o “descubrir” modelos explicativos sobre determinados fenómenos sociales, a través de una sistemática contrastación entre los datos recabados previamente y los que emergen durante el proceso de investigación.

#### POBLACIÓN OBJETIVO

La población de estudio fue la de funcionarios del organismo operador de agua del Estado de Nuevo León, México, relacionados con los temas de Reúso de Agua y Sustentabilidad Hídrica de los niveles operativos y directivos tomadores de decisiones e implementadores de políticas y acciones a nivel institucional. Cabe destacar que la cantidad de lo que pudiésemos llamar candidatos de estudio, no fue predeterminada por nosotros como investigadores sociales, sino que quedó delimitada con base en la aplicación de criterios de inclusión.

#### MUESTREO TEÓRICO.

Considerando que dentro de la investigación cualitativa la información es la que guía el Muestreo, y por ello es preciso que evolucione a fin que se cubran todos los requerimientos conceptuales del estudio, y no la adaptación a unas reglas metodológicas, se seleccionó “Muestreo Teórico” para los fines del mismo, en donde, a partir de voluntarios, se avanzó hacia una estrategia de muestreo intencionado a lo largo del estudio hasta llegar a un grupo de expertos y seleccionar uno para los fines académicos, basándonos en las necesidades de información detectadas a partir de la Lectura Consultada y Observación puesto que lo que buscamos son informantes, es decir, personas con el conocimiento del tema reflexivas y dispuestas a dialogar ampliamente con el investigador, para la obtención de datos profesionales, todos ellos de un área en común o con conocimientos afines. De esta forma,

para los informantes clave se consideró la participación activa en áreas relacionadas a Proyectos Sustentables y Reúso de Agua, apertura al diálogo y la retroalimentación del trabajo realizado por los mismos; considerando, además, la riqueza y calidad de la información proporcionada al investigador en las reuniones realizadas hasta la determinación y selección del directivo voluntario para la entrevista.

## CONTEXTO

La Ciudad de Monterrey, Nuevo León, fundada el 2 de noviembre de 1596 y su área Metropolitana, con más de 4.2 millones de habitantes, se encuentra enclavada en la Cuenca Hidrológica No. 24 del Río Conchos, la cual tiene clima extremoso, árido, semiárido y muy árido, con temperaturas por debajo de 0° centígrados y por arriba de los 45° centígrados con ocurrencias de agua per cápita de 1,085 metros cúbicos por habitante por año donde se han registrado sequías extremas y concentra la mayor parte de la industria y con disponibilidad muy restringida de abastecimiento. Se generan casi 20 metros cúbicos por segundo Agua Residual Municipal, de los cuales se tratan solamente 15.4 metros cúbicos por segundo y se destinan a reúso solamente 1,479 litros por segundo, lo que significa que en la región no existe una cultura para el reúso del agua a pesar de que las carencias de fuentes de abastecimiento y su alto costo de inversión. El reúso es sobre todo para fines industriales y de riego de áreas verdes urbanas (DOF, 2011).

En el nivel nacional, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) señala que las entidades que padecen más sequías son: Durango, Chihuahua, Coahuila, y Nuevo León (CESOP, 2017), por lo que mejorar la eficiencia en el uso del agua es imprescindible para hacer frente a la brecha proyectada de 40% entre la demanda y la oferta, a fin de mitigar la escasez de agua proyectada para el año 2030 (PNUMA, 2011), por lo que, para los fines del estudio, se considera que una opción hacia encaminada hacia la Sustentabilidad Hídrica, puede ser el reúso de agua regenerada o ART, la cual puede mitigar los efectos negativos de la escasez del agua a nivel local. (FAO, 2013:XV), razón por la cual se le elige para realizar el presente estudio.

Para llevar a cabo la entrevista, el voluntario estableció que se realizara en el Corporativo del Organismo Operador de Agua del Estado, ubicado en la calle matamoros 1717 Poniente de

la Colonia Obispado de Monterrey, la cual se desarrolló en la oficina del directivo, en donde solo él y el investigador estuvieron presentes, efectuando la firma del documento de consentimiento informado e inicio de la grabación de la misma, con la finalidad de dar cumplimiento a los objetivos planteados en el Estudio.

#### RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la recolección de información, se trató un método en el que el investigador entra y sale constantemente de la escena relacionada al Reúso de Agua Residual Tratada y de Sustentabilidad Hídrica, cambiando el foco de atención y buscando otra dirección, revelada por los nuevos datos que van entrando; cuestión que según Strauss y Corbin, (1990, 1994, 2002), puede permitir la diversificación de las estrategias para la recolección y análisis de estos datos, ello de conformidad con lo expresado al inicio, ya que el desarrollo del proceso investigativo en estos temas no es lineal y no se parte de supuestos a priori, de otras investigaciones en la entidad, pero sí de Literatura Consultada en referencia y en relación con los procesos de recolección y procesamiento de los datos, categorización y teorización bajo la teoría fundamentada.

#### OBSERVACIÓN.

El proceso de observación se conformó de la siguiente forma:

1. El investigador se interiorizó en el organismo operador de agua con una noción general de dónde y con quienes comenzar el estudio utilizando procedimientos de conveniencia principalmente para contactar funcionarios voluntarios que intervienen en la toma de decisiones en relación al objeto de estudio, realizando un mapeo en base a la estructura organizacional y criterios de inclusión.
2. La muestra se seleccionó de manera sucesiva, es decir, los miembros de la lista de funcionarios que se eligieron basándonos en los ya seleccionados y en qué información proporcionaron, realizando visitas a campo y a sesiones de reuniones relacionadas con el Agua Residual Tratada, para recabar datos técnicos y de infraestructura y de literatura, en un esquema similar, mas no equivalente a la de observador participante.
3. Se utilizaron informantes internos para facilitar la selección de casos apropiados y

ricos en información, siendo principalmente de datos como la red existente, producción de agua residual tratada, subsistemas, infraestructura, fotografías, literatura, notas generales, así como de personas de nivel directivo tomadoras de decisiones.

4. La muestra se ajustó sobre la marcha para contactar y lograr autorización de seis voluntarios inicialmente, lo cual se redujo a tres, y finalmente se estableció a un solo seleccionado para los fines académicos del estudio y los nuevos conceptualizaciones y requerimientos que ayudaron a enfocar el proceso de muestreo, alcanzando la saturación.
5. El muestreo final y selección para la Entrevista derivó de una búsqueda y selección de casos confirmantes y desconfirmantes que enriquecieran y desafiaran las conceptualizaciones propias del investigador, derivando en la selección del entrevistado final.

#### CONTACTOS.

Las fuentes de información o contactos estuvieron conformadas por ocho informantes clave (cuatro facilitadores de áreas operativas, como lo fueron el Supervisor de Infraestructura, Superintendente de Centro Operativo y Superintendente de Plantas de Tratamiento y tres participantes directivos voluntarios a semi entrevistas y entrevista de profundidad, como el Representante de Usuarios del Consejo de Administración; Director de Operaciones; Coordinador Interinstitucional del Agua y el Coordinador de Conciliación de Obra), que tuviesen participación activa en áreas relacionadas a Proyectos Sustentables y Reúso de Agua, apertura al diálogo y la retroalimentación del trabajo realizado por los mismos; considerando, además, la riqueza y calidad de la información proporcionada al investigador en las reuniones realizadas hasta la determinación y selección del Director de Operaciones y Coordinador de Conciliación de Obra, como el directivo voluntario para la entrevista para los fines de este trabajo.

#### ESTABLECIMIENTO DEL RAPPORT

Dice Valles (1997) que la entrevista es una producción cultural y así debe ser abordada. Por eso, a la hora de pensar su utilización debemos tener en cuenta aspectos que hacen al

momento en que se desarrolla: el escenario, las preguntas, la selección de los informantes clave y el logro del Rapport. Si bien, el concepto de Rapport tomado de Taylor y Bogdan (1987), señala que “establecer Rapport con los informantes es la meta de todo investigador de campo [...] cuando aparece, puede ser tentativo y frágil, pues consideran que es dudoso que cualquier persona confíe por completo en otra, en todos los momentos y circunstancia” (1987:55); por lo que establecen algunas características del concepto que pudimos identificar al tratar tanto con los informantes y voluntarios considerados, como con el entrevistado final, el cual consistió en una comunicación de simpatía al justifica que era una investigación con fines académicos, lo que permitió la posibilidad de compartir lenguaje, perspectiva y mundo simbólico con los informantes sobre los temas del Reúso del Agua Residual Tratada, tal y como la nombran internamente en el organismo operador al agua regenerada resultante de las Plantas de Tratamiento; hasta lograr su apertura en la manifestación de sentimientos sobre el escenario de la Sustentabilidad Hídrica precaria de la región, a la cual nombraban como Estrés Hídrico, y las personas que participan en su operación diaria, al tener cierto recelo y tratar de evitar el contacto directo con dicha agua y las instalaciones, inclusive al reparar las tuberías dañadas, hasta los de nivel Directivo, quienes manifestaban en lo general la necesidad de Recursos Financieros e incremento de Infraestructura.

Se pudo a su vez establecer el Rapport con el voluntario Entrevistado previo a la entrevista, quien, al relacionarnos más en el tema, nos genera un espacio de igualdad entre estas, donde el objetivo es lograr que el otro con el que se está desarrollando la comunicación sienta que está siendo entendido sin ninguna dificultad fue logrado, al estar cómodos, y a gusto en la situación comunicativa durante la entrevista; Así que la técnica aplicada para lograr el Rapport logró que se transmitieran los el mensajes que se querían captar para el objetivo del estudio. De esta forma podemos señalar que el Rapport no es solo una herramienta, sino una necesidad investigativa que nos permite como investigadores sociales para poder acceder a la información por medio de la comunicación con los informantes y entrevistado.

#### ENTREVISTAS.

El guion o guía de entrevista se formuló para cumplir los requerimientos comunes de la Investigación Cualitativa, teniendo un formato flexible, encaminada a ser de tipo abierta semi-estructurada, lo que significa que realizamos preguntas abiertas para brindar una gran

flexibilidad a la hora de formular las cuestiones, pero siempre dentro de un marco fijado por la estructura general del guion, enfocado solicitar información sobre el fenómeno, y en base a la definición del problema, realizando el diseño de preguntas guía, que se formularan a una selección de expertos voluntarios seleccionados previamente con el fin de obtener información y en lo posible llegar a un consenso alrededor del problema planteado a fin de obtener una prospección sobre el Reúso del Agua Residual Tratada y la Sustentabilidad Hídrica en el contexto de la Ciudad de Monterrey y su área Metropolitana.

Para su diseño se siguieron los siguientes pasos siguiendo el esquema de Kvale (2011:87):

- a) Determinación de preguntas de entrevista más pertinentes, partiendo de la pregunta de investigación planteada,
- b) Según el grado de apertura y directividad deseado, estas preguntas podrían ser reformuladas en preguntas más o menos directivas y/o abiertas.
- c) Se elaboró el guion con el orden más apropiado para que se puedan hilar los temas y subtemas que se determinados a tratar de modo que el entrevistado pudiese revelar sus marcos de significado; y evitando preguntas dicotómicas.

#### RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

Conforme a lo requerido, la técnica de análisis se realizó mediante el método de “análisis temático” para realizar el análisis de una entrevista en profundidad semi-estructurada a través del programa de análisis cualitativo asistido por computadora (QDA) ATLAS.ti, versión 8, siendo desarrollada como se describe a continuación:

Mediante el uso del software de análisis cualitativo asistido por computadora (QDA) denominado ATLAS.ti, el cual nos permitió asociar primeramente códigos o etiquetas con fragmentos de texto de la entrevista, referencias, sonidos, imágenes, dibujos, videos y otros formatos digitales que no pueden ser analizados significativamente con enfoques formales y estadísticos; para después buscar códigos de patrones; y finalmente clasificarlos (Lewis, 2004; Hwang, 2007). El análisis realizado en computadora coadyuvó a dicho proceso, dado que permitió realizar procedimientos sistemáticos, y flexibilizar la revisión de los procesos de análisis, (Dicicco-Bloom & Crabtree, 2006), ya que ATLAS.ti permite crear proyectos denominados “Unidades hermenéuticas” (UH) que incluyen documentos primarios como,

por ejemplo, citas, códigos y memos; donde estas UH integran y organizan los documentos asociados a un proyecto, investigación o tema en particular. En la Figura 1, se visualiza una Unidad Hermenéutica. El análisis temático es un método que permitió identificar, organizar, analizar en detalle y proporcionar patrones o temas a partir de una lectura cuidadosa de la información recogida en la entrevista, y así inferir resultados que propicien la adecuada comprensión/interpretación del fenómeno en estudio, conforme lo señalado por Braun y Clarke, (2006). Para ello, se realizó un proceso exhaustivo para identificar referencias cruzadas entre los temas o categorías que van surgiendo y toda la información, permitiendo vincular varios conceptos y opiniones realizadas por el entrevistado y compararlos con los datos que han sido guardados en diferentes situaciones en diferentes momentos durante la investigación mediante la Lectura de Textos, conforme a lo señalado por Alhojailan, (2012). Si bien, se pudo apreciar que existen muchas coincidencias entre el análisis de contenido y el análisis temático, ya que ambos analizan los datos transversalmente, e identifican patrones y temas o categorías, su principal diferencia radica en que no cuantifica los datos como en el análisis de contenido (Vaismoradi, Turunen & Bondas, 2013).

Para ello, se siguieron las Fases del Proceso de análisis de datos en el Análisis temático establecidas por V. Braun y V. Clarke (2006:87), mediante el ATLAS.ti. siendo estas:

- 1) *Familiarización con los Datos*: Transcripción de datos, lectura del material y anotaciones de ideas generales.
- 2) *Generación de Códigos Iniciales*: Codificación de los aspectos más relevantes de los datos. Recopilación de datos relevantes para cada código.
- 3) *Búsqueda de Temas o Categorías*: Elaboración de un Mapa Temático del Análisis.
- 4) *Definición y Denominación de Temas o Categorías*: Análisis continuo para cada Tema. Generación de definiciones y/o nombres para cada tema o categoría.
- 5) *Preparación del Informe*: Selección y análisis final de los fragmentos de texto seleccionados y redacción de informe para fines académicos en este caso, el presente producto integrador.

Después de recopilada la información, en nuestro caso, entrevista abierta semi-estructurada a un experto del Organismo Operador de Agua de la Ciudad de Monterrey, Nuevo León (México), se procedió a transcribir toda la entrevista para luego analizar la información según



las fases del análisis temático referidas. Posteriormente se utilizó el software ATLAS.ti para importar la transcripción de la entrevista y para codificar cada respuesta utilizando la estrategia de codificación abierta, axial y selectiva conforme a lo señalado por Strauss & Corbin, (1990, 1994). Se procedió a codificar y categorizar la información identificando uno o más pasajes de texto con un tema y relacionándolo con un código, que era una referencia abreviada de una idea temática (Gibbs, 2007). El principal propósito de codificación en este método fue realizar conexiones entre las diferentes partes de toda la información. El proceso de codificación se muestra la Figura 2, el cual corresponde a un fragmento de entrevista utilizando el programa ATLAS.ti, en donde sus códigos son asignados con para una fácil distinción. Así mismo, mediante dicho software, se exhiben los códigos permitiendo así su fácil navegación, y a su vez permite organizar los códigos a través de redes de relaciones o diagramas de flujo que representan gráficamente posibles estructuras o sistemas de relaciones entre las categorías y/o códigos, lo cual se puede apreciar más adelante en la Figura 3.

El análisis de la entrevista fue un proceso altamente iterativo que implica la lectura sucesiva, codificación, revisión y re-codificación de los datos en categorías o “familias” (familia: término utilizado en ATLAS.ti para referirse a categorías temáticas) (Fereday, 2006; Saldaña, 2009). Todo este procedimiento es registrado en una matriz de análisis. Más adelante en la Figura 4, se muestra la relación de códigos y sus respectivas citas.

En resumen, para la técnica de análisis fue utilizando el software ATLAS.ti para extraer y sintetizar gran cantidad de volumen de datos a partir de la codificación de la información y datos captados de la entrevista, siendo asociados al análisis de textos, memos teóricos, memos de campo, comentarios, imágenes, y videos; con la posibilidad de relacionar las categorías con el marco teórico y resultando en el Modelo que fue realizado en forma dinámica y del cual se integran los resultados y se aprecia parte de él más adelante en la Figura 5.

#### ASPECTOS ÉTICOS.

Para el cumplimiento de los aspectos éticos de la Investigación Cualitativa, la colaboración de los informantes y entrevistados fue totalmente voluntaria en todas sus fases, informándoles del propósito académico de la investigación y, en el caso de la entrevista, se le informó de la finalidad de la misma y de su colaboración.

El anonimato del entrevistados fue estrictamente respetado, a pesar de contar con su aprobación mediante el *Consentimiento Informado* por ser un servidor público, y de que se asegura que la información no será utilizada para fines ajenos a la investigación, y que se adoptaron precauciones razonables para asegurar que no se vea directa o indirectamente perjudicados como consecuencia de su participación en la entrevista, siendo informado previo a la entrevista sobre el uso de sistemas de grabación, sin que manifestara deseo o solicitud de que la grabación o parte relevante de la misma debiera ser destruida o borrada, así mismo, se le manifestó la identidad y la intención de nosotros como investigadores sociales.

#### TRANSCRIPCIÓN Y CODIFICACIÓN.

La Transcripción de la Entrevista se integra como Anexo II, y se efectuó a partir de la “Grabación” realizada de la misma, considerando cada uno de los puntos y tomando en cuenta notas. La codificación y categorización de los hallazgos encontrados a partir de la información cruda de la investigación consistió en dos etapas denominadas por Strauss y Corbin (2002) “Codificación Abierta”, que es un proceso analítico, separando frases, y por medio de la cual se identifican los conceptos y se descubren en los datos sus propiedades y dimensiones, relacionándolo a lecturas consultadas u otros datos; y “Codificación Axial” mediante el cual se relacionan las categorías a las subcategorías. Como ya se mencionó anteriormente, el análisis realizado en computadora mediante el ATLAS.ti permitió crear “Unidades hermenéuticas” (UH) que incluyen documentos primarios como por ejemplo los códigos y memos; donde estas UH integran y organizan los documentos asociados a un proyecto, investigación o tema en particular.

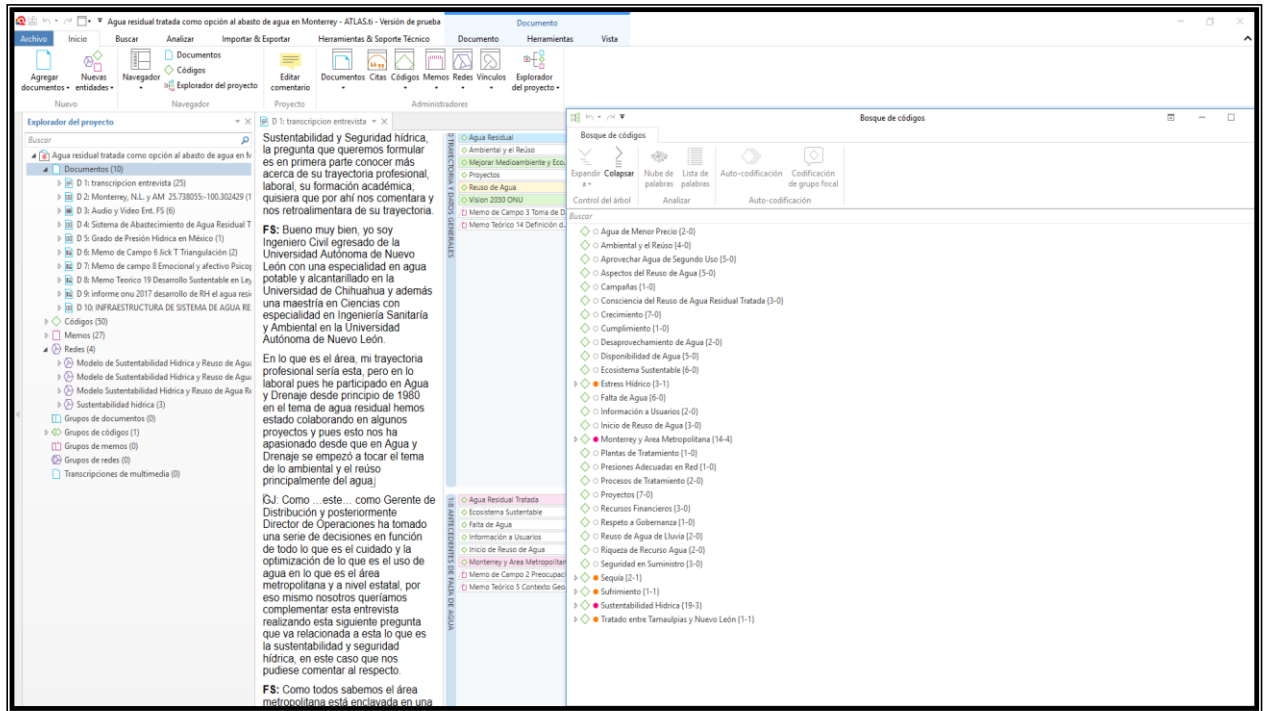


Figura 1-Explorador de objeto con UH (Unidad Hermenéutica)

El proceso de codificación se muestra la Figura 2, el cual corresponde a un fragmento de entrevista utilizando el programa ATLAS.ti, en donde sus códigos son asignados con para una fácil distinción, tal como el Código de Sustentabilidad Hídrica, que se asocia con el término de Sostenibilidad Hídrica adoptado de Cruz García Lirios (2012), quien la considera como la distribución equitativa del agua entre las especies animales y vegetales, considerando sus necesidades y en el caso de los humanos, sus expectativas de crecimiento sin comprometer las capacidades de las generaciones de especies futuras, para satisfacer sus necesidades, y los Códigos de Agua Residual Tratada y Reúso de Agua, y como se relacionan con esta, ante lo referido por Seguí-Amortegui, L. (2004), quien establece que las acciones requeridas para la optimización y gestión sostenible del agua se tornan cada vez más especializadas, pero la utilización del agua residual y el reúso de los efluentes tratados, conocidos actualmente como agua residual tratada o Aguas Regeneradas, sigue sin ser una práctica común dentro de la gestión integral del agua o ciclo urbano del agua. (Seguí-Amortegui, 2004), lo que refiere el funcionario entrevistado en su consideración respecto a: *FS: Eh... como tal no existe, tenemos una política de cada vez más que el área metropolitana de Monterrey sea más sustentable en la cuestión hídrica y tan así que se han establecido*

programas para reúso, venta de agua residual tratada, reúso de agua... de agua negra para procesos donde podamos reaprovechar y aprovechar el agua de un segundo o tercer uso, así como las políticas que sigue Agua y Drenaje es crecer más la red de agua tratada....

Así mismo, En software, se exhiben los códigos permitiendo así su fácil navegación, y a su vez permite organizar los códigos a través de redes de relaciones o diagramas de flujo que representan gráficamente posibles estructuras o sistemas de relaciones entre las categorías y/o códigos que se muestra en la Figura 3.

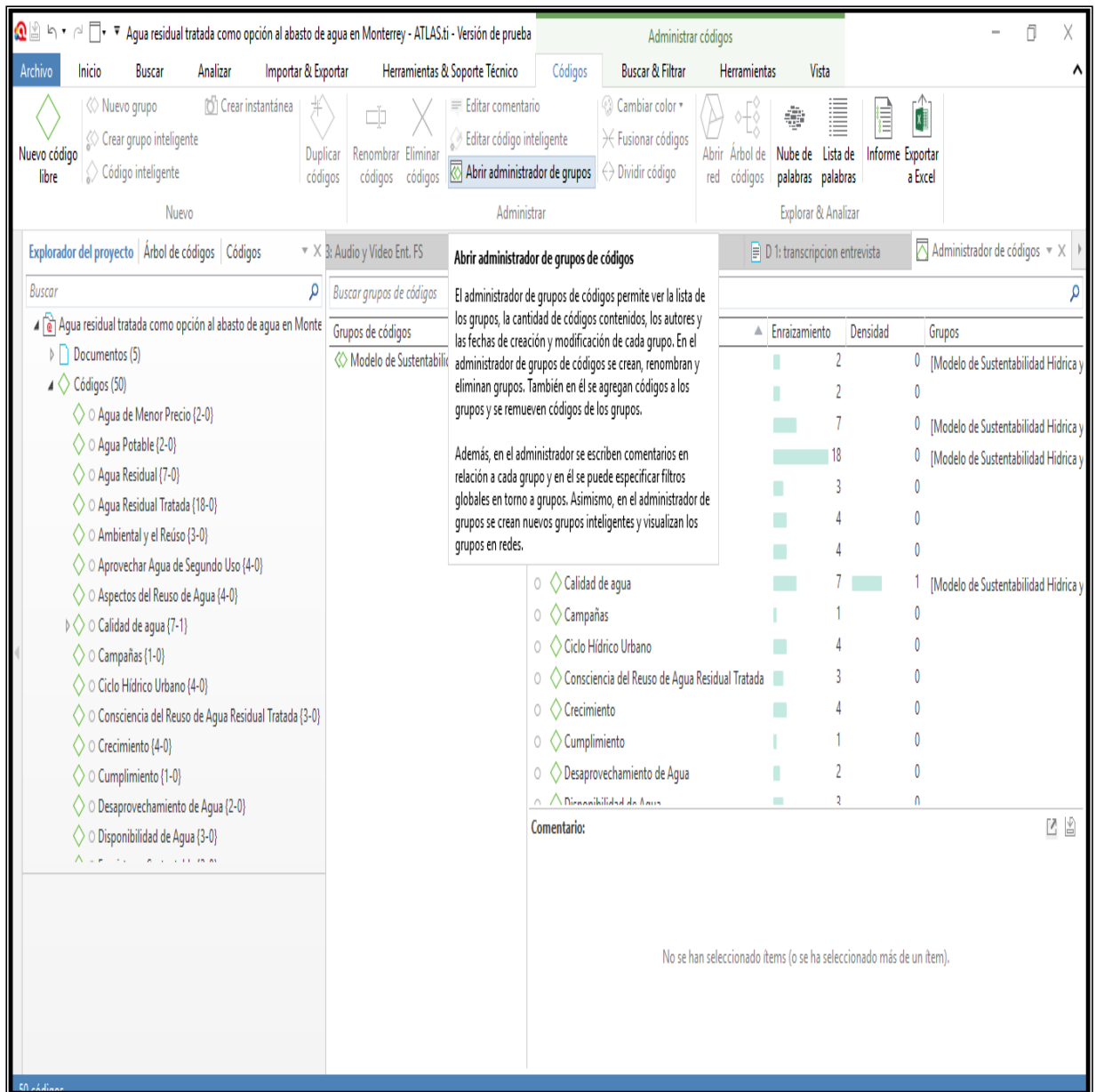


Figura 2- Proceso de Codificación en ATLAS. ti.

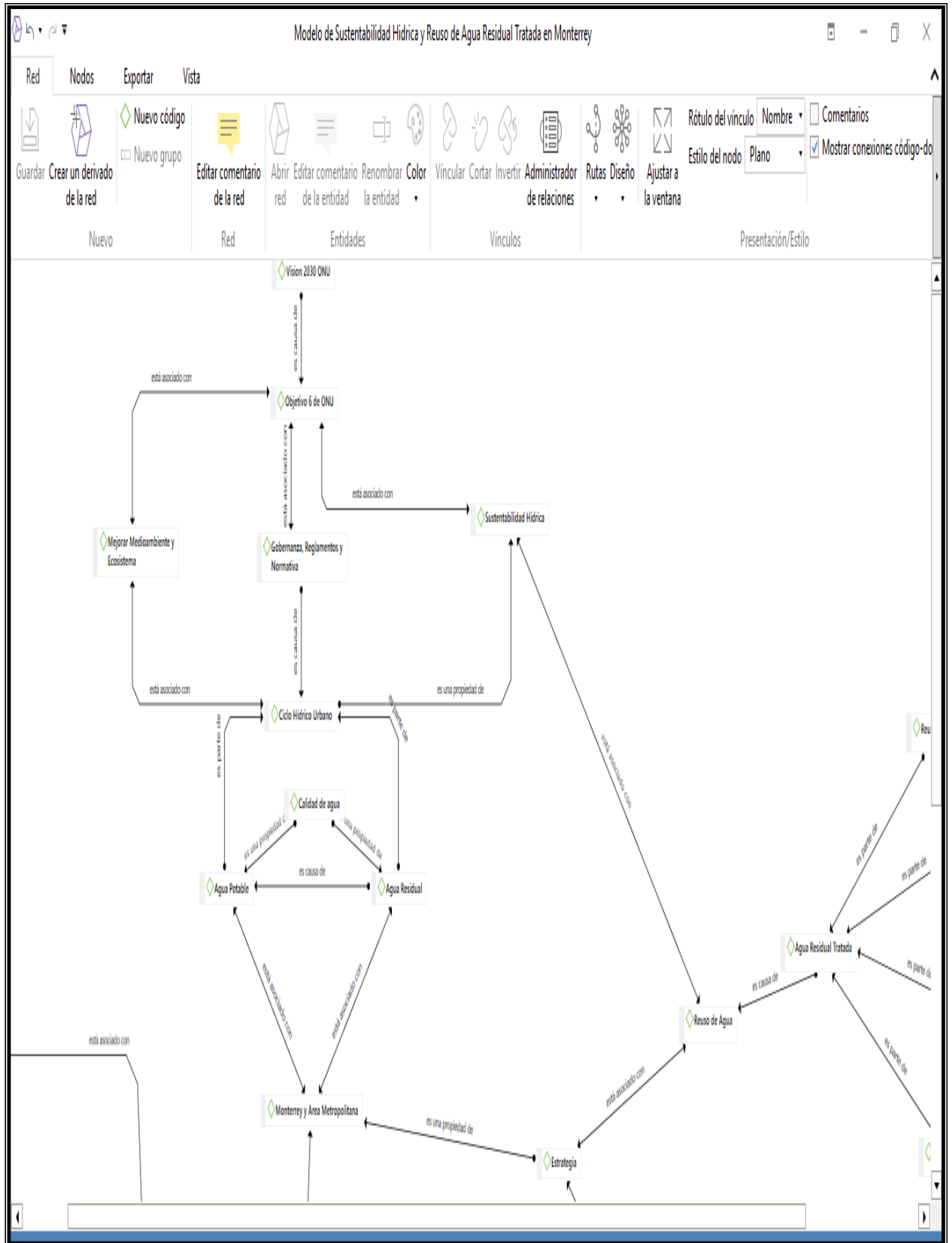


Figura 3- Proceso de Relación de Códigos en ATLAS. ti.

ANÁLISIS Y MODELO PROPUESTO DE SUSTENTABILIDAD HÍDRICA Y REÚSO DE AGUA RESIDUAL TRATADA.

Posteriormente, y como ya se mencionó, también mediante el software ATLAS. ti. Se realizó la “formulación y descripción de las categorías interpretativas”, que para Strauss y Corbin (2002) resulta importante construir categorías lo suficientemente saturadas, densas y desarrolladas en términos de sus dimensiones y propiedades, con lo que se garantiza, desde su perspectiva, el surgimiento del modelo teórico explicativo desagregado con redes, usando documentos pdf, fotos, audio y video que se integra en el archivo electrónico de redes del software.

El análisis de la entrevista fue un proceso altamente iterativo que implica la lectura sucesiva, codificación, revisión y re-codificación de los datos en categorías o “familias”, donde para este proceso se usó el razonamiento deductivo principalmente y el inductivo, por el cual las categorías y códigos, apoyados en citas, emergen de los datos a través de un examen cuidadoso como investigador social y de su comparación constante.

Se les asignó nombres a todos los códigos, los cuales surgieron a partir de los patrones, conceptos e ideas del entrevistado y lectura consultada, organizados en categorías y subcategorías.

CATEGORÍAS		CÓDIGOS	
❖ Trayectoria y Datos Generales	❖ Estado de la Gobernanza del Reúso	❖ Agua de Menor Precio	❖ Plantas de Tratamiento
❖ Antecedentes de Falta de Agua	❖ Requerimientos y Necesidades Normativas para Fortalecer el Reúso	❖ Agua Potable	❖ Presiones Adecuadas en Red
❖ Criterios y Políticas sobre el Agua en el Área Metropolitana de Monterrey	❖ Preocupación por la Calidad del Agua Residual Tratada	❖ Agua Residual Tratada	❖ Principales Dificultades
❖ Destinos del Reúso de Agua residual Tratada	❖ Comunicación sobre el Reúso del Agua Residual Tratada	❖ Ambiental y el Reúso	❖ Procesos de Tratamiento
❖ Papel del Reúso del Agua Residual Tratada	❖ Uso y Reúso Potencial del Agua	❖ Aprovechar Agua de Segundo Uso	❖ Producción de Agua Tratada
❖ Implementación del Reúso de Agua	❖ Alineación del Reúso de Agua Residual Tratada a Objetivo 6 Visión 2030 de ONU	❖ Aspectos del Reúso de Agua	❖ Proyectos
		❖ Calidad de agua	❖ Recursos Financieros
		❖ Campañas	❖ Respeto a Gobernanza
		❖ Ciclo Hídrico	❖ Reúso de Agua

<p>residual Tratada</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Alcance de Destinos de Reúso e Infraestructura</li> <li>❖ Tecnología y Caudal Potencial para Reúso de Agua Residual Tratada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Futuro Sustentable del Reúso de Agua Residual Tratada</li> <li>❖ Cierre</li> </ul>	<p>Urbano</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Consciencia del Reúso de Agua Residual Tratada</li> <li>❖ Crecimiento</li> <li>❖ Cumplimiento</li> <li>❖ Desaprovechamiento de Agua</li> <li>❖ Disponibilidad de Agua</li> <li>❖ Ecosistema Sustentable</li> <li>❖ Estrategia</li> <li>❖ Estrés Hídrico</li> <li>❖ Falta de Agua</li> <li>❖ Gobernanza, Reglamentos y Normativa</li> <li>❖ Información a Usuarios</li> <li>❖ Infraestructura</li> <li>❖ Inicio de Reúso de Agua</li> <li>❖ Liberar Agua Potable o de primer uso</li> <li>❖</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Reúso de Agua de Lluvia</li> <li>❖ Reúso Doméstico</li> <li>❖ Reúso en Giro Comercial</li> <li>❖ Reúso en Riego</li> <li>❖ Reúso Industrial</li> <li>❖ Riqueza de Recurso Agua</li> <li>❖ Satisfacer Necesidades</li> <li>❖ Seguridad en Suministro</li> <li>❖ Sequía</li> <li>❖ Sufrimiento</li> <li>❖ Sustentabilidad Hídrica</li> <li>❖ Tratado entre Tamaulipas y Nuevo León</li> <li>❖ Usos y clientes potenciales</li> <li>❖ Visión 2030 ONU Mejorar Medioambiente y Ecosistema</li> <li>❖ Monterrey y Área Metropolitana</li> <li>❖ Objetivo 6 de ONU</li> </ul>
---	---	--	--

Todo este procedimiento es registrado como se muestra en la Figura 4, donde se integra el preliminar de relación de códigos y sus respectivas citas.

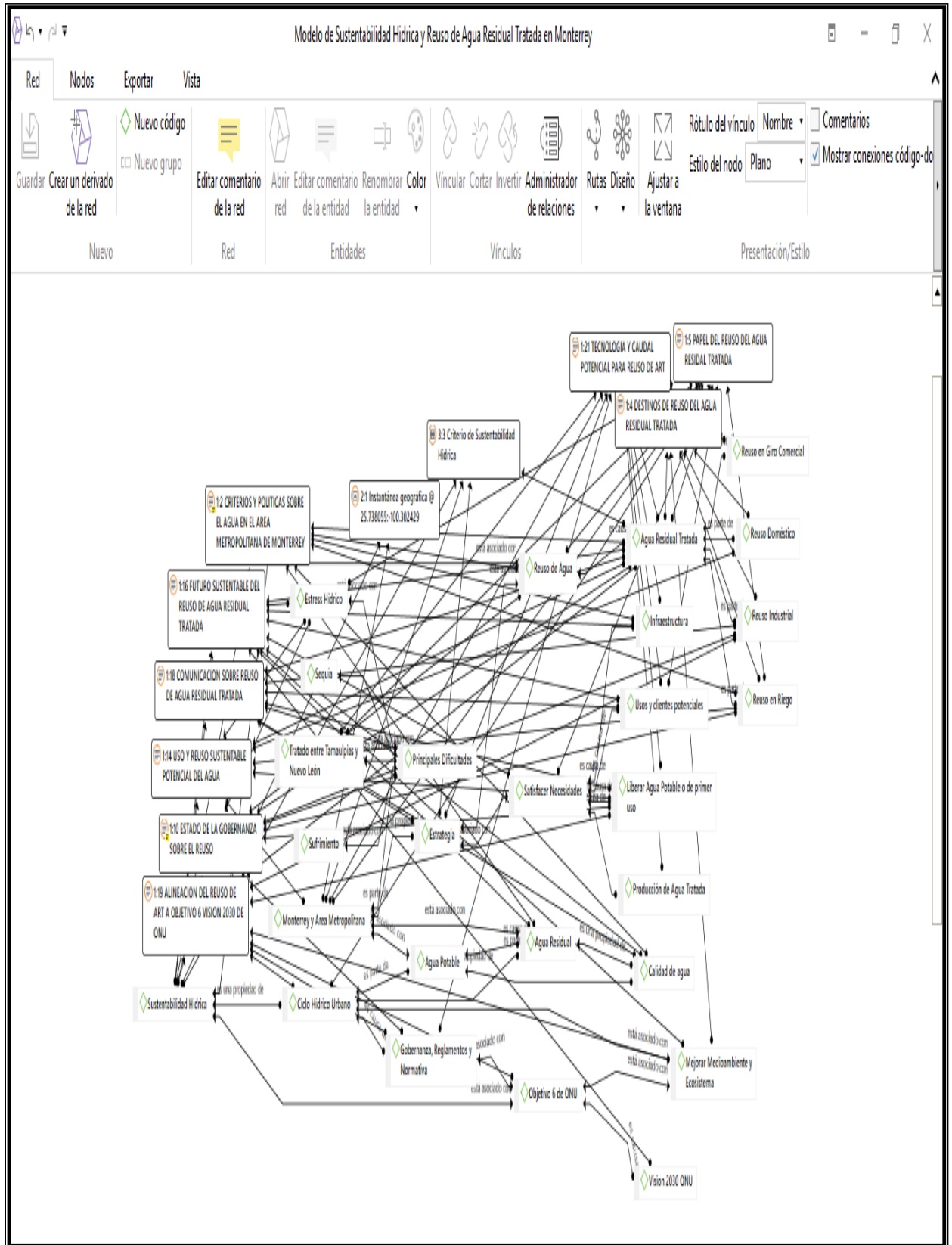


Figura 4- Ejemplo de categoría, códigos y citas en ATLAS. ti.



## RESULTADOS, CONCLUSIONES Y MODELO PROPUESTO

De esta manera, se concluye con la formulación del modelo teórico-explicativo de Sustentabilidad Hídrica y Reúso se Agua Residual Tratada en Monterrey, que para Strauss y Corbin (2002), esta fase de teorización consiste principalmente en la construcción de significados con base a la relación de las opiniones recogidas por los informantes y otros datos; los cuales lo constituyen, y que permite explicar e interpretar visualmente el fenómeno determinado, y que se integra y sus Redes, donde algunos de los resultados principales a partir de Entrevista, los datos de campo y literatura consultada para la explicación del modelo secuencialmente son:

1.-Del análisis de este modelo, se desprende la Categorización sobre la Falta de Agua, y la Codificación de la misma e Inicio de Reúso de Agua para la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, que se soporta en el Memo Teórico respecto a su contexto geográfico y socio-hidrológico de más de 4 Millones de habitantes en un clima semiárido con consumos de más de 12,599 litros por segundo de agua (SADM, 2017), para lo cual, la percepción del entrevistado refiere: *FS: Como todos sabemos el área metropolitana está enclavada en una zona semiárida, la cual tenemos periodos prolongados de sequía con pocas lluvias y ... este... se han implementado algunas acciones por parte del organismo de Agua para poder sobrellevar esta sequía esta falta de agua que en algunos años se han tenido...*

2.- Como parte fundamental de este modelo, destaca la alineación entre los Códigos principales de Sustentabilidad Hídrica, Agua Residual Tratada y Monterrey y Área Metropolitana dentro de lo la categoría de Criterios y Políticas sobre el Agua en el Área Metropolitana de Monterrey, al asociarse con otros Códigos como Agua Residual, Reúso de Agua, Reúso en Industria, Reúso en Riego, Crecimiento, Infraestructura, Planta de Tratamiento, Desaprovechamiento, Aspectos de Reúso de Agua, y Aprovechamiento de Agua de Segundo Uso, que se alinean a lectura consultada y referida en Memos Teóricos como el Memo Teórico 2 García Lirios (2012), quien considera a la Sostenibilidad Hídrica como la distribución equitativa del agua entre las especies animales y vegetales, considerando sus necesidades y en el caso de los humanos, sus expectativas de crecimiento sin comprometer las capacidades de las generaciones de especies futuras, para satisfacer sus necesidades, y como se relacionan con el Memo Teórico 10 donde por Seguí-Amortegui, L.

(2004), establece que las acciones requeridas para la optimización y gestión sostenible del agua se tornan cada vez más especializadas, pero la utilización del agua residual y el reúso de los efluentes tratados, conocidos actualmente como agua residual tratada o Aguas Regeneradas, sigue sin ser una práctica común dentro de la gestión integral del agua o ciclo urbano del agua, y el Memo Teórico 12 donde para Tzanakakis, V.E.; Paranychianakis, N.V.; Angelakis, A.N., (2007) así como para Angelakis & Gikas (2014) y Asano et al (2007), en la sociedad, el “Reúso de Agua Residual” no es un concepto nuevo; ya que existen evidencias de que se utilizaron para el riego por civilizaciones prehistóricas; aunado a lo que refiere el Memo Teórico 14 sobre Metcalf & Eddy (1996) que denominaron como el Agua Residual a la combinación de los residuos líquidos, o aguas portadoras de residuos, y sobre el memo de Campo 3 donde Effy Oz (2008) refiere que la toma de decisiones que se lleva a cabo dentro de las organizaciones debe ser rápida, oportuna, ello conforme a lo que señala: *FS: Eh... como tal no existe, tenemos una política de cada vez más que el área metropolitana de Monterrey sea más sustentable en la cuestión hídrica y tan así que se han establecido programas para reúso, venta de agua residual tratada, reúso de.. de agua... de agua negra para procesos donde podamos reaprovechar y aprovechar el agua de un segundo o tercer uso, así como las políticas que sigue Agua y Drenaje es crecer más la red de agua tratada, crecer más nuestras plantas de tratamiento para poder reutilizar aún más todavía la red potencial que tiene el agua tratada en la industria y en el pos en el riego.*

3.- Respecto a los Destinos de Reúso de Agua Residual Tratada, el Entrevistado señala: *FS: Se tiene proyecto para el utilizar agua de agua tratada principalmente en el riego de áreas verdes de jardines dentro de las colonias eh... hay algunos proyectos piloto para poder utilizar la misma agua que desalojan los usuarios dentro de su colonia para poder empezar a hacer un ecosistema regional, en el que ellos mismos reutilicen el agua el agua de lluvia y el agua tratada para el riego de sus áreas verdes y jardines. De lo que se desprenden codificaciones como Reúso de Agua de Lluvia y Proyectos aplicados a usuarios para Reúso Doméstico y Reúso en Riego, que se alinea con el Memo Teórico 13 donde Tchobanoglous et al (2011), (2013), señalan que los principales rubros para el Reúso Hídrico de efluentes tratados (Agua Residual Tratada) son: riego, aplicaciones industriales, sistemas de doble distribución para el lavado de inodoros y otros usos urbanos, aunado a lo establecido en el Memo de Campo 4 sobre respecto a que el medio ambiente se refiere al medio natural de los*

ecosistemas, formado por todos los seres vivos del planeta Paul Ehrlich y Walker (1998).

4.- Al hablar del Papel del Reúso del Agua Residual Tratada, el entrevistado indica que estas *FS*: *Juegan un papel muy importante debido a que el agua que sacamos o que sale de nuestras plantas de tratamiento, una parte se va a pagar el tratado que tenemos entre Tamaulipas y Nuevo León para entregarles agua para riego de áreas agrícolas, entonces de ahí una gran parte se pasa para ese pago, pero nos queda una parte para poderla reutilizar en el área metropolitana, son alrededor de 3m cúbicos que podemos usar y que podemos reusar formando un ciclo hídrico dentro del área metropolitana. Esto también nos puede fortalecer en que aliviaría un poco el estrés hídrico de la zona metropolitana. Ante ello, se puede establecer que considera al Agua Residual Tratada para coadyuvar a mitigar el Estrés Hídrico y con ello contribuir a la sustentabilidad Hídrica, ya que, dentro del rapport, a pesar de que inicialmente señaló que no existe una Insustentabilidad Hídrica como tal, termina aceptando dicha percepción citándolo como la existencia de Estrés Hídrico que se Codifica, y refiere en Modelo Teórico 1 que es definido por Naciones Unidas como la proporción de agua que extraen todos los sectores en relación con los recursos hídricos disponibles. (FAO; 2018: X) en Memo de Campo 1, ello a partir de la emoción que Alzina (2009: 60,233) refiere que la teoría (Primary Motivational/Emotional Systems) por la preocupación señalado en el Memo de Campo 8, generada por la Sequía que también se Codifica, que mediante los Memo de Campo 2 al basarnos en Torres (1985) que señala que Aprender a Cuidar el Agua y Usarla Racionalmente es Imprescindible, y Memo de Campo 3, a su vez con la codificación de Ciclo Urbano del Agua, y Tratado entre Tamaulipas y Nuevo León.*

5.- Dentro de su consideración de El Agua Residual Tratada como Opción de Abasto indica que

*FS*: *Si ... este ... debido a que los usuarios, la gente ha sufrido las épocas difíciles de sequía se tiene una gran consciencia de los usuarios domésticos en el uso y del reúso del agua y también así en los proyectos que se han hecho para poder implementar la utilización del agua tratada en el riego de los jardines y áreas verdes, yo creo que sin ningún problema sería una buena estrategia para seguir fortaleciendo el agua tratada en el área en el área metropolitana de Monterrey; lo que deriva en los Códigos de Estrategia, Proyectos, Sufrimiento, Conciencia de Reúso de Agua, y Seguridad en Suministro, asociados al memo*

Teórico 15 que establece que el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) señala que las entidades que padecen más sequías son: Durango, Chihuahua, Coahuila, y Nuevo León. (CESOP, 2017).

6.- La Calidad del Agua es otro rubro importante que se codifica, donde tomamos del memo Teórico 11, sobre lo que Dourojeanni (2011) establece, al señalar que la gestión de los recursos hídricos constituye un sistema de soporte vital, por lo que si su calidad y cantidad son insuficientes, o no asequibles legal y económicamente, afecta a la sociedad y su entorno general; por ello se requiere una organización holística e integral para su gestión sostenible, lo cual emerge de lo que el entrevistado señala:

*FS: Bueno nosotros nos preocupamos principalmente por la calidad de agua, porque la calidad de agua que se entrega al usuario sea adecuada y pueda utilizar en sus procesos sin mayor problema, así mismo también que llegue el agua tratada a la mayor posible cantidad de usuarios...*

7.- Sobre el Uso y Reúso Sustentable potencial del Agua y la Alineación del Reúso del Agua residual Tratada al Objetivo 6 de la Agenda 2030 (ONU, 2015 b), el entrevistado señala que:

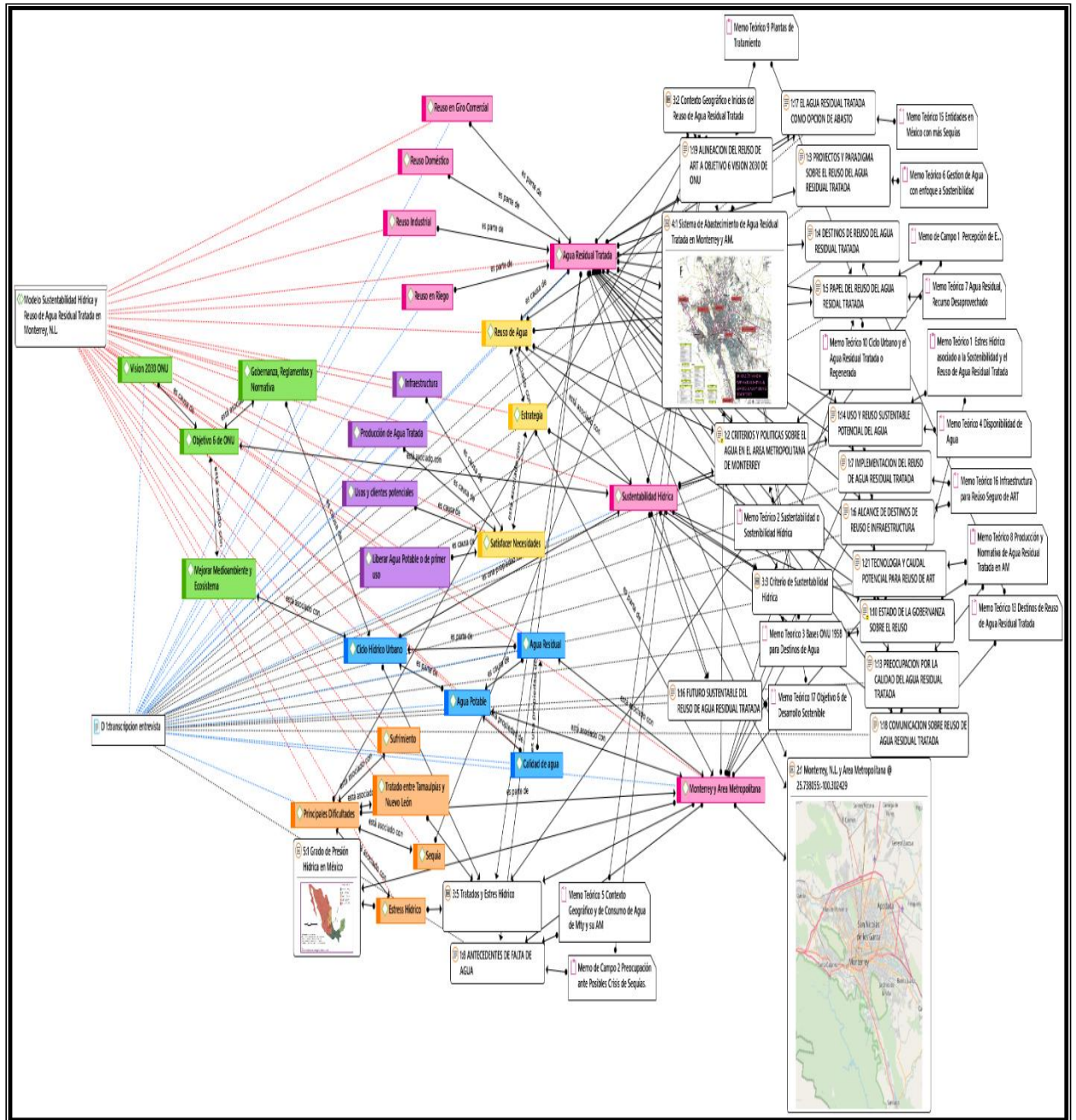
*FS: Al utilizar el agua tratada liberamos agua potable para poder usarla para el consumo humano, para el consumo básico de la comunidad de la población, el liberar el agua potable también nos ayuda a que disminuya el estrés hídrico en nuestra área metropolitana, ....FS: Claro, se tienen campañás por el organismo para que les llegue la información a los usuarios potenciales para que reúsen o utilicen el agua de reúso y contar con tener mejores beneficios en cuanto precios en cuanto a la calidad del agua, así como la disponibilidad en sus zonas...*

*FS: Yo considero que si debido a que con la utilización del agua tratada podemos lo que decíamos ahorita liberar el agua potable y hacer más sustentable el ecosistema y mejorar el medio ambiente en el que vivimos, esto nos ayudara a formar ese ciclo completo de uso, reúso, tratamiento y que vuelva otra vez al ciclo para poder con esto mejorar nuestro ambiente, poder crecer en cuanto a industria y poder crecer en un mejor ambiente... lo cual se alinea finalmente con la Sustentabilidad Hídrica y el Reúso de Agua Residual Tratada, con los Códigos Visión 2030 ONU, Mejorar Medioambiente y Ecosistema, Objetivo 6 de ONU, Satisfacer Necesidades, Principales Dificultades, Ecosistema Sustentable, Estrategia, Liberar Agua Potable, Producción de Agua Tratada, Ciclo Urbano del Agua, Gobernanza,*

Reglamentos y Normativa y Disponibilidad de Agua, con los Memos Teóricos 16, 17, 18, 19 que refieren que el reúso hídrico seguro implica infraestructuras de regulación y distribución, a través de obras hidráulicas para un reúso directo planeado (Sáez, 2010), tomando como premisa normativa la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible” que integra como Objetivo No. 6 Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. (ONU, 2015b), para lo cual se pueden tener fuentes no convencionales como indica el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas. (WWAP, 2017) que señala que para una mejor gestión de las aguas residuales implica la reutilización de las aguas regeneradas, contribuyendo así a la seguridad del agua, alimentaria y al *Desarrollo Sostenible*, el cual la Ley Ambiental de Nuevo León, (LA, 2015) en su Artículo Tercero fracción XXII. define como proceso evaluable mediante criterios e indicadores del carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras; respondiéndose de forma afirmativa de esta manera la pregunta inicial del estudio, validada mediante esta metodología aplicada a partir de la teoría fundamentada (T.F).

Finalmente concluye con la formulación del modelo teórico-explicativo de Sustentabilidad Hídrica y Reúso de Agua Residual Tratada en Monterrey, N.L. mostrado en la Figura 5 generado en el software ATLAS.ti, el cual sintetiza los datos a partir de la codificación de la información de la entrevista, asociados al análisis de textos, memos teóricos, memos de campo, comentarios, imágenes, y videos; y relaciona las categorías con el marco teórico.

Figura 5- Modelo Sustentabilidad Hídrica y Reúso de Agua Residual Tratada en la Ciudad



Elaboración propia en base a resultados utilizando QDA Atlas.TI.

Alineados sobre lo mencionado al inicio del presente estudio, consideramos que el enfoque metodológico de la Teoría Fundamentada Aplicado a la Sustentabilidad Hídrica y Reúso de Agua Residual Tratada en la Ciudad de Monterrey, N.L. no obedece propiamente a la aplicación de procedimientos establecidos a priori, sino que se trata más bien de llevar a cabo una secuencia de reflexión crítica que nos permite como investigadores sociales, el relacionar

temas de forma creativa, respondiendo a la realidad observada en un proceso investigativo sometido a constantes y diversos cambios, en donde el uso de herramientas tecnológicas como el software ATLAS.ti, nos llevaron con un rumbo hacia la determinación del Modelo que resultó de la correlación entre los hallazgos de la investigación mediante la Entrevista, la teoría y conceptos de la Lecturas Consultadas con la triangulación con lo encontrado en campo, dentro de las instalaciones e infraestructura relacionada al saneamiento y reúso de las aguas residuales regeneradas o agua residual tratada, logrando así la validación del modelo en el que como investigador, se aparece inmerso en cada una de sus fases.

Con los códigos construidos se logra establecer una interpretación adecuada de los objetivos del estudio, en donde la triangulación entre los datos brindados por el entrevistado voluntario tomador de decisiones, se alinean a la lectura consultada, y resultan hallazgos que permiten validar el supuesto de la pregunta inicial, donde desde la perspectiva del entrevistado, El Reúso de Agua Residual Tratada (ART) si se considera como una alternativa no convencional que puede coadyuvar a la solución de parte de los problemas de demanda de agua en la Ciudad de Monterrey, Nuevo León y su Zona Metropolitana, la cual mantiene un enfoque asociado y vinculante con a la Sostenibilidad Hídrica (SH).

Se puede a su vez ahora señalar que la Teoría Fundamentada pudiese ser utilizada en cualquier área relacionadas a la Sustentabilidad Hídrica y Saneamiento, por su relación directa a los Derechos Humanos; donde esto posibilita la construcción de nuevos referentes teóricos partiendo de la realidad y de la práctica de Ingeniería Ambiental, enriqueciendo de esta manera el saber disciplinar y transdisciplinar de las Ciencias Sociales.

#### **IV.4 MODELO PROPUESTO PARA EL INCREMENTO POTENCIAL DE REÚSO PLANIFICADO DIRECTO DE AGUA RESIDUAL TRATADA EN DESTINOS COMPLEMENTARIOS AL INDUSTRIAL DETERMINADO MEDIANTE EL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA ZC-AM DE MONTERREY**

Las Ciudad es considerada como un Tecno-sistema construido por el hombre en su relación con la naturaleza, Sejenovich (2015b); cuando la sociedad fue seleccionando recursos de la naturaleza, como el agua, que le servirían para satisfacer sus necesidades, y mediante un proceso de progresiva artificialización de la misma naturaleza, transformó los ecosistemas en tecno-sistemas específicos, que pueden comprenderse como un enfoque articulado, económico, ecológico y social, de cuyo equilibrio depende su sustentabilidad.

La Ciudad de Monterrey, como parte de la ZC-AMM, se ha transformado rápidamente en la segunda urbe en el país durante el presente siglo, a pesar de estar enclavada en una zona semi-desértica de clima extremo que ha pasado por sequías endémicas como la vigente declarada el 9 de abril de 2020 (DOF, 2020), y sin embargo su población, de más de 4.5 millones de habitantes, goza de un suministro de agua de calidad potable las 24 horas del día gracias a la existencia y funcionalidad de un complejo Sistema de Abastecimiento del Agua de Fuentes Convencionales como son las Subterráneas, de los Sistemas de Pozos de Acuíferos Mina, Huajuco, Buenos Aires y Monterrey, y Superficiales como la Presa El Cuchillo, Cerro Prieto y Rodrigo Gómez “La Boca”, (SADM, 2020), en donde el convenio de intercambio de destino de Uso de Industrial a Doméstico de las aguas de esta última por las de la Fuente No Convencional de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales P’tar San Rafael en los años 60’s, sentó las bases Innovadoras para el “Reúso Planificado” en México mediante el Sistema de Abastecimiento de Agua Residual Tratada SAART San Rafael-Alamey (IMTA, 1999), ante la importancia de la sustentabilidad hídrica para el desarrollo de la ciudad y calidad de vida de quienes la habitan (Juárez, 2018).

El letargo de 5 décadas se potencializó con el logro del tratamiento del 100% de las aguas servidas municipales y la mejora de la infraestructura para el suministro de agua de Fuentes No Convencionales mediante SAART’s existentes a 2010, fomentando el reúso planeado agua residual tratada ART para la industria como una opción para el abasto de la capital del Estado de Nuevo León, considerando a su vez la visión de Desarrollo Hídrico Sostenible



iniciada en la Declaración de Dublín (OMM, 1992) y del Objetivo 6 de Desarrollo Sostenible del 2015 (ONU, 2015b), así como el Informe del PNUMA que considera al agua residual como un “recurso desaprovechado” (WWAP, 2017), ahora con una nueva área de oportunidad: el Control del Abasto de Fuentes No Convencionales mediante los Sistemas de Información Geográfica SIG’s. enfocado hacia el reúso de agua residual tratada a destinos diferentes al comercial, tales como el uso doméstico no potable mediante el sistema dual de abastecimiento existente.

#### CONTEXTO DEL REÚSO DE AGUA PLANIFICADO DIRECTO EN LA ZC-AM DE MONTERREY.

La importancia del Agua y su disponibilidad esta incluso enmarcada en el “Acta de Fundación de la Ciudad de Monterrey” (Montemayor, 1596), donde el propio capitán, Don Diego de Montemayor expresó: “*Hago fundación de Ciudad Metropolitana junto a un monte grande de nopales, parrales, morrales y aguacates, y Ojos de Agua que llaman Santa Lucía... Y se ha de titular e intitula Ciudad de Nuestra Señora de Monterrey*”.

El agua ha sido un factor preponderante para la Ciudad de Monterrey desde su fundación el 20 de septiembre de 1596, cuando su abundancia en la zona hizo pensar a sus fundadores que esta no llegaría a faltar, donde el mismo Capitán Alonso de León, en una descripción hecha en 1649 decía:” *Los Ríos son claros, el agua es buena, sin color, sabor, ni olor, como dicen los filósofos que ha de ser. Corren siempre por piedras con rápido curso; son de mucha frescura*” (Torres, 1985); sin embargo, la acción antropogénica en su paso de ecosistema a tecno-sistema, se puede enmarcar principalmente en lo que denominamos los cuatro *impactos hídrico socio-ambientales preponderantes*, donde el *primero* se registra en 1765 con la desaparición de la escorrentía superficial del agua en el Río Santa Catarina, denotando así el inicio del declive de la disponibilidad hídrica que se agudizó con el crecimiento de la industria que catapultó sus necesidades hídricas para el desarrollo económico y social; el *segundo* deriva de las carencias en disponibilidad para 1950 era de 800 litros por segundo cuando la demanda era del doble, dando lugar a la importación de agua desde Acuíferos Huajuco, Mina y la primer presa ubicada a 35 kilómetros que solo mitigaron un poco el problema de abastecimiento hídrico; el *tercero* deriva de que para 1979, sus más de 2;300,000 habitantes demandaban 7,865 litros por segundo y más de 500,000 habitantes que no tenían

acceso al agua, conocida como “La Crisis del Agua en Monterrey”, que dio lugar importar de mas de 100 km agua de la Presa Cerro Prieto aunado a grandes Plantas de Tratamiento de Agua Residual que se convertirían en Fuentes No Convencionales, sin que se resolviese el problema ya que la Ciudad continuó creciendo; con ellos propició el *cuarto* cuando en 1993 se inicia la importación de agua de la Presa El Cuchillo con un acueducto de 110 kilómetros. Sin embargo, la sed de crecimiento continuó sin ser saciada.

El tratamiento y el reúso del agua residual se señala como necesario, a fin de evitar un incremento en el deterioro ambiental, en la calidad de vida de la población y en la economía, clasificándose éstas en 2017 como un “Recurso desaprovechado” en el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. (WWAP, 2017), donde el producto del tratamiento de las Plantas de Tratamiento de Agua Residual Municipal (P´tar), consideradas como Fuentes No Convencionales derivados de los Tecno-sistemas, es el agua del efluente que cumple las características físicas, químicas y biológicas que le son inherentes para considerarse como Agua Residual Tratada (ART), también conocida como agua renovada, agua regenerada, agua recuperada o agua reciclada, y su división en clases en función del grado de cumplimiento de las características requeridas o calidad determinadas en función de su destino de RH. (Metcalf & Eddy, 1996); ante ello, la perspectiva social actual adopta al “aprovechamiento del agua previamente utilizada, una o más veces en alguna actividad”, como una alternativa para suplir las necesidades de otros usos como “Reúso Directo Planificado o Planeado” cuando los efluentes, después de ser debidamente tratados, son enviados directamente desde su punto de descarga hasta el lugar del reúso (Lavrador, 1987).

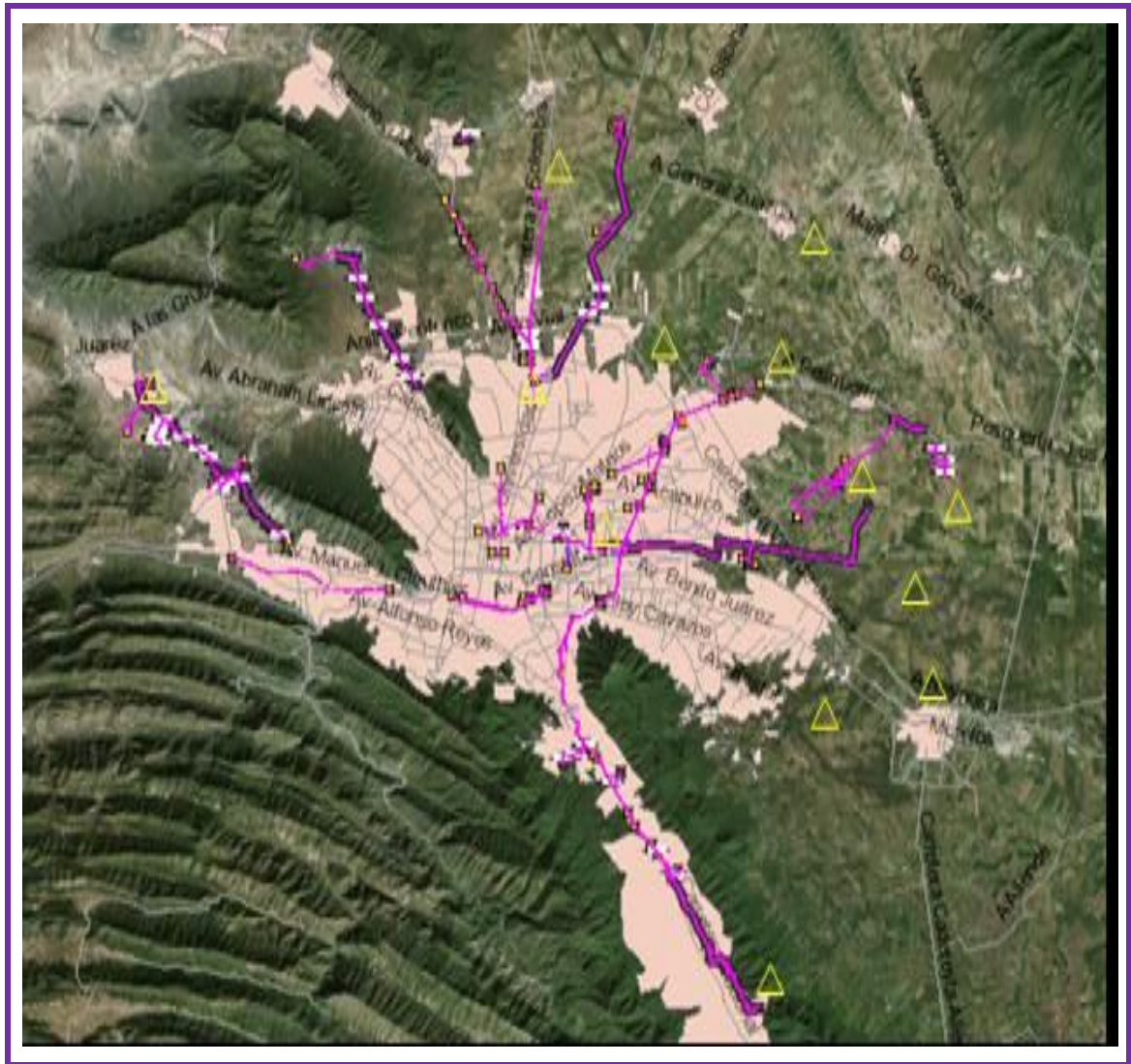
En el Plan Hídrico 2030 para la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana (SADM, 2018) representa una oportunidad para implementar los preceptos de sostenibilidad hídrica y desarrollo hídrico sostenible para la Ciudad de Monterrey y su área Metropolitana, ya qué de no ser así, representaría un riesgo potencial para el “quinto impacto hídrico socio-ambiental preponderante”, donde por primera vez se considera al Sistema de Abastecimiento de Agua Residual Tratada (SAART) para el reúso o reutilización planificada de los efluentes tratados (PED, 2016), como una opción viable para el agua sostenible a partir de su destino de uso, en:

- a) Reúso Directo: que es el uso o aprovechamiento de agua residual tratada en actividades agrícolas, urbanas e industriales, antes de su descarga en un cuerpo de agua.
- b) Reúso Indirecto: que es la explotación, uso o aprovechamiento de agua residual tratada de un cuerpo receptor, después del punto de descarga.
- c) Intercambio: que es la explotación, uso o aprovechamiento de agua residual tratada como fuente de suministro en actividades, donde el usuario deja de emplear el agua de primer uso (CONAGUA, 2016a).

En Nuevo León se operan 58 plantas de tratamiento, de las cuales, 5 son las principalmente encargadas del tratamiento de agua residual del Área Metropolitana conforme a la NOM-003-SEMARNAT 2017 con fines de reúso industrial, con una capacidad de más de 12,775 litros por segundo (SADM, 2017), las cuales son consideradas “Fuentes No Convencionales” llevada principalmente hasta los usuarios mediante la infraestructura urbana instalada en su SAART y sus procesos para la gestión integral y sostenible del agua, que como sistemas enfocados al Reúso Planificado, se pueden considerar como un sistema vital de soporte para el ecosistema y de este tecno-sistema (Odum, 1997).

El Sistema de Abastecimiento de Agua Residual Tratada (SAART) de la Ciudad de Monterrey, Nuevo León y su Área Metropolitana está conformado, como se muestra en la Figura 1.1, por diferentes subsistemas de reúso de efluentes tratados de diferentes fuentes no convencionales o P'tars, que en su conjunto suman más de 299 kilómetros para distribuir más de 2,650 litros por segundo contratados para 114 usuarios que la destinan a usos industrial principalmente, público urbano y paisaje; así mismo, 1,200 litros por segundo para agricultura como agua de “intercambio” por agua de primer uso de la Presa Solidaridad “El Cuchillo” a los Ejidos San Nicolás y Francisco Villa, aunado al compromiso de entregar 6,000 litros por segundo de efluentes tratados como “intercambio” a través del Río Pesquería al Estado de Tamaulipas dentro de la cuenca del Río Bravo (SADM, 2020).

Figura.- Sistema de Abastecimiento de Agua Residual Tratada en ZC-AM Monterrey



Fuente: Dirección de Operaciones, (SADM, 2020).

MODELO PROPUESTO MEDIANTE EL USO DE SIG'S PARA EL ABASTO POTENCIAL DE AGUA RESIDUAL TRATADA EN LA ZC-AMM.

La infraestructura urbana sostenible debe ser planeada, construida y operada conforme a procesos congruentes con la sostenibilidad de los sistemas de soporte, a los que la Encyclopedia of Life Support Systems (ELSS, 2017) señala como “*cualquier sistema natural o creado por el Hombre que fomenta la biosfera de forma sostenible*”, como lo es la infraestructura para el logro de la sostenibilidad hídrica a través de su gestión holística

integral, donde el reúso planificado, se constituye como un elemento importante en la gestión de los recursos hídricos (AWWA, 2016).

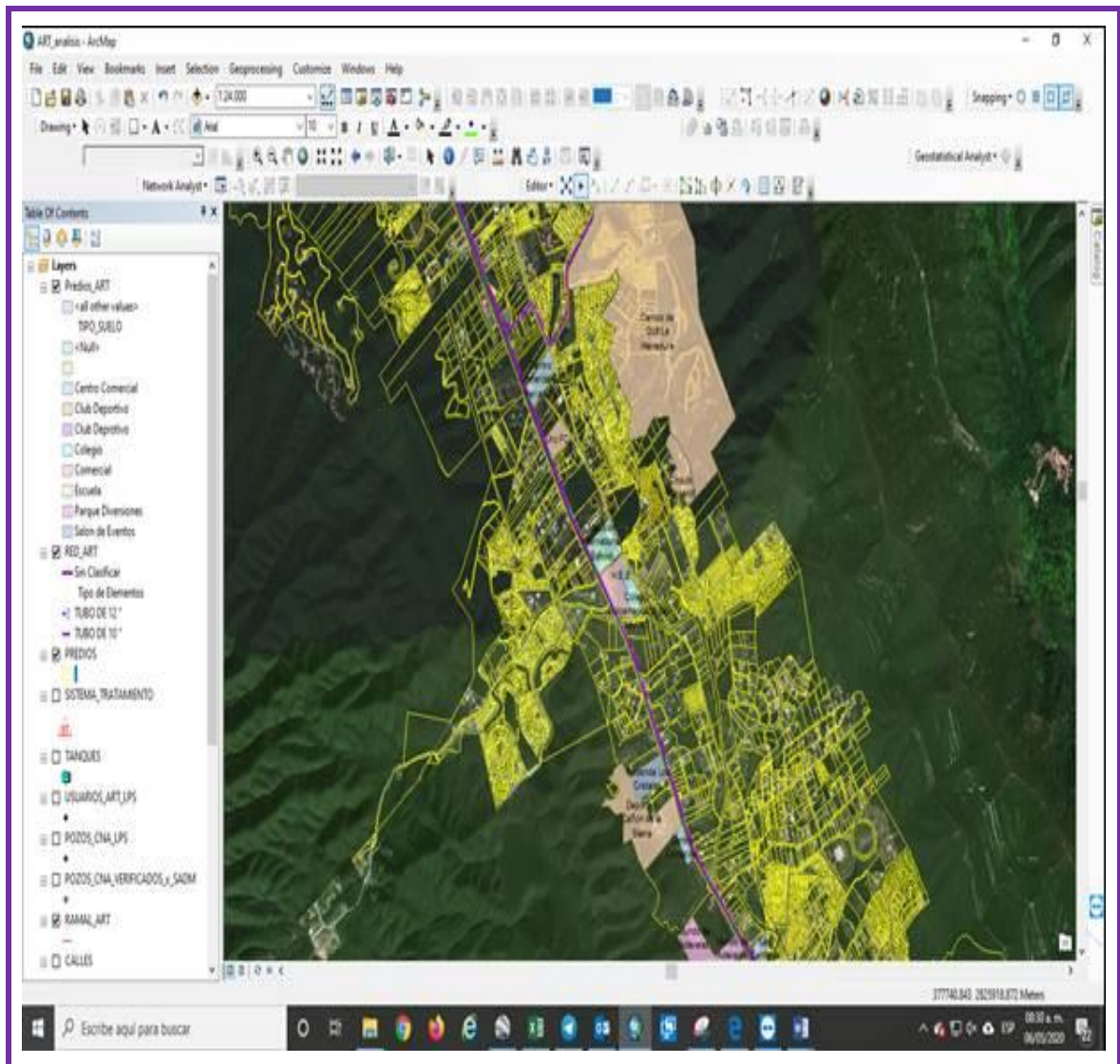
Lo Anterior no solamente en los países de reconocida escasez hídrica, sino también en aquellos de reconocida disponibilidad natural abundante; sin embargo, si no se realiza una planificación, se vierte el peligro para la salud pública y consecuentemente el medio ambiente (Cirilo, Cabral, Silva, 2007).

De esta forma, su gestión a través de herramientas tecnológicas como son los Sistemas de Información Geográfico SIG's, que son un conjunto de componentes específicos, permiten crear consultas, integrar, analizar y representar de una forma eficiente la integración de información geográfica referenciada asociada, (Longely, et al; 2001), consolidados con programas de Base de Datos y plataformas de CAD y SCADA, infraestructura, tipología de usuarios, estudio socioeconómico, consumos, fuentes, entre otros.

Ello facilita día a día las labores específicas de la gestión del abastecimiento de agua potable como de reúso, que permita identificar los retos del futuro cercano, orientados en alineación a la gestión sostenible de los recursos hídricos, siguiendo esta definitiva estrategia potencial para la implementación de acciones que coadyuven hacia el logro de las metas y objetivo de desarrollo sostenible No. 6.: El Agua Sostenible.

El Organismo Operador de agua de la Ciudad de Monterrey, Nuevo León, utiliza, como otros organismos, al Sistema de Información Geográfica (SIG) denominado ArcMap para la gestión de su Sistema de Abastecimiento de Agua Potable principalmente, con una incipiente integración de información del SAART existente (SADM, 2020), donde concentra principalmente la información de las Fuentes no Convencionales como son las Plantas de Tratamiento de Agua Residual (P'tars) así como algunas de las principales líneas de conducción de Agua Residual Tratada (ART), Fig 1.2, por lo que se identificó un área potencial de esta herramienta y de la gestión de la información que puede contribuir a los fines del desarrollo enmarcado en los ODS, que pueden ser utilizados para la gestión holística del " Abasto de Agua Sostenible".

Figura 4. 2 Sistema de Información Geográfica ArcMap para gestión de redes de Abasto de ART en Monterrey, N.L.



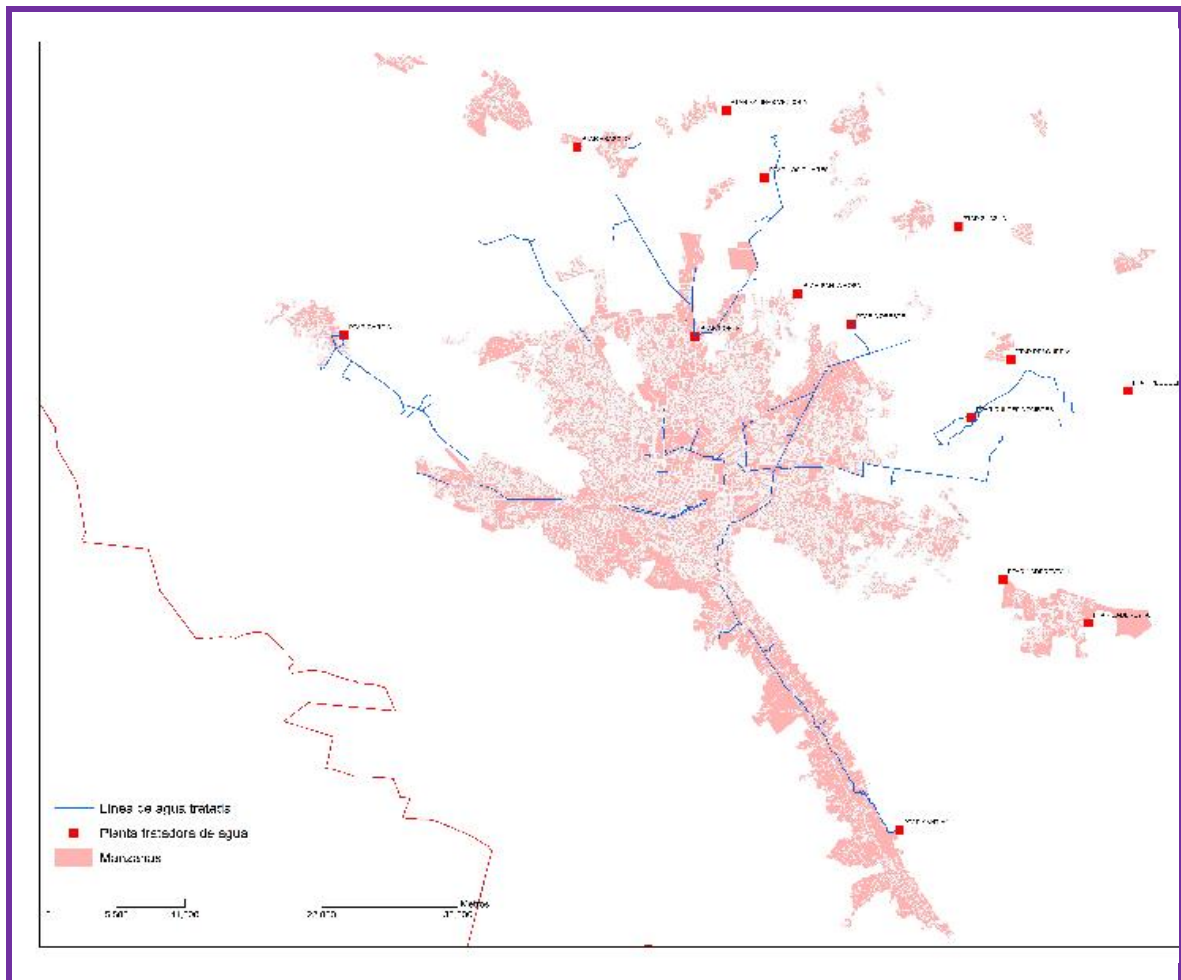
Fuente: Dirección de Operaciones, (SADM, 2020).

A partir de la información proporcionada para fines académicos por la Dirección de Operaciones del Organismo Operador de Agua denominado Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D.; así como de la información disponible en el Directorio Estadístico de Unidades Económicas del INEGI, aunado a el uso del Sistema de Información Geográfica libre denominado Q´GIS 3.16.2, fue posible analizar la potencialidad que representa el uso de los SIG's en la gestión del abasto de agua de fuentes no convencionales como lo es el de Agua Residual Tratada en la Zona Conurbada y Metropolitana de la Ciudad de Monterrey.



Primeramente, al ingresar la información proporcionada en el SIG QGIS 3.16.2, se puede apreciar en la Figura 4.3; la ubicación de las Fuentes No Convencionales Reales y Potenciales existentes que representan las P'tars, así como la infraestructura de las líneas y redes de distribución de ART.

Figura 4. 3 Fuentes no Convencionales de Agua (P'tars) y Líneas de Conducción para Abasto de Agua Residual Tratada ART en Monterrey, N.L.

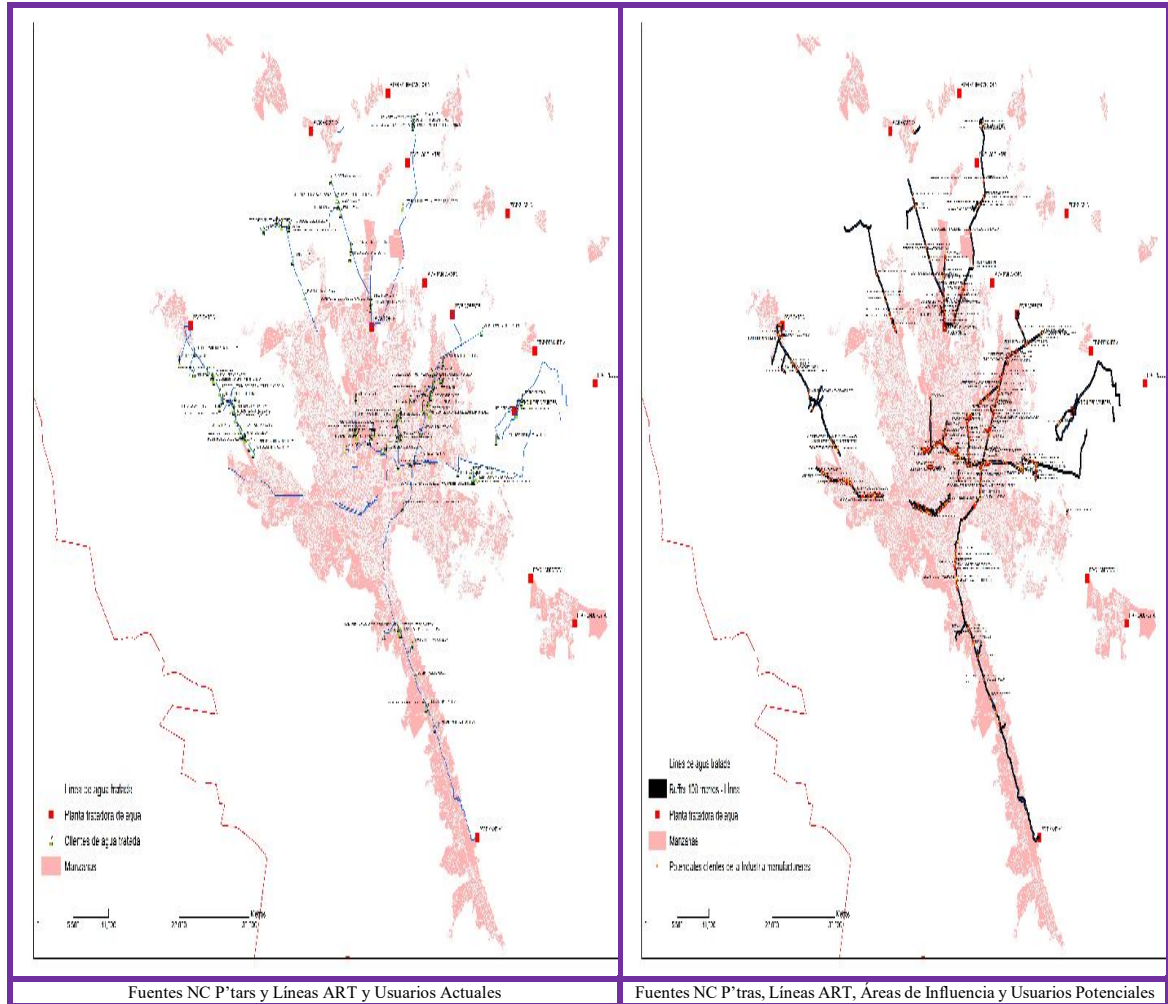


Realización propia en QGIS 3.16.2, Fuente: Dirección de Operaciones, (SADM, 2021).

A partir de ello, y de la información disponible en el DENUE del INEGI, se pudieron ubicar a usuarios actuales de tipo industrial (INEGI, 2020), y ante la disponibilidad señalada por el Organismo Operador de contar con casi 2000 lps de ART para Reúso Planificado en destinos de uso complementarios al Industrial, tales como Comercial, Público e inclusive Doméstico, (LA, 2015) y considerando técnica y económicamente factible el brindar este servicio de suministro de agua residual tratada ART a posibles usuarios que se encuentren a una distancia

de hasta 100 m del eje de la tubería de conducción, a través del sistema Q'GIS 3.16.2 se puede visualizar en la Figura 4.4, la potencialidad de crecimiento de usuarios de mas de 400 colonias que pueden tener accesibilidad, asequibilidad y aceptabilidad al reúso de agua planificado directo para destinos de reúso complementario industrial en la ZC-AMM.

Figura 4.4 Usuarios Potenciales de Agua Residual Tratada (ART) de Fuentes no Convencionales de Agua (P'tars) para destinos de uso complementarios al Industrial en Monterrey, N.L.



Realización propia en Q'GIS 3.16.2, Fuente: DENU INEGI, Dirección de Operaciones, (SADM, 2021).

De esta forma, se puede demostrar que el Sistema de Abastecimiento de Agua Residual Tratada (SAART) para el suministro de agua de reúso planificado directo para destinos de reúso complementarios al industrial proveniente de fuentes no convencionales como son las Plantas de Tratamiento de Agua Residual (P'tars), puede gestionarse en la Ciudad de



Monterrey y su Área Metropolitana de una forma más integral y optimizada a través del uso de los Sistemas de Información Geográfica SIG's, que permitan identificar áreas de oportunidad y potencialidad dentro de la gestión integral y holística del agua dentro del ciclo urbano, como se aprecia en el análisis y sus resultados visualizados, donde dicha información coadyuve en la toma de decisiones y definición de estrategias enfocadas al agua sostenible.

#### CONCLUSIONES Y RESULTADOS SOBRE EL MODELO PROPUESTO DE REÚSO POTENCIAL DEL AGUA RESIDUAL TRATADA EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DUAL.

Mediante el uso de herramientas como los Sistemas de Información Geográfica SIG's, complementado con otras herramientas tecnológicas, puede ser posible definir y utilizar modelos de tipo cuantitativo y cualitativo para mostrar la capacidad que existe en la Zona Metropolitana de Monterrey para ofertar agua residual tratada a usuarios no industriales.

Lo anterior sobre la base del análisis de datos proporcionados por el Organismo Operador, que indican que a pesar de que se trata en P'tars el 100% del agua residual que se genera en la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, solamente alrededor de un 10% del caudal tratado mantiene un reúso planificado cuyo destino principal es la industria.

De esta forma, a través del análisis de la información disponible mediante las herramientas que representan los diferentes Sistemas de Información Geográfica (SIG's), es posible visualizar y demostrar la potencialidad que representa el integrar como destinos de reúso planificado de agua residual tratada proveniente de las Fuentes No Convencionales que representan las Plantas de Tratamiento de Agua Residual (P'tars), a la optimización del "Reúso de Agua Residual Tratada", y ser considerados como importantes herramientas tecnológicas en la gestión integral de los recursos hídricos, siendo integradores de toda la información que contribuya al abasto de agua y desarrollo hídrico sostenible dentro de los Objetivos y Metas de la Agenda 2030 y Plan Hídrico 2030 Estatal.

#### **IV.5 INCREMENTO POTENCIAL DE REÚSO PLANIFICADO DIRECTO DE AGUA RESIDUAL TRATADA EN DESTINOS COMPLEMENTARIOS AL INDUSTRIAL DETERMINADO MEDIANTE MÉTODOS CONVENCIONALES DE PLANEACIÓN EN LA ZC-AM DE MONTERREY.**

El objetivo principal del presente estudio de corte documental cualitativo, es el de analizar Metodologías Aplicadas en la Planificación e Implantación de Proyectos de Reúso de Agua, y mediante un ejercicio comparativo, proponer un modelo metodológico asociado a ello para la Zona Conurbada y Metropolitana de la Ciudad de Monterrey, Nuevo León. Para ello se realizó una de corte cualitativo, a través del uso de diversas herramientas para captar información tales como la lectura consultada de estudios y documentos, considerando el contexto de los antecedentes y trabajos con el organismo operador de agua estatal, sobre antecedentes y acciones aplicadas y aplicables bajo las condiciones que vive la región y entorno en búsqueda de posibles opciones encaminadas a la Sostenibilidad Hídrica.

Se centra en las Metodologías establecidas por el Banco Mundial, Taheshi Asano y Standish Lee (1997) principalmente, para la incorporación de proyectos de Reúso de Agua proveniente de las fuentes no convencionales existentes como son las Plantas de Tratamiento de Agua Residual a destinos de uso público urbano, como herramienta que interrelaciona las áreas ambientales, sociales y económicas en forma práctica mediante un Sistema de Abastecimiento de Agua Residual Tratada (SAART), con fundamento en la planificación y factibilidad de implementación a partir de la experiencia profesional, información científica actual, las ciencias ambientales y sus objetivos, ante las condiciones de escasez de los recursos hídricos disponibles.

El agua potable que actualmente disfruta la ZC-AMM, al igual que diferentes metrópolis, es en definitiva, resultado de un tratamiento y acondicionamiento de un agua que ya fue utilizada anteriormente, es decir, un residual, lo que nos lleva a que realmente se realiza cada día el reúso del agua por el ser humano en lo que se denomina el Ciclo del Agua y, que en las ciudades o Tecno-sistemas, con infraestructura hidráulica y sanitaria, se transforma en el Ciclo Urbano del Agua, funcionando como un sistema, donde la *“gestión del agua con tintes de sostenibilidad debe preservar el entorno.... a la vez que tiene que proveer agua al sistema urbano... a través de reducir la extracción de recursos y de disminuir la carga contaminante*

*vertida en la cuenca. Las oportunidades de reducción se centran....en la reutilización del agua depurada” (Rueda, 1999, p. 23) o agua residual tratada*

Si bien, se han establecido en la ZC-AMM propuestas y casos de éxito donde el reúso del agua residual tratada se propone y reutiliza para mitigar el problema de la demanda de agua en el sector agrícola e industrial principalmente, para fortalecer la sostenibilidad de cualquier sistema de abastecimiento, es actualmente imprescindible integrar el reúso planificado directo de efluentes de las aguas residuales tratadas a destinos complementarios al industrial en el holístico ciclo urbano del agua, con un enfoque en los ecosistemas y la remoción adecuada de patógenos para su reúso seguro y productivo.

Lo anterior a partir de resultados de análisis de calidad de las aguas por parte de entidades como la Organización Mundial de la Salud, sobre los límites establecidos, no solo en México, sino por diferentes países y en especial por Estados Unidos de Norteamérica, donde los resultados indican que solo pueden ser alcanzados con un tratamiento de tipo primario, secundario y desinfección, para lograr una calidad de efluentes tratados que asegurará un “riesgo cero”, cuya realidad es técnicamente es factible, no continuamente posible desde el punto de vista práctico y económico, por lo que es necesario considerar lo que se ha denominado como lineamientos generales y específicos para la planificación y gestión integral de las aguas residuales a través de la adopción de los planes de seguridad en saneamiento (PSS) en América Latina. (Moscoso et al, 2008, p.p. 188-191), según los cuales:

- i. El tratamiento y uso adecuados del agua residual doméstica contribuyen a proteger la calidad de los cuerpos de agua, y deberían ser parte de una gestión más eficiente de los recursos hídricos; donde el tema “uso de agua residual doméstica tratada” debería incorporarse en las políticas de Estado y promoverse iniciativas de los diferentes agentes económicos y sociales.
- ii. La legislación y tecnología para tratar el agua residual doméstica deberían estar orientadas a proteger tanto la salud como el ambiente, mediante una eficiente remoción de los organismos patógenos humanos y otros contaminantes, donde la aplicación de tecnología para remover organismos patógenos humanos y otros contaminantes del agua residual doméstica permitiría alcanzar la calidad requerida para su nuevo uso o disposición final seguros.

- iii. La comunidad debería asumir el costo del tratamiento del agua residual que genera para contribuir a proteger la salud y el ambiente, donde las propuestas para el tratamiento del agua residual doméstica, elaboradas con criterios de costo-eficiencia y de acuerdo con las posibilidades de pago reales de la comunidad, podrían asegurar la sostenibilidad del servicio.
- iv. El uso productivo del agua residual doméstica tratada debería ofrecer beneficios económicos, sociales y ambientales, incluyendo la reducción del costo de su tratamiento, donde el uso eficiente del agua residual doméstica tratada, permitiría reducir al máximo su descarga al ambiente.
- v. La sociedad, en particular los agricultores, deberían valorar la calidad sanitaria del agua residual tratada y su aporte de nutrientes a los cultivos, donde los beneficiarios del agua residual tratada deberían valorar la disponibilidad de este recurso para el riego agrícola y otras opciones de aprovechamiento.

Aunado a lo anterior, a través del presente, se contribuye a generar conocimiento sobre si la implementación del Reúso del Agua Residual Tratada para destinos de uso público urbano complementarios al Industrial, puede constituirse como una herramienta importante en la gestión holística para el Agua sostenible, alineada a las Metas 6.3 y 6.4, de la reutilización del agua residual así como la utilización eficiente de los recursos hídricos que integran el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 6 (SDG6) de “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”, establecido en la resolución A/RES/70/1 (ONU, 2015a, p.21), otorgándole un “Valor Potencial” al clasificar al agua residual como un “Recurso Desaprovechado” en el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. (WWAP, 2017), y ser considerada como un recurso que permite el incremento del reúso del agua residual tratada en la Visión 2050 del Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD, 2010)

PLANIFICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS DE SISTEMAS DE REÚSO DE AGUA RESIDUAL TRATADA PARA EL AGUA SOSTENIBLE.

Ante la realidad del estrés hídrico mundial, la competencia por el agua, aún alimenta conflictos entre comunidades, países y sectores como la agricultura, la energía hidroeléctrica,

la minería e incluso el agua potable y el saneamiento, sin considerar que “el agua es más que un factor de producción, es sobre todo un factor de cohesión social, económico y ambiental” (Aguilera, 1996, p. 437), e indispensable para el cumplimiento de los Derechos Humanos, como la Salud, Educación, Trabajo, Medio Ambiente Sano, Alimentación y la protección contra tratos o penas crueles, inhumanos o degradantes, igualdad de género y erradicar la discriminación (O.N.U., 2011), por lo que desde la perspectiva social, ante una disponibilidad cada vez más limitada del recurso hídrico de primer uso y el deterioro de su calidad atender el enfoque de que *“ninguna agua de calidad superior, a menos que exista un excedente, debe utilizarse para un propósito que pueda tolerar un grado inferior”*, expresado en 1958, durante el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (AWWA, 2009, p.2) por lo que el Derecho al Agua no se limita a la de Calidad Potable, sino a todo tipo de agua cuyo destino de uso satisfaga las equitativas necesidades del ser humano para su bienestar y el del capital natural, desde los niveles locales hasta los nacionales o transnacionales, donde acciones como el uso de agua de lluvia y el reúso de agua residual tratada puede ayudar a mitigar los efectos negativos de la escasez del agua a nivel local (FAO, 2013: XV).

La Organización Mundial de la Salud, OMS, reconoce la necesidad de anticiparse y planificar la acción ante el cambio climático y escasez de agua, para proveer la cantidad de agua suficiente con la calidad requerida, donde se deberá de ampliar los sistemas de tratamiento de agua y aumentar la capacidad de almacenamiento para hacer frente a la mayor turbiedad y las cargas microbiológica y química, así como *“desarrollar nuevas fuentes de agua mediante el reciclaje de aguas residuales...”* (OMS, 2018, p.112).

El régimen legal para el Reúso Hídrico del Agua Residual Tratada (ART) se inicia en España con la Norma RD 1620/2007, la cual se considera una de las primeras en el mundo en establecer los destinos y sus parámetros de calidad y valores máximos permitidos para cada uno de los usos como son: el agrícola, el recreativo, el industrial y el ambiental; así como los destinos prohibidos como son consumo humano e industria alimentaria; y conceptualiza el RH como “Reutilización” e introduce la denominación de aguas regeneradas a la tradicional ART (MAPAMA, 2010).

En México, la Ley de Aguas Nacionales, no contempla el concepto de Agua Residual Tratada, y solo establece el término de reúso definiéndolo como: *“La explotación, uso o*

*aprovechamiento de aguas residuales con o sin tratamiento previo*”, y en su Artículo 9º señala a La Comisión Nacional del Agua, como un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, que se constituye como el Órgano Superior de carácter técnico, normativo y consultivo de la Federación, ejerce las atribuciones de la autoridad en materia de gestión integrada de los recursos hídricos, entre las cuales destacan fomentar y apoyar el desarrollo de los sistemas de agua potable y alcantarillado; el saneamiento, tratamiento y reúso de agua, (LAN, 2016), partiendo de ahí hacia la descentralización a los Estados y Municipios mediante Comités Estatales y Organismos Operadores de Agua Municipales.

Por lo anterior, para fines académicos del estudio, se adopta a conceptualización de Agua Residual Tratada, Reúso de Agua y Sostenibilidad Hídrica establecida por tanto por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales (compilación de términos similares en México) solo la NOM-003-SEMARNAT-1997 que les define como *“aquellas que, mediante procesos individuales o combinados de tipo físicos, químicos, biológicos u otros, se han adecuado para hacerlas aptas para su reúso en servicios al público”* (SEMARNAT, 1998); y al Reúso del Agua *“es el uso del agua residual tratada en actividades municipales, industriales, comerciales y agrícolas de manera técnicamente confiable y ambientalmente segura. Práctica de utilizar el agua que ya ha sido usada o utilizada”* (Dautant, 2016, p.26 ), para el que la Norma NOM-003-SEMARNAT-1997 lo clasifica en Reúso en servicios al público con: a) Contacto Directo y b) indirecto u ocasional; en tanto que a la Sostenibilidad Hídrica se le considera como *“la distribución equitativa del agua entre las especies animales y vegetales, considerando sus necesidades y en el caso de los humanos, sus expectativas de crecimiento sin comprometer las capacidades de las generaciones de especies futuras, para satisfacer sus necesidades”* (García, 2012, p.1).

El concepto de *“proyecto”* puede tomar significados diferentes y no siempre se emplea con la precisión adecuada, ya que comúnmente son considerados como una de las partes fundamentales para el logro de un objetivo y no solo un enfoque estrecho de algo artificial, mediante acciones humanas que han sido determinadas mediante una *“Planificación”* de acuerdo a criterios (Kenny, 2003; Blasco, 2000), para ser alcanzable en un período de tiempo determinado, en correspondencia con lo señalado por le Diccionario de la Real Academia Española (RAE), que lo define como *“Planta y disposición que se forma para un tratado, o*

*para la ejecución de una cosa de importancia, anotando y extendiendo todas las circunstancias principales que deben concurrir para su logro." (RAE, 1992).*

En México, la gestión del agua residual abarca componentes como el manejo y control de los residuos líquidos generados por las actividades industriales, comerciales, institucionales y domésticas, las cuales son vigiladas por la Secretaría de Recursos Naturales (SEMARNAT) y por entidades gubernamentales estatales y municipales, en donde sus organismos operadores de agua públicos, de participación privada o privados, realizan las actividades de tratamiento y descontaminación centrados la gestión y seguimiento de los instrumentos de planificación y manejo de vertimientos, planes maestros de alcantarillado y diseño de sistemas y plantas de tratamiento de aguas residuales (CONAGUA, 2016b) que son consideradas finalmente como fuentes no convencionales alternativas de agua residual tratada para cerrar el ciclo integral de la gestión de las aguas residuales dentro del Ciclo urbano del Agua mediante el reúso (CONAGUA, 2016c, 2016d).

Sin embargo, esta planificación se encuentra frecuentemente limitada a un vertimiento final a cuerpos receptores de agua como son los ríos, sin una planificación de reúso directo hacia destinos diferentes al agrícola y/o industrial; y en mucho menor medida para el abastecimiento de agua entubada proveniente de estas fuentes alternativa para fines no potables, por ejemplo, para destinos de reúso público urbano como comercios y doméstico no potable para inodoros, lavado de ropa, riego u otros destinos; siendo muy pocos los sistemas de suministro duales, para conservar recursos hídricos escasos, las cuales son consideradas como medidas necesarias en la planificación de buenas prácticas de diseño para el control de riesgos potencialmente peligrosos para la salud. (OMS, 2018).

El empleo en áreas urbanas de redes duales (ART/agua potable) de distribución es una práctica cada vez más extendida. El primer sistema de este tipo se instaló, en 1926, en Grand Canyon Village (Arizona, Estados Unidos), donde la escasa agua potable disponible debía bombearse desde un manantial situado en el fondo del Gran Cañón, salvando un desnivel de 1.000 m (AWWA, 2009).

La primera experiencia del reúso industrial en México data de 1955, en la ciudad de Monterrey, donde la empresa Celulosa y Derivados operaba una planta y se distribuía el agua a varias industrias, (Bueno, 2009) donde posteriormente se sumaron otras empresas mediante

un programa permanente de inversiones (KCM, 2009) para aumentar el reúso de las aguas residuales tratadas para abatir el uso de agua dulce, así como la calidad de los efluentes

El documento elaborado por la EPA en 2012 "Guía para la reutilización del agua" proporciona pautas para diferentes categorías de reutilización del agua, dando así una dirección clara a los proyectos de reutilización del agua, podría ser un comienzo útil. (EPA, 2012)

#### MODELOS METODOLÓGICOS ASOCIADOS A LA PLANIFICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS Y SISTEMAS DE REÚSO DE AGUA RESIDUAL TRATADA.

Durante los últimos años se han desarrollado diferentes métodos para implementar el concepto de Reutilización o Reúso de Agua a gran escala, así como herramientas para evaluar mejoras e impactos, al considerarla como una estrategia de manejo que combina el desempeño ambiental y económico, ya que los gobiernos no pueden tan solo subsidiar el agua y esperar que las empresas, o los ciudadanos comunes, los utilicen de manera eficiente, sino que deben asegurar que el agua sea realmente valorada, inclusive fomentando la creación de mercados por los servicios ambientales que ofrece, y como una manera de protegerla ante la escasez (Holliday, Schmidheiny & Watts, 2002), donde los preceptos del modelo de gestión integral de las aguas residuales dentro del Ciclo Urbano del Agua, se logran manteniendo siempre la vista en los aspectos ambientales, socioculturales y económicos involucrados que coadyuva a un desarrollo hídrico sostenible.

Se centra en la metodología general de proyectos, que está normalmente conformada por pasos comunes que deben ser realizados para la viabilidad de su aplicación, los cuales son primeramente la definición de objetivos, la definición y análisis del ámbito de estudio, la determinación de los impactos del proyecto, la identificación de los actores y partes interesadas, un estudio de las necesidades y posibilidades técnicas y financieras, la proyección de costes e ingresos, y los resultados de factibilidad para la toma de decisiones. La implementación de los preceptos del modelo de proyectos enfocado a los Sistemas de Abastecimiento de Agua Residual tratada (SAART), implica beneficios en aspectos como: la mejora de la productividad, la disminución de los riesgos públicos y ambientales, la reducción de costos por control de la contaminación y una mejor imagen pública con una



mayor confianza de la población, donde los métodos más conocidos para la planificación e implantación de Proyectos de Reúso de Agua, en donde el Banco Mundial, a través de diferentes estudios y autores, establece una metodología de carácter multidisciplinario dirigida, que van desde recomendaciones de sanitización hasta proyectos acorde a condiciones, básicamente enfocados a países en desarrollo, principalmente como opción para recuperación de recursos, estableciendo primeramente que el agua residual puede ser reutilizada en la agricultura, acuacultura y producción de biogás, cuidando aspectos sociales, institucionales y económicos, enfatizando que se requiere una cuidadosa planificación e implementación del reúso para reducir los riesgos de salud a niveles aceptables (Kalbermatten, et al, 1982, p.p. 145-152),

Estableciendo un Marco conceptual para la gestión de aguas residuales para el desarrollo de políticas eficaces de gestión sobre la definición de la zona del proyecto en base a una escala geográfica para administración y el liderazgo mediante la participación de las partes interesadas, así como la determinación de objetivos y metas considerando las opciones para la reutilización de las aguas residuales, la tecnología que se empleará en su tratamiento y la ubicación o ubicaciones de descarga a través de estudios de costo-beneficio, ante la necesidad de incorporar los principios generales gestión de los recursos integrada hídricos en la planificación de la gestión de las aguas residuales y control de la contaminación; y en respuesta semi-estructurada ante la necesidad de abordar los problemas como la calidad del agua y destinos de reúso nivel de cuenca hidrográfica; (Mariño & Boland, 1999, p.p. 23-37).

Sin embargo, esta metodología del Banco Mundial, está influenciada en la metodología de Asano, a la que Nadim Khoury y Jhon Kalbermatten recomiendan consultar para obtener una guía más detallada de elementos del desarrollo de proyectos de reutilización (Khoury et al, 1994, p.p. 27-30), ya que la establecida por el banco Mundial, como se ha señalado integra:

- i. Identificar las partes interesadas como usuarios, agencias, etc
- ii. Identificar, después de la consulta apropiada, la agencia líder para la planificación y implementación.
- iii. Desarrollar e instalar mecanismos de consulta que brinden a todas las partes interesadas la oportunidad de participar en el proceso de planificación y definir sus roles / responsabilidades en el proyecto implementación.

- iv. Garantizar oportunidades para que los usuarios del agua participen en el desarrollo del proyecto conocen los beneficios y los requisitos del riego con aguas residuales.
- v. Evaluar la organización y gestión de los organismos de ejecución y proponer cambios según sea necesario.
- vi. Identificar y desarrollar programas de seguimiento y medidas legales para su implementación y garantizar el cumplimiento de las normas de salud pública.
- vii. Determinar el mercado del agua de riego, su ubicación y los requisitos de calidad, legalmente obligatorio o como condición del uso propuesto. Los usuarios potenciales de agua de riego incluyen no solo los agricultores que producen cultivos con diferentes requisitos de calidad del agua, sino también proyectos de reforestación, parques urbanos, cinturones verdes y áreas recreativas como fútbol los campos.
- viii. Determinar los requisitos de tratamiento de aguas residuales para cumplir con la calidad del agua de riego estándares o, como alternativa, la calidad del efluente requerida para la descarga a la superficie aguas.
- ix. Preparar diseños preliminares y estimaciones para las instalaciones de tratamiento (considerando, entre otros factores, la ubicación de las instalaciones de tratamiento donde se generan las aguas residuales o donde se utilizará para riego) para descarga directa y para riego de aguas residuales.
- x. Preparar diseños preliminares y estimaciones de sistemas de riego y presupuestos agrícolas, enumerando por separado aquellos componentes necesarios exclusivamente para el riego de aguas residuales (como depósitos necesarios para almacenar aguas residuales hasta que se necesite para riego, fertilizante suplementos necesarios si los nutrientes de las aguas residuales son insuficientes para los cultivos o los rendimientos propuestos, protección de los trabajadores y programas de atención de la salud).
- xi. Estimar las necesidades de agua y fertilizantes para el proyecto de riego si se dispusiera de agua dulce utilizado, de modo que los costos y beneficios de sustituir las aguas residuales por agua dulce puedan ser determinado, si es necesario, y si hay fuentes alternativas de agua disponibles.
- xii. Estimar los beneficios económicos y financieros de conservar el agua potable que se utiliza para cultivos. Por ejemplo, podrían posponerse o posponerse nuevas

inversiones para el suministro de agua potable eliminado mediante la sustitución de las aguas residuales por uso de riego.

- xiii. Haga preguntas adicionales para identificar a los usuarios actuales de aguas residuales. Si el agua residual es utilizada actualmente, el planificador debe definir quién ganará y quién perderá si la propuesta proyecto fueron implementados. (Esto puede afectar el cumplimiento del nuevo proyecto y su éxito final.)

Es preciso establecer que los primeros Sistemas de tratamiento de agua residual modernos aparecieron a mediados del siglo XIX; sin embargo, el Reúso hídrico del agua como actividad de la ingeniería sanitaria planificada comenzó hace aproximadamente un siglo, con el uso de efluentes básicamente tratados en Estados Unidos para Irrigar Golden Gate Park en San Francisco, California (Hyde, 1937) y a partir de entonces, las aplicaciones de reúso de residual tratada y no potable han crecido sustancialmente, desde el riego del paisaje urbano hasta el riego de los cultivos alimentarios, de refrigeración termoeléctrica (Asano, et al 2007), por lo que la metodología definida principalmente por Takashi Asano y sus diferentes colaboradores a través de diferentes estudios es la más recomendada, en virtud de que integra una visión de gestión integral interdisciplinaria de las aguas residuales en el ciclo Urbano del Agua, bajo perspectivas ingenieriles enfocadas a países más desarrollados, donde se establece una secuencia asociada a los sistemas para el abastecimiento de agua en conjunto con los de saneamiento para volver a un nuevo sistema de suministro, disminuyendo los vertidos contaminantes a cuerpos receptores, mejorando los ecosistemas acuáticos al mitigar y evitar la contaminación. (Asano, 1998; Asano, 1991; Asano, 2002; Asano, & Levine, 1996)

Como la planificación de proyectos para el tratamiento y reutilización de aguas residuales tiene enfoques ambientales, sociales y económicos, la determinación de destinos de reúso e identificación de usuarios potenciales son muy importantes, por lo que el proyecto puede tener como objetivo no solo el tratamiento y disposición de las aguas residuales, sino considerar a esta como fuente no convencional alternativa de suministro de agua a destinos de uso en función de la calidad requerida, donde los usuarios aplican el criterio de aceptabilidad para consumirla (Asano y Mills 1990), por lo que determinó una propuesta de destinos de reúso de las aguas residuales tratadas que se resume en la Tabla N°. (Asano,

1991)

Tabla .- Destinos de Reúso de Agua Residuales Tratadas.

DESTINO DE REÚSO DE AGUA RESIDUAL TRATADA	RESTRICCIONES
Reúso en Irrigación agrícola  Irrigación en cultivos Viveros comerciales	Efectos por la calidad del agua, particularmente, sales, sólidos y cultivos. Comercialización de cultivos y aceptación pública.
Reúso en Irrigación en jardinería  Parques Jardines escolares Jardines en calles y vías públicas Campos de golf Cementerios Zonas verdes Jardines residenciales	Concernientes a la salud pública, relativo a microorganismos patógenos (bacterias, virus y parásitos).  Contaminación de aguas superficiales y subterráneas si no se gestiona correctamente el agua regenerada.  Aceptación pública.
Reutilización industrial  Enfriamiento Calderas Agua para el proceso industrial Construcción	Constituyentes del agua regenerada relativos a la corrosión, crecimiento biológico y residuos.  Concernientes a la salud pública, particularmente la transmisión por el aerosol de microorganismos patógenos en el agua de enfriamiento y microorganismos patógenos en varios procesos de agua.
Reúso en Recarga de acuíferos  Recarga de acuíferos Intrusión salina Control de hundimientos	Trazas de compuestos orgánicos en el agua regenerada y sus efectos tóxicos.  Sólidos disueltos totales, metales y microorganismos patógenos en el agua regenerada.
Reúso para destinos recreativos / ambientales  Lagos y lagunas Mejoramiento de humedales Aumento del caudal ecológico Acuacultura Nieve artificial	Concernientes a los riesgos en la salud pública por bacterias y virus.  Eutrofización por nitrógeno y fósforo. Estéticos incluido el olor.
Reúso para destinos urbanos no potables  Protección contra incendios Aire acondicionado Agua para sanitarios	Concernientes a la salud pública debido a la transmisión de microorganismos patógenos por aerosoles.  Efectos de la calidad del agua en la corrosión, crecimiento biológico y residuos.  Potencial riesgo en el cruce de conexiones con los sistemas de agua potable.
Reutilización potable  Mezcla en el abastecimiento de agua Conexión directa a la conducción del suministro de agua.	Trazas de compuestos orgánicos en el agua regenerada y sus efectos tóxicos.  Estéticos y de aceptación pública.  Concernientes a la salud pública en la transmisión de microorganismos patógenos incluidos los virus.

Elaboración propia a partir de Tabla de Asano, 1991,

A partir de su destino de uso, determina el tipo de tratamiento necesario en función de la zona geográfica para establecer el Sistema de Abastecimiento de Agua Residual Tratada (SAART), y tener los elementos para la realización del análisis de costes y beneficios para

las partes interesadas, para la toma de decisiones sobre la potencialidad de los proyectos. (García *et al.*, 2001; Chu *et al.*, 2003; Asano *et al.*, 2007).

Perri Standish-Lee (1997), presenta en la Conferencia Especial sobre Reutilización de Agua y Biosólidos del Foro Económico Mundial (WEF) sobre el uso de agua reciclada y biosólidos celebrada en Málaga, España, los resultados de su estudio, donde establece una metodología alternativa, basada también en los principios ingenieriles de Takeshi Asano, pero con un enfoque que añade aspectos sociales, legales y económicos, finalmente, el enfoque recomendado por el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible, dentro de la guía de negocios para la gestión circular del agua (WBSCD, 2017); alineados a la incipiente economía circular; de esta forma se integran que se muestran en la Tabla .

Tabla .- Modelos Metodológicos de Planificación y desarrollo de Proyectos de Reúso de Agua Residual Tratada.

<p style="text-align: center;"><b>BANCO MUNDIAL</b> (COLABORADORES KHOURI, 1994, MARIÑO &amp; BOLAND 1999, KALBERMATTEN, 1982)</p>	<p style="text-align: center;"><b>TAKASHI ASANO</b> CO-AUTORES (MILLS Y LEVINE)</p>
<p>Fase 1.- El Ingeniero Sanitario examina condiciones físicas y ambientales; el Economista recopila información macroeconómica, el Sociólogo hace consulta en la sociedad y la Comunidad asesora sobre prácticas.</p> <p>Fase 2.- El Ingeniero Sanitario identifica costes técnicos y de salud de alternativas factibles; el Economista identifica limitantes económicas, el Sociólogo hace listado de alternativas factibles por la sociedad e instituciones.</p> <p>Fase 3.- El Economista prepara un listado de alternativas factibles, el Sociólogo identifica la contribución de la comunidad y capacidad de endeudamiento y la Comunidad asesora.</p> <p>Fase 4.- El Ingeniero Sanitario prepara un diseño final y estimación de costes de alternativas viables; el Sociólogo concerta el plan con la participación de la comunidad y la Comunidad asesora.</p> <p>Fase 5.-El Economista prepara los costos financieros de las alternativas viables.</p>	<p>Planificación Conceptual, de Viabilidad y a Detalle.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.-Características de zona de estudio.</li> <li>2.-Características y necesidades del suministro de agua de primer uso.</li> <li>3.-Características y necesidades del suministro de ART.</li> <li>4.-Requerimientos de tratamiento para vertido y reúso específico.</li> <li>5.-Clientes potenciales de reúso de efluentes tratados.</li> <li>6.-Análisis de alternativas de proyecto y viabilidad.</li> <li>7.-Plan recomendado en base a propuestas y criterios de diseño.</li> <li>8.-Plan de Construcción y Financiamiento.</li> </ol>

Fase 6.-La Comunidad selecciona la alternativa.	
<b>PERRI STANDISH (1997)</b>	<b>CONSEJO MUNDIAL EMPRESARIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE (WBSCD, 2017)</b>
<p>1.-Mercado del Agua y Agua Residual Tratada.</p> <p>2.-Aceptación social del programa de reúso.</p> <p>3.-Calidad del Agua Residual Tratada requerida.</p> <p>4.-Restricciones legales y ambientales.</p> <p>5.-Derechos jurídicos del recurso y administración del sistema.</p> <p>6.-Análisis económico y financiero.</p>	<p>Lista de verificación 1.-Comprobación de Factores Clave de Éxito para reducir el uso del agua, reutilizar o reciclar el agua: Ayuda a las empresas a identificar si existen condiciones internas propicias para el proyecto.</p> <p>Lista de verificación 2.-Verificación reglamentaria y de calidad para reducir el uso del agua, reutilizar o reciclar el agua: Ayuda a identificar las regulaciones y sistemas internos que favorecen el proyecto.</p> <p>Lista de verificación 3.-Lista de verificación de recursos para reducir el uso del agua, reutilizar o reciclar el agua.</p> <p>Lista de Verificación 4.-Control de sensibilización para reducir el uso del agua, reutilizar o reciclar el agua.</p> <p>Lista de verificación 5.-Verificación del diálogo para reducir el uso del agua, reutilizar o reciclar el agua.</p>

Elaboración propia en base a (Standish, 1997), (Asano, 1991), (Kalbermatten, 1982) y (WBSCD, 2017).

El origen de los Modelos Metodológicos asociados a la planificación y proyectos de reúso hídrico es la Ingeniería Sanitaria y costes, donde sus principios rectores se vinculan a aspectos de los actuales grupos sectoriales de el sector salud mediante el rubro de Agua Potable, Saneamiento e Higiene (APSH), y los vinculados al sector recursos hídricos, que promueven la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), según los contextos predominantes de las partes interesadas que las promueven en cada región, por lo que, es importante cubrir este primer grupo de modelos metodológicos para evaluar la viabilidad de proyectos de reutilización de agua a nivel mundial en un grupo específico, conforme a lo que señala el Handbook on Feasibility Studies for Water Reuse Systems, 2006, p.80, lo cual se muestra en la Tabla.

Tabla .- Comparativa de Modelos Metodológicos de Planificación asociados a la Ingeniería y Costes.

ORIGEN	DESCRIPCION	BIBLIOGRAFÍA	ENFOQUE
--------	-------------	--------------	---------

Takeshi Asano y Colaboradores.	Perspectiva de Ingeniería Aplicable en países desarrollados	Asano & Mills (1990); Asano (1991); Asano & Levine (1996); Asano (1998); Asano (2001)	Evaluar el tratamiento de aguas residuales necesidades Verificar el suministro de agua y demanda Estudiar el mercado de recuperados agua Realizar una técnica y análisis económico de la alternativas Diseñar un plan de implementación, basado en un plan financiero
BANCO MUNDIAL	Multidisciplinar y Interdisciplinar Perspectiva. Aplicable en países en desarrollo	Kalbermatten (1982); Khouri (1994); Mariño (1999)	Coordinación necesaria entre especialistas, expertos en salud, sociólogos y economistas.
Perri Standish-Lee	Desarrolla el enfoque de Takeshi Asano, con un mayor peso a los aspectos sociales, legales y de mercado	Standish-Lee (1997)	Coloca mayor gran énfasis en las redes sociales y aspectos legales
Luis Seguí-Amortegui	Basado en anteriores Contribuciones y metodologías	Seguí (2004)	Perspectiva global que incluye técnico, social, económico, financiero, ambiental y legal aspectos
US EPA	Guía completa de la EPA de EE. UU. sobre la reutilización del agua, económico indirecto análisis	EPA (2004) de EE. UU.	Problemas técnicos, reutilización del agua normativas, legales e institucionales cuestiones, financiación y público programas de participación
Grupo de Trabajo de California sobre el Reúso de Agua	Recomendaciones para proyectos en reúso de agua.	California Task Force (2003)	Análisis de viabilidad económica basado sobre verdaderos beneficios y costos, incluyendo beneficios no comerciales y costos; desarrollar apropiados puntos de referencia para comparar costos incrementales de desarrollo agua reciclada con costo de otros opciones.
Análisis de Decisión Multicriterio: Boot, Electre...	Métodos de aplicación decisiones científicas mult-criterio a problemas.	Rogers (1999)	Métodos no formalizados en un marco fácilmente aplicable a proyectos ambientales

Elaboración Adaptada del Handbook on Feasibility Studies for Water Reuse Systems, 2006, p.80

Con un enfoque social, ambiental y económico con énfasis en la calidad en la prestación de servicios de agua y saneamiento, la Organización Internacional de Estandarización (ISO), mediante la Serie de Normas ISO 9001 sobre calidad, 14000 sobre medio ambiente y de

forma más especializada en la serie 24500, desarrolladas por el Comité Técnico ISO/TC 224 que se indican en la Tabla 3.3, ofrece un aporte de la normalización hacia los problemas mundiales del agua y el saneamiento, aplicable a todo tipo de empresas y sistemas de agua, donde establece un método y propone indicadores para evaluar la Componente de Desarrollo Sostenible de los Servicios de Agua Potable y Agua Residual relacionados con los preceptos de la Ecoeficiencia, y recomienda que la evaluación del progreso hacia el desarrollo sostenible esté basado en un número limitado de indicadores o combinaciones de indicadores para proveer una señal más clara de progreso, considerando lo siguiente:

- *El Componente ambiental o ecológico* del desarrollo sostenible está relacionado con el capital natural, pero también con las infraestructuras como capital específico de los cuales depende la sociedad y la economía; donde están involucrados el agua potable y la calidad del agua residual, pero también el estado del sistema de redes y las necesidades de las futuras generaciones, así como la protección de los recursos hídricos y su uso racional.
- *El Componente económico* del desarrollo sostenible trata con la viabilidad de las soluciones económicas, para asegurar el acceso al agua desde un punto de vista social y ambiental.
- *El componente social* del desarrollo sostenible se puede ver como un principio que implica que la provisión de los servicios de agua potable y agua residual tienen que pensarse en vista de la equidad social y el desarrollo.



Tabla .- Modelo Metodológico Normativo ISO asociadas a componentes de sostenibilidad hídrica.

ISO 24510:2007: Actividades relacionadas con los servicios de agua potable y de agua residual - <i>Directrices para la evaluación y la mejora del servicio a los usuarios.</i> (NMX-AA-148-SCFI-2008)	ISO 24511:2007: Actividades relacionadas con los servicios de agua potable y agua residual - <i>Directrices para la gestión de las entidades prestadoras de servicios de agua residual y para la evaluación de los servicios de agua residual.</i> (NMX-AA-149/1-SCFI-2008)	ISO 24512:2007: Actividades relacionadas con los servicios de agua potable y agua residual - <i>Directrices para la gestión de las entidades prestadoras de servicios de agua potable y para la evaluación de los servicios de agua potable.</i> (NMX-AA-149/2-SCFI-2008)
Capítulo 1.- Objeto y campo de aplicación.		
Capítulo 2.-Términos y definiciones.		
Capítulo 3.-Elementos del servicio relacionados con los usuarios.	Capítulo 3.-Componentes de los sistemas de agua residual. Capítulo 5.-Componentes de gestión de las entidades prestadoras de servicios de agua residual.	Capítulo 3.-Componentes de los sistemas de abastecimiento de agua potable. Capítulo 5.-Componentes de gestión de las entidades prestadoras de servicios de agua potable.
Capítulo 4.-Objetivos para el servicio en relación con las necesidades y expectativas de los usuarios.	Capítulo 4.-Objetivos de la entidad prestadora de servicios de agua residual.	Capítulo 4.-Objetivos de la entidad prestadora de servicios de agua potable.
Capítulo 5.- Gestión de recursos (5.3) y Gestión de infraestructura (5.4).		
Capítulo 5.- Directrices para satisfacer las necesidades y expectativas de los usuarios.	Capítulo 6.- Directrices para la gestión de las entidades prestadoras de servicios de agua residual.	Capítulo 6.- Directrices para la gestión de las entidades prestadoras de servicios de agua potable.
Capítulo 6.- Criterios de evaluación para el servicio a los usuarios. Capítulo 7.- Evaluación de los servicios de agua. Capítulo 8.- Indicadores de desempeño.	Capítulo 7.- Evaluación de los servicios de agua. Capítulo 8.- Indicadores de desempeño.	

Elaboración Propia adaptada a partir de Normas NMX-AA-148-SCFI-2008, (SE, 2009a); NMX-AA-149/1-SCFI-2008 (SE, 2009b) y NMX-AA-149/1-SCFI-2008 ((SE, 2009c).

De esta forma, capturar la dinámica del desarrollo hídrico sostenible y evaluarlo en términos de indicadores de medición que pudieran ser interpretados sin ambigüedades y comunicarse fácilmente a los formuladores de políticas públicas se considera una tarea difícil (ESCAP, 2009), por lo que se recomienda a su vez por la NMX-AA-149/1-SCFI-2008, realizar la gestión de los procesos de y dentro de las empresas de agua residual, utilizando el método

“planificar-hacer-verificar-actuar” (SE, 2009b), mejor conocido como Ciclo de Deming o de Mejora Continua, que es base para diferentes métodos de gestión en el nivel internacional se detalla conforme a:

1. *Planificar*: establecer los objetivos y procesos necesarios generar resultados de acuerdo con los requisitos del cliente, las políticas de la organización y los requisitos legales.
2. *Hacer*: implementar los procesos.
3. *Verificar*: seguir y medir los procesos y productos comparándolos con las políticas, los objetivos y los requisitos aplicables al producto e informar los resultados.
4. *Actuar*: tomar acciones para mejorar de forma continua el desempeño de los procesos.

De esta forma se observa un Modelo Metodológico general de la Organización Internacional de Estandarización (ISO), vinculante entre las series 9001, 14000 a través de la 24500, que mantiene un enfoque específico sobre calidad en la gestión con visión de ciclos de mejora en la planificación y control; protección y cuidado medio ambiental; así como en la prestación y uso de bienes y servicios de agua y saneamiento, a fin de alcanzar los objetivos de aporte a la sostenibilidad hídrica, y considerando aspectos de productividad herramientas para la competitividad, donde la NMX-AA-149/1-SCFI-2008 (SE, 2009b) se establece que se puede hacer una distinción entre aspectos cuantitativos y cualitativos de la gestión del agua para la promoción del desarrollo hídrico sostenible, al considerar las prioridades estratégicas, tales como las que se establecen en la Tabla.

Tabla.-Aspectos cuantitativos y cualitativos del Modelo Metodológico de la Organización Internacional de Estandarización (ISO) hacia la gestión del agua sostenible.

Aspectos Cualitativos	Aspectos Cuantitativos
Uso eficiente del agua	La prevención de la contaminación
Conservación y la reutilización	La separación (de flujos contaminados de flujos no contaminados)
La descarga.	La remoción de contaminantes

Elaboración Propia a partir de NMX-AA-149/1-SCFI-2008 (SE, 2009b)

Los principios de este modelo metodológico establecido por la Organización Internacional de Estandarización (ISO), se manifiestan en Organismos Operadores de Agua de América Latina que se certifican generalmente bajo Sistemas de Gestión de la Calidad, como es el caso de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D.; el cual es el organismo operador estatal encargado de brindar los mismos en la ZC-AMM, cuyos procesos de captación, conducción, almacenamiento, regulación, distribución y suministro de agua potable, no potable, residual y residual tratada se encuentran certificados ante la Norma ISO 9001:2015.

Así mismo, en Perú, (MINAM, 2009) mantienen un Modelo Metodológico el Sistema de Ecoeficiencia cuyos principios se basan en la norma 14045 de Gestión Ambiental de la Ecoeficiencia de Sistemas Productivos con un diagnóstico inicial de tipo cualitativo para luego evaluar los aspectos ambientales y conocer las mejores prácticas para internalizarla en la gestión empresarial. También establece en la Guía de para Instituciones del Sector Público, alineada a la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, un método de implementación de 4 fases: 1. conformación de un comité. 2. diagnóstico mediante el desarrollo de una línea base en la que se identifique el consumo general de recursos y la identificación de oportunidades de mejora en el uso racional de los mismos. 3. determinación de planes de viables a implementar. 4. seguimiento y monitoreo de los planes y medidas adoptadas (MINAM, 2016).

De igual forma, existen diversos modelos metodológicos de planificación de sistemas de reúso de aguas residuales tratadas, tales como el del Instituto Geológico y Minero de España, que establece criterios en general sobre tres fases sucesivas: 1) nivel conceptual, 2) investigación preliminar de viabilidad y 3) la planificación de las instalaciones. Los planteamientos están cada vez más condicionados por dos factores: los niveles crecientes de calidad exigidos para el vertido a cuerpos de agua receptores, destinos de reúso y la limitada disponibilidad de agua de fuentes convencionales para primera utilización, para hacer frente a demandas crecientes (IGME, 2011).

Por otra parte, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, (ECLAC) establece a u vez, directrices para el desarrollo de infraestructuras socialmente inclusivas, donde adopta como método para su implementación, un ciclo estratégico de cuatro etapas esenciales (ESCAP, 2011), el cual es similar al de la metodología de la Organización Internacional de

Estandarización (ISO) que integró la metodología de Deming sobre “planificar-hacer-verificar-actuar” señalada anteriormente y que se describen en la Tabla .

Tabla.- Ciclo de Planificación y Desarrollo de Infraestructuras Ecoeficientes y Socialmente Inclusivas.

<b>ETAPA A: ¿Dónde estamos ahora?</b>	<b>ETAPA B: ¿A dónde queremos ir?</b>
<p>Paso 1.- COMENZAR: Obtenga un compromiso organizado y seguro, forme un comité ejecutivo y un equipo, evaluar capacidades, planear el proceso.</p> <p>Paso 2.- IDENTIFICAR A LAS PARTES INTERESADAS: Identificar a las partes interesadas, establecer el grupo de partes interesadas, garantizar una comunicación fluida, elaborar un plan de participación.</p> <p>Paso 3.- ANALIZAR Y EVALUAR: Crear un perfil de la ciudad, identificar marcos legales y conductores de infraestructura desarrollo, realización y evaluación de la Ecoeficiencia.</p>	<p>Paso 4.- ESTABLECER UNA VISIÓN: Revise los retos principales, recopile ideas, formule una visión.</p> <p>Paso 5.- FIJE LOS OBJETIVOS: Identificar y organizar las condiciones presentes, replantear la condición presente como objetivos a alcanzar, asegurarse de que son EEs, seleccionar indicadores de medición.</p>
<b>ETAPA D: ¿Estamos llegando allí?</b>	<b>ETAPA C: ¿Cómo llegamos allí?</b>
<p>Paso 9.- MONITOREAR Y EVALUAR: Preparar un marco de monitoreo y evaluación y un plan de trabajo, decidir a quién involucrar, cuándo y cómo documentar e informar, evaluar los resultados en base al grado de cumplimiento de los objetivos establecidos.</p> <p>Paso 10.- AJUSTE Y MODIFIQUE: Dada la rápida evolución de la información, conocimientos y la realidad de las ciudades y procesos, las etapas A y B, deben revisarse y actualizarse periódicamente en función del grado de cumplimiento de los objetivos, el medio ambiente y la infraestructura, e incorporarse a los planes de desarrollo de la infraestructura y así sucesivamente.</p>	<p>Paso 6.- IDENTIFICAR ACCIONES Y ESTRATEGIAS: Genere ideas de acción para lograr sus objetivos, organizarlas, proyectar evaluar y clasificar las acciones, desarrollar estrategias.</p> <p>Paso 7.-SELECCIONE ACCIONES: Evaluar las consecuencias de las acciones, priorizar las mejores acciones y estrategias, evaluar las oportunidades de integración y perfeccionar las acciones y estrategias.</p> <p>Paso 8.- ACCIONES DE IMPLEMENTACIÓN: Identificar y abordar las brechas institucionales y de gobernabilidad, identificar las actividades principales, incorporar las acciones en los planes, programas y procesos establecidos, elaborar un plan de acción.</p>

Elaboración Propia a partir de las Directrices para el desarrollo de infraestructuras ecoeficientes y socialmente inclusivas (ESCAP, 2011).

De forma incluyente, el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible recomienda realizar, como parte de la planeación, una evaluación de la aplicabilidad mediante listas de verificación que se muestran en la Tabla 3.5, con la finalidad de identificar si existen condiciones favorables para un proyecto para el reúso del agua (WBCSD, 2017).

**Tabla .- Modelo Metodológico de Planificación y Proyectos de Reúso de Agua Residual Tratada del Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible.**

<p><b>Lista de verificación 1.- Comprobación de Factores Clave de Éxito para reducir el uso del agua, reutilizar o reciclar el agua.</b></p>	<p><b>Lista de verificación 2.- Verificación reglamentaria y de calidad para reducir el uso del agua, reutilizar o reciclar el agua.</b></p>
<p>1.-Cultura y liderazgo de la empresa: Apoyo de la alta Gerencia ganado.</p> <p>2.-Enfoque de proyecto integrado: Oportunidades para reutilizar o reciclar el agua y asegurar la sostenibilidad Integrado en las primeras fases del proyecto evaluado.</p> <p>3.-Cambio de mentalidad: La preocupación por el costo, el valor y los recursos humanos sustituidos por el conocimiento del valor potencial, los ahorros y los ingresos</p> <p>4.-Herramientas y soporte: Datos, tales como balance de agua y riesgos, proporcionados por herramientas apropiadas</p> <p>5.-Normas y puntos de referencia: Mejoras operacionales requeridas para el uso eficiente del agua en el mantenimiento de equipos de control, estrategias de control y para compartir y transferir conocimientos entre operaciones establecidas en normas y puntos de referencia.</p> <p>6.-Buen gobierno de la cuenca: Responsabilidades de los usuarios para el suministro contrato de interacción</p>	<p>1.-Sistema regulatorio: Considera el marco regulatorio existente, requisitos de calidad aptos para el propósito y riesgo regulatorio para los efluentes concentrados debido a proyectos de reutilización o reciclaje de agua determinados.</p> <p>2.-Marca mejorada: El potencial para la promoción de la capacidad de la empresa y la inversión en la protección de los suministros de agua, la re-marca de la empresa, por ejemplo, como un pionero en la reutilización del agua y los beneficios sociales y regulatorios destacó.</p> <p>3.-Tecnología y alternativas: Se consideran las tecnologías existentes y usos alternativos potenciales de los desechos (por ejemplo, utilización eficiente del agua) y aguas residuales (por ejemplo, descarga cero).</p>
<p><b>Lista de verificación 3.- Lista de verificación de recursos para reducir el uso del agua, reutilizar o reciclar el agua.</b></p>	<p><b>Lista de Verificación 4.- Control de sensibilización para reducir el uso del agua, reutilizar o reciclar el agua.</b></p>
<p>1.-Apoyo de la Dirección: Apoyo de la gestión en su lugar.</p> <p>2.-Enfoque de proyecto integrado: Oportunidades para integrar la reutilización o reciclaje del agua y la sostenibilidad en las primeras fases del proyecto evaluado</p> <p>3.-Retorno de la inversión: Plan de negocios que muestra el verdadero costo del agua, beneficios no financieros, agua asociada. Los riesgos empresariales y el reconocimiento y cálculo de los posibles fondos y donaciones preparados.</p> <p>4.-Infraestructura de sostenibilidad: Recursos potenciales y cultura de la empresa para iniciar o fortalecer Infraestructura para apoyar la reutilización o reciclaje de agua.</p> <p>5.-Sistema de mejora operacional: Sistema para mejorar las operaciones para lograr un uso eficiente del agua Mantenimiento, monitoreo, controles, y compartir y transferir conocimientos entre operaciones similares en su lugar.</p> <p>6.-Programa de monitoreo: Programa de monitoreo de recolección de insumos y datos, y evaluación de resultados y progreso en la reutilización o reciclaje de agua en su lugar.</p>	<p>1.-Base de datos de agua: Sistema de recolección y monitoreo de datos para facilitar el análisis confiable de los problemas hídricos creados e implementado</p> <p>2.-Herramientas: Los datos sobre cuestiones relacionadas con el agua elaborados con instrumentos apropiados constituyen una base para la difusión de experiencias</p> <p>3.-Aumento de la conciencia: Toda la cadena de proceso - el personal clave del sitio desde el liderazgo a los operadores - comparte una percepción común del valor del agua y prioriza la reutilización y el reciclaje del agua.</p> <p>4.-Reconocimiento del estrés hídrico: Los riesgos operacionales del estrés hídrico se reconocen y se realizan evaluando los impactos del estrés hídrico sobre las operaciones de la empresa y participando en plataformas de agua existentes.</p>
<p><b>Lista de verificación 5.- Verificación del diálogo para reducir el uso del agua, reutilizar o reciclar el agua.</b></p>	
<p>1.-Participación en plataforma compartida de usuarios de agua: Las interacciones con otros usuarios de agua en la cuenca proporcionan información sobre el balance general del agua, el impacto de la descarga de agua de la compañía y la posición de la compañía en la escala de uso del agua en la cuenca.</p> <p>2.-Conexiones con las autoridades locales del agua: El diálogo con la junta de agua, las compañías de agua y las autoridades ambientales está ayudando a facilitar la reutilización o reciclaje del agua y está animando el interés en los recursos y el conocimiento que la compañía tiene sobre el tratamiento del agua.</p>	

Elaboración Propia a partir de las Directrices para los negocios a medida: Enfoques para reducir el uso del agua, reutilización y reciclaje de agua (WBSCD, 2017)

PROPUESTA DE MODELO PLANIFICACIÓN E IMPLANTACIÓN DE PROYECTOS DE REÚSO DE AGUA RESIDUAL TRATADA PARA FORTALECER LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN LA ZC-AM DE MONTERREY.

Aguilar, (2018), afirma que el agua debe ser disponible, de calidad y accesible, sobre la base de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en su párrafo 6.4 que indica el garantizar la disponibilidad del agua mejorando *“la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial”*, en tanto que referencia a Sánchez al destacar que la potabilidad del agua no debe ser necesariamente la misma y puede ajustarse a cada uno de sus *usos esenciales*, ejemplificando ello sobre el criterio de que el agua destinada a la higiene personal puede tener unos índices de calidad menores que la que tiene como fin el consumo de las personas, y lo complementa al referir como complemento añadiendo que *el criterio de calidad se encuentra vinculado con el de aceptabilidad*.

Soares (2019), sostiene que la dimensión de *aceptabilidad* del derecho humano al agua y al saneamiento está estrechamente relacionada con las normas socioculturales que rigen los grupos sociales, de tal suerte que las instalaciones y servicios de agua y saneamiento, así como los procesos asociados al manejo, transporte y tratamiento de los residuos, deben ser aceptables desde el punto de vista cultural, lo cual es aplicable al contexto de su reúso.

En virtud de que los diferentes Modelos Metodológicos refieren a los trabajos de Takeshi Asano y colaboradores, así como del Banco Mundial para los Proyectos de Reutilización de Agua, se trabajó en conjunto con personal de las áreas operativas del Organismo Operador de Agua Estatal, en el análisis y propuesta de este modelo metodológico para su implementación a partir de las condiciones vigentes y conforme a su Sistema de Gestión de la Calidad certificado bajo la Norma ISO 9001:2015, vigente desde 2005 (SADM, 2020).

A partir de lo señalado, y de conformidad con lo establecido por el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible y la Organización Internacional de Estandarización (ISO), se presenta en el el Cuadro como propuesta, el modelo metodológico de Planeación de Proyecto de Reutilización de Agua Residual Tratada, a partir de las directrices para los negocios a medida, establecidos con el enfoque para reducir el uso del agua, reutilización y

reciclaje de agua (WBSD, 2017, pp. 32-35) y datos proporcionados por el organismo operador de su Sistema de Gestión de Calidad Institucional certificado bajo la Norma ISO 9001:2015.

Cuadro .- Propuesta derivada del Modelo Metodológico de Planeación de Proyecto de Reutilización de Agua Residual Tratada propuesto utilizando el método del WBSCD y SGC Iso Operación.

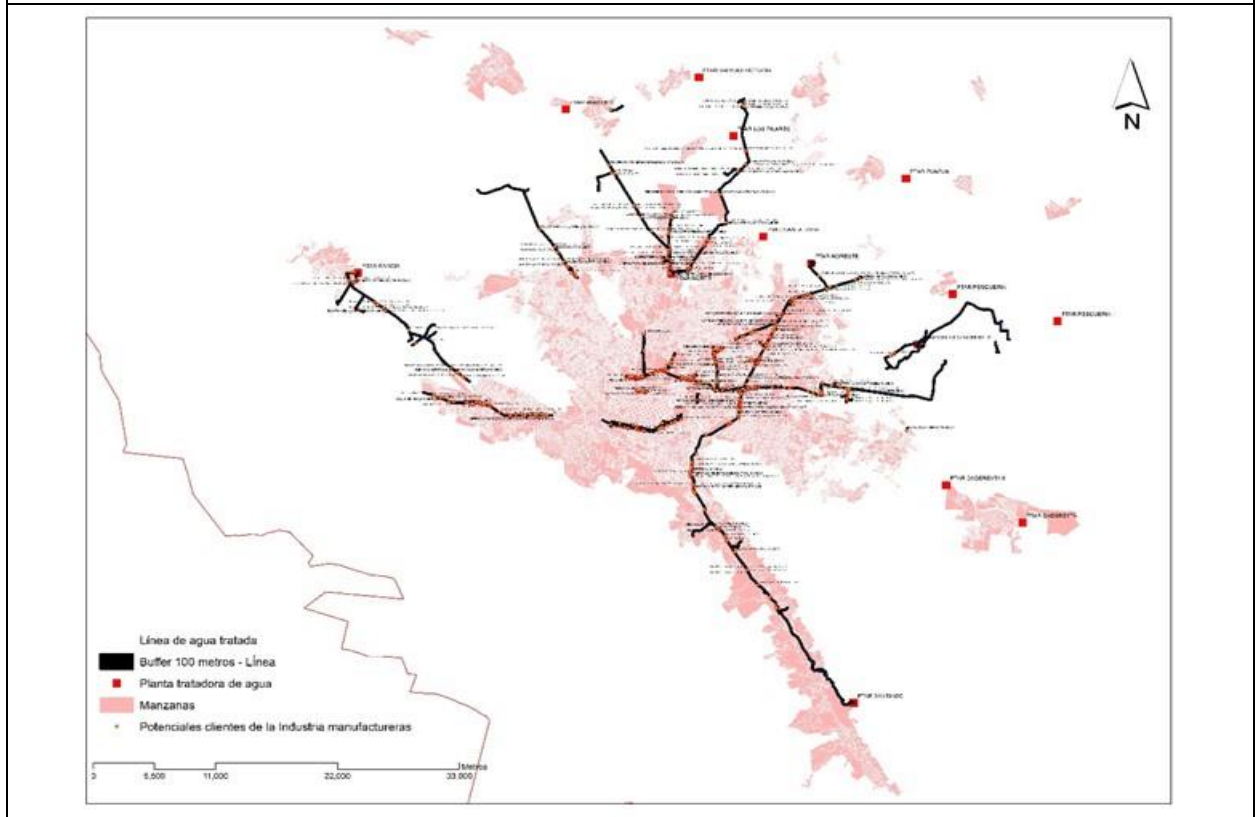
<b>Lista de verificación 1. Lista de comprobación de Factores Clave de Éxito</b>	<b>Cumple</b>	<b>Observación</b>
Cultura y liderazgo de la empresa: Apoyo de la alta Gerencia ganado.	SI	Documentado en el MC-INT-07 del Sistema de Gestión de la Calidad Certificado bajo la Norma ISO 9001:2015.
Enfoque de proyecto integrado: Oportunidades para reutilizar o reciclar el agua y asegurar la sostenibilidad Integrado en las primeras fases del proyecto evaluado.	SI	Documentado en el MC-INT-07 del Sistema de Gestión de la Calidad Certificado bajo la Norma ISO 9001:2015.
Cambio de mentalidad: La preocupación por el costo, el valor y los recursos humanos sustituidos por el conocimiento del valor potencial, los ahorros y los ingresos	SI	Documentado en el MC-INT-07 del Sistema de Gestión de la Calidad Certificado bajo la Norma ISO 9001:2015.
Herramientas y soporte: Datos, tales como balance de agua y riesgos, proporcionados por herramientas apropiadas	SI	SGC Iso Operación de SADM, 2017.
Normas y puntos de referencia: Mejoras operacionales requeridas para el uso eficiente del agua en el mantenimiento Equipos de control, estrategias de control y para compartir y transferir conocimientos entre Operaciones establecidas en normas y puntos de referencia.	SI	Documentado en el MC-INT-07 del Sistema de Gestión de la Calidad Certificado bajo la Norma ISO 9001:2015.
Buen gobierno de la cuenca: Responsabilidades de los usuarios para el suministro contrato de interacción	SI	Documentado en el MC-INT-01 al MC-INT-12 del Sistema de Gestión de la Calidad Certificado bajo la Norma ISO 9001:2015.
<b>Lista de verificación 2. Lista de verificación reglamentaria y de calidad.</b>	<b>Cumple</b>	<b>Observación</b>
Sistema regulatorio: Considera el marco regulatorio existente, requisitos de calidad aptos para el propósito y riesgo regulatorio para los efluentes concentrados debido a proyectos de reutilización o reciclaje de agua determinados.	SI	Documentado en el MC-INT-07 del Sistema de Gestión de la Calidad Certificado bajo la Norma ISO 9001:2015.
Marca mejorada: El potencial para la promoción de la capacidad de la empresa y la inversión en la protección de los suministros de agua, la re-marca de la empresa, por ejemplo, como un pionero en la reutilización del agua y los beneficios sociales y regulatorios destacó.	SI	Documentado en el MC-INT-07 del Sistema de Gestión de la Calidad Certificado bajo la Norma ISO 9001:2015.

Tecnología y alternativas: Se consideran las tecnologías existentes y usos alternativos potenciales de los desechos (por ejemplo, utilización eficiente del agua) y aguas residuales (por ejemplo, descarga cero).	SI	Documentado en el MC-INT-07 del Sistema de Gestión de la Calidad Certificado bajo la Norma ISO 9001:2015.
<b>Lista de verificación 3. Lista de verificación de recursos.</b>	<b>Cumple</b>	<b>Observación</b>
Apoyo de la Dirección: Apoyo de la gestión en su lugar.	SI	Documentado en el MC-INT-07 del Sistema de Gestión de la Calidad Certificado bajo la Norma ISO 9001:2015.
Enfoque de proyecto integrado: Oportunidades para integrar la reutilización o reciclaje del agua y la sostenibilidad en las primeras fases del proyecto evaluado.	SI	Proyecto de Mejora documentado en Revisiones Directivas de Comité de Calidad de la Dirección de Operación de SADM, EQDZ, SGC Iso Operación.
Retorno de la inversión: Plan de negocios que muestra el verdadero costo del agua, beneficios no financieros, agua asociada. Los riesgos empresariales y el reconocimiento y cálculo de los posibles fondos y donaciones preparados.	SI	Presupuesto de Gasto Corriente de la Dirección de Operación de SADM, Crédito NADBANK, Recursos de Programas Federales.
Infraestructura de sostenibilidad: Recursos potenciales y cultura de la empresa para iniciar o fortalecer Infraestructura para apoyar la reutilización o reciclaje de agua.	SI	Documentado en el MC-INT-07 del Sistema de Gestión de la Calidad Certificado bajo la Norma ISO 9001:2015.
Sistema de mejora operacional: Sistema para mejorar las operaciones para lograr un uso eficiente del agua Mantenimiento, monitoreo, controles, y compartir y transferir conocimientos entre operaciones similares en su lugar.	SI	Documentado en el MC-INT-07 del Sistema de Gestión de la Calidad Certificado bajo la Norma ISO 9001:2015.
Programa de monitoreo: Programa de monitoreo de recolección de insumos y datos, y evaluación de resultados y progreso en la reutilización o reciclaje de agua en su lugar.	SI	Documentado en el MC-INT-07 del Sistema de Gestión de la Calidad Certificado bajo la Norma ISO 9001:2015.
<b>Lista de verificación 4. Lista de control de sensibilización.</b>	<b>Cumple</b>	<b>Observación</b>
Base de datos de agua: Sistema de recolección y monitoreo de datos para facilitar el análisis confiable de los problemas hídricos creados e implementado.	SI	Documentado en el MC-INT-07 del Sistema de Gestión de la Calidad Certificado bajo la Norma ISO 9001:2015.
Herramientas: Los datos sobre cuestiones relacionadas con el agua elaborados con instrumentos apropiados constituyen una base para la difusión de experiencias.	SI	Documentado en el MC-INT-07 del Sistema de Gestión de la Calidad Certificado bajo la Norma ISO 9001:2015.
Aumento de la conciencia: Toda la cadena de proceso - el personal clave del sitio desde el liderazgo a los operadores - comparte una percepción común del valor del agua y prioriza la reutilización y el reciclaje del agua.	SI	Documentado en el MC-INT-07 del Sistema de Gestión de la Calidad Certificado bajo la Norma ISO 9001:2015 y EQDZ, SGC Iso Operación.
Reconocimiento del estrés hídrico: Los riesgos operacionales del estrés hídrico se reconocen y se realizan evaluando los impactos del estrés hídrico sobre las	SI	Documentado en el MC-INT-07 del Sistema de Gestión de la Calidad Certificado bajo la Norma ISO 9001:2015.



operaciones de la empresa y participando en plataformas de agua existentes.		
<b>Lista de verificación 5. Lista de verificación del diálogo.</b>	<b>Cumple</b>	<b>Observación</b>
Participación en plataforma compartida de usuarios de agua: Las interacciones con otros usuarios de agua en la cuenca proporcionan información sobre el balance general del agua, el impacto de la descarga de agua de la compañía y la posición de la compañía en la escala de uso del agua en la cuenca.	SI	Centro de información y Servicio de SADM y Documentado en el MC-INT-07 del Sistema de Gestión de la Calidad Certificado bajo la Norma ISO 9001:2015.
Conexiones con las autoridades locales del agua: El diálogo con la junta de agua, las compañías de agua y las autoridades ambientales.	SI	Documentado en el MC-INT-07 del Sistema de Gestión de la Calidad Certificado bajo la Norma ISO 9001:2015.

**Propuesta de Sistema de Reutilización de Agua Residual Tratada para destinos de reúso planificado directo de tipo Público Urbano complementarios al Industrial**



Elaboración propia a partir de trabajos efectuados con fines académicos con personal del Organismo Operador de Aguas Estatal.

Ante ello, se comprueba que el Reúso del Agua Residual Tratada, se puede considerar una opción viable para satisfacer necesidades complementarias al Industrial en la ZC-AMM, el cual la puede utilizar para destinos de uso diferentes a la supervivencia y uso doméstico potable, que no requieren realmente de una calidad potable, y superan por mucho la demanda de agua para esa finalidad, pero que son indispensables para la alimentación, el desarrollo, salud y cumplimiento de los derechos humanos mencionados anteriormente, por lo que es preciso considerar el modelo propuesto, *a partir del Principio de Recolección Sostenible* señalado por Herman Daly (1990), en la búsqueda del equilibrio donde la “Tasa de Recolección de Rr sea igual a la Tasa de Regeneración de Rr”, para implementar la *Estrategia Operativa del Reúso del Agua Residual Tratada como opción* para el abasto de agua sustentable en el tecno-sistema regio de la capital del Estado de Nuevo León, quien también establece que, para el logro de la sostenibilidad hídrica, es necesario romper paradigmas y brindar la misma prioridad a las fuentes no convencionales y a los sistemas de Reúso Hídrico.

#### CONCLUSIONES ASOCIADAS AL MODELO METODOLÓGICO PROPUESTO PARA LA PLANIFICACIÓN E IMPLANTACIÓN DE PROYECTOS DE REÚSO DE AGUA RESIDUAL TRATADA EN LA Z.C.AM DE MONTERREY.

En definitiva, el agua potable que actualmente disfrutamos es resultado de un tratamiento y acondicionamiento de un agua que ya fue utilizada anteriormente, es decir, un residual, lo que nos lleva a que realmente se realiza cada día el reúso del agua por el ser humano en lo que se denomina el Ciclo del Agua y, que en las ciudades o Tecno-sistemas, con infraestructura hidráulica y sanitaria, se transforma en el Ciclo Urbano del Agua, funcionando como *“un sistema de gestión del agua con enfoque de sostenibilidad debe preservar el entorno, y a la vez, proveer agua al sistema urbano”* (Rueda, 1999), por lo que el tratamiento y el reúso del agua se transforma en una acción indispensable para la Sostenibilidad, a fin de evitar un incremento en el deterioro ambiental, en la calidad de vida de la población y en la economía, clasificándose al agua residual en 2017 como un “Recurso desaprovechado” en el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. (WWAP, 2017).

De esta forma, y en base a los resultados, se demuestra que es técnicamente viable el fortalecimiento del sistema de abastecimiento de agua de la ZC-AMM, mediante la

implementación de proyectos de reuso de agua residual tratada de forma planificada directa en destinos complementarios al industrial, con la finalidad de reducir los niveles insostenibles de extracción de agua de las fuentes convencionales para preservar el entorno ambiental y, fomentar la opción de gestión de suministro de efluentes tratados a través del sistema de abastecimiento dual existente, a zonas donde habitan usuarios que, para satisfacer sus necesidades de tipo comercial, público e inclusive doméstico, no requieren de agua de calidad potable, brindándoles mejores condiciones económicas.

Sin embargo, la estrategia establecida en base al modelo metodológico propuesto para el Reúso Planificado Directo de Agua Residual Tratada (ART) para destinos de uso complementarios al industrial en un ciclo holístico urbano para el Agua Sostenible, carece de un auge de aceptación adecuado al no encontrarse una gobernanza directa estatal o nacional de obligatoriedad para ello, aunado a no contemplarse aún esa visión en procedimientos del Sistema de Gestión de la Calidad del organismo operador de agua estatal, de considerar a las “Fuentes No Convencionales y Sistema de Abastecimiento de Abastecimiento de Agua Dual Existente” para el suministro de agua residual tratada (ART) para reúso diferente al Industrial en la ZC-AMM, desestimándose el potencial de reúso de destinos público, doméstico potable y comercial, lo cual le resta valor a los “servicios ambientales” que mantienen la biodiversidad y la producción de bienes en este tecnosistema, con las implicaciones correspondientes de afectación al equilibrio ecológico de los ecosistemas de su entorno, ante escasez por sequía y crisis hídrica declarada en febrero del año 2022 (SADM, 2022b).

## **TERCERA PARTE**

### **CAPITULO V**

#### **CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

La Zona Conurbada y Area Metropolitana de la Ciudad de Monterrey cambia, pero sus problemas de Agua permanecen; por lo que es recomendable adaptarse lo antes posible a los preceptos de la Nueva Cultura del Agua y la Economía Circular vinculante al Reúso del Agua, cuya gobernanza se empieza a fundamentar mediante la reciente Ley General de Economía Circular, ya que la Incertidumbre Hídrica inherente a la sociedad regiomontana desde su contexto histórico y actual, nos orienta a que se deben integrar a todos los actores y partes interesadas para dar una solución definitiva y no mediática u políticamente correcta, a las reiterativas crisis del agua, y responder a las generaciones futuras los cuestionamientos derivados de la búsqueda del agua sostenible, y del por que se continúa con bifurcaciones que impiden consolidar el logro de las metas del Objetivo 6 (ODS6) de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y de los Derechos Humanos inherentes a ella.

A fin de consolidar lo antes expuesto, se presentan las conclusiones asociadas a los objetivos supuestos hipotéticos y preguntas de la investigación, a partir de los resultados de los estudios realizados para proponer modelos teóricos de tipo cuantitativo y cualitativo para mostrar y determinar la potencialidad que representa el reúso del Agua Residual Tratada o Regenerada como una alternativa no convencional para contribuir en la solución al problema de demanda de Agua en la ZC-AMM, enfocados a su vez para identificar que sectores o partes interesadas para ofertar agua residual tratada, tales como a usuarios no industriales, utilizando Softwares como el SIG ArcGIS, QDA Atlas.TI, y Metodologías de Planificación de Sistemas y Proyectos de Reúso de Agua, coparticipando con expertos y actuando como investigador participante, y observador.

De igual forma, se concluye, a partir de los estudios realizados, viabilidad económica, social y ambiental asociado al Reúso de Agua Residual Tratada para la ZC y AMM de la Ciudad de Monterrey, que se soporta en los modelos teóricos cualitativos y cuantitativos señalados propuestos, respecto a su contexto geográfico y socio-hidrológico de más de 5.3 Millones de habitantes en un clima semiárido con consumos de más de 12,599 litros por segundo de agua

(SADM, 2017), y hasta 16,200 litros por segundo en 2022 (SADM, 2022b), en donde a partir de los estudios de caso y códigos construidos, se logra establecer una interpretación y respuesta adecuada de los objetivos y supuestos hipotéticos de la investigación, en donde la triangulación entre los datos y resultados obtenidos mediante las diferentes técnicas y herramientas aplicadas, se alinean a la lectura consultada, y resultan hallazgos que permiten validar el supuesto de la pregunta inicial, donde desde la perspectiva social, económica y medio ambiental de las partes interesadas, el Reúso de Agua Residual Tratada (ART) si se considera como una alternativa opcional no aplicada y no convencional, que puede coadyuvar a la solución de parte de los problemas de estrés hídrico, escasez y crisis hídrica incipiente, por lo cual mantiene un enfoque asociado y vinculante con a la Sostenibilidad Hídrica (SH) y al Agua Sostenible (AS).

El manejo del recurso hídrico en contextos urbanos tiene problemáticas muy específicas que requieren de un cambio de visión hacia las fuentes no convencionales como las plantas de tratamiento de agua residual, una transformación paradigmática en cómo se aproxima el tomador de decisiones y hacedor de políticas públicas a los problemas de zonas metropolitanas en las cuales el crecimiento poblacional ha impactado la demanda de agua y por lo mismo, se generan asuntos de gravedad en relación a la gestión del vital líquido, sobre todo por el estrés hídrico que genera la creciente sobrepoblación y la expansión urbana, así como la creación de nuevos tecnocentros y zonas conurbadas donde las inequidades y marginalidad de los habitantes son notables.

Como resultados de la primera fase de la investigación efectuada, asociada al primer supuesto teórico hipotético establecido, de que *el Agua Residual Tratada mediante su reúso planeado en destinos de uso público urbano contribuye a mitigar la demanda de agua de primer uso en la ZC-AMM* y; acorde a los objetivos y cuestionamientos de la misma, en base a la articulación de la propuesta teórica y metodológica establecida, y del desarrollo del acopio y análisis de información documental sobre el paradigma del Desarrollo Sostenible, Sostenibilidad Hídrica, Gestión Holística Integral, Gobernanza, Valor del Agua, Infraestructura, Cultura y Percepciones Sociales vinculados al Agua y el Reusó, así como de haber adoptado una postura de Observador/ Observador participante con el Organismo Operador de Agua Estatal a partir de la planificación del trabajo de campo, se pudo comprobar la veracidad de la misma, a partir de ello y los estudios complementarios

realizados, ya que mediante un enfoque orientado a la gestión holística e integral sustentable del agua en su ciclo holístico urbano mediante el Reúso de Agua Residual Tratada, se mitiga la demanda social de agua de primer uso, se reduce la explotación de fuentes de agua convencionales, con beneficios económicos para el estado y usuarios.

De esta forma ha sido posible comprobar documentalmente que, si bien es cierto que el Reúso de Agua Residual Tratada tiene grandes áreas de oportunidad para lograr ser aprovechada al 100% en forma planificada directa y, suministrada a destinos complementarios al Industrial, que con tan solo con satisfacer las necesidades de volúmenes de agua de calidad no potable de tan solo 116 usuarios que lode los mas de 1,653,000 usuarios registrados por el organismo operador de agua del sistema de abastecimiento, se logró verificar que, dicho volumen de reúso permitió que durante el año 2020 se mitigara poco más del 6% del volumen de extracción enfocada a satisfacer la *Demanda Social de Agua* de una población de más de 5,325,000 habitantes que la obtiene de forma continua los 365 días del año durante las 24 horas del día desde hace mas de 20 años, lo que representa el extender lo equivalente a 22 días más el suministro durante la época actual de crisis hídrica incipiente.

Lo anterior también beneficia a la *Demanda Ambiental de Agua* del mismo ejercicio, al lograr elevar la Tasa de Regeneración al favorecerse la Reducción de Explotación de Fuentes Convencionales, llevándola de 18 Mm<sup>3</sup> en ejercicio 2015 a 27,8 Mm<sup>3</sup> en ejercicio 2020, y mantener el Caudal Ecológico de los ríos de la zona, tales como el Río Pesquería, mediante el vertimiento de alrededor de 7,200 litros por segundo para este destino y los distritos de riego.

En forma complementaria, también se benefició la *Demanda Económica*, al representar la venta del agua residual tratada (ART), ingresos de más de 200 millones de pesos para el organismo operador de agua Estatal durante el ejercicio 2020, aunado a ahorros de más de 50 millones de pesos por concepto de energía eléctrica no requerida para la extracción de fuentes convencionales, así como, coadyuvar en la producción agrícola de sorgo y maíz en la zona, cuyos ingresos fueron de más de 291 millones de pesos, representando un beneficio económico directo de mas de 500 millones de pesos para la entidad.

## **V.1 LA GOBERNANZA, REPRESENTACIONES SOCIALES, PLANEACIÓN Y POTENCIALIDAD DE SUSTENTABILIDAD HÍDRICA MEDIANTE EL REÚSO PLANIFICADO DIRECTO DE AGUA RESIDUAL TRATADA EN LA ZC-AM DE MONTERREY**

De esta forma se logra parte del Objetivo numero uno de la Investigación, al comprobar, con los datos brindados por el Organismo Operador de Agua y de la Secretaría de Economía Estatales que, con la potencialidad que representa el reúso de agua residual tratada, para que un sistema de gestión del agua con enfoque de Sostenibilidad preserve el entorno, y a la vez, proveer agua al sistema urbano (Rueda, 1999).

### **CONCLUSIONES ASOCIADAS AL ESQUEMA DE GOBERNANZA PROPUESTO**

Continuando con las conclusiones a partir de los resultados asociados al primer objetivo de la investigación, para determinar la potencialidad que tendría el Agua Residual Tratada o Regenerada como una alternativa no convencional para contribuir en la solución al problema de Demanda de Agua en la ZC-AMM, aunado al segundo objetivo que es Establecer que actores de AMM estarían dispuestos a utilizar en su Uso Diario Agua Residual Tratada, se logró comprobar el segundo supuesto teórico hipotético, el cual plantea que el *Reúso del Agua Residual Tratada tiene obstáculos o barreras de tipo simbólico social*, mediante el análisis que determina la debilidad del marco normativo como barrera social que deriva en la propuesta de un Modelo de Gobernanza del Agua que integra las partes interesadas asociados a los diversos ámbitos, con enfoque hacia el incremento del Reúso del Agua Residual Tratada para coadyuvar a la sostenibilidad hídrica local y regional, asociado a la segunda y tercera hipótesis.

Si bien, ha existido y persiste una transición desde lo que se considera un proceso anárquico hasta las bases de una Gobernanza del Agua, cuya conceptualización misma, hasta la integración de normativas y textos rectores, se enfocan al agua de primer uso y a su saneamiento, dejando de lado la Gobernanza propia del Reúso del Agua, para la cual se propone el preliminar de un modelo que integra las disciplinas social, ambiental y económica de la sostenibilidad, aunada a la política que incluyen otros modelos asociados al agua,

aunado a integrar las necesidades actuales de reúso que coadyuven a la sostenibilidad hídrica, con una visión holística que fomente el rompimiento de paradigmas y el uso de herramientas basadas en la naturaleza para el aprovechamiento de las fuentes no convencionales, como lo son las plantas de tratamiento de agua residual, cuyos Efluentes tratados, puedan ser una opción para el abastecimiento urbano en destinos de reúso complementarios al industrial.

Se concluye que los elementos del modelo propuesto pueden coadyuvar a la complementación de la gobernanza del agua en todos los ámbitos de seguridad hídrica, derechos humanos y Desarrollo Sostenible, para lo cual es recomendable generar nuevos estudios de investigación que examinen la aplicabilidad y resultados de las nuevas políticas públicas y cambios en la legislación y normativa de frente al año 2030 acorde a los desafíos derivados del fenómeno de la escasez del agua que se agravan cada día en la ZC-MM, así como en el resto del país, y que pueda servir como impulso para crear una nueva gobernanza acorde a los desafíos presentes y futuros derivados de la crisis hídrica incipiente, antes de la llegada del día cero.

De esta forma y para ello, la propuesta de fines académicos presentada, requiere como segundo paso, ser analizada y complementada por un grupo interdisciplinario entre académicos, expertos de Colegios como el de Ingenieros Civiles, Biólogos, y Economistas, etc, así como del Organismo Operador de Agua Estatal y del Normativo Federal, de la Secretaría de Desarrollo Sustentable, de la Secretaría de Salud, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, más la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en la búsqueda de la seguridad del agua sostenible.

La declaratoria de sequía extrema en la ZC-MM establecida en febrero del 2022, no solo representa una necesidad social ante la escasez, sino una verdadera emergencia ambiental y potencial emergencia sanitaria en la segunda ciudad más grande del país, lo que denota un salto hacia atrás a menos de ocho años del plazo para el cumplimiento del objetivo No. 6 de Desarrollo Sostenible, y un retraso significativo hacia el cumplimiento de los Derechos Humanos enmarcados en la Constitución, los cuales representan el máximo lineamiento de Gobernanza asociada al Agua en los niveles Nacional e internacional. ¿Que hemos hecho mal como sociedad regiomontana?; aunque sea ya un dicho muy trillado... ¡La historia nos juzgará!



## CONCLUSIONES ASOCIADAS AL MODELO DE REPRESENTACIONES SOCIALES PROPUESTO.

Cierto es que “ningún modelo teórico permite actualmente captar la articulación de lo individual y lo social en toda su complejidad, hay que buscar los modelos que son compatibles entre sí; por otra parte, así se llega a menudo a especificar mejor las condiciones de aplicación de diferentes modelos.” (Doise, 1983, p. 681), y que las representaciones sociales tienen como propiedad fundamental ser históricas (Rouquette, 1994, p.179), al permitir comprender las interacciones individuales o colectivas humanas respecto a su entorno y “hacer convencionales los objetos, personas y eventos que se encuentran en la vida cotidiana” (Materán, 2008, p.245), las cuales pueden ser convergentes o divergentes en función del contexto social, al ser en sí sistemas de opiniones, conocimientos o incluso creencias, donde el “sentido común se impone como la explicación más comprensible y determinante de las relaciones de intercambio social” (Mora, 2002, p. 23), determinadas como válidas y verdaderas por la población de estudio sobre el valor del agua y el reúso del agua residual tratada asociadas a la sustentabilidad hídrica, por lo que su teoría es aplicable al objeto del presente estudio de opiniones de la población en tiempos actuales, debido al enorme caudal de la información disponible de las opiniones, para identificarlas y asociarlas al valor del Agua y al Reúso del Agua Residual Tratada la Sustentabilidad Hídrica en la ZC y AM de Monterrey, N.L.

Del estudio para conocer la percepción que tiene la población para utilizar Agua Residual Tratada (ART) en destinos de uso urbano complementarios al industrial, así como el valor y representaciones sociales asociadas al agua, el cual se encuentra asociado al segundo y tercer supuesto teórico hipotético, se puede concluir que existen y persisten incertidumbres relacionadas con la percepción de la implementación del Reúso Directo Planeado del Agua Residual Tratada para destino de uso urbano no potable complementarios al industrial, ya que se manifiesta una *Incertidumbre Económica*, relacionada a que el precio y los costes de implementación del Agua Residual Tratada constituyen un vector primario en la valoración de esta oferta hídrica, al requerir un sistema de tuberías dual en las instalaciones internas de comercios e inclusive hogares, lo cual representa una barrera económica. Por otra parte, se

denota una *Incertidumbre de Calidad*, ya que existe desconfianza notable y desconocimiento sobre el reúso, donde la exigencia de mayor calidad derivase en incremento de costes de tratamiento, que consecuentemente podría reducir la asequibilidad del precio bajo respecto al de la potable. Por último, quedó de manifiesto una *Incertidumbre Cultural de No percepción*, manifestada como una esta paradoja donde radican ambas vías de incertidumbre, ya que desde hace mas de veinte años, la sociedad regiomontana paga por un servicio de calidad de agua potable confiable y continuo, sin experimentar faltas de agua generalizadas por los usuarios como preocupación individual y proyectada a nivel estructural por la relación contradictoria de prioridades asociadas a la Sustentabilidad Hídrica y Reúso del Agua Residual Tratada.

Se concluye, ala ahondar aún más en la identificación de obstáculos y barreras de orden simbólico social, que, el tipo de Representación Social sobre el valor del agua y el reúso del agua residual tratada asociadas a la sustentabilidad hídrica en el Area Metropolitana de Monterrey es de *Identidad Polémica*”colectiva como predominante ante los Impactos hídricos socio-ambientales preponderantes, ante el conexto como resultado de los determinismos históricos, simbólicos y sociales particulares a los cuales han estado sometidos los diferentes grupos sociales de la sociedad regiomontana, ya que el Agua está fuertemente ligada a su historia, como punto de anclaje de esta representación social.

Esta Representación Social de Identidad Polémica, mantiene un sistema central que estructura los elementos cognitivos relativos al objeto del estudio, y se encuentra integrada por componentes de diferentes subtipos de Representaciones Sociales resultantes y complementarias, pertenecientes a los enfoques procesual, estructural y/o Sociológico, donde predomina como núcleo, la Representación Social Antropocéntrica Utilitarista, la cual resulta del análisis de los resultados y asociación del consenso de la representación de opiniones de la población, la cual a su vez, constituye así la base común, colectivamente compartida, orientada a “sacar provecho del agua, de sus bienes y servicios”, dado que es por intermedio de la información captada y asociada, él que define la homogeneidad del grupo con respecto a un objeto de representación determinado.

Otras Representaciones Sociales constituyes del sistema central que brindan información en un sentido determinante e importante de la identidad social regiomontana, las cuales

complementan y desempeñan un rol en la diferenciación de la percepción asociada al valor del agua y el reúso efectivo del agua residual tratada en la búsqueda de una sustentabilidad hídrica, fueron la Representación Social Antropocéntrica Pactuada, la Representación Social Híbrida e inclusive la Representación Social Privatizadora; las cuales arrojan al núcleo, al enfocarse en “sacar provecho del agua, reconociendo los impactos al medio ambiente, aunque evidencian conocimientos ambientales en general, con discurso pro-ambientalista, elementos del derecho, desarrollo sostenible y responsabilidad ambiental social empresarial, pero enfatizando su consideración como recurso privado con servicios ambientales sujetos a las reglas del mercado, con orientación hacia la industria y lo domiciliario”, las cuales derivan del proceso de adaptación socio-cognitiva de los actores sociales del Área Metropolitana de Monterrey frente a las evoluciones de su contexto y entorno a través del tiempo, así como de las decisiones respecto a sus recursos hídricos disponibles.

La Representación Social de Identidad Polémica sobre el valor del agua y el reúso del agua residual tratada asociadas a la sustentabilidad hídrica prevaleciente en el Area Metropolitana de Monterrey, mantiene a su vez, una serie de Representaciones Sociales que conforman un tipo de sistema periférico que converge en lo deseable, que integra a través de las percepciones captadas, la aceptación de la existencia de una problemática hídrica y de opciones posibles de soluciones a las contingencias recurrentes y permite la adaptación de la representación a contextos sociales que puedan dar lugar a tomas de decisiones de posiciones, entre las que destacan las Representaciones Sociales de tipo Antropocéntrica Cultural, Globalizante, Comunitaria, Ecológica Global y Fragmentada Funcional, las cuales reconocen que se debe de hacer “énfasis en la educación ambiental, ya que la interacciones entre la sociedad y la naturaleza son clave para la supervivencia de los seres humanos; que el agua debe de tener una regulación en el uso del agua y manejo integrado con procesos participativos, que es patrimonio social, abundante y asequible, pero limitada, lo que genera incertidumbre ambiental, por lo que le asignan valores funcionales y éticos al uso del agua, planteando resolver necesidades a corto plazo”. En este sentido, estas representaciones sociales periféricas denotan la presencia de indicios de transformación ideológica que puede coadyuvar

De esta forma, se concluye también sobre la existencia menor de Representaciones Sociales que no se asocian a las opiniones y posiciones expresadas, al no resultar representativos en

los contextos sociales e ideológicos plurales captados a través de los instrumentos utilizados en la muestra de la población de estudio y sus resultados, siendo estas las Representaciones Sociales la Naturalista y Monista u Orgánica, al no detectarse opiniones o posturas asociativas que consideren que “hay que mantener a el agua en santuarios, sin humanos; o que señalen que esta tiene fuerzas espirituales que se deben reconocer y respetar, ya que su furia trae castigo a la población”, las cuales pudiesen encontrarse en otro tipo de estudio diferenciado o específico para ubicar actores sociales en situación o interacción con las mismas, por lo que no pueden descartarse completamente de su existencia dentro de la dinámica social del Área Metropolitana de Monterrey.

Estas Representaciones Sociales asociadas, “se podría decir que son la versión contemporánea del sentido común... constructos cognitivos compartidos en la interacción social cotidiana que proveen a los individuos de un entendimiento de sentido común (Moscovici,1981, pp-181- 209), que nos demuestran de cierta forma que la sociedad regiomontana parece estar inmersa en el paradigma de la *No Percepción*, es necesario que la sociedad regiomontana despierte y reconozca su realidad y, de la mano de su pasado con visión hacia el futuro, aprenda de otras sociedades que ya que reconocen al Reúso del Agua como una opción viable para satisfacer necesidades de este recurso, el cual la destina para destinos de uso diferentes y asociados a la supervivencia y uso doméstico, para el logro de la sostenibilidad hídrica, mediante el aprovechamiento de fuentes no convencionales y los sistemas de Reúso Hídrico.

De esta forma, a partir de la incipiente crisis hídrica y de los resultados del análisis de los instrumentos aplicados, se destaca que el suministro actual del agua potable, con la presión, calidad, continuidad, y servicio de 24/7 recibe, altas puntuaciones de satisfacción, capta de una manera firme la presencia del “Paradigma de la No Percepción” de la sociedad regiomontana, respecto a las condiciones de baja disponibilidad hídrica ante las condiciones del incremento de la población y sobre-explotación de sus fuentes convencionales, que la coloca en la antesala de un nuevo impacto hídrico socio ambiental preponderante.

El cumplimiento a los Objetivos 6 de la Agenda 2030, (ONU, 2015b), así como de los Derechos Humanos, se encuentran en riesgo de no poder ser cumplimentados a corto plazo en el Area Metropolitana de Monterrey ante el continuo crecimiento poblacional urbano, la

sobreexplotación de fuentes no convencionales, la crisis de insostenibilidad de los ecosistemas acuáticos y recursos naturales, cambio climático, y la falta de cuidado de los ecosistemas y biodiversidad de especies; por lo que la transformación positiva de sus Representaciones Sociales asociadas al Agua, con la finalidad de mejorar la cultura del agua en la búsqueda de una sustentabilidad hídrica y el aprovechamiento de fuentes no convencionales para el reúso efectivo del agua residual tratada como una opción potencial para su abastecimiento, es una necesidad urgente para el desarrollo sustentable.

## CONCLUSIONES ASOCIADAS AL MODELO DE SUSTENTABILIDAD HÍDRICA Y REÚSO DE AGUA RESIDUAL TRATADA EN LA ZC-AM DE MONTERREY

La formulación del modelo teórico-explicativo de Sustentabilidad Hídrica y Reúso de Agua Residual Tratada en la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey, N.L. generado en el software ATLAS.ti, sintetiza los datos a partir de la codificación de la información de entrevista, asociados al análisis de textos, memos teóricos, memos de campo, comentarios, imágenes, y videos; y relaciona las categorías con el marco teórico, donde a partir de los resultados se concluye con la formulación del modelo teórico-explicativo de Sustentabilidad Hídrica y Reúso de Agua Residual Tratada en Monterrey, que para Strauss y Corbin (2002), esta fase de teorización consiste principalmente en la construcción de significados con base a la relación de las opiniones, con una Categorización sobre la Falta de Agua, y la Codificación de la misma e Inicio de Reúso de Agua para la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, que se soporta en el marco teórico respecto a su contexto geográfico y socio-hidrológico de más de 4 Millones de habitantes en un clima semiárido con consumos de más de 12,599 litros por segundo de agua (SADM, 2017), donde se destaca la alineación entre los Códigos principales de Sustentabilidad Hídrica, Agua Residual Tratada y Monterrey y Área Metropolitana dentro de la categoría de Criterios y Políticas sobre el Agua en el Área Metropolitana de Monterrey, al asociarse con otros Códigos como Agua Residual, Reúso de Agua, Reúso en Industria, Reúso en Riego, Crecimiento, Infraestructura, Planta de Tratamiento, Desaprovechamiento, Aspectos de Reúso de Agua, y Aprovechamiento de Agua de Segundo Uso, que se alinean a lectura consultada y referida o el marco teórico y

contextual, donde García Lirios (2012), considera a la Sostenibilidad Hídrica como la distribución equitativa del agua entre las especies animales y vegetales, considerando sus necesidades y en el caso de los humanos, sus expectativas de crecimiento sin comprometer las capacidades de las generaciones de especies futuras, para satisfacer sus necesidades, y como se relacionan con el Memo Teórico 10 donde por Seguí-Amortegui, L. (2004), establece que las acciones requeridas para la optimización y gestión sostenible del agua se tornan cada vez más especializadas, pero la utilización del agua residual y el reúso de los efluentes tratados, conocidos actualmente como agua residual tratada o Aguas Regeneradas, sigue sin ser una práctica común dentro de la gestión integral del agua o ciclo urbano del agua, y donde para Tzanakakis, V.E.; Paranychianakis, N.V.; Angelakis, A.N., (2007).

Consideramos que el enfoque metodológico de la Teoría Fundamentada Aplicado a la Sustentabilidad Hídrica y Reúso de Agua Residual Tratada en la Ciudad de Monterrey, N.L. no obedece propiamente a la aplicación de procedimientos establecidos a priori, sino que se trata más bien de llevar a cabo una secuencia de reflexión crítica que nos permite como investigadores sociales, el relacionar temas de forma creativa, respondiendo a la realidad observada en un proceso investigativo sometido a constantes y diversos cambios, en donde el uso de herramientas tecnológicas como el software ATLAS.ti, nos llevaron con un rumbo hacia la determinación del Modelo que resultó de la correlación entre los hallazgos de la investigación mediante la Entrevista, la teoría y conceptos de la Lecturas Consultadas con la triangulación con lo encontrado en campo, dentro de las instalaciones e infraestructura relacionada al saneamiento y reúso de las aguas residuales regeneradas o agua residual tratada, logrando así la validación del modelo en el que como investigador, se aparece inmerso en cada una de sus fases.

Con los códigos construidos se logra establecer una interpretación adecuada de los objetivos del estudio, en donde la triangulación entre los datos brindados por el entrevistado voluntario tomador de decisiones, se alinean a la lectura consultada, y resultan hallazgos que permiten validar el supuesto de la pregunta inicial, donde desde la perspectiva del entrevistado, El Reúso de Agua Residual Tratada (ART) si se considera como una alternativa no convencional que puede coadyuvar a la solución de parte de los problemas de demanda de agua en la Ciudad de Monterrey, Nuevo León y su Zona Metropolitana, la cual mantiene un enfoque asociado y vinculante con a la Sostenibilidad Hídrica (SH).

Se puede a su vez ahora señalar que la Teoría Fundamentada puede ser utilizada en cualquier área relacionadas a la Sustentabilidad Hídrica y Saneamiento, por su relación directa a los Derechos Humanos; donde esto posibilita la construcción de nuevos referentes teóricos partiendo de la realidad y de la práctica de Ingeniería Ambiental, enriqueciendo de esta manera el saber disciplinar y transdisciplinar de las Ciencias Sociales.

#### CONCLUSIONES ASOCIADAS AL MODELO PROPUESTO PARA EL INCREMENTO POTENCIAL DE REÚSO PLANIFICADO DIRECTO DE AGUA RESIDUAL TRATADA EN DESTINOS COMPLEMENTARIOS AL INDUSTRIAL DETERMINADO MEDIANTE EL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA ZC-AM DE MONTERREY

A partir de los resultados del estudio y Modelo propuesto a través del sistema Q'GIS 3.16.2 de incremento potencial de usuarios de reúso planificado directo e intercambio a través de la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG's), se concluye que es potencialmente viable y factible el aprovechamiento del Agua Residual Tratada para suministrarse mediante el sistema de abastecimiento dual existente ante la disponibilidad potencial señalada por el Organismo Operador de contar con casi 2000 lps de ART para destinos de uso complementarios al Industrial, tales como Comercial, Público e inclusive Doméstico no potable, (LA, 2015) y considerando técnica y económicamente factible el brindar este servicio de suministro de agua residual tratada a posibles usuarios que se encuentren a una distancia de hasta 100 m del eje de la tubería de conducción y distribución dual existentes, de mas 400 colonias de la ZC- AMM que pueden tener accesibilidad, asequibilidad, adaptabilidad y aceptabilidad al reúso de agua planificado directo para destinos de reúso urbano complementario al industrial, cuyas necesidades de agua de calidad no potable tienen la opción de ser satisfechas a un costo de hasta 60% menor que el del agua potable.

Lo anterior se establece gracias a el uso de las nuevas tecnologías que representan los diferentes Sistemas de Información Geográfica (SIG's), a través de los cuales es posible visualizar y demostrar la potencialidad que representa el integrar como destinos de reúso planificado de gua residual tratada proveniente de las Fuentes No Convencionales que

representan las Plantas de Tratamiento de Agua Residual (P'tars), a la optimización del “Reúso de Agua Residual Tratada”, y ser considerados como importantes herramientas tecnológicas en la gestión integral de los recursos hídricos, siendo integradores de toda la información que contribuya al abasto de agua y desarrollo hídrico sostenible dentro de los Objetivos y Metas de la Agenda 2030.

Mediante el uso de herramientas como los Sistemas de Información Geográfica SIG's, complementado con otras herramientas tecnológicas, puede ser posible definir y utilizar modelos de tipo cuantitativo y cualitativo para mostrar la capacidad que existe en la Zona Metropolitana de Monterrey para ofertar agua residual tratada a usuarios no industriales.

Lo anterior sobre la base del análisis de datos proporcionados por el Organismo Operador, que indican que a pesar de que se trata en P'tars el 100% del agua residual que se genera en la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, solamente alrededor de un 10% del caudal tratado mantiene un reúso planificado cuyo destino principal es la industria.

De esta forma, a través del análisis de la información disponible mediante las herramientas que representan los diferentes Sistemas de Información Geográfica (SIG's), es posible visualizar y demostrar la potencialidad que representa el integrar como destinos de reúso planificado de agua residual tratada proveniente de las Fuentes No Convencionales que representan las Plantas de Tratamiento de Agua Residual (P'tars), a la optimización del “Reúso de Agua Residual Tratada”, y ser considerados como importantes herramientas tecnológicas en la gestión integral de los recursos hídricos, siendo integradores de toda la información que contribuya al abasto de agua y desarrollo hídrico sostenible dentro de los Objetivos y Metas de la Agenda 2030 y Plan Hídrico 2030 Estatal.

#### CONCLUSIONES ASOCIADAS AL MODELO METODOLÓGICO PROPUESTO PARA LA PLANIFICACIÓN E IMPLANTACIÓN DE PROYECTOS DE REÚSO DE AGUA RESIDUAL TRATADA EN LA Z.C.AM DE MONTERREY.

En definitiva, el agua potable que actualmente disfrutamos es resultado de un tratamiento y acondicionamiento de un agua que ya fue utilizada anteriormente, es decir, un residual, lo que nos lleva a que realmente se realiza cada día el reúso del agua por el ser humano en lo



que se denomina el Ciclo del Agua y, que en las ciudades o Tecno-sistemas, con infraestructura hidráulica y sanitaria, se transforma en el Ciclo Urbano del Agua, funcionando como *“un sistema de gestión del agua con enfoque de sostenibilidad debe preservar el entorno, y a la vez, proveer agua al sistema urbano”* (Rueda, 1999), por lo que el tratamiento y el reúso del agua se transforma en una acción indispensable para la Sostenibilidad, a fin de evitar un incremento en el deterioro ambiental, en la calidad de vida de la población y en la economía, clasificándose al agua residual en 2017 como un “Recurso desaprovechado” en el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. (WWAP, 2017).

De esta forma, y en base a los resultados, se demuestra que es técnicamente viable el fortalecimiento del sistema de abastecimiento de agua de la ZC-AMM, mediante la implementación de proyectos de reúso de agua residual tratada de forma planificada directa en destinos complementarios al industrial, con la finalidad de reducir los niveles insostenibles de extracción de agua de las fuentes convencionales para preservar el entorno ambiental y, fomentar la opción de gestión de suministro de efluentes tratados a través del sistema de abastecimiento dual existente, a zonas donde habitan usuarios que, para satisfacer sus necesidades de tipo comercial, público e inclusive doméstico, no requieren de agua de calidad potable, brindándoles mejores condiciones económicas.

Sin embargo, la estrategia establecida en base al modelo metodológico propuesto para el Reúso Planificado Directo de Agua Residual Tratada (ART) para destinos de uso complementarios al industrial en un ciclo holístico urbano para el Agua Sostenible, carece de un auge de aceptación adecuado al no encontrarse una gobernanza directa estatal o nacional de obligatoriedad para ello, aunado a no contemplarse aún esa visión en procedimientos del Sistema de Gestión de la Calidad del organismo operador de agua estatal, de considerar a las “Fuentes No Convencionales y Sistema de Abastecimiento de Abastecimiento de Agua Dual Existente” para el suministro de agua residual tratada (ART) para reúso diferente al Industrial en la ZC-AMM, desestimándose el potencial de reúso de destinos público, doméstico potable y comercial, lo cual le resta valor a los “servicios ambientales” que mantienen la biodiversidad y la producción de bienes en este tecnosistema, con las implicaciones correspondientes de afectación al equilibrio ecológico de los ecosistemas de su entorno, ante escasez por sequía y crisis hídrica declarada en febrero del

año 2022 (SADM, 2022b).

Aunado a los estudios referidos, la propuesta derivada del Modelo Metodológico de Planeación de Proyecto de Reutilización de Agua Residual Tratada utilizando el método del Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (WBSCD) y del Sistema de Gestión de la Calidad basado en la integración de normas de la Organización Internacional de Estandarización (ISO), el cual se encuentra certificado para el Organismo Operador de Agua Estatal, (SGC Iso Operación), mediante el cual se demuestra que es técnicamente viable el fortalecimiento del sistema de abastecimiento de agua de la ZC-AMM, mediante la implementación de proyectos de reuso de agua residual tratada de forma planificada directa en destinos complementarios al industrial, con la finalidad de reducir los niveles insostenibles de extracción de agua de las fuentes convencionales para preservar el entorno ambiental y, fomentar la opción de gestión de suministro de efluentes tratados a través del sistema de abastecimiento dual existente, a zonas donde habitan usuarios que, para satisfacer sus necesidades de tipo comercial, público e inclusive doméstico, no requieren de agua de calidad potable, brindándoles mejores condiciones económicas.

De esta forma se comprueba el segundo y tercer supuesto hipotético de la investigación, ante la existencia de obstáculos o barreras de tipo simbólico social, para aceptar agua de calidad no potable para usos que no requieren dicha calidad y superarlas, cuyas acciones implican la necesidad de transformación de índole social que requiere de cambios en la cultura de la población de la ZC-AMM, que se manifiesten en las condiciones de vida de la sociedad y su relación con el medio ambiente natural, así como cambios en las concepciones sobre los objetos sociales, como lo es el valor asociado al agua y sobre el reuso del agua residual tratada (ART) para su aprovechamiento sustentable en la ZC-AMM.

El aceptar agua de calidad no potable para usos que no requieren dicha calidad requiere de cambios en la cultura de la población de la ZC-AMM, ya que, a partir de los resultados, la Sociedad Regiomontana representada en la muestra, ante la pregunta de ¿Dónde cree que es mas importante reutilizar al agua residual tratada (ART)?, el 43% contestara que en riego e industria, un 23% en comercios y un 19% en destinos de uso doméstico no potable, lo cual se asocia con la Representación Social de tipo Antropocéntrica Utilitarista con trazas de

Representación Social Privatizadora, por lo que pareciera estar inmersa en el paradigma de la No Percepción de escasez de agua que prevalece, al contar con un servicio y suministro de agua potable continuo tras más de 20 años de la crisis hídrica, sin percatarse de que sus problemas asociados al Agua permanecen; por lo que sería imprescindible adoptar una gestión hídrica sostenible sobre la base del Valor del Agua y reorientar representaciones sociales asociadas a la misma, que la identifican como el tercer problema principal después del Aire y la Movilidad, a fin de lograr las metas y objetivos de la Agenda 2030 y Visión 2050.

Ante un comportamiento desestimativo de la realidad hídrica que prevalece a su alrededor, el ser individual y social que habita la Ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana, en medio de estos impactos hídrico socio-ambientales preponderantes recurrentes y crisis subsecuentes de disponibilidad del agua, podría no considerar al reúso de agua residual tratada como una opción para el abasto sustentable en su futuro inmediato, y afectar, ante una falta de concientización, que si bien es cierto que existe la misma cantidad de agua desde la fundación de la Ciudad, la disponibilidad que tiene él actualmente para acceder a ella, es decir, per cápita, no es la misma que tuvieron sus fundadores y, peor aún, no ser consciente de que dicha accesibilidad pudiese reducirse mucho más aún para sus descendientes en las próximas generaciones, derivado de la falta de acción en consecuencia a su realidad hídrica actual, contraviniendo los principios de sustentabilidad, lo que impediría a su vez, garantizar el derecho humano al agua en cantidad suficiente, segura, aceptable, físicamente accesible y asequible, para uso personal y doméstico, tal y como lo estipula el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas y el Artículo 4 de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos.

## **V.1 ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS RECOMENDADOS DERIVADOS DE LIMITACIONES DEL ALCANCE Y RESULTADOS**

A partir de los resultados y conclusiones mostrados y discutidos, y ante factores limitantes del alcance y condiciones que prevalecieron durante el periodo de investigación, consideramos que es necesario analizar, bajo el ámbito de la búsqueda de una seguridad hídrica sostenible, ante una crisis de escasez incipiente, opciones complementarias a la propuesta en la presente tesis, y que contribuyan a una Gestión Holística del Agua Sostenible; ya que, sobre la base de lo señalado, es imperativo re-aprender y refrendar el conocimiento adquirido a través de la historia de la gestión del agua en la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey; para ejercer de una forma optimizada, la relación de la sociedad regiomontana con el agua.

Dicho lo anterior, al considerar necesario y recomendable que, en lo social, como en lo individual, los miembros de cada una de las partes interesadas de dicha sociedad, reconozcan primeramente las fallas de su modelo racional capitalista de gestión del agua, así como su realidad ante una crisis hídrica incipiente, ya declarada como emergente en febrero de 2022 por las autoridades del Estado, y siga el ejemplo de otras sociedades, como la de las ciudades de California en Estados Unidos de América, Tel Aviv en Israel, Alicante en España, Ciudad del Cabo en Sudafrica, y Sydney en Australia, entre otras, las cuales ya reconocen ampliamente opciones complementarias inclusive al Reúso del Agua Residual Tratada (ART), como portadoras de solución viable y sostenibles, para satisfacer necesidades de este en destinos de uso consuntivo y no consuntivo del agua y, que contribuyen así a su sustentabilidad hídrica (SH) mediante la gestión holística del agua sostenible (GHAS).

El reúso planificado directo y de intercambio del Agua Residual Tratada, así como otros tipos de reúso y circularidad aplicada a la gestión hídrica, requiere una gobernanza consolidada, que no debe de ser complicada, aunque sea compleja, para ello es necesario romper paradigmas, ideas preconcebidas y estereotipos, mediante el análisis y estudios que nos faltaron de estudiar, dentro de este ámbito, lo cual de pauta y confianza legal y normativa, para avanzar hacia una Sostenibilidad Hídrica, con la visión global de aprovechar fuentes de agua, convencionales y no convencionales disponibles en el entorno de un tecno-sistema, dentro del ciclo natural y urbano del agua, lo cual permita realmente fomentar casos de éxito

y mitigar problemas coyunturales entre la sociedad y el ambiente, a partir del vínculo que representa la sustentabilidad hídrica (SH) en la gestión holística del agua sostenible (GHAS). En virtud de que lo expuesto, es preciso hacer notar que, la opción propuesta en la presente tesis, no es la solución a la problemática presentada en el caso de estudio a partir de un *Estrés Hídrico* agudo, que posee tintes de haber sido inducido su paso de Escasez Periódica a *Escasez de Agua Fabricada*, derivado de la toma de muy malas decisiones en programas hídricos gubernamentales finalmente fallidos por causa de intereses creados; cuya aberración final sería que fuese utilizada como en los obsoletos modelos reduccionistas y gobiernos prácticamente tiránicos, como dispositivo para legitimar políticas impulsadas por intereses políticos y económicos de grupos gubernamentales y empresariales, y se centre en la disposición de soluciones falaces de grandes e insustentables obras de infraestructura para satisfacer una demanda de mercado generada, donde este error podría catalizar condiciones socioambientales gradualmente devastadoras, hasta convertirse realmente en una Crisis Hídrica, con grandes consecuencias ante una disminución en la calidad y cantidad disponible de agua dulce, al grado de generar efectos nocivos para la salud humana y/o la actividad económica de la Zona Conurbada y Metropolitana de Monterrey, aún más severos de lo que se ha registrado en la historia de la relación Agua-Sociedad Regiomontana.

De esta forma, consideramos necesario ahondar en mayores estudios e investigaciones al respecto, a fin de que se genere mayor conocimiento que contribuya a la determinación y análisis de marcos, capitales, comportamientos, identidades y demás constructos sociales, económicos y ambientales existentes alrededor de la sustentabilidad y gobernanza hídrica, dentro de las teorías modernas y acceso a nuevas tecnologías.

También consideramos que es necesario ahondar en estudios y propuestas relacionados a una educación hídrica holística, que genere una reestructuración del tejido social en su relación con el agua, al denotar que los habitantes de la Ciudad se comportan respecto a su conciencia espacio-temporal conforme a los conocimientos y experiencias que han tenido o heredado de sus antepasados recientes, donde se ha tendido a olvidar las carencias y problemas derivados de los “impactos hídrico socio-ambiental preponderantes” de su historia, al hacerse común el estrés hídrico de la región, cuya infraestructura hidráulica comúnmente incrementada, ayuda a mitigar o resolver parcialmente, hasta que la problemática se agudiza al presentarse

una nueva “Escasez Periódica” que, por su desapego y falta de educación hídrica real, confunden, ante cualesquier discurso político incitador, la realidad hídrica de su entorno natural y, con lo que se les obliga a actuar en correspondencia al mismo en forma casi irracional, incrementando la demanda de agua a niveles de pánico que derivan en extracción no sostenibles de las fuentes y rebase de la capacidad de la infraestructura instalada, afectando así a los sectores más vulnerables y, perdiéndose en esta temporalidad, la conciencia que coadyuva a la sustentabilidad, y específicamente a la sustentabilidad hídrica, al ser omisos y faltos en su conciencia de la importancia de asegurar la disponibilidad mediante el uso y reúso optimizado del agua.

Cabe señalar que el Proyecto de Investigación, fue, al igual que muchos otros, trastocado en su avance y alcance inclusive, en virtud de la situación derivada de la Contingencia Sanitaria implementada en el decreto presidencial ante la presencia de la pandemia por el Virus SARS COV II (COVID-19), por lo que no fue posible efectuar algunas acciones, lo que conllevó a reprogramar o recortar metas durante su proceso.

**BIBLIOGRAFÍA.**

- Abarca, A., Alpízar, F., Sibaja, G. y Rojas, C. (2013).** Técnicas cualitativas de investigación. San José, Costa Rica: UCR.
- Abric, J.-C. (2003).** La recherche du noyau central et de la zone muette des représentations sociales. In J.-C. Abric (Ed.), *Méthodes d'étude des représentations sociales* (pp. 59-80). Ramonville Saint-Agne: Erès.
- Abric, J.-C. (2001).** Las representaciones sociales: aspectos teóricos. En J.-C. Abric (Ed.), *Prácticas sociales y representaciones*. Ediciones Coyoacán S. A. de C. V.
- Abric, J.-C. (2001b).** A structural approach to social representations. In K. Deaux & G. Philogène (Eds.), *Representations of the Social* (pp. 42-47). Oxford, UK, Malden, MA: Blackwell.
- Abric, J.-C. (1994a).** Les représentations sociales: aspects théoriques. In J.-C. Abric (Ed.), *Pratiques sociales et représentations* (pp. 11-35). Paris: Presses universitaires de France.
- Abric, J.-C. (1994b).** Méthodologie de recueil des représentations sociales. In J.-C. Abric (Ed.), *Pratiques sociales et représentations* (pp. 59-82). Paris: Presses Universitaires de France
- Abric, J. C. (1989).** L'étude expérimentale des représentations sociales. In D. Jodelet (Ed), *Les représentations sociales* (pp. 187-203). Paris: Presses universitaires de France.
- Abric, J. C. (1976).** *Jeux, conflits et représentations sociales* Thèse de doctorat es lettre, Université de Provence.
- Aguilar, Luis Fernando (2012).** “Gobernabilidad y gobernanza”, en José Ramón Cossío y Enrique Florescano (eds.), *La perspectiva mexicana en el siglo XXI*, México: fce/conaculta/Universidad Veracruzana/Secretaría de Educación de Veracruz, pp. 309-343.
- Aguilera, F. (1996).** “La economía de los trasvases: una aproximación al caso español”, Publicado como anexo en la 2ª edición de *Economía del Agua*, Aguilera F. (coordinador). Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, MAPA. Madrid. 1996, p.p. 429-484.
- Aguilera-Guzmán, R. M., Mondragón, L. y Medina-Mora, M. E. (2008).** Consideraciones éticas en intervenciones comunitarias: la pertinencia del consentimiento informado. *Salud Mental*, 31(2), 129-138.
- Alhojailan, M. I. (2012).** Thematic analysis: A critical review of its process and evaluation. In *West East Institute International Academic Conference Proceedings* (pp. 8–21). Zagreb, Croatia: West East Institute. Disponible en <http://www.westeastinstitute.com/wp-content/uploads/2012/10/ZG12-191-Mohammed-Ibrahim-Alhojailan-Full-Paper.pdf>
- Altieri, M. y Koohafkant, P. (2010).** *Globally Important Agricultural Heritage Systems: A Legacy for the Future*. Roma: Food and Agriculture Organization (FAO).
- Alzina, R, B. (2009).** *Psicopedagogía de las emociones*. Madrid-España, Ed. Síntesis, ISBN 9788497566261
- ANEAS, Asociación de Empresas de Agua y Saneamiento de México, A.C (2017).** Y en la Semana Internacional del Agua de Bakú. ANEAS, Agua y Saneamiento, 16 (71), 5.
- Angelakis, A. N. y Gikas, P. (2014).** Water Reuse: overview of current practices and trends in the world with emphasis in EU states. *Water Utility Journal*, 8: 67-78. Recuperado el 8 de febrero de 2019, de [http://www.ewra.net/wuj/pdf/WUJ\\_2014\\_08\\_07.pdf](http://www.ewra.net/wuj/pdf/WUJ_2014_08_07.pdf)
- Anguera, M.T. (1995).** La observación participante. En A. Aguirre (Ed.). *Etnografía. Metodología cualitativa en la investigación sociocultural*. Barcelona: Marcombo i Boixareu Universitaria, pp. 73-83.
- Anguera, M.T. (1985).** *Metodología de la observación en las ciencias humanas*. Madrid: Catedra, pp. 125-164 (CapVII ,VIII).

- Antón D.J. y Díaz D.C. (2000).** Sequía en un mundo de agua. Piriguazú Ediciones / CIRA-UAEM, San José / Toluca.
- Arnal, J; Del Rincón, D.; Latorre, A. (1992):** Investigación educativa. Fundamentos y Metodologías. Primers Edición. Editorial Labor, S.A. Escoles Pies, 103.08017 Barcelona, 1992. P.p. 278. ISBN: 84-335-3725-3
- Arnell, N.W., Delaney, E.K. (2006).** Adapting to climate change: Public water supply in England and Wales. *Climatic Change* 78, 227–255 (2006). <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9067-9>.
- Asano, T., Leverenz, H.L., Tsuchihashi, R., Tchobanoglous, T. (2007).** Water Reuse. New York, E.U.: McGraw-Hill.
- Asano, T. (2002).** Water from (waste) water – The dependable water resource (The 2001 Stockholm Water Prize Laureate Lecture)”. *Water Science & Technology*, Apr 2002, 45 (8): 23-33
- Asano, T. (Editor) (1998).** Wastewater Reclamation and Reuse. Vol. 10. Water Quality Management Library. Technomic Publishing Inc. Lancaster, PA EE.UU.
- Asano, T y Levine, A. (1996).** Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse: Past, Present and Future”, *Water Science and Technology*, 33 (10-11): 1-14. doi: 10.1016/0273-1223(96)00401-5
- Asano, T. (1991).** Planning and implementation for water reuse projects. *Water Science and Technology*, Nov 1991, 24 (9): 1-10, IWA Austria: Board. Recuperado el 10 de julio de 2021, de <http://wst.iwaponline.com/content/24/9/1>
- Asano, T. y Mills R. (1990).** Planning and Analysis for Water Reuse Projects. *Journal American Water Works Association*. vol.82, no.1. pag. 38-47.
- Asch, S. E. (1946).** Forming impressions of personality. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 41, 258-290.
- Ashraf, S., AghaKouchak, A., Nazemi, A. et al. (2019).** Compounding effects of human activities and climatic changes on surface water availability in Iran. *Climatic Change* 152, 379–391 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2336-6>
- Ashraf, B., AghaKouchak, A., Alizadeh, A. et al. (2017).** Quantifying Anthropogenic Stress on Groundwater Resources. *Sci Rep* 7, 12910 (2017). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12877->
- Ávila García, P. (2008).** El agua y la ciudad: nuevos enfoques para su estudio. In D. Soares, S. Vargas, & M. R. Nuño (Eds.), *La Gestión de los Recursos Hídricos: Realidades y Perspectivas*. Tomo 1 (pp. 151–190). Jiutepec, Morelos y Guadalajara, Jalisco: SEMARNAT. IMTA. U de Guadalajara.
- AWWA, American Water Works, Association (2016).** Potable Reuse 101: An innovative and sustainable water supply solution. Recuperado el 13 de junio de 2020, de <https://www.awwa.org/Portals/0/files/resources/water%20knowledge/rc%20reuse/Potable%20Reuse%20101.pdf>.
- AWWA, American Water Works Association (2009).** American Water Works, Association, Planning for the Distribution of Reclaimed Water. Manual M24, Third Edition, E.U: AWWA.
- Banch, M. A. (2000).** Aproximaciones procesuales y estructurales al estudio de las representaciones sociales. *Papers on social representations*, (9), 3.1-3.15.
- Bakker, K., & Morinville, C. A. (2013).** The governance dimensions of water security: areview. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 371(20130116), 1–18.
- Benson, D., Gain, A. K., & Rouillard, J. J. (2015).** Water Governance in a Comparative



- Perspective: From IWRM to a “Nexus” Approach? *Water Alternatives*, 8(1), 756–773.
- Berdonces, J. (2008).** La problemática del tratamiento del agua potable. *Revista Medicina Naturista* 2(2): 69-75.
- Bertalanffy, L. (1976).** Teoría General de los Sistemas. Fundamento, desarrollo y aplicaciones. Primera edición en español, México, D.F.: Fondo de Cultura Económica, S.A.
- Beveridge, R., & Monsees, J. (2013).** Bridging parallel discourses of Integrated Water Resources Management (IWRM): institutional and political challenges in developing and developed countries. *Water International*, 37(7), 37–41.
- Bevir, M., Rhodes, R. A. W., & Weller, P. (2003).** Traditions of governance: Interpreting the changing role of the public sector. *Public Administration*, 81(1), 1–17.
- Biel, A., & Gärling, T. (1995).** The role of uncertainty in resource dilemmas, *Journal of Environmental Psychology*, Volume 15, Issue 3, 1995, Pages 221-233, ISSN 0272-4944, [https://doi.org/10.1016/0272-4944\(95\)90005-5](https://doi.org/10.1016/0272-4944(95)90005-5).
- Biswas, A. K., & Tortajada, C. (2010).** Future Water Governance: Problems and Perspectives. *International Journal of Water Resources Development*, 26(May 2015), 129–139. doi:10.1080/07900627.2010.488853
- Biswas, A. K., & Tortajada, C. (2009a).** Evaluation of Global Megaconferences on Water. In *Impacts of Megaconferences on the Water Sector* (pp. 145–159). Dordrecht: Springer.
- Biswas, A. K., & Tortajada, C. (2009b).** Impacts of Megaconferences on Global Water Development and Management. In A. K. Biswas & C. Tortajada (Eds.), *Impacts of Megaconferences on the Water Sector* (pp. 3–22). Dordrecht: Springer Publishers.
- Biswas, A. K. (2008).** Integrated Water Resources Management: Is it Working? *International Journal of Water Resources Development*, 24(1), 5–22. doi:10.1080/07900620701871718
- Blasco, J., (2000).** Los artefactos y sus proyectos. POLITEXT Àrea d’Enginyeria Mecànica. Barcelona-España: Ediciones UPC. 399 pp.
- Blaser, M. (2014).** “Ontology and Indigeneity: On the Political Ontology of Heterogenous Assemblages”. *Cultural Geographies* 21 (1): 49-58. <https://doi.org/10.1177/1474474012462534>.
- Blaser, M. (2009).** “Political Ontology. Cultural Studies without ‘Cultures’?”. *Cultural Studies* 23 (5): 873-896. <https://doi.org/10.1080/09502380903208023>.
- Bourdieu, P. et al (1975).** El oficio de sociólogo. México: Siglo XXI. *Comunicação & Comunicaçao & Sociedade* (1996). O pensamento latinoamericano em comunicaçao, 25.
- Bueno, J. (2009).** Agua Residual Tratada, Estudio de Diagnóstico e Ingeniería de la Flujometría de SADM., Monterrey, México: Regio servicio ambiental
- Braun, V., & Clarke, V. (2006).** Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. doi:10.1191/1478088706qp063oa V. Braun y V. pág. 87
- Castro, J. E., Kloster, K., & Torregrosa, M. L. (2004).** Ciudadanía y gobernabilidad en México: El caso de la conflictividad y la participación social en torno a la gestión del agua. In L. Aboites Aguilar, B. Jimenez Cisneros, & M. L. Torregrosa Armentia (Eds.), *El Agua en México Vista desde la Academia* (pp. 339–369). Ciudad de México, México: Academia Mexicana de Ciencias.
- CESOP, Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública (2017).** El agua residual en el marco del Día Mundial del Agua. (22 de Marzo). Recuperado el 20 de julio de 2018, de [www5.diputados.gob.mx/.../CESOP-IL-14-EC71ElAguaResidual-20170228.pdf](http://www5.diputados.gob.mx/.../CESOP-IL-14-EC71ElAguaResidual-20170228.pdf) CESOP,
- Cirilo, J., Cabral, J., Silva Pereira J. (2007).** Sobre la importancia de la reutilización de manera global, *O Uso Sustentável dos Recursos Hídricos em Regiões Semi-Áridas*, Recife, Brasil: Universitária UFPE.

- Coleman, T. (2012).** Who Owns the Water? An Analysis of Water Conflicts in Latin American and Modern Water Law,” *Intersections, Journal, University of Washington, Seattle*, Volume 12, Number 2 (Spring 2012), p.p. 1-19.
- Cotes, A. y Cotes, J. (2005).** El Problema de la Sostenibilidad dentro de la Complejidad de los Sistemas de Producción Agropecuarios. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 58(2), 2813-2825. Recuperado el 22 de marzo de 2018, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-28472005000200002&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472005000200002&lng=en&tlng=es).
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua (2020).** Programa Nacional Hídrico 2020-2024. Programa Especial Derivado del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, CDMX: SEMARNAT. Recuperado el 12 de marzo de 2021 de <https://www.gob.mx/conagua/documentos/biblioteca-digital-2020> y de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5609188&fecha=30/12/2020](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609188&fecha=30/12/2020)
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua (2016a).** Estadísticas del Agua en México Edición 2016. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, CDMX: SEMARNAT. Recuperado el 12 de marzo de 2019 de [http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2016.pdf](http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2016.pdf)
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua (2016b).** Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento, Libro 31. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Zonas Rurales, Periurbanas y Desarrollos Ecoturísticos, Edición 2016. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, CDMX: SEMARNAT. <https://www.gob.mx/conagua/documentos/biblioteca-digital-de-mapas>.
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua (2016c).** Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento, Libro 35. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Procesos Avanzados con fines de Reúso, Edición 2016. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, CDMX: SEMARNAT. <https://www.gob.mx/conagua/documentos/biblioteca-digital-de-mapas>.
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua (2016d).** Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento, Libro 38. Alternativas tecnológicas de tratamiento de aguas residuales para la recarga artificial de acuífero, Edición 2016. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, CDMX: SEMARNAT. <https://www.gob.mx/conagua/documentos/biblioteca-digital-de-mapas>.
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua (2015).** Atlas del Agua en México 2015. Edición 2015. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, CDMX: SEMARNAT. Recuperado el 8 de mayo de 2018, de <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/publicaciones/publicaciones/atlas2015.pdf> y de <http://gisviewer.semarnat.gob.mx/aplicaciones/Atlas2015/agua.html>
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua (2011).** Agenda del Agua 2030. México, D.F.: SEMARNAT, Recuperado el 8 de mayo de 2018, de [www.conagua.gob.mx/conagua07/publicaciones/publicaciones/sgp-10-12baja.pdf](http://www.conagua.gob.mx/conagua07/publicaciones/publicaciones/sgp-10-12baja.pdf)
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua (2010).** Los Consejos de Cuenca: Presente y futuro. Ciudad de México: Gerencia de Consejos de Cuenca, Comisión Nacional del Agua.
- SEMARNAT-CONAGUA, Comisión Nacional del Agua (2004).** Estadísticas del Agua en México, Edición 2004, México: CNA, 2004. Comisión Nacional del Agua, ISBN 968-817-601-X, México, D.F.
- CONAPO, Consejo Nacional de Población (2012).** Sistema Urbano Nacional 2012, Secretaría de Desarrollo Social, Catálogo. México, 2012. p. 13
- Cullis, J., Strzepek, K., Tadross, M. et al. (2010).** Incorporating climate change into water resources planning for the town of Polokwane, South Africa. *Climatic Change* 108, 437–

- 456 (2011). <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9891-9>
- Craig B.s, et al, (2008).** “El cambio climático y el agua”, Documento técnico (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Ginebra (Suiza), 2008).
- Cheng, H., Hu, Y. (2012).** Improving China’s water resources management for better adaptation to climate change. *Climatic Change* 112, 253–282 (2012). <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0042-8>
- Chocie, Z. N. (2013).** The Human Right to Water and Water Security. McMaster University, Recuperado el 12 de Agosto de 2019 de <https://macsphere.mcmaster.ca/bitstream/11375/12776/1/fulltext.pdf>
- Chu, W., Wang, J., & Kao, C. (2003).** A Simplified Risk- Based Approach for Process Screening in Municipal Wastewater Reclamation and Reuse. *Water Science and Technology*. Vol. 47, No. 1, pp. 257-262.
- Chulluncuy, Nadia C. (2011).** Tratamiento de agua para consumo humano. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. *Ingeniería Industrial* n° 29, 2011, ISSN 1025-9929, pp. 153-170). Extraído el día 2 de noviembre de 2020 de: [http://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria\\_industrial/article/viewFile/232/208](http://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/viewFile/232/208).
- Daly, H. (1990).** Sustainable Development: From Concept and Theory to Operational Principles. *Population and Development Review*, 16, 25-43. doi:10.2307/2808061
- Dautant, R. (2016).** El Uso Seguro del Agua Residual Tratada: Aspecto Fundamental en la Nueva Cultura del Agua en Uso Seguro de Agua para Reúso de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental; Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Programa Hidrológico Internacional en América Latina y el Caribe, Ed. JAVEGRAF, Primera Edición, 2016, pp. 17-29.
- Del Rincón, D.; Arnal, J; Latorre,A.; Sans, A. (1995):** Técnicas de investigación en ciencias sociales. Madrid. Dykinson.
- De Landdsheere, G. (1994):** La etnometodología, vía privilegiada de la investigación sobre la educación personalizada. En GARCÍA HOZ, V. (Dir.), *Problemas y métodos de investigación en educación personalizada*. Madrid, Rialp, 330-342.
- Domínguez, J., Martínez, D., Palacios, A., & Peña, A. (2013).** El monitoreo social del derecho humano al agua y saneamiento. Ciudad de México: El Colegio de México, Instituto Nacional de Desarrollo Social.
- Doise, W., Clémence, A., & Lorenzi-Cioldi, F. (2005).** Representaciones sociales y análisis de datos. Instituto Mora.
- Doise, W. (1983).** “Tensiones y explicaciones en Psicología social experimental”. En *Revista Mexicana de Sociología*. México: UNAM.
- Dicico-Bloom, B., & Crabtree, B. F. (2006).** The qualitative research interview. *Medical Education*, 40(4), 314–21. doi:10.1111/j.1365-2929.2006.02418. x
- DOF, Diario Oficial de la Federación (2020).** Acuerdo de carácter general de inicio de emergencia por ocurrencia de sequía severa, extrema o excepcional en cuencas para el año 2020. Recuperado el 12 de junio de 2020, [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5591407&fecha=09/04/2020](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5591407&fecha=09/04/2020)
- DOF, Diario Oficial de la Federación (2016).** ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas superficiales nacionales de las 731 cuencas hidrológicas que comprenden las 37 regiones hidrológicas en que se encuentra dividido los Estados Unidos Mexicanos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, Recuperado el 12 de septiembre de 2018, de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5428971&fecha=08/03/2016](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5428971&fecha=08/03/2016)
- DOF, Diario Oficial de la Federación (2012).** Decreto por el que se reforma el Artículo 4° de

la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y Tercero Transitorio de la reforma Constitucional publicada el 8 de febrero de 2012 en el Diario Oficial de la Federación. México, D.F.: DOF.

- DOF, Diario Oficial de la Federación (2011).** Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de la Región Hidrológica número 24 Bravo-Conchos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT, Recuperado el 14 de septiembre de 2019, de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5192916&fecha=02/06/2011](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5192916&fecha=02/06/2011).
- DOF, Diario Oficial de la Federación (1917).** Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [México], 5 Febrero 1917, Recuperado el 14 de septiembre de 2019 disponible en: <https://www.refworld.org/es/docid/57f795a52b.html>,
- Durkheim, É. (1898).** Representations individuelles et représentations collectives. *Revue de Méthaphysique et Morale*, 6, 273-302
- Durkheim, É. (1895).** *Las reglas del método sociológico.* Barcelona, **Altaya, 1994.**
- Dourojeanni, A. (2011).** Carta Circular N° 34, Red de Cooperación en la Gestión Integral de Recursos Hídricos para el Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe. Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile: CEPAL.
- Effy Oz, (2008).** Administración de sistemas de información”, Thomson/Cengage Learning Editores, S.A., México, 2008, 5Ed. ISBN-13: 978-607-481-434-7. P800.
- Ehrlich, Paul; Walker, Brian (1998).** Rivets and Redundancy. *BioScience*, vol.48 no. 5. Mayo de 1998. pp. 387. American Institute of Biological Sciences.
- ELSS, Encyclopedia of Life Support Systems, (2017).** Definition Life Support System, Recuperado el 5 de mayo de 2019 de [http://www.eolss.net/eolss\\_definition.aspx](http://www.eolss.net/eolss_definition.aspx)
- Engels, F. (2014).** Anti-Dühring 1878 o La revolución de la ciencia de Eugen Dühring, , Fundación Federico Engels, ISBN: 978-84-96276-99-4
- EPA, Enviromental Protection Agency, (SF).** Introducción a la Ley de Agua Limpia, Recuperado el 22 de marzo de 2019, de [https://cfpub.epa.gov/watertrain/pdf/modules/Introduccion\\_a\\_la\\_Ley\\_de\\_Aqua\\_Limpia.pdf](https://cfpub.epa.gov/watertrain/pdf/modules/Introduccion_a_la_Ley_de_Aqua_Limpia.pdf).
- EPA, Environmental Protection Agency, (2012).** Guidelines for Water Reuse 2012 CDM, Smith, EEUU, Massachusetts, Recuperado el 22 de agosto de 2018, de <https://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/P100FS7K.pdf>
- Espitia, N.; Naranjo, J. (2020).** Las representaciones sociales del agua: herramientas para determinar un comportamiento pro-ambientalista, *Revista Producción +Limpia*, Vol. 15, No. 1, 2020, Corporación Universitaria Lasallista, Editorial Lasallista DOI: 10.22507/pml.v15n1a5
- ESCAP, United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, (2011).** Are we building competitive and liveable cities? Guidelines for developing eco-efficient and socially inclusive infrastructure, Environment and Development Division, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean, UN ST/ESCAP/ - ISBN 978-974-680-291-8, Bangkok, Thailand: United Nations.
- ESCAP, United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, (2009).** Eco-efficiency Indicators: Measuring Resource-use Eco-efficiency and the Impact of Economic Activities on the Environment. UN, Environment and Development Division, Bangkok, Thailand: United Nations.
- Enroth, H. (2014).** Governance: The art of governing after governmentality. *European Journal of Social Theory*, 17(1), 60–76. doi:10.1177/1368431013491818
- Evans-Pritchard, Edward Evan (1965).** *Antropología social.* Buenos Aires, Nueva Visión, 1965

- FAO. (2018).** Progresos en el nivel de estrés hídrico: valores de referencia mundiales para el indicador 6.4.2 de los ODS. Roma. FAO y ONU-Agua. P. X. 58 pp. PLicencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- FAO. (2013).** Progresos en el nivel de estrés hídrico: valores de referencia mundiales para el indicador 6.4.2 de los ODS. Roma. FAO y ONU-Agua. P. X. 58 pp. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- FAMM Fondo de Agua Metropolitano de Monterrey (2018).** Plan Hídrico Nuevo León 2050, Recuperado el 8 de septiembre de 2019, de [https://conl-mx.s3.amazonaws.com/documents/document\\_files/000/000/306/original/PHNL2050.pdf?1646230310](https://conl-mx.s3.amazonaws.com/documents/document_files/000/000/306/original/PHNL2050.pdf?1646230310)
- Fereday, J. (2006).** Demonstrating rigor using thematic analysis: A hybrid approach of inductive and deductive coding and theme development. *International Journal of Qualitative Methods*, 5(1), 80–92.
- Flament, C. (2001).** Estructura, dinámica y transformación de las representaciones sociales. En J. C. Abric (Comp.), *Representaciones y prácticas sociales* (pp. 33-52). México: Coyoacán.
- Flament, C. (1986).** L'analyse de similitude: une technique pour les recherches en sciences sociales. In W. Doise & A. Palmonari (Eds.), *L'étude des représentations sociales* (pp. 139-156). Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- Flament, C. (1981).** L'analyse de similitude: une technique pour la recherche sur les représentations sociales. *Cahiers de psychologie cognitive*, 1(4), 375-395.
- Flick, U. (2014).** La triangulación de la investigación cualitativa y cuantitativa”, en Uwe Flick *La gestión de la calidad en investigación cualitativa*, Madrid: Morata. Cap. 7 Pp. 122-141
- Frederick K.D. (1993)** Climate Change Impacts on Water Resources and Possible Responses in the MINK Region. In: Rosenberg N.J. (eds) *Towards an Integrated Impact Assessment of Climate Change: The MINK Study*. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-2096-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-94-011-2096-8_5)
- Falkenmark, M. (2013).** Growing water scarcity in agriculture: future challenge to global water security. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 371(20120410), 1–14.
- Fischer, F., Miller, G. J., & Sidney, M. S. (Eds.). (2007).** *Handbook of Public Policy Analysis: Theory, Politics and Methods*. Boca Raton, FL: CRC Press/Taylor & Francis Group.
- Fung, A., & Wright, E. O. (2003).** Thinking about empowered participatory governance. En Fun, A., & Wright E. O. (Eds.), *Deeping democracy* (pp. 3-44). Londres: Verso.
- García, C. (2012).** Los constructos de la sustentabilidad hídrica. *Revista Economía Política y Sistema Mundial*, Marzo, 2012, Volumen 3, p.p.1-19. Recuperado el 8 de septiembre de 2018, de <http://www.eepsys.com/es/los-constructos-de-la-sustentabilidad-hidrica>.
- García, J., Mujeriego, R., OBIS, J.M., and BOU, J. (2001).** Wastewater Treatment for Small Communities in Catalonia (Mediterranean Region). *Water Policy*. Vol. 3, No. 4, 2001, pp. 341-350.
- Gasson, B. (2002).** *Towards Ecologically Sustainable Cities: A Conceptual Framework and a Case Study*, presentado para el Institute Enviromental and Recreational Management en el 40th Congreso Bi-Anual con el tema: “Green Cities, Sustainable Cities”, realizado en Midrand, del 18-21 de Noviembre, Recuperado el 2 de marzo de 2018, de <http://www.ierm.org.za/LibraryReports/ConventionDocuments.aspx>
- GBM, Grupo del Banco Mundial. (2016).** Alto y seco: cambio climático, agua y economía. Banco Mundial, Washington, DC. © Banco Mundial. Recuperado el 25 de junio de 2021 de <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/23665> Licencia: CC BY 3.0 IGO”.
- Gibbs, G. R. (2007).** *Analyzing qualitative data*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

- Giménez, G. (2007).** Estudios sobre la cultura y las identidades sociales. Ciudad de México: Conaculta-Iteso.
- Girard, L.F. & Nocca, F. (2019).** Moving towards the circular economy/city model: which tools for operationalizing this model? *Sustainability*, 11(6253), 2-48. Recuperado el 25 de junio de 2021 de <https://doi.org/10.3390/su1122625>
- Glaser, B. & Strauss A. (1967).** El desarrollo de la teoría fundada. Chicago, Illinois: Aldine.
- Guhl, E. (2008).** Hacia una gestión integrada en la región Andina (Documento técnico). Bogotá: Comunidad Andina.
- Guimelli, C. (1998).** Chasse et nature en Languedoc. Etude de la dynamique d'une représentation sociale chez des chasseurs languedociens. Paris: L'Harmattan.
- Hanak, E., Lund, J.R. (2012).** Adapting California's water management to climate change. *Climatic Change* 111, 17-44 (2012). <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0241-3>
- Hernández Hernández, Armando; Victoria León, Ricardo (2006).** Reutilización del agua residual tratada en la Unidad Académica Profesional Amecameca de la UAEM en la producción de *Cyprinus carpio specularis* para consumo humano REDVET. *Revista Electrónica de Málaga, España Veterinaria Organización Veterinaria*, vol. VII, núm. 7, julio, 2006, pp. 1-25
- Herrera, E. (2004).** Tutoría de la Investigación Científica. Diemerino Editores. Quito-Ecuador
- Hellegers, P. (2007).** La importancia de conocer el valor del agua de riego, en *Economía del Agua: Escasez del agua y su demanda doméstica e industrial en Áreas Urbanas*; Coordinadores Morales, J. y Rodríguez L, 2007, Cámara de Diputados LX Legislatura, Universidad Autónoma Metropolitana, Ed. Porrúa, 1 Ed, p.p. 93-102
- Himley, M. (2008).** Geographies of environmental governance: The nexus of nature and neoliberalism. *Geography Compass*, 2(2), 433-451. doi:10.1111/j.1749-8198.2008.00094.x
- Holdren, J., Gretchen, C., Herlich, P. (1995).** The Meaning of Sustainability: Biogeographical Aspects, Mohan Munasinghe-Walter Shearer, Editors, Distributed for the United Nations University by The World Bank Washington, D.C., Recuperado el 6 de abril de 2017, de <http://jayhanson.us/page113.htm>
- Holliday, C.O., Schmidheiny, S. & Watts, P. (2002).** *Walking the Talk, The Business Case for Sustainable Development*. Sheffield, UK: Greenleaf Publishing.
- Huitema, D., Mostert, E., Egas, W., Moellenkamp, S., Pahl-Wostl, C., & Yalcin, R. (2009).** Adaptive Water Governance: Assessing the Institutional Prescriptions of Adaptive (Co-) Management from a Governance Perspective and Defining a Research Agenda. *Ecology and Society*, 14(1), 26. Retrieved from <Go to ISI>://000267846300017
- Huibers, F. P., Moscoso, O., Duran, A., & van Lier, J. B. (2004).** The use of wastewater in Cochabamba, Bolivia: A degrading environment. In C. A. Scott, N. I. Farugui, & L. Raschid-Sally (Eds.), *Wastewater Use in Irrigated Agriculture: Confronting the Livelihood and Environmental Realities* (pp. 135-144). CABI/IDRC. <https://doi.org/10.1079/9780851998237.0135>
- Hwang, S. (2007).** Utilizing qualitative data analysis software: A review of ATLAS.ti. *Social Science Computer Review*, 26(4), 519-527. doi:10.1177/0894439307312485
- Hyde, C.G. (1937).** The Beautification and Irrigation of Golden Gate Park with Activated Sludge Effluent. *Sewage Works Journal*, 9(6): 929-941.
- IGME, Instituto Geológico y Minero de España, (2011).** Reutilización de las aguas residuales, Libro 33, Capítulo II: 8-14, Recuperado el 2 de mayo de 2018, de [http://aguas.igme.es/igme/publica/libro33/pdf/lib33/cap\\_1.pdf](http://aguas.igme.es/igme/publica/libro33/pdf/lib33/cap_1.pdf),
- IMTA. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (1999),** El Reúso del Agua en México: Estrategia de Calidad, presentado en el 42º Congreso Internacional ACODAL, Hacia la Calidad: Necesidad para el Próximo Milenio, Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria

- y Ambiental, Barranquilla, Colombia, Recuperado el 23 de marzo de 2019, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal42/reuso.pdf>
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2021).** Censo de Población y Vivienda 2020, México, INEGI. Consultado del 5 de mayo de 2021 en [https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/632/related\\_materials?idPro=](https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/632/related_materials?idPro=)
- INEGI, Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. (2020).** Directorio Estadístico de Unidades Económicas del INEGI DENU. Recuperado el 10 de junio de 2020.
- INEGI, Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. (2017).** Anuario Estadístico y Geográfico de Nuevo León. Recuperado el 10 de marzo de 2018, de [https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/anuarios\\_2017/702825094911.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825094911.pdf)
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010).** Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, México, D.F.: INEGI.
- INEGI, Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, (2009).** Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Nuevo León. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/19/19039.pdf>
- Jodelet, D. (1986).** La representación social: Fenómenos, conceptos y teoría. En: Moscovici, S. "Psicología Social II" Ediciones Paidós, Barcelona, España. 469-494.
- Juárez, G. (2018).** Ecoeficiencia del reúso de agua residual tratada en el sistema PTAR Santiago-Cárcamo Huajuco, como herramienta del desarrollo hídrico sostenible. UANL, Monterrey, N.L., México. Recuperado el 15 de junio de 2019, de <http://eprints.uanl.mx/17079/>
- Jouvet, P.-A., P. Michel and J.-P. Vidal. (2000).** Intergenerational Altruism and the Environment". The Scandinavian Journal of Economics. 102 (1): 135-150
- Kalbermatten, J. Gunnerson, J, & Mara, L. (1982).** Appropriate sanitation alternatives: A planning and design manual. World Bank, studies in water supply and sanitation; No. 2, The International Bank for Reconstruction and Development, Washington, E.E.U.U: The World Bank
- Kenny, J. 2003.** Effective Project Management for Strategic Innovation and Change in an Organizational Context. Project Management Journal, 34 (1): 43-53
- Khouri, N.; Kalbermatten, J and Bartone, C. (1994).** The Reuse of Wastewater in Agriculture: A Guide for Planners, The International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank, NW Washington, E.E.U.U: The World Bank
- Kvale, S. (2011):** Las entrevistas en Investigación Cualitativa. Madrid, Morata
- Kirshen, P., McCluskey, M., Vogel, R. et al. (2005).** Global Analysis of Changes in Water Supply Yields and Costs under Climate Change: A Case Study in China. Climatic Change 68, 303–330 (2005). <https://doi.org/10.1007/s10584-005-1148-7>
- KCM. Kimberly-Clark de México (2009).** KCM Sustentable. Recuperado el 3 de Mayo de 2019, de <http://www.kimberly-clark.com.mx/contenido/KCMSustentable/index.asp>
- Lavrador Filho, J. (1987).** Contribuição para o Entendimento do Reúso Planejado das Águas e Algumas Considerações sobre suas Possibilidades no Brasil. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica de São Paulo da USP, San Pablo, Brasil.: Forum Ambiental.
- LA. Ley Ambiental (2015).** Ley Ambiental del Estado de Nuevo León. Periódico Oficial del Estado de Nuevo León, Monterrey, México, 15 de julio, 2005, última reforma publicada el 13 de mayo del 2015, Recuperado el 17 de junio de 2020, de [http://www.hcnl.gob.mx/trabajo\\_legislativo/leyes/leyes/ley\\_ambiental\\_del\\_estado\\_de\\_nuevo\\_leon/](http://www.hcnl.gob.mx/trabajo_legislativo/leyes/leyes/ley_ambiental_del_estado_de_nuevo_leon/)
- LAN. Ley de Aguas Nacionales (2016).** Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación, México, 1 de enero, 1992, última reforma publicada el 24 de marzo del 2016, Recuperado el 2 de julio de 2018, de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lan.htm>,

- Lawrence, David. (1997).** PROFILE: Integrating Sustainability and Environmental Impact Assessment. *Environmental Management*. 21. 23-42. doi: 10.1007/s002679900003.
- Lewis, R. B. (2004).** NVivo 2.0 and ATLAS.ti 5.0: A comparative review of two popular qualitative data-analysis programs. *Field Methods*, 16(4), 439–464. doi:10.1177/1525822X04269174
- Lincoln, Y. S. y Denzin, N. K (1994).** Introduction: entering the field of qualitative research. En *Handbook of Qualitative Research*. Thousand Oaks, New York /California: Sage Publications Ltd.
- Longely, P., Goodchild, M., Maguire, D., Rhind, D. (2001).** *Geographic Information Systems and Science*. John Wiley & Sons. Chichester. Capítulos 13 y 14.
- Lopes, M. I. V. (1990).** *Pesquisa em comunicação. Formulação de um modelo metodológico*. São Paulo: Loyola, 1ª ed. ISBN 65-15-00109-8
- López, M. (2017).** Programas de Cultura del Agua en Nuevo León. Análisis de los Efectos de las Campañas Publicitarias en la Disminución del Consumo en la Población. *Trayectorias. Revista de ciencias sociales de la Universidad Autónoma de Nuevo León*, 19(45), 101-126.
- Mach, E. y Richter Ch, (2018).** “Water and migration: implications for policy makers” Recuperado el 2/diciembre/2020, de Disponible en: <https://sustainabledevelopment.un.org/hlpf/2018/blog#20mar>.
- Malinowski, B. (1985).** *Crimen y costumbre en la sociedad salvaje*. 1926. Barcelona, Planeta-Agostini.
- MAPAMA, Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente de España, (2010).** Plan Nacional de Reutilización de Aguas, Recuperado el 20 de julio de 2018, de [http://www.mapama.gob.es/calidad-y-evaluacion-ambiental/pnra231210\\_tcm7-153069.pdf](http://www.mapama.gob.es/calidad-y-evaluacion-ambiental/pnra231210_tcm7-153069.pdf)
- Mar, D. J., Potos, S. L., Mar, J., & Sociales, C. (2010).** El acceso al agua en México ¿un derecho humano?
- Mariño, M. & Boland, J. (1999).** *Directions In Development An Integrated Approach to Wastewater Management Deciding Where, When, and How Much to Invest*. The International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank, First printing, May 1999, United States of America Washington, D.C. ISBN 0-8213-4467-6
- Martínez D. Alfonso, (1979). ”Discurso de Toma de Posesión de Gubernatura de Nuevo León”, Gobierno del estado de Nuevo León, Julio 31, 1979, p.p. 1-7.
- Materán, A. (2008).** Las representaciones sociales: un referente teórico para la investigación educativa *Geoenseñanza*, vol. 13, núm. 2, julio-diciembre, 2008, pp. 243-248 Universidad de los Andes San Cristobal, Venezuela, ISSN 1316-6077
- MED-EU-WI (2007).** *Mediterranean Wastewater Reuse Report*. Mediterranean Wastewater Reuse Working Group (MED WWR WG) EU water initiative.
- Medellín-Azuara, J., Harou, J.J., Olivares, M.A. et al. (2008).** Adaptability and adaptations of California’s water supply system to dry climate warming. *Climatic Change* 87, 75–90 (2008). <https://doi.org/10.1007/s10584-007-9355-z>
- Metcalf & Eddy (1996).** *Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización*, Volumen 1, Tercera Edición en Español, México, D.F.: Mc. Graw Hill.
- MINAM, Ministerio del Ambiente (2016).** Guía de Ecoeficiencia para Instituciones del Sector Público, Dirección General de Calidad Ambiental, Septiembre, Lima, Perú. Recuperado el 2 de julio de 2018, de <http://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-ecoeficiencia-instituciones-sector-publico-0>
- MINAM, Ministerio del Ambiente (2009).** Guía de Ecoeficiencia para Instituciones del Sector Público, Dirección General de Calidad Ambiental, Septiembre, Lima, Perú, Recuperado el 2 de marzo de 2018, de [http://hera.pcm.gob.pe/ecoeficiencia/wp-content/uploads/2014/09/Guia\\_ecoeficiencia\\_SP-MINAM-2009.pdf](http://hera.pcm.gob.pe/ecoeficiencia/wp-content/uploads/2014/09/Guia_ecoeficiencia_SP-MINAM-2009.pdf)
- Mora, M. (2002).** La teoría de las Representaciones Sociales de Serge Moscovici. *Athenea Digital*, (2), 1-27. Recuperado el 30 de agosto de 2021 de <https://atheneadigital.net/article/view/n2-mora>



- Moscoso J., (2008).** El agua de uso urbano y su devolución a las zonas rurales en El Agua como Recurso Sustentable y de uso múltiple. Políticas para su utilización en zonas urbanas y periurbana de América Latina y El Caribe, Julio Moscoso Cavallini, Stewart Oakley, Luis Egocheaga Young (Editores), p.p. 169-192, Santiago de Chile, Ed. Catalonia, 2008. ISBN 956-
- Moscoso, Julio y Egocheaga, Luis y Ramírez Marco (2005).** Proyecto Regional “Validación de Lineamientos para formular políticas sobre gestión del agua residual doméstica en América Latina. Organización Panamericana de la Salud y Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (idrc) de Canadá. Lima. Perú.
- Moscovici, S. (1988).** “Notes towards a description of social representations”. En. *European Journal of Social Psychology*, #18, 211-250.
- Moscovici, S. (1981).** On social representations. In J.P. Forgas (Ed.) *Social Cognition perspectives on everyday knowledge*. London: Academic Press, 181-209.
- Moscovici, S. (1979).** “El Psicoanálisis, su imagen y su público”. Edit. Huemul, Buenos Aires, Argentina.
- Moscovici, S. (1961/1979).** El Psicoanálisis, su imagen y su público. Edit. Huemul, Buenos Aires, Argentina.
- Mohammadi Ghaleni, M., Ebrahimi, K. (2015)** Effects of human activities and climate variability on water resources in the Saveh plain, Iran. *Environ Monit Assess* 187, 35 (2015). <https://doi.org/10.1007/s10661-014-4243-2>
- Montemayor, Diego. (1596).** “Acta de Fundación de la Ciudad de Monterrey”, Gobierno del Nuevo Reino de León, Septiembre 20, 1596, p.p.1.
- Milenio (2021).** Permanece pronóstico de cortes de agua sectorizados en septiembre: Gerardo Garza, titular de Agua y Drenaje, aclaró que el servicio ya no se brindaría las 24/7 a partir de la tercera semana de septiembre. Recuperado el 30 de agosto de 2021 de <https://www.milenio.com/politica/nuevoleon-implementar-cortes-agua-septiembre-2021>
- Minayo MCS. (2009).** La artesanía de la investigación cualitativa, Primera Edición, Editorial Lugar, 336 Pags, Buenos Aires, Argentina. ISBN 978-950-892-331-8
- Mussetta, P. (2008).** Participación y gobernanza. El modelo de gobierno del agua en México. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 12(25), 66-84. Resources Group.
- McCornick, P.G., Hijazi, A., Sheikh, B., (2004).** From wastewater reuse to water reclamation: progression of water reuse standards in Jordan. In: Scott, C., Faruqi, N.I., Raschid-Sally, L. (Eds.), *Wastewater Use in Irrigated Agriculture: Confronting Livelihood and Environmental Realities*. CABI/IWMI/IDRC, Ottawa, Canada, pp. 153–162
- NADBANK, Banco de Desarrollo de América del Norte (2014).** Propuesta de certificación y financiamiento: Proyecto de acueducto Monterrey VI, Monterrey, Nuevo León.: Banco de Desarrollo de América del Norte.
- NADBANK, Banco de Desarrollo de América del Norte (2006).** Hoja informativa, Monterrey, Nuevo León. Proyecto: Proyecto de ampliación de la red de distribución de agua residual tratada. Recuperado el 2 de abril de 2017 de [http://www.nadb.org/espanol/pdfs/cartera\\_de\\_proyectos/FS%20Monterrey,%20NL%20\(WW\)%2003-06%20\(Span\).pdf](http://www.nadb.org/espanol/pdfs/cartera_de_proyectos/FS%20Monterrey,%20NL%20(WW)%2003-06%20(Span).pdf)
- Norman, E. S., Dunn, G., Bakker, K., Allen, D. M., & de Albuquerque, R. C. (2013).** Water security assessment: integrating governance and freshwater indicators. *Water Resources Management*, 27(2), 535–551.
- OBS. (2018).** Habilidades para la gestión de proyectos. Recuperado el 22 de marzo de 2022, <https://cutt.ly/BG7pzoE>
- Odum, E. P. (1997).** *Ecology: A Bridge Between Science and Society*, Edition 1, February 1997, Sunderland Massachusetts, E.E.U.U.: Sinauer Associates, Inc.

- OEA. Organización de Estados Americanos (2019).** Implementación del Derecho Humano al Agua y al Saneamiento a través del Programa Interamericano para el Desarrollo Sostenible de la OEA. New York, NY, 10, United States of America
- OMM. Organización Meteorológica Mundial, (1992).** Declaración de Dublín sobre el Agua y el Desarrollo Sostenible. Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (CIAMA), Cuestiones de Desarrollo para el Siglo XXI, 26 a 31 de enero de 1992: 1-28, Dublín, Irlanda: OMM.
- OMS. Organización Mundial de la Salud (2018).** Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda [Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating first addendum]. Ginebra, Suiza; Organización Mundial de la Salud; 2018. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- ONU. Organización de las Naciones Unidas (2021)** Informe de la ONU sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos Mundiales 2021, <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375724>
- ONU, Organización de las Naciones Unidas (2019)** Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, Publicación de las Naciones Unidas emitida por el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales (DESA), New York, NY, 10, United States of America
- ONU, Organización de las Naciones Unidas (2015a).** Asamblea General, Resolución A/RES/70/1 Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible; 25 de septiembre de 2015. Nueva York, E.U.: Organización de las Naciones Unidas.
- ONU, Organización de las Naciones Unidas (2015b).** Objetivos de Desarrollo Sostenible: 17 Objetivos para transformar nuestro mundo, Recuperado el 2 de marzo de 2019, de <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es>.
- ONU, Organización de las Naciones Unidas (2015c).** Asamblea General, Resolución A/70/203 El derecho humano al agua potable y el saneamiento, 27 de julio de 2015, Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2015/10149.pdf>
- ONU, Organización de las Naciones Unidas (2014).** Agua. Escasez de agua. Recuperado el 6 de marzo del 2022, <https://cutt.ly/ZG6sRrV>
- ONU, Organización de las Naciones Unidas (2011).** Folleto Informativo No. 35, El Derecho al Agua, Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos, Palais des Nations, Ginebra 10, Suiza., Recuperado el 12 de febrero de 2021 de <https://www.ohchr.org/documents/publications/factsheet35sp.pdf> ,
- ONU, Organización de las Naciones Unidas (1992).** “Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático” (CMNUCC 1992), Organización de las Naciones Unidas, Recuperado el 5/diciembre/2020 de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Pablos, N. P., & Adams, A. S. (2011).** Water Resources in Mexico, 7, 449–456. doi:10.1007/978-3-642-05432-7
- Pacheco-Vega, R. (2014a).** Conflictos intratables por el agua en México: el caso de la disputa por la presa El Zapotillo entre Guanajuato y Jalisco. Argumentos. Estudios Críticos de La Sociedad, 74(27), 221–260.
- Pacheco-Vega, R. (2014b). Gobernanza del agua en Aguascalientes: regionalización, reescalamiento e intermunicipalidad. Espacialidades, 05(01), 94–118.
- Pacheco-Vega, R. (2014c). Intermunicipalidad como un arreglo institucional emergente: El caso del suministro de agua en la zona metropolitana de Aguascalientes, México. Revista de Gestión Pública, III(2), 207–234.
- Pacheco-Vega, R. (2014d). La gestión urbana del agua residual en Aguascalientes: Una mirada neoinstitucionalista a la privatización, el saneamiento y el reúso (2010-2013). In III

- Congreso de la Red de Investigadores Sociales sobre el Agua (RISSA) (pp. 1–31). Salvatierra, Guanajuato, México: Red de Investigadores Sociales Sobre Agua (RED-ISSA).
- Pahl-Wostl, C., Gupta, J., & Petry, D. (2008).** Governance and the global water system: a theoretical exploration. *Global Governance*, 14(4), 419–435.
- PED, Plan Estatal de Desarrollo (2016).** Plan Estatal de Desarrollo 2016-2021 del Estado de Nuevo León, México. Recuperado el 14 de junio de 2018, de: <http://www.nl.gob.mx/publicaciones/plan-estatal-de-desarrollo-2016-2021>
- Porte, De la, C. A. (2007).** Integrated water resources management: Limits and potential in the municipality of El Grullo, Mexico. *Ecole Polytechnique Federale de Lausanne*.
- PNUD, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2020).** Informe sobre Desarrollo Humano. La Próxima Frontera. El Desarrollo Humano y el Antropoceno. UNDP, 1UN Plaza, Nueva York, NY 10017, Estados Unidos, Recuperado el 5 de marzo de 2021 y Disponible en: <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210055185/read>
- PNUD, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2013).** Water Governance Facility. What is water governance? Users Guide on Assessing Water Governance. UNDP (Noruega). 115p. Recuperado el 5 de marzo de 2018 y Disponible en: <https://www.watergovernance.org/resources/usersguide-on-assessing-water-governance>
- PNUMA, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2011).** Hacia una economía verde: Guía para el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza - Síntesis para los encargados de la formulación de políticas. Paris, Francia: UNEP, Recuperado el 2 de abril de 2017, de [www.unep.org/greeneconomy](http://www.unep.org/greeneconomy).
- RAE, Real Academia Española. (1992).** Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española. Madrid-España.
- Robert, K. (2002).** The natural step story seeding a quiet revolution. New Society Publisher, Gabriola Island, Recuperado el 2 de abril de 2018, de [www.naturalstep.ca/the-natural-step-story](http://www.naturalstep.ca/the-natural-step-story).
- Rogers, P.; Hall, A.W. (2003).** Effective Water Governance. Tec Background Papers No 7. GWP (Suecia). Disponible desde Internet en: <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/07-effective-watergovernance-2003-english.pdf> (con acceso el 18/11/2019).
- Romero, J. (2007).** El Agua como Bien Económico, *Revista de Ciencias Jurídicas* N° 113 (115-150) mayo-agosto 2007, p.p. 116-150
- Rouquette, M.-L. (1994).** Sur la connaissance des masses. *Essai de psychologie politique*. Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble.
- Rueda, Salvador. (1999).** Modelos e Indicadores para Ciudades más Sostenibles. Taller sobre Indicadores de Huella y Calidad Ambiental Urbana, Fundación Fórum Ambiental Cataluña, España; Barcelona, España, 1999, p.p. 1-37.
- Ruiz, J. I., Ponce De León, E., Herrera, A. N., Jiménez, H. y Medellín, E. (2001).** Avances en Medición Evaluación en Psicología y Educación. Universidad del Bosque.
- Ruiz-Serna, D. y Del Cairo, C. (2016).** Los debates del giro ontológico en torno al naturalismo moderno. *Revista de Estudios Sociales* 55: 193-204.
- Rhodes, R. A. W. (2007). Understanding Governance: Ten Years On. *Organization Studies*, 28(8), 1243–1264. doi:10.1177/0170840607076586
- Rhodes, R. A. W. (2000).** The governance narrative: Key findings and lessons from the ESRC's Whitehall Programme. *Public Administration*, 78(2), 345–363.
- Rhodes, R. A. W. (1996).** The New Governance: Governing without Government. *Political Studies*, 44(4), 652–667. doi:10.1111/j.1467-9248.1996.tb01747.x
- Sá, C. (1996).** “Núcleo Central das Representacoes sociais” Editora Vozes, Petrópolis, R:J:

Brasil.

- Sáez, J. (2010).** Caracterización Físico-Química de las Aguas Residuales, en Navarro, T., (Ed), Reutilización de Aguas Regeneradas. Aspectos tecnológicos y jurídicos. (p.p. 110-128), Primera Edición, Barcelona, España.: Instituto Euro-mediterráneo del Agua.
- Santos, G. M. A. (2018).** Gestão ambiental e economia circular: ações propostas para o Brasil. En: Locatelli, M. R. C (Org.). Sustentabilidade e responsabilidade social, 9 (Cap. 12, pp. 137-148). Belo Horizonte, MG: Poisson.
- Sainz Santamaría, J., & Becerra, M. (2002).** Los conflictos por el agua en México. Gaceta Ecológica, 67, 61–68.
- Sancho Marco, T. A., & Parrado Díez, S. (2004a).** Los organismos de cuenca de España y los consejos de cuenca mexicanos: Análisis comparativo y reflexiones. Revista de Obras Públicas, 1(3444), 17–34.
- Sancho Marco, T. A., & Parrado Díez, S. (2004b).** Los organismos de cuenca: Puntos fuertes y reflexiones para su mejora. In II Congreso Internacional de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente (pp. 22–24). Santiago de Compostela.
- SADM, Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D., (2022a).** Prontuario Estadístico Sobre la Operación en el Área Metropolitana, Datos e Información Técnica de la Dirección de Proyectos, Operación y Saneamiento, Recuperado el 01 de abril de 2022, de [https://www.sadm.gob.mx/PortalSadm/Docs/Anuario\\_Estadistico\\_SADM.pdf](https://www.sadm.gob.mx/PortalSadm/Docs/Anuario_Estadistico_SADM.pdf).
- SADM, Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D., (2022b).** Boletín de Emergencia pr Sequía, Recuperado el 05 de febrero de 2022, de <https://www.sadm.gob.mx/PortalSadm/Docs/boletines-comunicados-y-avisos/emite-gobierno-de-nl-declaratoria-de-emergencia-por-sequiay> <https://www.nl.gob.mx/boletines-comunicados-y-avisos/emite-gobierno-de-nl-declaratoria-de-emergencia-por-sequia>
- SADM, Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D., (2022c).** Plan Maestro Por sequía 2030 y Plan Maestro para garantizar el agua de Nuevo León hasta 2050, Recuperado el 01 de mayo de 2022, de <https://www.sadm.gob.mx/SADM/Prensa.jsp> y <https://www.nl.gob.mx/planmaestro-agua>
- SADM, Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D., (2021).** Prontuario Estadístico Sobre la Operación en el Área Metropolitana, Datos e Información Técnica de la Dirección de Proyectos, Operación y Saneamiento a 2021, y Cuentas Públicas. Recuperado el 25 de abril de 2021, de [https://www.sadm.gob.mx/PortalSadm/Docs/Anuario\\_Estadistico\\_SADM.pdf](https://www.sadm.gob.mx/PortalSadm/Docs/Anuario_Estadistico_SADM.pdf).
- SADM, Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D., (2020).** Datos y Estadístico Sobre la Operación en el Área Metropolitana, Datos e Información Técnica de la Dirección de Operaciones, “Infraestructura Hidráulica”, Recuperado el 15 de marzo de 2021 y disponible en: <http://sadm.gob.mx/infraestructura>.
- SADM, Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D., (2019).** Datos y Estadístico Sobre la Operación en el Área Metropolitana, Datos e Información Técnica de la Dirección de Operaciones, “Infraestructura Hidráulica”, Recuperado el 5 de febrero de 2021 y disponible: [https://www.sadm.gob.mx/PortalSadm/Docs/Anuario\\_Estadistico\\_SADM.pdf](https://www.sadm.gob.mx/PortalSadm/Docs/Anuario_Estadistico_SADM.pdf).
- SADM, Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D., (2018),** Plan Hidrico 2030. Recuperado el 5 de marzo de 2019 y disponible en: [http://sadm.gob.mx/Plan-Hidrico 2030](http://sadm.gob.mx/Plan-Hidrico%2030).
- SADM, Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D., (2017).** Prontuario Estadístico Sobre la Operación en el Área Metropolitana, Datos e Información Técnica de la Dirección de Proyectos, Operación y Saneamiento a 2017, Recuperado el 5 de marzo de 2019, de [https://www.sadm.gob.mx/PortalSadm/Docs/Anuario\\_Estadistico\\_SADM.pdf](https://www.sadm.gob.mx/PortalSadm/Docs/Anuario_Estadistico_SADM.pdf).
- Scott, C. A., Varady, R. G., Meza, F., Montaña, E., Raga, B. De, Luckman, B., & Martius,**

- C. (2012).** Science-Policy Dialogues for Water Security: Addressing Vulnerability and Adaptation to Global Change in the Arid Americas. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 54(3), 30–42.
- SDS, Secretaría de Desarrollo Sustentable (2010).** Nuevo León 2030, Visión Estratégica Integral de Desarrollo Urbano, Vivienda y Medio Ambiente. Diciembre, 2010: 41, 94-95, 97. Monterrey, México: Gobierno del Estado de Nuevo León.
- SE. Secretaría de Economía (2009a)** NMX-AA-148-SCFI-2008, Agua potable, drenaje y saneamiento - eficiencia - metodología para evaluar la calidad de los servicios. Parte 1.- Directrices para la evaluación y la mejora del servicio a los usuarios. CDMX, México, Dirección General de Normas. Diario Oficial de la Federación, México, 3 de abril de 2019.
- SE. Secretaría de Economía (2009b).** NMX-AA-149/1-SCFI-2008, Agua potable, drenaje y saneamiento - eficiencia - Metodología para evaluar la eficiencia de los prestadores del servicio. Parte 1.- Directrices para la gestión de los prestadores del servicio de agua residual y para la evaluación de servicios de agua residual. México, D.F.: Dirección General de Normas. Diario Oficial de la Federación, México, 3 de abril de 2019.
- SE. Secretaría de Economía (2009c).** NMX-AA-149/2- SCFI-2008, Agua potable, drenaje y saneamiento - eficiencia - Metodología para evaluar la eficiencia de los prestadores del servicio. Parte 2.- Directrices para la gestión de los prestadores del servicio de agua potable y para la evaluación de servicios de agua potable. México, D.F.: Dirección General de Normas. Diario Oficial de la Federación, México, 3 de abril de 2019.
- SETNL, Secretaría de Economía y Trabajo de Nuevo León (2021).** Indicadores, Recuperado el 25 de agosto de 2021, de <http://datos.nl.gob.mx/>.
- SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2016).** Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Edición 2015. México, CDMX: SEMARNAT.
- SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2007).** Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, MAPAS, CNA, Edición 2007, CNA-IMTA-SGT-GINT-001-2007 (Proyecto HC0758.3) del 2 de julio de 2007, Recuperado el 18 de junio de 2017, de <ftp://ftp.conagua.gob.mx/Mapas/libros%20pdf%202007>
- SEMARNAT-CONAGUA.** (2004). Estadísticas del Agua en México, Edición 2004, México: CNA, 2004. Comisión Nacional del Agua, ISBN 968-817-601-X, México, D.F.
- SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (1998).** Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de septiembre de 1998.
- Saldaña, J. (2009).** The coding manual for qualitative researchers. Los Angeles, CA: Sage Publications.
- Seguí-Amortegui, L. (2004).** Sistemas de regeneración y reutilización de aguas residuales. Metodología para el análisis técnico-económico y casos. Tesis doctoral. Barcelona: Departamento de Ingeniería Agroalimentaria y Biotecnología, Universidad Politécnica de Cataluña
- Sejenovich, H. (2015a).** Pobreza y Desarrollo Sustentable en la Gobernanza Ambiental en América Latina, Buenos Aires, Argentina: Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales.
- Sejenovich, H. (2015b).** Metodologías, instrumentos y conceptos para un desarrollo sustentable y socialmente justo. # 43, Recuperado el 2 de marzo de 2019, de <http://www.vocesenelfenix.com/content/metodolog%C3%ADas-instrumentos-y-conceptos-para-un-desarrollo-sustentable-y-socialmente-justo>

- Sevilla, Martín; Torregrosa, Teresa; Moreno, Luis (2010).** Un panorama sobre la economía del agua Estudios de Economía Aplicada, vol. 28, núm. 2, 2010, pp. 265-303 Asociación Internacional de Economía Aplicada Valladolid, España
- Smith, A. (1776).** La Riqueza de las Naciones. Volumen I, II y III. Barcelona: Biblioteca de Economía. Ediciones Orbis, S.A. 1983.
- SIWI, Stockholm International Water Institute (2018).** Unpacking Governance. Presentación reunión de grupo. SIWI (Suecia).
- Soares, D. (2007).** Crónica de un fracaso anunciado: La descentralización en la gestión del agua potable en México. Agricultura, Sociedad Y Desarrollo, 4(1), 19–37.
- Sowers, J., Vengosh, A. & Weinthal, E. (2011).** Climate change, water resources, and the politics of adaptation in the Middle East and North Africa. Climatic Change 104, 599–627 (2011). <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9835-4>
- Spangenberg, J.; Pfahl, S. y Deller K. (2002).** Towards indicators for institutional sustainability: lessons from an analysis of Agenda 21. Ecological Indicators, vol.2: 61-77, doi:10.1016/S1470-160X(02)00050-X
- Suri, H. (2011).** Purposeful Sampling in Qualitative Research Synthesis. Qualitative Research Journal, 11(2), 63-75. <https://doi.org/10.3316/QRJ1102063>
- Sutton, P. (2000).** Ecological Sustainability, Recuperado el 10 de marzo de 2018, de <http://www.greeninnovations.asn.au/ecolsust.htm>
- Standish, P. (1997).** Planning a Water Reuse Project. Comunicación presentada en la Conferencia Especial sobre Reutilización de Agua y Biosólidos del WEF sobre el uso de agua reciclada y biosólidos, 6-7 de abril de 1997, Málaga, España
- Sterner, T., Coria, J. (2012).** Policy Instruments for Environmental and Natural Resource Management. Second Edition, Washington, DC: Resource for the Future.
- Steward, J. H. (1949).** Cultural Causality and Law: A Trial Formulation of the Development of Early Civilizations, American Anthropologist, New Series, Vol. 51, No. 1 (Jan. - Mar., 1949), pp. 1-27 (27 pages), Published By: Wiley, <https://www.jstor.org/stable/664138>
- Strauss, A. & Corbin, J. (2002).** Bases de la Investigación Cualitativa. Técnicas y Procedimientos para Desarrollar la Teoría Fundamentada. Bogotá - Colombia: CONTUS - Editorial Universidad de Antioquia.
- Strauss, A. & J. Corbin J. (1994).** Grounded Theory Methodology, An overview. In Denzil, N.K. y Lincoln, Y.S. (1994). Handbook of Qualitative Research. New York: Sage Publications. Ltd.
- Strauss, A. L., & Corbin, J. M. (1990).** Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques (p. 270). Newbury Park, CA: Sage Publications.
- Strauss, H and Zeigler, L (1975)** Delphi, Political Philosophy and the Future. Futures. 7 (3): 184-196.
- SWA, Sanitation And Water For All (2009).** SWA Framework. Disponible desde Internet en: <https://www.sanitationandwaterforall.org/about/ourwork/priority-areas> con acceso el 22/03/2019.
- Swyngedouw, E. (2004).** Social Power and the Urbanization of Water: Flows of Power. Oxford: Oxford University Press.
- Swyngedouw, E. (1999).** Modernity and Hybridity: Nature, Regeneracionismo, and the Production of the Spanish Waterscape, 1890-1930". Annals of the Association of American Geographers 89 (3): 443-465.
- Swyngedouw, E. (1997).** Power, Nature and the City: The Conquest of Water and the Political Ecology of Urbanization in Guayaquil, Ecuador: 1880-1990". Environment and Planning A 29 (2): 311-332. <https://doi.org/10.1068/a290311>.

- Swyngedouw, E. (1995).** The Contradictions of Urban Water Provision: A Study of Guayaquil, Ecuador". *Third World Planning Review* 17 (4): 387-405. DOI: 10.3828 / twpr.17.4.c8280 66008888322.
- Talledos, E. (2011).** Conflictos por el agua en México. In J. M. Sandoval Palacios, R. Alvarez de Flores, & S. Y. Fernández Moreno (Eds.), *Planes Geoestratégicos, Desplazamientos y Migraciones Forzadas en el Area del Proyecto de Desarrollo e Integración de Mesoamérica* (pp. 274–292). Medellín, Colombia: INAH, Universidad de los Andes, Universidad de Antioquía.
- Tanaka, S.K., Zhu, T., Lund, J.R. et al. (2006).** Climate Warming and Water Management Adaptation for California. *Climatic Change* 76, 361–387 (2006). <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9079-5>.
- Taylor S J. y Bogdan R. (1987).** *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Barcelona: Ediciones Paidós.
- Taylor, S. J. & Bogdan, R. (1986).** *Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La búsqueda de significados*. Buenos Aires: Paidós.
- Tchobanoglous, G., Leverenz, H. (2013).** La justificación para la descentralización de la infraestructura de aguas residuales. En la separación en origen y la descentralización para la gestión de aguas residuales. Larsen, TA, Udert, KM, Lienert, J., Eds .; Londres, Reino Unido: IWA Publishing.
- Tchobanoglous, G.; Leverenze, H.; Nellor, M.H.; Crook, J. (2011).** *Direct Potable Reuse: A Path Foeward; WateReuse*. Virginia, E.U.: Foundation Alexandria.
- Tello Moreno, L. F. (2008).** *El acceso al agua potable como derecho humano*. Ciudad de México, México: Comisión Nacional de los Derechos Humanos.
- Tello, P. Mijailova y R. Chamy, (2016).** *Uso seguro del agua para el reúso*, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2016.
- Tindall, J. A., & Campbell, A. A. (2012).** *Water security. Conflicts, Threats, Policies*. DTP Publishing.
- Tropp, H., (2006),** ‘Water Governance Challenges’, en *World Water Assessment Programme, 2006, The United Nations World Water Development Report 2: Water, a shared responsibility*, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Paris. <http://ww2.unhabitat.org/programmes/water/documents/waterreport2.pdf>
- Tropp, H. (2007).** Water governance: Trends and needs for new capacity development. *Water Policy*, 9, 19–30. doi:10.2166/wp.2007.137
- Tortajada, C. (2001).** Institutions for Integrated River Basin Management in Latin America. *International Journal of Water Resources Development*, 17(3), 289–301. doi:10.1080/07900620120065084
- Tortajada, C., & Contreras-Moreno, N. (2005).** Institutions for Water Management in Mexico. In C. Gopalakrishnan, A. K. Biswas, & C. Tortajada (Eds.), *Water Institutions: Policies, Performance and Prospects*.
- Torregrosa, T. (2009).** *La gestión del agua en la Marina Baja (Alicante)*, Temas de las Cortes Valencianas, nº 19. Valencia.
- Torres, L. E.; Santoscoy, M.A., (1985)** *La Historia del Agua en Monterrey desde 1577 hasta 1985*. Ediciones Castillo. 1 Ed, 1-273. Monterrey, Nuevo León, México: Ediciones Castillo,
- TNC, The Natural Conservancy; (2015).** *Uso del agua en Nuevo León Oferta y demanda: perspectiva del Proyecto Monterrey VI*, Recuperado el 5 de marzo de 2018, de <http://famm.mx/wp-content/pdf/capitulo1-El-agua-en-nuevo-leon.pdf>

- Tzanakakis, V.E.; Paranychianakis, N.V.; Angelakis, A.N. (2007).** Soil as a Wastewater Treatment System: Historical Development. *Water Sci. Technol.: Water Supply* 2007, Number7, 67–76 Recuperado el 22 de marzo de 2017, de <http://ws.iwaponline.com/content/7/1/67>
- UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2020).** La seguridad hídrica y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Manual de capacitación para tomadores de decisión. Francia: UNESCO.
- UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2012).** Programa Hidrológico Internacional (PHI) Octava Fase “Seguridad Hídrica: Respuestas a los Desafíos Locales, Regionales, y Mundiales” Plan Estratégico PHI-VIII 2014-2021. Recuperado el 6 de marzo del 2022, <https://cutt.ly/fG7pSHn>
- UNEP, United Nations Environment Programme (2016).** A Snapshot of the World’s Water Quality: Towards a global assessment, 162pp, Nairobi, Kenya.: United Nations Environment Programme.
- UNEP, United Nations Environment Programme (2006).** Water and Wastewater Reuse: An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management ([www.unep.or.jp](http://www.unep.or.jp)).
- Valles, M. (1997).** Técnicas cualitativas de investigación social. Madrid: Editorial Síntesis.
- Vano, J.A., Voisin, N., Cuo, L. et al. (2010).** Climate change impacts on water management in the Puget Sound region, Washington State, USA. *Climatic Change* 102, 261–286 (2010).<https://doi.org/10.1007/s10584-010-9846-1>
- Vaismoradi, M., Turunen, H., & Bondas, T. (2013).** Content analysis and thematic analysis: Implications for conducting a qualitative descriptive study. *Nursing & Health Sciences*, (15), 398–405. doi:10.1111/nhs.12048
- Vergés, P. (2001).** L’analyse des représentations sociales par questionnaires. *Revue française de sociologie*. 42, 537-561.
- Von-Carlowitz. H. C. (1713).** *Sylvicultura Oeconomica*, Ed. Nabu Press 2014; Facsimile Publisher 2018, Frankfurt, Alemania, ISBN-10 : 1293779237 ; ASIN : B07QYG3N95; p.478
- Weber, Max (1979).** *Economía y sociedad*. México, Fondo de Cultura Económica, 1922.
- Wegerich, K., Warner, J., & Tortajada, C. (2014).** Water sector governance: a return ticket to anarchy. *International Journal of Water Governance*, Vol. 2, Month 8, p.7-20. DOI. 10.7564/14-IJWG66
- Wiek, A., & Larson, K. L. (2012).** Water, people, and sustainability – a systems framework for Analyzing and assessing water governance regimes. *Water Resources Management* 26(11), 3153–3171. doi:10.1007/s11269-012-0065-6
- Worster, D. (2008).** El agua en la historia moderna. Temas y preocupaciones. En *Transformaciones de la tierra*, editado por Donald Worster, 163-176. Montevideo: Coscoroba.
- WWAP, Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas. (2021).** United Nations, The United Nations World Water Development Report 2021: Valuing Water. Paris, UNESCO. Recuperado el 22 de junio de 2021, de <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2021-valuing-water>.
- WAAP, Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas. (2018).** Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la



gestión del agua. París, UNESCO. Disponible en URL:  
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261494>

- WWAP, Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas. (2017).** Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. Aguas residuales: El recurso desaprovechado. París: UNESCO. Recuperado el 8 de septiembre de 2018 de <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2017-wastewater-the-untapped-resource>
- WWAP, Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (2016).** The United Nations World Water Development Report: Water and Job World. París: UNESCO. Recuperado el 2 de abril de 2019, de <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002318/231823E.pdf>
- WWAP, Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (2015).** The United Nations World Water Development Report: Water and Sustainable World. París: UNESCO. Recuperado el 2 de abril de 2019, de <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002318/231823E.pdf>
- WBSCD, World Business Council for Sustainable Development (2017).** Business guide to circular water management: Spotlight on reduce, reuse and recycle. June, 2017:7, 32-35. Geneva, Switzerland: WBSCD
- WBSCD, World Business Council for Sustainable Development (2010).** Visión 2050: La nueva agenda para los negocios. ISBN: 978-3-940388-56-8 Ginebra, Suiza: WBSCD, Recuperado el 8 de septiembre de 2021, de [www.wbcsd.org/contentwbc/download/1746/21728](http://www.wbcsd.org/contentwbc/download/1746/21728).
- Williams, Robin Murphy (1977).** “Concepto de valores”, en David Lawrence Sills (ed.), Enciclopedia Internacional de las Ciencias Sociales, vol. 10, Madrid: Aguilar, pp. 607-611.
- WCED, World Commission on Environment and Development (1987).** Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: Nuestro Futuro Común, Transmitido a la Asamblea General como anexo al documento A / 42/427 - Desarrollo y Cooperación Internacional: Medio Ambiente; Recuperado el 2 de junio de 2018, de <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>
- Yates, Julian, Leila Harris y Nicole Wilson. (2017).** Multiple Ontologies of Water: Politics, Conflict and Implications for Governance. Environment and Planning D: Society and Space 35 (5): 797-815. DOI: <https://doi.org/10.1177/0263775817700395>.
- Xin (Cissy) M., Xiaobo X., González-Mejía, A., Garland, J., y Cashdollar, J., (2015).** Sustainable Water Systems for the City of Tomorrow A Conceptual Framework, Journal Sustainability 2015, 7(9), 12071-12105; doi:10.3390/su70912071

