



# ENSAYO

## Ensayo

### EL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LAS POBLACIONES Y LAS PERSPECTIVAS DE INTEGRACIÓN AMBIENTAL DESDE SUS ORÍGENES

#### *The Water supply for the populations and the perspectives of environmental integration since from its origins*

362

KARINA PEÑA RODRÍGUEZ<sup>1</sup>, WILVER CONTRERAS MIRANDA<sup>1</sup>,  
VICENTE AGUSTIN CLOQUELL BALLESTER<sup>2</sup> y MARY ELENA OWEN DE CONTRERAS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño. Mérida, Venezuela. E-mails: karina.kapisi@gmail.com; wilvercontrerasmiranda@gmail.com; marowen3@gmail.com

<sup>2</sup> Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. Email: cloquell@upv.es.

Recibido: 01/06/17. Aceptado: 21/10/17.

#### RESUMEN

A lo largo de la historia de la humanidad, el agua es el recurso natural vital para la existencia de vida en nuestro planeta y ha sido la base para el desarrollo de los pueblos en el mundo, ya que en entorno al agua se originaron las primeras formas de sociedad, tal y como la concebimos, hoy en día. Es por ello, que las poblaciones han almacenado y distribuido agua desde sus orígenes, empleando desde las técnicas más primitivas hasta las infraestructuras y tecnologías más sofisticadas de la actualidad. Por tanto, en este artículo se presenta una revisión sinóptica que versa sobre el estado del arte de la integración ambiental en la planificación y gestión del servicio de agua potable, para la provisión o abastecimiento de las ciudades desde una perspectiva múltiple, que permita evidenciar cómo se gestiona el aprovechamiento del agua y su disponibilidad para el consumo, ya que a lo largo del Siglo XIX, hasta nuestros días, las ciudades fueron incorporando sistemas de abastecimiento de agua potable, cambios tecnológicos y diversos modos de gestión, con el fin de repercutir en mejoras de la salud de la población. Se realizó una investigación documental, que permita conocer y sistematizar relevantes aportaciones sobre la evolución de este servicio público en ámbitos urbanos, cuyas fuentes abastecedoras sean superficiales. En esta indagación, se verificó que en un periodo de 68 años, existen numerosas referencias bíblicas, reportes antiguos, eventos y declaraciones internacionales en torno al recurso hídrico, relatos de diversos autores, y estudios, especialmente centrados en la evolución del sistema artesanal, clásico y moderno de abastecimiento de agua potable, y la forma de aprovechamiento

del recurso agua, así como en la aparición y desarrollo de las empresas en la gestión del servicio en busca de la gobernanza.

**PALABRAS CLAVE:** Historia, abastecimiento de agua potable.

## SUMMARY

Throughout the history of mankind, water has been a vital natural resource for the existence of life on our planet and it has been the basis for the development of peoples in the world, since in the water environment the first forms of society, as we conceive it today, originated around a water environment, as we conceive it today. That is why the population's water has been stored and distributed from its origins sources, employing using methods that range since from the most primitive techniques most primitive to the most infrastructures current and more sophisticated infrastructures and technologies of today. Therefore, this article presents a review of summary that focuses on the state of the art of the environmental integration in the planning and management of drinking water services for the provision or supply of the provided to cities from multiple perspectives. We will provide That allows evidencing e of how it water has been managed and made accessible the use of the water and its availability for consumption, because given that throughout the nineteenth century until our days present, the cities were have been incorporating drinking water systems, technological changes and various diverse modes of management systems, in order to have the effect of impact on the improving the health of the population of public health. To this end, a documentary research was carried out that allows a systematic literature review was undertaken to know and systematize on the relevant contributions on the evolution of this development of water systems in urban areas supplied by surface water sources. The review showed that in a public service in urban areas whose supplying sources are superficial. In this inquiry, it was verified that in a period of 68 years there are have numerous events and international declarations on regarding the water resource, as well as, biblical references, ancient reports former, stories of from various authors, and studies with a particular focus on the evolution development of traditional drinking water the system craft systems both, classic and modern, of drinking water and the form of exploitation of water resources how to make them accessible. This period has also witnessed, as well as in the emergence and development of the companies in the management services of the service in search of water governance.

**KEY WORDS:** History, drinking water supply.

## 1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso indispensable para la vida y de gran importancia para el desarrollo de la humanidad a lo largo de su historia pasada, actual y futura, sin embargo, el uso de tan vital recurso natural cada día se hace de forma insostenible, que pudiese llegar a comprometer su disponibilidad para el abastecimiento de agua para las poblaciones cuyo aprovechamiento prevalece como derecho humano universal.

En ese sentido, el presente ensayo, expone una revisión sinóptica que versa sobre el estado del arte de la integración ambiental en la planificación y gestión del servicio de agua potable para la provisión o abastecimiento de las ciudades desde una perspectiva múltiple, que permita evidenciar como se gestiona el aprovechamiento del agua y su disponibilidad para el consumo, ya que a lo largo del Siglo XIX las ciudades fueron incorporando sistemas de abastecimiento de agua potable, cambios tecnológicos y diversos modos de gestión, con el fin de repercutir en mejoras de la salud de la población. Para ello, se realizó una investigación documental que permitió conocer y sistematizar relevantes aportaciones sobre la evolución de este servicio público en ámbitos urbanos cuyas fuentes abastecedoras son superficiales. En esta indagación, se verificó que existen numerosos eventos y declaraciones internacionales en torno al recurso hídrico, referencias bíblicas, reportes antiguos, relatos de diversos autores y algunos estudios e investigaciones de carácter general, y otras muy específicas, de las regiones donde fueron realizadas, especialmente centrados en la evolución del sistema artesanal, clásico y moderno de abastecimiento de agua potable y la forma de aprovechamiento del recurso agua, así como en la aparición y desarrollo de las empresas en la gestión del servicio.

Lo antes expuesto, es fundamentado, en que el servicio de agua potable no debe verse de forma aislada sin interrelacionarse con la fuente abastecedora de agua, debido a que los ecosistemas de agua dulce sostienen la vida en el planeta, y prestan innumerables bienes y servicios ambientales a los ámbitos urbanos, entre ellos, regulan los caudales ambientales, purifican las aguas residuales y eliminan la toxicidad de los residuos, regulan el clima y ofrecen beneficios culturales; en particular, estéticos, educativos y espirituales (WWDR3, 2009 a).

Esto debido a que a nivel general, los temas relacionados con el recurso hídrico del ámbito urbano, frecuentemente se mantienen desconectados de procesos más amplios de la planificación urbana y de la gestión en el ámbito de la cuenca, por lo que los planes maestros urbanos, no han logrado manejar satisfactoriamente con los diversos componentes infraestructurales de la gestión de las aguas urbanas “*suministro de agua, aguas residuales, saneamiento seco, sistemas de drenaje del agua pluvial y tratamiento de desechos sólidos*” (Tucci, 2010). De ahí, que esta investigación hace énfasis en el suministro del agua (consumo doméstico), y la anterior afirmación, genera alarma, dados los índices proyectados de urbanización y las presiones concomitantes sobre los recursos hídricos, a pesar de que ocupan menos del 1% del territorio de la mayoría de los países, ya en la actualidad, la mitad la población

mundial vive en zonas urbanas, y a mediados de este Siglo, todas las regiones serán predominantemente urbanas, con excepción de África Oriental que alcanzará este punto un poco después del 2050 (WWAP, 2009b; Angel *et al.*, 2011), ya que éstas consumen entre el 5% y el 20% del agua que aportan las fuentes abastecedoras superficiales y subterráneas ubicadas cerca o no de las ciudades (Shiklomanov, 1998 adaptado por Peña, 2015), y tiende a incrementarse, según proyecciones para el año 2025, que indica que es probable que el consumo de agua en las zonas urbanas, por lo menos se duplique a la par del crecimiento de las áreas urbanas en el mundo (Global Water Partnership, 2011).

Esta expansión urbana sin precedentes, plantea una serie de desafíos críticos relacionados con el agua, desde el acceso a los servicios básicos hasta la seguridad ambiental y humana, debido a que las ciudades en crecimiento tienen una mayor demanda de agua por persona, llegando a la sobreexplotación del recurso y tienden hacia organizaciones institucionales difíciles de manejar; pudiéndose ocasionar contaminación y una exposición creciente a los desastres relacionados con el agua y riesgos para la salud (WWAP, 2009b).

Por lo anteriormente expuesto, los diversos autores reseñados identifican dos problemas principales del agua que están afectando a la sostenibilidad de los asentamientos humanos en diferentes regiones:

1. La falta de acceso al agua y saneamiento.
2. El aumento de los desastres relacionados con el agua.

Estos problemas tienen inconmensurables consecuencias sobre la salud y bienestar, la seguridad, el medio ambiente, el crecimiento económico y el desarrollo (JMP, 2010). Por tanto, si no se le presta atención al avance de la urbanización y al agotamiento de los recursos, los esfuerzos por lograr y mantener la seguridad hídrica, se verán socavados: la disponibilidad y el acceso al agua serán menguados y los conflictos sobre su uso se intensificarán (Global Water Partnership, 2011).

Por tanto, según Global Water Partnership (2012), los desafíos que enfrentan las principales ciudades de la actualidad son abrumadores, y la gestión hídrica, es una de las preocupaciones más serias, debido a:

- El agua potable proveniente de fuentes puras es rara; otras fuentes de agua deben ser tratadas a muy alto costo y el volumen de aguas residuales es cada vez mayor, por lo que los habitantes de la ciudad en muchas áreas del mundo, carecen de buena calidad de agua y se enferman debido a enfermedades transmitidas por ésta.
- Conforme las ciudades buscan nuevas fuentes de agua río arriba, y descargan sus aguas residuales río abajo, los residentes de los alrededores sufren los efectos.
- El ciclo hidrológico y los sistemas acuáticos, que incluyen servicios ecosistémicos vitales, están alterados.

Ante estos acontecimientos de la actualidad, se hace necesario hacer una retrospectiva de los hechos, hitos o acontecimientos más relevantes relacionados a las declaraciones internacionales en torno al

recurso hídrico, y cómo ha evolucionado, el abastecimiento de agua para las poblaciones, tal como se estructura seguidamente:

- Recuento histórico del abastecimiento de agua para las poblaciones, y las perspectivas de integración ambiental desde sus orígenes.
- Breve reseña de políticas, declaraciones y acuerdos internacionales, en torno al recurso hídrico con énfasis al acceso al agua potable para consumo humano.
- Hitos relevantes de la integración ambiental en el aprovechamiento, provisión y gestión del agua potable para las ciudades.

366

Finalmente, ante el contexto antes tratado, se ratifica la importancia y justificación del presente trabajo, al lograr desarrollar un estudio del estado del arte de los principales aspectos técnicos-políticos-ambientales para la integración ambiental, en la prestación del servicio para el abastecimiento de agua potable en las ciudades, con el fin de identificar y caracterizar las bases fundamentales para proponer metodología para la Evaluación del Desempeño Ambiental de los prestadores del servicio de agua potable en ámbitos urbanos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del presente ensayo, se realizó un diseño de investigación documental basado en la búsqueda de información en fuentes documentales impresas y electrónicas de investigadores vinculados al tema en estudio, para su análisis, interpretación y síntesis. Fue un procedimiento secuencial y dinámico de revisión durante un período de cinco años (Figura 1), con el fin de conocer el estado del arte de la evaluación del desempeño ambiental aplicado a las empresas prestadoras del servicio de agua potable, para el abastecimiento de poblaciones en ámbitos urbanos.

Esta primera fase, representó un trabajo complejo y extenso, ya que implicó realizar una retrospectiva y prospectiva del sector agua potable a través del tiempo, permitiendo conocer las ideas, concepciones y posturas de diversos autores a nivel mundial, nacional y local, a fin de establecer la base conceptual y sustentar el problema de investigación que se planteó para el desarrollo en la propuesta de tesis doctoral realizada en la Universidad Politécnica de Valencia, España, por Karina Peña Rodríguez (2018), titulada *Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela)*, y así, contribuir con nuevos aportes a la propuesta metodológica innovadora objeto del presente estudio. Así mismo, se contó con diagnóstico previo realizado por Aguas de Mérida C.A. estado Mérida, Venezuela, en el marco del Plan Estratégico, en un periodo de dos años con la participación activa del personal de la empresa prestadora del servicio de agua potable.



**FIGURA 1.** Diseño de Investigación Documental aplicado a la Evaluación del Desempeño Ambiental en la gestión del agua potable a través del tiempo. Fuente: Elaboración propia (2014).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. RECUENTO HISTÓRICO DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LAS POBLACIONES Y LAS PERSPECTIVAS DE INTEGRACIÓN AMBIENTAL DESDE SUS ORÍGENES

A lo largo de la historia de la humanidad, el agua es el recurso natural vital para la existencia de vida en nuestro planeta y ha sido la base para el desarrollo de los pueblos en el mundo, ya que en entorno al agua se originaron las primeras formas de sociedad, tal y como la concebimos hoy en día, es por ello, que las poblaciones han almacenado y distribuido agua desde sus orígenes, empleando desde las técnicas más primitivas, hasta las infraestructuras y tecnologías más sofisticadas de la actualidad.

En estos avances, ha transcurrido una larga historia, ya que el constante incremento de la población no siempre hizo posible que estas crecieran entorno a fuentes abastecedoras de agua de fácil acceso, por lo que las personas se vieron obligadas a desarrollar diversos sistemas de abastecimiento de agua, cuyo interés principal era el suministro del vital líquido para diversos usos, en especial, la agricultura y el consumo humano, teniendo como criterio ambiental básico para su explotación, que fuesen aguas cristalinas y que en los alrededores no se presentaran problemas de salud por su consumo, por lo que **el hombre se ha adaptado a las circunstancias de su entorno**, con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de las sociedades, y esto lleva implícito la construcción de obras hidráulicas, siendo esto evidenciado, en los hallazgos encontrados en excavaciones de ruinas prehistóricas, además de

referencias bíblicas y relatos que describen cómo se construían tanques y se conducía el agua a las ciudades (Figura 2).



368

**FIGURA 2.** Compilación de algunas infografías relacionadas a las formas antiguas del uso del agua. Fuente: Compilación de imágenes de relatos de diversos autores por Peña, 2015.

Por tanto, a continuación se realiza un recuento de los hitos relevantes, desde sus orígenes en tiempos remotos, y desde la Baja Edad Media hasta mediados del Siglo XX, basados en relatos de diversos expertos y documentos que permitieron sistematizar, compilar y sintetizar, la revisión documental realizada, ya que no existe una evidencia científica, sin embargo, es de interés conocer a manera general los mismos, los cuales se consolidan en la cuadros 1 y 2.

**CUADRO 1.** Algunos Relatos históricos del abastecimiento de agua, desde sus orígenes en tiempos remotos. Fuente: Elaboración propia con compilación de relatos de diversos autores y reportes en National Geographic.

Años	Descripción
8.000 años a.C.	La existencia de pozos excavados en Mesopotamia, donde <b>los sumerios desviaban el curso de los ríos y construían embalses con canales de drenaje y sistemas de distribución de agua</b> para riego agrícola y consumo.
7.000 años a.C.	En Jericó, el agua era almacenada en los pozos para su posterior utilización. Como el agua había de ser trasladada de los pozos a otros puntos, donde era necesario su uso, se empezaron a desarrollar los sistemas de transporte y distribución del agua. Este transporte se realizaba mediante canales sencillos, excavados en la arena o las rocas; en Egipto, se utilizaban árboles huecos de palmera, mientras que en China y Japón, utilizaron cañas de bambú.
5.700 años a.C.	En la antigüedad, los pozos fueron una de las formas de abastecimiento más usadas, y su aparición en la vida del hombre y dentro de la cultura china, está ubicado dentro de las dinastías Shang y Zhou, con mayor crecimiento en la dinastía Zhou del este, y estos, eran en su mayoría de barro. Con el paso del tiempo los materiales utilizados en su construcción han ido evolucionando, se han utilizado, arcilla, barro y ladrillos a lo largo de los Siglos.
4.800 años. a.C.	La primera presa conocida, se construyó en El Kafara, situada cerca de El Cairo.
3.000 a.C.	En Egipto, se desarrollaron trabajos de extensión de redes, de diques, canales y sistema de drenaje. Se hizo necesario realizar trabajos de irrigación, para abastecer a todos los pobladores cercanos al río Nilo.
De 2.000 años a 400 a.C.	Las formas más comunes de purificación del agua eran hirviéndola sobre el fuego, calentándola al sol o sumergiendo una pieza de hierro caliente dentro de la misma, mientras que el almacenamiento del agua, se realizaba en recipientes de plata. Para llevar a cabo la purificación del agua, se utilizaban cobre, plata y técnicas de electrolisis. Otro de los métodos más comunes era el filtrado del agua hervida a través de arena o grava para luego dejarla enfriar. <b>Los egipcios fueron los primeros en utilizar métodos para el tratamiento del agua.</b>
1500 a.C.	Los egipcios usaban ya el alumbre para lograr precipitar las partículas suspendidas en el agua, que hoy se emplea para el mismo fin, y aplicaban procesos de sedimentación y decantación
715 y 586 a.C.	Ezequías, rey de Judá, planificó y edificó un acueducto de 30 km de longitud para la ciudad de Jerusalén
700 a.C.	<b>El primer acueducto se denominó "Jerwan", en Nínive, capital de Asiria.</b>
312 a.C.	Roma, capital del Imperio Romano, se abastecía de manantiales y pozos propios, y que al ser insuficientes en esa fecha por el gran crecimiento de la población, se construyó el primer acueducto <i>Acqua Appia</i> , de 16 km bajo el mandato de Apio Claudio. Este acueducto, es una conducción subterránea que transporta agua desde las colinas vecinas.
310 a.C.	Los romanos atribuían gran importancia al manejo y cuidado del agua, por lo que según relatos, <b>contaminarla era considerado como uno de los peores crímenes.</b>
144 a.C.	Los romanos construyen el acueducto <i>Acqua Marcia</i> , con una longitud total de 90 a 99 km, caracterizado por ser el primero que consta de secciones elevadas sobre el terreno. Transportaba 140.000 m <sup>3</sup> /día y contaba con 16 km elevados.
9 a.C.	En España, Los Bañales, un castillo en Zaragoza, se construyó el Acueducto de Los Bañales (Andreu y Armendáriz 2011), y contó con tramo de la conducción elevado sobre apoyos aislados.

Continuación Cuadro 1...

Años	Descripción
Siglo VI a. C.	En la antigua Grecia, ya disponían de tecnología para la captación y distribución de agua a largas distancias.
Siglo VI a. C.	El aprovisionamiento de agua en Roma, fue la creación de depósitos para almacenar agua de lluvia; luego avanzaron a la construcción de cisternas en cada casa que recogía el agua del tejado, por la desconfianza que tenían los pobladores, de la calidad de agua de las fuentes superficiales.
Siglo V a. C.	En Irán, se crearon mecanismos para la obtención de agua, donde la construcción de <i>qanats</i> , diseñado e implantado en el, permite la extracción de aguas subterráneas, a través de un sofisticado sistema de galerías subterráneas para las actividades agrícolas y para uso doméstico. En la actualidad, <b>todavía existen aproximadamente 22 mil qanats</b> , de los cuales, muchos de ellos se siguen utilizando. Este sistema de captación de agua de <i>qanats</i> , se extendió rápidamente a través de la India, Arabia, Egipto, África del Norte, Estados Unidos y España.
Siglo III a. C.	Los romanos para la mejor recogida de agua de lluvia construyeron en el atrium de los domus, una abertura triangular en el tejado (Compluvium) cayendo el agua al interior del patio hacia un estanque construido de roca o mármol (Impluvium). Allí, era depositada para asentar en el fondo las impurezas del agua, luego se extraía por un orificio hacia el cisterna, las cuales no se usaban solo para almacenar agua de lluvia, sino con el tiempo también el agua proveniente de la red urbana, con el fin de contar con reserva de agua en caso de una suspensión del suministro habitual.
Siglo I a. C.	Los métodos para la construcción de los acueductos romanos, fueron bien descritos por Vitruvio en su obra " <i>De Architectura</i> ". Y la integración ambiental, se incorpora en el Libro VIII "De las Aguas".
Siglo I d. C.	<i>El acueducto Pont du Gard</i> , construido por los romanos en Francia, tenía unos 50 km que llevaba el agua de un manantial desde los nacimientos cercanos a Uzès hasta la ciudad romana de Nemausus (actual Nîmes), con una pendiente de 34 cm/km, y llevaba 20.000.000 de litros de agua diariamente. Y el puente diseñado para llevar el agua a través del pequeño valle del Gardon fue construido en tres niveles, el puente tiene 49 metros de alto y el nivel más largo tiene 275 metros de longitud.
A final del Siglo I d. C.	Fue nombrado el general <b>Sexto Julio Frontino</b> (en latín, <i>Sextus Lulius Frontinus</i> ; c. 40-103) para administrar los numerosos acueductos de Roma ( <i>curator aquarum</i> ). Cuando fue nombrado comisionado de las aguas de Roma, se dedicó a elaborar un mapa del sistema de acueductos, canales y alcantarillas de la capital, a fin de poder evaluar su estado, antes de proceder a su mantenimiento. Su obra más importante, <i>De aquaeductu</i> , constituye un informe oficial para el emperador que registra el estado de los acueductos de Roma, tomando, como modelo, la obra de Vitruvio, <i>De Architectura</i> , la cual habla, de la construcción y mantenimiento de los acueductos en el Siglo anterior.
Siglos I y II d. de C.	El acueducto de Segovia (Castilla y León, España), fue construido por los romanos. El historiador Aguado, lo atribuye a la época de Octavio Augusto (27 a. de C.-14 d. de C.); se diseñó para transportar y abastecer de agua a la población romana asentada en Segovia. Su función era transportar el agua desde el manantial de la Fuenfría, situado en la sierra de Guadarrama a 17 km de la ciudad.

Continuación Cuadro 1...

Años	Descripción																																																
109 d.C.	El emperador Trajano de Roma, mandó construir un acueducto para abastecer la zona comercial e industrial de la ribera oriental del Tíber; en algunos lugares dicho canal tenía 30 m de altura y surtía agua hasta las piscinas del quinto piso del Fórum, que era la plaza del mercado.																																																
Siglos III d. C.	Ya existían once (11) grandes acueductos que surtían agua a Roma:																																																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Acueducto</th> <th>Año de construcción</th> <th>Longitud (km)</th> <th>Capacidad (m<sup>3</sup>/día)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aqua Appia</td> <td>312 a. C.</td> <td>16,561</td> <td>73 000</td> </tr> <tr> <td>Anio Vetus</td> <td>272-269 a. C.</td> <td>63,640</td> <td>175 920</td> </tr> <tr> <td>Aqua Marcia</td> <td>144-140 a. C.</td> <td>91,424</td> <td>187 600</td> </tr> <tr> <td>Aqua Tepula</td> <td>125 a. C.</td> <td>17,745</td> <td>17 800</td> </tr> <tr> <td>Aqua Julia</td> <td>33 a. C.</td> <td>21,677</td> <td>48 240</td> </tr> <tr> <td>Aqua Virgo</td> <td>19 a. C.</td> <td>20,697</td> <td>100 160</td> </tr> <tr> <td>Aqua Alsietina</td> <td>2 a. C.</td> <td>32,815</td> <td>15 680 (no potable)</td> </tr> <tr> <td>Aqua Claudia</td> <td>38 - 52</td> <td>68,681</td> <td>184.280</td> </tr> <tr> <td>Anio Novus</td> <td>38 - 52</td> <td>86,876</td> <td>189.520</td> </tr> <tr> <td>Aqua Traiana</td> <td>109</td> <td>32,500</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Arcus Alexandriana</td> <td>226</td> <td>22</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	Acueducto	Año de construcción	Longitud (km)	Capacidad (m <sup>3</sup> /día)	Aqua Appia	312 a. C.	16,561	73 000	Anio Vetus	272-269 a. C.	63,640	175 920	Aqua Marcia	144-140 a. C.	91,424	187 600	Aqua Tepula	125 a. C.	17,745	17 800	Aqua Julia	33 a. C.	21,677	48 240	Aqua Virgo	19 a. C.	20,697	100 160	Aqua Alsietina	2 a. C.	32,815	15 680 (no potable)	Aqua Claudia	38 - 52	68,681	184.280	Anio Novus	38 - 52	86,876	189.520	Aqua Traiana	109	32,500	-	Arcus Alexandriana	226	22	-
	Acueducto	Año de construcción	Longitud (km)	Capacidad (m <sup>3</sup> /día)																																													
	Aqua Appia	312 a. C.	16,561	73 000																																													
	Anio Vetus	272-269 a. C.	63,640	175 920																																													
	Aqua Marcia	144-140 a. C.	91,424	187 600																																													
	Aqua Tepula	125 a. C.	17,745	17 800																																													
	Aqua Julia	33 a. C.	21,677	48 240																																													
	Aqua Virgo	19 a. C.	20,697	100 160																																													
	Aqua Alsietina	2 a. C.	32,815	15 680 (no potable)																																													
	Aqua Claudia	38 - 52	68,681	184.280																																													
Anio Novus	38 - 52	86,876	189.520																																														
Aqua Traiana	109	32,500	-																																														
Arcus Alexandriana	226	22	-																																														
350 d.C.	Al llegar a la ciudad, el líquido era depositado en unos 250 tanques distribuidos en diversos puntos de la red. El agua era llevada a Roma por una red de 420 Km de canales y tuberías desde manantiales, lagos y ríos situados en las montañas de los alrededores; el suministro era continuo, pues no había manera de regularlo. Unas cuantas villas tenían grifos formados por un tubo inserto en el conducto de abastecimiento (llamado quinaria, de unos 2 cm de diámetro); aquél tenía un orificio por donde fluía el líquido y podía cerrarse o abrirse haciéndolo girar.																																																
	El agua fluía por gravedad a lo largo de la red. Los canales (acueductos) eran de ladrillo o de piedra con un revestimiento interior de cemento impermeable, y en promedio medían 90 cm. de ancho y 1.8 m de profundidad; algunos eran subterráneos y tenían respiraderos cada 73 m aproximadamente. Durante la época de máximo esplendor de Roma, la ciudad contaba con abundante agua limpia y fresca, de tal modo que las crónicas de aquel entonces cuentan que, en la época, llegaban a Roma aproximadamente 1.500.000 m <sup>3</sup> /día de agua, 370 l/hab/día, cifra que no alcanzan muchas grandes ciudades actuales.																																																

371

Tras la compilación de algunos relatos, documentales y reportes de los orígenes y de la evolución del uso del agua y la aparición de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano antes y después de Cristo (Tiempos Remotos), se evidencia que desde la antigüedad los sistemas de abastecimiento para consumo humano desde el más artesanal hasta el más sofisticado fue construido y administrado por el Estado o por los mismos pobladores y en su desarrollo durante los años prevaleció el criterio o indicador ambiental de calidad de agua cualitativo de las fuentes abastecedoras superficiales o subterráneas a ser explotadas u aprovechadas y en los sistemas de distribución, por lo que hombre a lo largo de la historia ha intentado evitar y hacer frente a las dificultades ambientales y al inexorable crecimiento de la población, **adoptando medidas para controlar y aprovechar el agua**, captándola tanto a nivel subterráneo (en pozos y minas) como a nivel superficial (lluvia, en lagos, ríos y embalses) y distribuyéndola con el uso de materiales diversos, por lo que, se evidencia que entorno al recurso agua han evolucionado las civilizaciones, marcando un hito relevante los Romanos, ya que partían de criterios

ambientales y técnicos de acuerdo a los conocimientos empíricos para interrelacionar la arquitectura y la ingeniería hidráulica, incluso en su legislación estipulaban según los relatos que la contaminación del agua era considerado como uno de los peores crímenes.

Pero para profundizar en visualizar la integración ambiental que existió en la antigüedad para el abastecimiento de agua para las poblaciones, se encontró un artículo titulado *Calidad de las aguas e intuiciones de hidrogeología en el libro VIII, arquitectura de vitruvio. Espacio y tiempo*, publicado en la Revista de Ciencias Humanas, No 21-2007 de la Universidad de Sassari (Italia), cuyo autor Sechi, M (2007), hace un análisis de libro VIII de las aguas (De Architectura, Vitruvio, Venecia, 1567) (Figura 3).

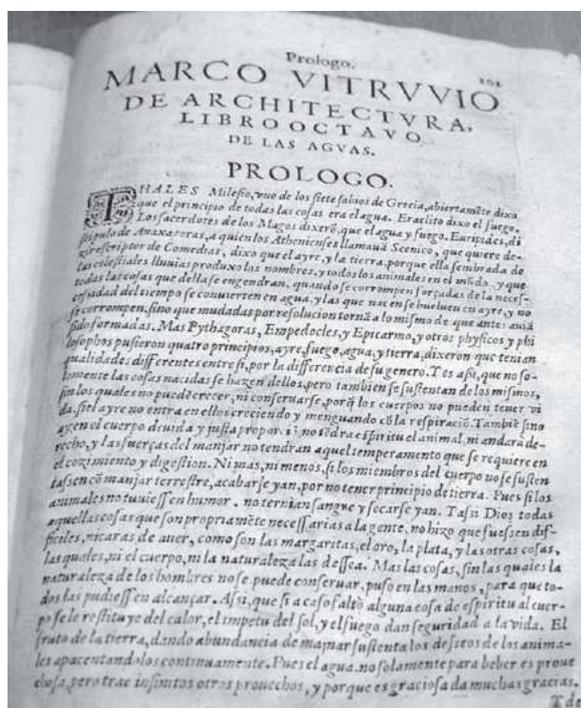


FIGURA 3. Prólogo libro VIII de las aguas De arquitectura, Vitruvio, Venecia, 1567. Fuente: Sechi, M. (2007).

Por lo que esta documentación, es considerada un marco teórico relevante para la investigación, ya que evidencia como se enfocó la integración ambiental en la antigüedad para el de agua para las poblaciones, donde los Romanos marcaron una pauta transcendental con sus conocimientos empíricos y teóricos para interrelacionar lo ambiental con la arquitectura e ingeniería para la exploración, el diseño, cálculo y ejecución de las obras hidráulicas de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución del recurso agua para el consumo de la población de las urbes de la época y que en épocas recientes dichos criterios, se siguen utilizando con el empleo de tecnologías más sofisticadas, por lo que se extrae del mismo los hechos más relevantes de Vitruvio, M. (1567), en su Libro VIII en la sección “Las Aguas”, el

cual está dividido en cuatro secciones: **a.** Indicaciones generales (VIII 1, 1). **b.** Elementos de hidrología (VIII 1, 2). **c.** Índices deducidos de la flora y mirabilia aquarum (VIII 1, 3). **d.** Métodos empíricos para la individuación de los puntos de humedad; captura y procedimientos de conducción de las aguas (VIII 1, 4-6), cuyo recuento textualmente se realiza basados en el artículo de Sechi, M. (2007) con adaptaciones realizadas por Peña, K. (2014), estos se presenta a continuación:

- Vitruvio plantea que la búsqueda del agua es de primera necesidad «**para la vida humana**» o, como él mismo escribe «**para los placeres y las necesidades de la vida de cada día**». y que es necesario volver a buscarla sólo cuando ya no son suficientes las fuentes superficiales (VIII, 1, 1).
- Vitruvio, VIII, pr. 4: “necesitando servirse de aguas que corren copiosas al aire libre, antes de empezar a conducir las, es necesario observar como es el aspecto de los habitantes lugareños; si estos tendrán un físico robusto, tez bonita, piernas vigorosas, ojos sin legañas, el agua será muy buena”. traducción de G. Florian, 1978.
- El primer paso en la construcción del acueducto es encontrar la ubicación de la fuente de donde se tomaría el agua. No siempre se disponía de una fuente, para asegurar agua fresca y saludable. Muchas veces era necesaria una minuciosa labor de búsqueda hasta dar con ella. Vitruvio, en su Libro VIII, indicaba la metodología que debía seguirse, basada sobre todo en la observación directa de la naturaleza: la vegetación, el terreno, su configuración y el grado de humedad.
- Para Vitruvio la búsqueda y la captación de las aguas son dos operaciones distintas con la utilización de una terminología técnica que nos señala las funciones específicas de los encargados a este servicio y plantea que «**si el agua no emerge naturalmente a la superficie es necesario buscar y captar las fuentes subterráneas**» (VIII, 1, 1); la individuación y localización de los puntos de agua es un invento (VIII, 4), o sea un descubrimiento del hombre, conseguido gracias a sus conocimientos empíricos y teóricos.
- Sobre la investigación y exploración, **los aquilez o aquilices**, eran los «**encargados de la localización y captura de las aguas**» y era un personal especializado, de antigua tradición, quizás de origen etrusca, conocido en Roma ya en la edad republicana, estas figuras eran especialistas en la localización de manantiales y capas acuíferas superficiales y profundas.
- Vitruvio afirmó: aquél que se va a la búsqueda del agua tiene que poner muchísima atención en las diversas tipologías de terrenos, porque es en determinados terrenos que el agua nace (VIII, 1, 1). La relación entre las calidades de las diversas tipologías de terrenos y la presencia del agua evidencia y anticipa el estricto enlace con la geología, característica de la moderna ciencia hidrológica (Figura 4).



Observación del suelo (De architectura, Vitruvio, Venecia, 1567).

**FIGURA 4.** Observación del suelo en Libro VIII De architectura, Vitruvio, Venecia, 1567. Fuente: Sechi,M (2007)

- Según Vitruvio (Vitr., VIII, 1, 2), para buscar los puntos de agua, **«es necesario cuidar de la geomorfía característica del lugar donde se busca, porque gracias a ésta es posible obtener seguras indicaciones sobre la presencia de agua»**, y se refería con puntualidad a las operaciones de individuación y captación de las aguas, sus indicaciones generales parecen marcadas más por la experiencia práctica que por la teoría científica, coincidiendo, por otra parte, con análogos o idénticos preceptos transmitidos por los escritores romanos de agricultura (Geop., II, 5, 11; Plin., Nat. hist., XXXI, 44; Pallad., IX, 8): **«quien busca el agua tiene que tumbarse en el suelo y prono, permanecer inmóvil, escrutar el horizonte para ver si desde el suelo suben vapores de humedad y horadar, si es necesario, donde estos parecen liberarse»**. Además, «en algunas favorables condiciones» se pueden hacer algunos experimentos: enterrad una jofaina de cobre o plomo, una botija de arcilla no cocida o lana en rama. Si estos instrumentos estarán cubiertos o empapados de gotas de agua se podrá constatar la gradación de humedad y también se podrá, en aquel preciso punto, escavar un pozo (Vitr., VIII, 1,4-5; Geop., II, 6, 42-45; Plin., Nat. hist., XXXI, 46-47; Cassiod., III, 53). Estas y otras semejantes experiencias forman parte de un campo de prácticas muy comunes y difundidas en la antigüedad, (Callebat, 1973, p. 58). Luego de la experimentación indicaba Vitruvio, VIII, 1, 6: “Cumplidos estos sondeos y encontrados los indicios antedichos, es necesario horadar un pozo en el mismo sitio, si encontrara un manantial de agua se escavarán muchos otros pozos y de hace todos se hará que las aguas se encañalen en un único punto mediante conductos subterráneos”.
- Por los textos antiguos, las informaciones que Vitruvio ilustra tanto por las especies vegetales que constituyen los índices (*signa*) de los terrenos acuíferos. establece una relación entre la búsqueda de los puntos de agua y el análisis de las características del suelo a través de las formas de la flora y nos indica seis plantas. Cfr. VIII, 1, 3: “para comprender si un terreno es rico en agua... podemos basarnos en la presencia de algunas plantas características. Estas plantas son: el junco flexible, sutil, el sauce silvestre, el alisio, la sarga, las cañas, la hiedra y otras especies de los mismos tipos que viven y se reproducen sólo en un suelo rico en humedad. Estas mismas plantas nacen también en terrenos bajos y pantanosos, que recogen el agua de las

lluvias invernales, de los terrenos circunstantes colocados a mayor altura, y además tienen la característica de retener mucho tiempo la humedad. De estos suelos hay que desconfiar, porque el agua tiene que ser buscada solo en los suelos que no son pantanosos, donde estas particulares plantas nacen espontáneas”.

- En cuanto al indicador calidad de agua, Vitrubio indico: **“Las fuentes deben examinarse y probarse de antemano** de la siguiente forma: Si discurre libre y abierta, inspeccionar y observar el físico de la gente que vive en los alrededores antes de empezar a conducir el agua, y si su constitución es fuerte, su complexión vigorosa, sus piernas sólidas y sus ojos despejados, las fuentes merecen una aprobación completa. Si es una fuente recién excavada, su agua será excelente si puede rociarse en un vaso corintio o de algún tipo hecho de buen bronce sin dejar mancha en él. Además, si tal agua se hierve en un caldero de bronce, se deja reposar un tiempo y luego se vierte sin encontrar arena o barro en el fondo del caldero, dicha agua también habrá probado su excelencia”.
- Según Sechi, M. (2007), el espacio concedido por Vitruvio al tema de la búsqueda sobre las aguas subterráneas: para empezar, la probable experiencia profesional junto a una notable cultura geográfica del autor; además la concepción enciclopédica de la tratadística científica de los Romanos; y para acabar, la estrecha interdependencia de funciones que en esta época se reconocía a las actividades del architectus y del técnico especializado en las obras de individuación y utilización de los recursos hídricos. Y antepone una sección genuinamente técnica sobre la hidráulica diferenciando también los puntos en los que se articula su disertación según una secuencia lógica de argumentos y nociones de geografía física se unen a conceptos de higiene y, en la parte relativa a la hidráulica en su propio sentido, se hace mención expresamente a saberes de hidrogeología.
- En lo concerniente la consideración relativa al enlace que corre entre la ciencia arquitectónica de la ingeniería e hidráulica, y sus relativas aplicaciones en el mundo antiguo, un amplio conjunto de fuentes literarias, epigráficas, arqueológicas y artísticas nos enseña las conexiones necesarias, y por gran parte obvias, entre la realización, por un lado, de obras de explotación, encañalamiento y distribución de las aguas y, por otro, las obras monumentales: los acueductos (Grewe, 1985; Sechi, 1989; Toelle-Kastenbein, 1993 citado por Sechi, M., 2007), y señalaban que **«un ingeniero hidráulico y un arquitecto»**, eran figuras semejantes, pero no equivalentes porque el architectus romano, era también experto en hidráulica y en ingeniería y conocía el proceder de las aguas superficiales y subterráneas.

Por las citas documentadas antes mencionadas, se concluye que los griegos, los persas, los egipcios y los chinos desde hace miles de años, ya experimentaban con la forma de captar y distribuir el agua para consumo humano, pero ninguna civilización se puede comparar a la romana, ya que eran unos expertos en la materia a partir de la selección de las fuentes abastecedoras, captación, conducción, almacenamiento y distribución de agua, es por ello que los grandes acueductos y obras hidráulicas en general, datan del periodo romano, siendo **Marco Vitruvio Polión**, como arquitecto, escritor, ingeniero y

tratadista romano del Siglo I a. C, quien marca un hito en documentar los primeros indicios o evidencias cualitativas del desempeño y sostenibilidad ambiental del uso del recurso hídrico para consumo humano, basados en los conocimientos empíricos y teóricos aportados para la época y que hoy en día se han sofisticado con el empleo de diversas técnicas y tecnologías para el abastecimiento de agua para las poblaciones de forma segura para la salud pública y mejora de la calidad de vida.

Sin embargo, según documentación de PROTOS, y la “Sociedad Flamenca de Agua para el Desarrollo” (2006), en la Baja Edad Media desde el año 500 a 1500, sólo las grandes ciudades disponían de una amplia red de suministro de agua; las tuberías estaban hechas principalmente de plomo (rara vez eran de madera) y transportaban el agua a las ciudades desde los acuíferos limítrofes. A veces algunos vendedores llevaban agua a las ciudades en sus carretas. (Figura 5).

376



**FIGURA 5.** Distribución de agua en carreta en Bélgica en la Baja Edad Media. Fuente: PROTOS & Sociedad Flamenca de Agua para el Desarrollo (2006).

A partir de esa época se dieron avances de forma gradual a raíz de los diversos problemas de salud pública que se fueron presentando asociados a la contaminación de las aguas en sus fuentes naturales o por el desmejoramiento de la calidad por el uso inadecuado de materiales no aptos como el plomo, hasta que se fue acelerando su evolución a partir de la revolución industrial con profundos cambios tecnológicos que trajo consigo a su vez numerosos problemas ambientales como la sobreexplotación y contaminación del recurso agua, y en este caso de estudio la revisión documental indica que los procesos de aprovechamiento, afectación y degradación de las aguas tendieron a incrementarse.

Por lo antes expuesto, se consideró necesario sistematizar algunos hechos históricos relacionados a la investigación, cuyos hechos relevantes, se presentan en el cuadro 2, que evidencian como a través de la historia de la humanidad el hombre se las ingenia para enfrentar las adversidades de la naturaleza e innova en el ámbito tecnológico en busca del desarrollo socio- económico de las naciones, y a la par en esa búsqueda del desarrollo para lograr satisfacer las necesidades de la población, se han afectado los recursos naturales, haciendo que el patrón de crecimiento y desarrollo sea insostenible en el tiempo, porque se ha interrumpido el crecer en equilibrio y armonía con la naturaleza con respeto de sus tasas de renovación y carga de asimilación, en este caso se registra en uno de los recursos vitales para la vida

en el planeta como lo es el recurso hídrico y su ciclo natural, por lo que nos conlleva a que gradualmente se presenten problemas de escasez de agua y se incrementen los problemas de salud pública.

**CUADRO 2.** Algunos Relatos históricos del abastecimiento de agua desde la baja Edad Media hasta mediados del Siglo XX. Fuente: Elaboración propia con compilación de relatos de diversos autores.

Años	Descripción
1236	A principios del Siglo XII el Támesis ya estaba contaminado, y en este año se llevó agua por primera vez a Londres procedente del manantial de Tyburn, mediante un sistema basado en tuberías de plomo. Otras ciudades también tendieron tuberías para el agua, pero la mayoría de ellas vehiculizaba el agua mediante un sistema de simples troncos de árbol ahuecados.
1543-1571	En México, Fue construido El acueducto de Zempoala, su longitud total es de 50 kilómetros con tres largos puentes
1552 - 1558	En Perú el Cabildo de Lima, aprovecho los manantiales de La Atarjea. La idea era buscar fuentes de agua sanas. La inversión fue de 20 mil pesos para las excavaciones y tendido de cañerías de arcilla, se construyó un depósito que recibía las aguas del manantial, conocido como "Caja Real", se trataba de un edificio que encerraba entre paredes los manantiales donde se iniciaba un canal o acueducto de ladrillo y cal, abovedado, que en la ciudad se transformaba en una matriz principal formada por tubos de barro cocido, que terminaba en la pila de la Plaza Mayor. Luego, cuando creció la población, se construyó otro reservorio, llamado "Caja de Santo Tomás". De él salía una tubería hasta la Plaza de Armas que luego se prolongó hasta el convento de Santo Domingo; luego se construyeron otras dos que abastecían el convento de La Encarnación y la pileta de la plazuela de San Sebastián. La distribución del agua era complementada por los aguadores, quienes llevaban, con sus acémilas, el agua a domicilio en cántaros de barro.
1561-64	Se registra el primer acueducto en Lima – Perú. Este sistema de agua tenía una longitud aproximada de 12 kilómetros y la principal fuente de agua para el consumo es el río Rímac.
1562	El invento de la bomba en Inglaterra impulsó las posibilidades de desarrollo de sistemas de suministro de agua. En Londres, la primera obra de bombeo de agua se finalizó en el año de 1562. Se bombeaba agua de río a un embalse a unos 37 metros por encima del nivel del Támesis, y desde el embalse se distribuía a los edificios vecinos a través de tuberías aprovechando la fuerza de gravedad.
1584	Se construyó el primer acueducto de la ciudad de Bogotá en Colombia, consistió en una conducción de aguas desde el río San Agustín hasta la plaza principal, mediante una cañería de cal, ladrillo y piedra que pasaba por una zona en la que existían arbustos de laurel, motivo por el cual se le llamó Acueducto o Cañería de Los Laureles
1619	Por primera vez en Londres todas las viviendas reciben agua a través de una red de distribución, servicio prestado por la Compañía New River.
1672	A partir de este año los registros históricos se produjeron numerosos brotes de disentería asociados a la contaminación del agua de consumo humano.
1680	Anthony Van Leeuwenhoek desarrollo el microscopio. El descubrimiento de los microorganismos se consideró una curiosidad. Pasarían otros doscientos años hasta que los científicos utilizaran este invento, el microscopio, para la identificación y comparación de microorganismos y otros patógenos.
1685	El primer filtro múltiple se desarrolló por el físico Italiano Lu Antonio Porzo. El filtro consistía en una unidad de sedimentación y filtro de arena.
1706 - 1884	En México se construye el Acueducto de Xalpa, constó de varios componentes como son: dos túneles, con más de un kilómetro de longitud; dos puentes a base de arcos, el más conocido de ellos llamado Arcos del Sitio; más de 50 km de zanjas y acequias, así como obras de toma y de control (cajas de agua).

Continuación Cuadro 2...

Años	Descripción
1743 a 1751	En México se construyó el Acueducto de Guadalupe, su fuente de agua era el río Tlalnepantla; el recorrido original según los datos de la época era de 12.900 varas (10.770 m). En el tramo inicial, el agua corría por una acequia a nivel superficial o subterráneo pero la mayor parte era elevada con el canal soportado sobre 2.287 arcos.
1746 – 1750	El científico Francés Joseph Amy recibe la primera patente por el diseño de un filtro, que es utilizado en casas por primera vez en el año 1750. Los filtros estaban hechos de algodón, fibras de esponja y carbón.
1795 - 1805	El mayor acueducto británico Pontcysyllte Aqueduct, Reino Unido, fue construido en 10 años. La instalación fue de 307 m (1.007 pies) de largo y se eleva a 38.40m (126ft) sobre el río Dee por 18 columnas y apoyado por 19 arcos.
1800	Newton, Bernouilli y Euler perfeccionaron la teorías y principios de hidráulica desarrolladas por los científicos Keppler y Torricelli en el Siglo XVI.
1800-1804	La población merideña de Venezuela obtenía el agua de pozos y manantiales. Don Ignacio Rodríguez Picón estableció en 1804 el servicio de agua en la ciudad de Mérida, a través de una acequia (Canal). En ese tiempo se construyó una pila tallada en piedra en la Plaza Mayor, que funcionó hasta que el terremoto de 1812.
1804	El primer sistema de suministro de agua potable a una ciudad completa fue construido en Paisley, Escocia, alrededor del año 1804 por John Gibb. En tres años se comenzó a transportar agua filtrada a la ciudad de Glasgow.
1806	París empieza a funcionar la mayor planta de tratamiento de agua. El agua sedimenta durante 12 horas antes de su filtración. Los filtros consisten en arena, carbón y su capacidad es de seis horas.
1827	El inglés James Simplón construye un filtro de arena para la purificación del agua potable. Hoy en día todavía se considera el primer sistema efectivo utilizado con fines de salud pública.
1827	Inicio la revolución de la cerámica, el filtro con este elemento removía bacterias del agua, este filtro tenía tierra y barro.
1829	En Londres (Chelsea), se construyó la primera planta de filtros lentos de arena hecha por, The Chelsea Water Work Co.
1832 - 1867	En este periodo de años hubo grandes epidemias de cólera asociados a la contaminación del agua en diversos países asociados a la contaminación de las aguas.
1852	En Bélgica, en diversas conferencias que se dieron sobre la higiene, se establecían cuáles eran los requisitos mínimos para que el agua potable fuera de calidad. En algunas ciudades belgas se crearon los denominados Comités d'hygiène publique (Comités de higiene pública).
1853	Nació el primer canal holandés del agua: el Ámsterdam Dune Water Company. Un canal extraía el agua de las dunas para luego se trasladado a Ámsterdam por medio de tubos. En el sector Willemspoort, actual Haarlemmerpoort, se desarrollo un punto de toma de agua potable y fresca, donde la gente podía pagar un centavo por cada cubo.
1854 -1855	En Londres, el Dr. John Snow, descubrió que la epidemia del cólera era causada por el bombeo de agua contaminada. La expansión del cólera se evitó mediante el cierre de todos los sistemas de bombeo, después de este hecho, los científicos han realizado estudios e investigación de la presencia de microorganismos en el agua y modo de eliminación para el suministro de agua apta para el consumo.

Continuación Cuadro 2...

Años	Descripción
1835 -1855	Aparece el diseño de filtros rápidos en Norteamérica, a los cuales, se les llamo filtros mecánicos o americanos, en contraposición a los filtros ingleses, que eran lentos. Se construyó el primer filtro en la ciudad de Somerville por I. Smith Hyatt, quien obtiene la patente para un sistema de coagulación – filtración. El sistema no usaba aun sulfato de aluminio, sino coagulantes férricos, las cuales inyectaba antes de que el flujo entrara al filtro. Este sistema pasó por Bélgica, Alemania y Francia.
1856	En Francia, aparecieron los filtros a presión “Fonvielle” y “Souchon”, siendo su objeto, colar los sedimentos del agua.
1858	Bruselas se convirtió en la primera ciudad belga con un moderno sistema de abastecimiento de agua potable.
1862	Doulton invento el filtro de cerámica para microorganismos, el cual removía las bacterias con un 99% de eficiencia, siendo este hecho, un gran impacto mundial.
1866 - 1874	Los acueductos de Coro (estado Falcón) y Caracas (Distrito Capital) en Venezuela, fueron las primeras obras hidráulicas importantes que fueron diseñadas considerando estudios hidrológicos. En este caso, sólo aforos de las fuentes abastecedoras, por lo que a partir de esta fecha se despertó interés por la Hidrología y sus aplicaciones. El acueducto de Coro, estreno la presa de Caujarao en el río Coro, siendo la primera presa en concreto del país; y el acueducto de Caracas, se surtió del rio Macarao (MOP, 1966 citado por Silva (2000).
1867 -1880	En Argentina, la epidemia de fiebre amarilla, que diezmo la población, conllevó a la urgente realización de una infraestructura para el saneamiento. El gobierno, entonces, le encomendó al ingeniero irlandés John Coghlan el proyecto del sistema de saneamiento de la ciudad (agua, cloacas y desagües pluviales). Aquel sistema se iniciaba en el Bajo de la Recoleta, y consistía en dos caños de hierro fundido, que se internaban 600 metros en el río para captar y transportar el agua que, luego de ser purificada, era enviada por máquinas de impulsión a la red de provisión de la ciudad. En 1869, Buenos Aires, se convertía en la primera ciudad de América con instalaciones de filtros para agua purificada; y para 1880, la red de suministro de agua construida por Bateman, desde 1874, daba cobertura a gran parte de la ciudad de Buenos Aires. El diseño y operación del servicio estaba íntegramente basado en el modelo inglés de gestión.
1869	Se construyó la primera planta de depuración en Londres.
1874-1891	En Venezuela, el químico Vicente Marcano, realizó en Caracas el estudio de las aguas y termo minerales de Venezuela, verificando la calidad de las aguas desde el punto de vista físico – químico, y los resultados fueron presentados en Paris (Pérez y Urbani, 1982).
1880	Pasteur explicó como organismos microscópicos podían transmitir enfermedades a través del agua. En el Siglo XX, se descubrió que la turbiedad del agua no era solo un problema estético; las partículas en las fuentes del agua tales como la materia fecal, podría servir de refugio a los patógenos.
1880	En Holanda, el ingeniero alemán B. Salbach, construyó un sistema de sedimentadores con coagulación de sulfato de aluminio como pre tratamiento para un sistema de filtros lentos que existían en la población de Groningen.
1888	Comenzó el servicio de agua por tubería de hierro en Bogotá.
1891	En Venezuela el químico Vicente Marcano, fundó el primer laboratorio de calidad de aguas para análisis rutinarios desde el punto de vista físico químico.

Continuación Cuadro 2...

Años	Descripción
1891	El primer laboratorio hidráulico fue fundado en Dresden (Alemania).
1893	Se usó por primera vez el ozono para desinfección del agua en Holanda.
1898	En la planta de tratamiento de Lousville y Little Fall en Estados Unidos, se introdujeron sistemas de mezclas, coagulación y sedimentación en tanques separados, a fin de remover las mayoría de las partículas sedimentables antes de que llegaran a los filtros
1900	En el Siglo XIX, se descubrieron los efectos de los desinfectantes en el agua para el tratamiento y desinfección de la misma, por lo que a partir de este año, los desinfectantes se utilizan extensamente por las compañías del agua para evitar la expansión de enfermedades y mejor la calidad del agua.
1822-1910	Louis Pasteur y Robert Koch, asentaron los cimientos de la moderna bacteriología.
1900	En Santa Fe de Bogotá, Colombia, la alcaldía de la ciudad, dada la escasez y la mala calidad de las aguas de la ciudad, concedió autorización a la empresa de acueducto para aprovechar otra fuente superficial en el río Fucha. El deterioro de los ríos, se le atribuyo, a los efectos del crecimiento y cambios en la ciudad.
1902	El primer país que usó cloro para limpiar y tratar el agua para el suministro público, fue Bélgica.
1907	En la ciudad de Mérida, Venezuela, fue inaugurado el primer acueducto, cuyo sistema de captación, nacía del río Albarregas.
1914	En Guayaquil, Ecuador, la Cía. J. C. Withe, propuso al cabildo porteño, el aprovechamiento del río Daule para abastecer de agua potable a esta ciudad, pero a pesar de que se realizaron varios estudios preliminares, este proyecto no prosperó debido a que los guayaquileños, especialmente las amas de casa, se opusieron expresando, su preocupación por la posible contaminación de las aguas, exigiendo que se la continúe trayendo desde las fuentes de Agua Clara.
1939	En Mérida, Venezuela, en el sistema de acueducto Rio Albarregas, se encontraron altos índices de estreptococos, y se reforma el sistema de acueducto construido en 1907.
1948	Se consolida acueducto de Mérida y se pone en operaciones la planta de tratamiento, "Dr. Eduardo Jáuregui" para tratar agua proveniente del río Albarregas, poniéndose el acueducto bajo la administración del INOS.
1955 -1956	En 1955, en Perú, el gobierno del general Odría firmó un contrato con la empresa francesa Degremont para ejecutar en 11 meses, el diseño, la construcción y el equipamiento de la primera planta de tratamiento de agua potable de La Atarjea, con un volumen de 5 m <sup>3</sup> /seg., la de mayor capacidad del mundo en esos años. La moderna planta, que abastecería de agua potable a la Gran Lima, fue inaugurada el 23 de julio de 1956.
1970	Según Arreguin (1994), en los años 70, se empezaron a conjuntar acciones de uso eficiente del agua en el ámbito urbano, iniciativa surgida en los Estados Unidos, en razón de las grandes que sequías azotaron el suroeste del país.

Continuación Cuadro 2...

Años	Descripción
1972	Un estudio encontró 36 sustancias químicas en el agua tratada en Luisiana (USA), que fue tomada del río Mississippi. Como consecuencia de estas nuevas y mayores contaminaciones, hubo necesidad de aplicar nuevas legislaciones y requerimientos técnicos para salvaguardar la salud de los consumidores. Posteriores avances en la desinfección, han puesto a punto nuevas técnicas y sustancias en el proceso de desinfección del agua como son principalmente el empleo de ozono, dióxido de cloro, cloraminas y radiación ultravioleta.
1972 - 1973	Se construye la planta de tratamiento de la ciudad de Mérida, Venezuela, ubicada en el sector El Vallecito, hoy conocida como la planta nueva, "Dr. Enrique Bourgoïn", cuya fuente abastecedora proviene del río Mucujún.
Desde 1977	En Bangladesh (Asia), cerca de 1.000 sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia, fueron instalados en el país por la ONG Forum for Drinking Water Supply & Sanitation.
1984	El Departamento del Distrito Federal, México DF, México, implantó un programa de uso eficiente del agua.
1988 a 1996	China, ha estado enfrentando serios problemas de escasez de agua que han causado grandes pérdidas económicas y medioambientales, y en busca de mejorar las condiciones de abastecimiento de agua, la única fuente de agua potencial en esta área, es la lluvia; razón por la cual el gobierno chino, ha probado eficientes técnicas de captación de agua lluvia y en la actualidad el gobierno local ha implementado el proyecto llamado "121" para captación de agua lluvia, apoyando económicamente a cada familia para construir un campo de recolección de agua, dos almacenamientos y un terreno adecuado para cultivar. Este sistema suministrando agua a 1.2 millones de personas (260.000 familias) y 1.18 millones de cabezas de ganado.
1998	Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia fueron introducidos en Berlín, Alemania, como parte de un redesarrollo urbano a gran escala. El agua lluvia cae en las cubiertas de 19 edificios (32.000 m <sup>2</sup> ), se recoge y almacena en un tanque subterráneo de 3.500 m <sup>3</sup> . Esta agua es usada para la descarga de inodoros, el riego de zonas verdes (incluyendo techos verdes) y llenar un estanque artificial.
1995-2016	En los Emiratos Árabes Unidos, siguiendo el ejemplo de Arabia Saudita, así como en Venezuela recientemente en las zonas de costa e insular como el estado Falcón y Nueva Esparta, se han instalado con éxito plantas desalinizadoras del agua del mar. Es una alternativa de futuro, primero por las limitaciones de recursos hídricos en la península arábiga, y segundo, ante el grave problema de afectación ambiental en las cuencas de montaña.

Por los relatos antes expuestos, y al hombre decidir establecerse de forma permanente dejando de ser nómada y vivir de la caza y la pesca, se inició los procesos de establecimiento de las poblaciones en pequeñas aldeas hasta avanzar a grandes urbes, por lo que los requerimientos de agua para uso humano y agrícola han sido una preocupación importante desde que el hombre decidió ser sedentario. Inicialmente, sus asentamientos se fundaron cerca de algún cuerpo de agua, y gradualmente, al ocupar espacios más distantes y al incrementarse las demandas de agua por la población en continuo crecimiento, fueron evolucionando las obras hidráulicas, tanto para consumo humano, como para riego, desde las técnicas más incipientes, artesanales y sofisticadas, para la captación, el control, mantenimiento y uso del agua. Es por ello, que se evidencian los siguientes antecedentes antiguos:

- En la América Precolombina, los indígenas demostraron ser grandes ingenieros hidráulicos. Los mayas, aztecas e incas, construyeron acueductos y canales para regar sus parcelas cultivadas

y para el uso de sus habitantes. Muestra de ello, la permanencia del canal de agua que aún suministra agua a las ruinas de Machu Pichu, en Perú.

- En la Edad Media, era normal a beber agua de la superficie. En las ciudades a menudo se utilizaba el agua del canal, mientras que el mismo conducto también fue utilizado como una alcantarilla abierta. Muchas personas se enfermaron por beber agua contaminada y las epidemias causaron muchas víctimas, por lo que la mala calidad del agua generó graves problemas de salud pública, debido a que los sistemas de distribución, fueron instalados como canales abiertos o con tuberías de plomo; además, los residuos y excrementos, se vertían directamente en el agua. En muchas ciudades, hasta fines de Siglo XIX, como se expuso en el cuadro 2, la provisión de agua, la efectuaban los aguateros y aljibes.
- Desde la baja Edad Media, hasta el presente, existió gran preocupación por la calidad de las aguas para consumo. Esto contribuyó a que los acueductos modernos se construyeran generalmente bajo tierra, como extensas redes de conductos de hierro, acero, cemento y, hoy en día, muy común el uso del polietileno de alta densidad (PEAD) o policloruro de vinilo (PVC). Además, se inician procesos incipientes de tratamientos de las aguas para consumo apareciendo los filtros, y que según Arboleda (2000), los primeros tuvieron carácter doméstico, siendo usados por mucho tiempo, los filtros de piedras porosas colocadas en tinajeros.

Luego en Francia, se difundieron los filtros de esponja, paño, lana y otros materiales; luego en Inglaterra, en el año 1804, se pensó por primera vez en hacer una instalación de filtros para toda una población, y en 1829, en Londres, se construye la primera planta de filtros lentos de arena. Este tipo de filtro de arena se popularizó, tanto en Europa, como en América, y cuando se hicieron los filtros no domésticos, el agua filtrada, no se distribuía por tuberías, sino que se vendía por galones al consumidor.

Así surgieron las primeras compañías de agua de carácter privado, razón por la cual señala Arboleda (2000), que con el advenimiento de la microbiología a mediados del Siglo XIX, se le fue dando cada vez más importancia al aspecto bacteriológico de la filtración. A fines de dicho Siglo, muchas ciudades, tanto de América y Europa, habían construido plantas de filtración, y cada día se fueron introduciendo sistemas de sedimentación y coagulación con sulfato de aluminio o coagulantes férricos, y como se denota en los hitos expuestos en el cuadro 2, a partir de los filtros como sistema único de tratamiento, se realizaron continuos aportes científicos para dar inicios a los procesos de potabilización del agua, ya que en principio sólo se eliminaban las partículas de tamaño grande, y los otros compuestos seguían presentes en el agua de forma disuelta en suspensión y microorganismos. Estos resultaban perjudiciales para su utilización, por lo que el tratamiento del agua para consumo ha ido evolucionando a procesos más complejos, que en la actualidad, han consolidado la creación de las plantas de potabilización modernas en las que los procesos de tratamiento, son preparatorios o complementarios de la filtración.

Así como la filtración se mostró como un método de tratamiento efectivo para reducir la turbiedad, desinfectantes como el cloro, jugaron un gran papel en la reducción del número de brotes epidémicos en los comienzos del Siglo XX; y durante la segunda mitad de este Siglo, los científicos alcanzaron grandes conocimientos sobre las fuentes y efectos de los contaminantes del agua potable, por lo que la filtración y la cloración del agua potable, según la revisión documental desarrollada, se considera como probablemente el más significativo avance en salud pública del milenio, ya que contribuyó a disminuir la mortalidad de la población por enfermedades de origen hídrico.

A raíz de todos estos problemas de salud pública, inventos y desarrollos empezaron a crecer y fortalecer la industria dedicada al tratamiento de aguas, permitiéndose implementar otro tipo de procedimientos con tecnología más avanzadas y eficientes como los monitores del agua, así como la incorporación de otras sustancias que podían ayudar como agentes descontaminantes. Otro tipo de elementos más avanzados, han permitido el desarrollo de más investigaciones y ampliar los métodos de purificación del agua, siendo los más recientes avances el tratamiento del agua a partir del desarrollo de membranas para osmosis inversa y la ozonización, y otras técnicas, como la eliminación de los cada vez mayor número y cantidad de contaminantes encontrados en el agua potable.

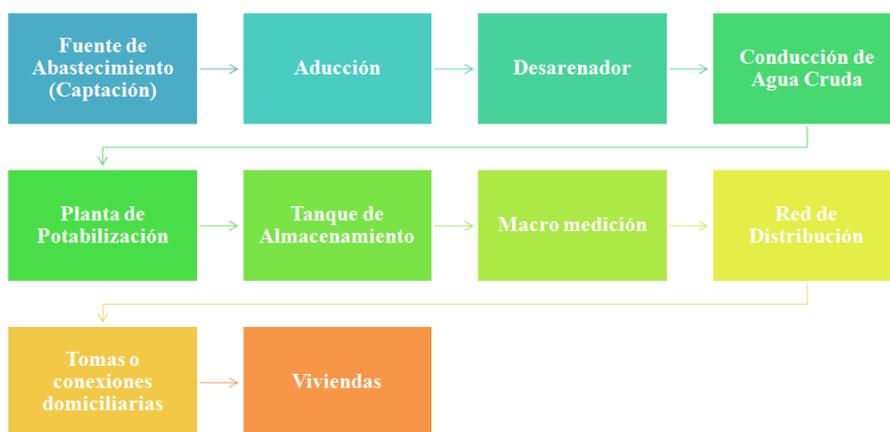
- En el Siglo XIX y XX, las ciudades de la mayoría de los países experimentan un gran crecimiento, realizando el suministro de agua a la población por medio de fuentes superficiales y subterráneas, para luego ser distribuida por una red centralizada de acueducto, y cada día a través de estos sistemas de abastecimiento de agua potable, deben recorrer grandes distancias a través de kilómetros de tubería, haciendo que esta sea muy costosa o que en algunos lugares remotos no se suministre el servicio, por lo que la presencia y crecimiento de los servicios públicos es un fenómeno que acompaña al desarrollo de las sociedades. Según la ONU – AGUA (2010), debido a la rápida urbanización, las ciudades se enfrentan a una creciente demanda de servicios del recurso hídrico, y para satisfacer esta demanda, los entes administradores de las ciudades van en procura de éste en territorios más distantes y con mayor profundidad.

Este hecho, conduce a la sobreexplotación de los recursos hídricos, además, viene acompañado de los sistemas de abastecimiento de agua potable sin tratar, o con un tratamiento inadecuado, razón por la cual se transforma en una importante amenaza para la salud pública, especialmente, en los países en desarrollo. Sin embargo, la problemática del abastecimiento de agua potable es de carácter global, siendo una situación muy crítica, en el continente africano, debido que los niveles de pobreza imposibilita la obtención de recursos y la tecnología necesaria para construcción y operación de un sistema de acueducto; además, la escasez de fuentes apropiadas en cuanto a calidad y seguridad del suministro, ha hecho de este, un problema aún mayor.

- A finales del Siglo XX, se retoman técnicas ancestrales que datan de 4.000 años a.C., como lo es la recolección de agua de lluvia con técnicas más sofisticadas para el abastecimiento de agua para las poblaciones. África es uno de los continentes donde tiene mayor auge la recolección de agua lluvia con grandes proyectos en Botswana, Togo, Mali, Malawi, Sudáfrica, Namibia, Zimbabwe, Mozambique, Sierra Leona y Tanzania, y se señala que las tecnologías para el aprovechamiento del agua de lluvia, encajan muy bien dentro de los lineamientos del Desarrollo Sostenible, ya que contribuyen al uso racional del agua y los recursos. Los materiales modernos permiten que los sistemas para el aprovechamiento de agua de lluvia, sean factibles y estén al alcance de las comunidades donde se carece de un suministro adecuado, y si se tiene acceso a la red del acueducto y se busca racionalizar el consumo de agua potable, el agua de lluvia, es una excelente fuente para cubrir la demanda de agua generada por los usos que no requieren agua potable para su desarrollo (riego de jardines y plantas, lavado de autos, descarga de inodoros, aseo de pisos y lavado de ropa)(Ballen *et al.*, 2006).

### 3.2. ASPECTOS TÉCNICOS – AMBIENTALES GENERAL DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LAS POBLACIONES Y LAS PERSPECTIVAS DE INTEGRACIÓN AMBIENTAL

A finales del Siglo XX, hasta la actualidad, el crecimiento acelerado de la población urbana plantea unos retos sin precedentes, entre los cuales, la falta de suministro de agua y saneamiento, son los más apremiantes ya que requieren el suministro de agua potable de forma continua y de calidad para cubrir las necesidades básicas de la población. Hacer frente a las crecientes necesidades de servicios de agua y saneamiento, es uno de los temas más acuciantes de hoy día, y se requiere de una gestión sostenible, eficiente y equitativa del agua en las ciudades (ONU – AGUA, 2010). Es por ello, que los diseños de los sistemas de abastecimiento de agua potable y el servicio que se presta a través de ellos, han evolucionado en el tiempo en busca de la modernización y eficiencia en la operatividad de los mismos y, por lo general, un sistema convencional tiende a contar con elementos y componentes que se describen en la figura 6.



**FIGURA 6.** Componentes de un sistema de abastecimiento de agua convencional. Fuente: Minambiente de la República de Colombia (2012); adaptado por Peña (2015).

En este contexto, la palabra “*acueducto*”, trasciende en el tiempo de sólo la conducción o transporte de agua, a convertir agua cruda en agua potable, mediante el tratamiento adecuado que se cumple en las plantas de potabilización e innovación, que permitirá el bienestar y desarrollo de la población en las ciudades, ya que dependerá de la calidad y cantidad de agua, así como de la distribución continua, hasta las viviendas del usuario y de la administración eficaz de la Empresa Prestadora del Servicio (Minambiente, República de Colombia, 2012).

Para ello, cada componente presenta características diferentes en razón de la función que cumplen dentro del sistema, por lo que hoy en día, según Arocha (1979), se consideran de acuerdo a las condiciones generales del sitio, elementos característicos de los sistemas de abastecimiento de agua “*acueductos*”:

- **Fuente de Abastecimiento.** Es de resaltar, que se marca un hito relevante de integración ambiental, el considerar como elemento característico para el diseño, construcción y operatividad de un acueducto “*las fuentes de abastecimientos de agua*”, y en diversos documentos, se señala que es la parte más importante del acueducto y que sin conocer sus características físico-naturales, especialmente las hidrológicas, y definir la relación oferta-demanda, no se debe, ni se puede concebir un buen proyecto. Esto en virtud, de que para poder garantizar un servicio continuo y eficiente, es necesario, la selección de una fuente abastecedora superficial o subterránea capaz de suplir del agua requerida para el día más crítico (Día de Máximo Consumo-DMC) (Arocha (1979); 1990) modificado por Peña (2015). En el caso particular de la presente investigación, se centrará en las fuentes superficiales, razón por la cual Arocha (1979; 1990), las clasifica en:

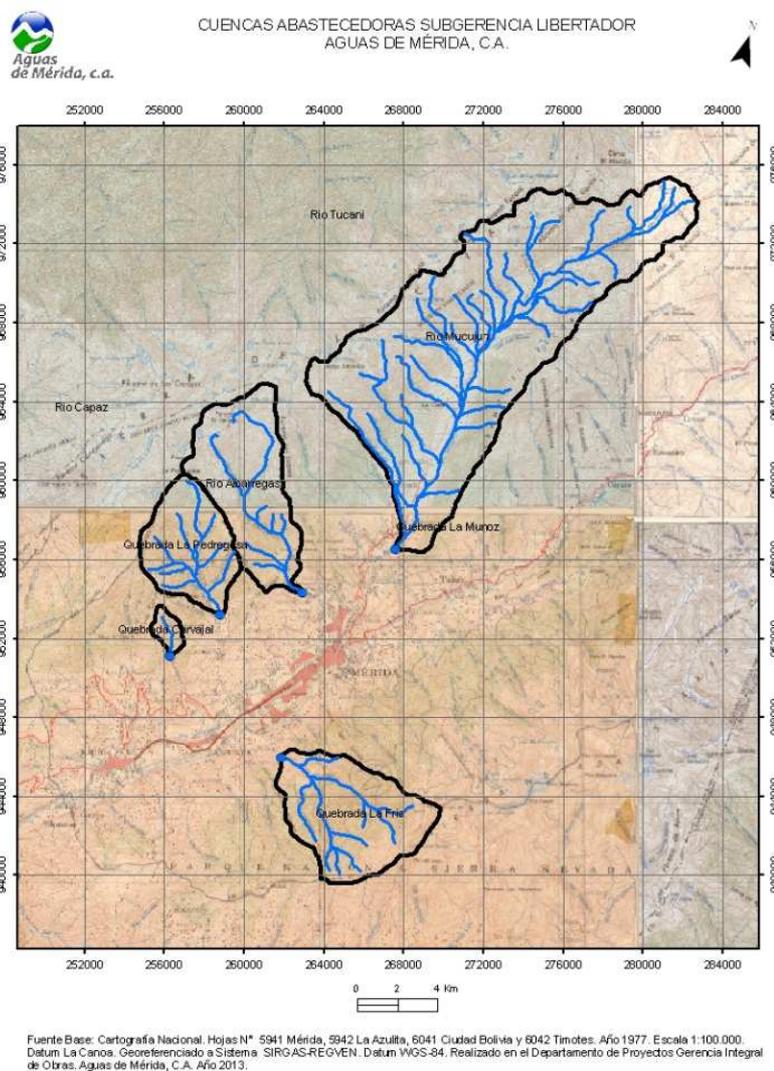
- a. **Fuentes superficiales sin regulación.** Cuando el gasto mínimo para el periodo de registros, debe ser superior al gasto del día de máximo de consumo para el periodo de diseño fijado. Por lo que requiere aforos continuos de aguas arriba del posible sitio de captación; adicionalmente, es de interés conocer las características del río que incidirán en el diseño de la captación tales como: contenido normal de arena, arrastre de sedimentos durante las crecidas, velocidad del agua y magnitud del material de arrastre.

En el caso de estudio, que procura relacionarla con el Acueducto de Mérida, el cual abastece el área urbana de la ciudad de Mérida del municipio Libertador, Venezuela, es administrado por la Empresa Regional Aguas de Mérida C.A. El sistema cuenta en el componente de producción con tres (03) subsistemas:

Río Mucujún, Río Albarregas y Quebrada Carvajal, conformados por dos (02) plantas de potabilización Enrique Bourgöin y Eduardo Jáuregui y un sistema de distribución.

Así mismo, el municipio Libertador cuenta con dos (02) acueductos que abastecen las periferias de la ciudad: acueducto La Pedregosa (río La Pedregosa) y Acueducto Chamita (Quebrada La Fría) (Figuras 7 y 8).

Es importante resaltar, que el desarrollo de la tesis doctoral de Peña Rodríguez (2018), para el análisis ambiental, sólo se centra en el Subsistema "Mucujún" del Acueducto de Mérida, cuya fuente abastecedora es la Subcuenca Hidrográfica del río Mucujún, que abastece de agua potable al 80% del área urbana de la ciudad de Mérida del municipio Libertador, Estado Mérida, Venezuela; y se encuentra en esta clasificación, por lo que en esta investigación, el desarrollo de la metodología se limita a las fuentes superficiales sin regulación, cuyo caso de estudio se concentra específicamente en el componente producción Subsistema "Mucujún": Planta de Potabilización Convencional "Dr. Enrique Bourgöin" y su distribución en el área urbana de la ciudad de Mérida.



**FIGURA 7.** Fuentes abastecedoras superficiales de agua potable sin regulación del Acueducto de Mérida. Fuente: Departamento de Proyectos de Aguas de Mérida C.A., del año 2013.

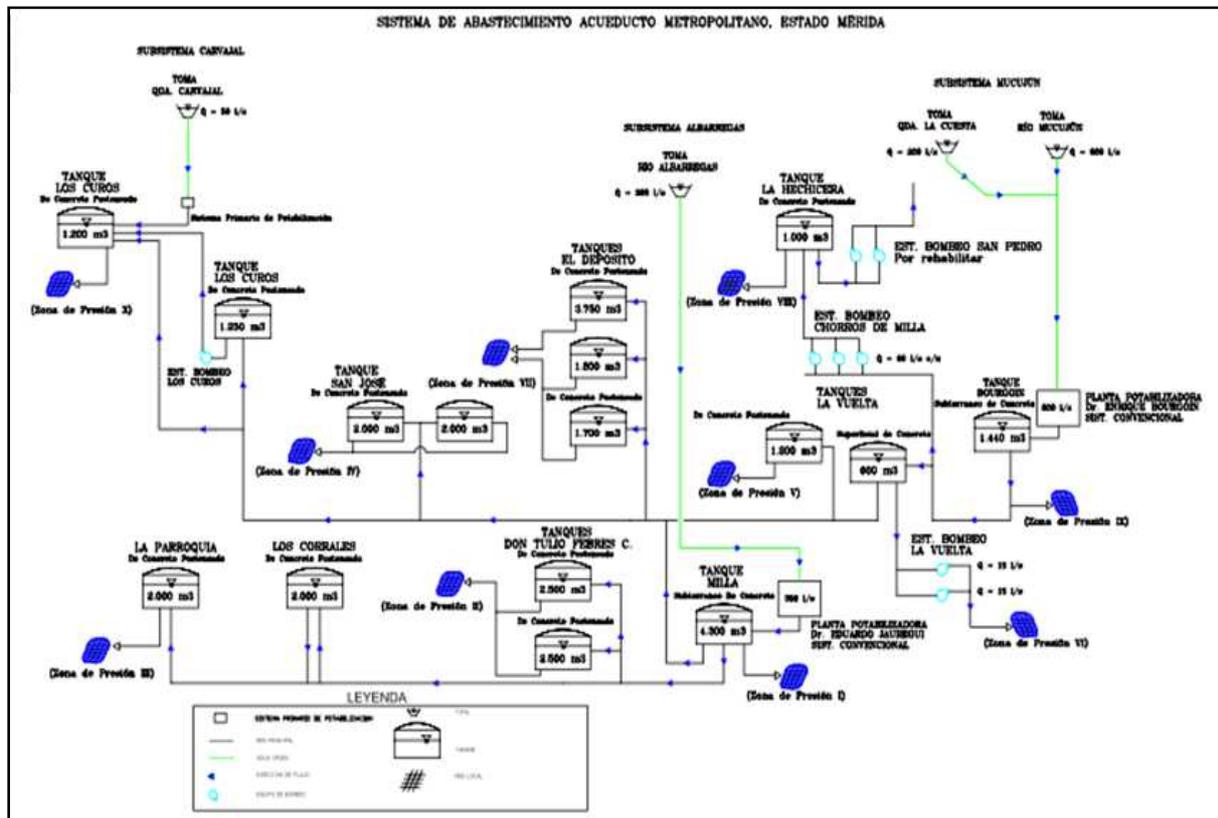
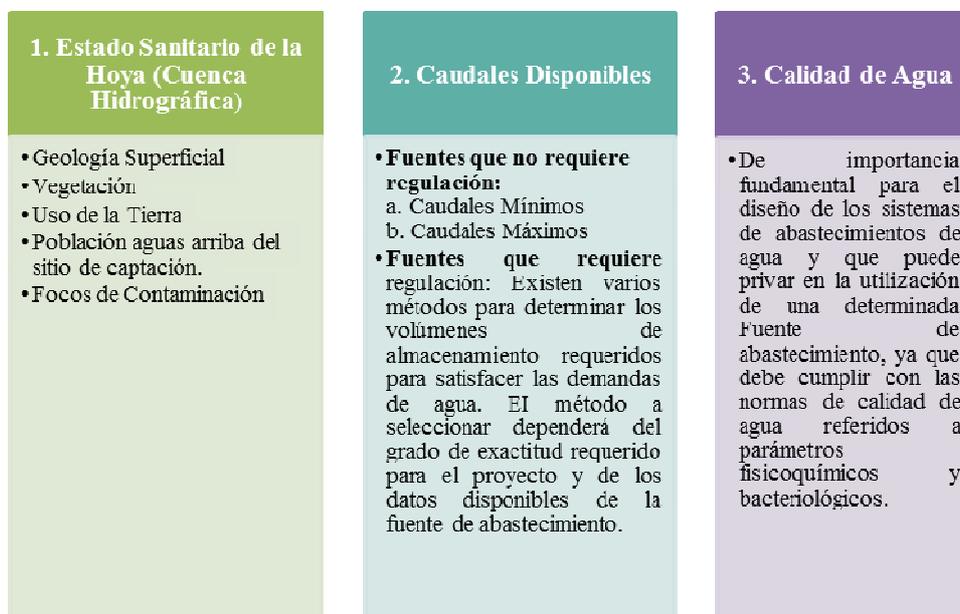


FIGURA 8. Esquema general del sistema del Acueducto de Mérida. Fuente: Unidad de Planificación de Aguas de Mérida C.A., del año 2013.

b. Fuentes superficiales que requieren regulación. Cuando los aforos mínimos del río en determinadas épocas no son suficientes para cubrir la demanda, es posible lograr, mediante el represamiento de aguas de épocas de crecidas, compensar el déficit y aportarlo para satisfacer la demanda.

Además, señala que para ambas fuentes abastecedoras, se deben tener en cuenta criterios e indicadores ambientales para la selección de las fuentes abastecedoras, que permitan visualizar su “estado sanitario”, caudales disponibles y calidad de agua (Figura 9).



**FIGURA 9.** Criterios e indicadores ambientales para la selección de las fuentes abastecedoras. Fuente: Arocha (1979; 1990) adaptado por Peña (2015).

En cuanto a la infraestructura hidráulica de un sistema de acueducto establecido desde una fuente abastecedora sin regulación, los autores Arocha (1979) y Azpurua (1999), señalan que por lo general consta de lo siguiente:

- **Obra de Captación.** Consiste en una estructura colocada directamente en la fuente abastecedora a fin de captar el gasto deseado y conducirlo a la línea de aducción. En el caso de estudio una obra en una fuente abastecedora sin regulación supone un caudal del río superior al gasto máximo diario para cualquier época, tal que el gasto mínimo aforado asegure la captación del gasto deseado. Y desde el punto de vista estructural debe proveer seguridad a la acción destructiva del río (deslizamiento, volcamiento, erosión, sedimentación, entre otros).
- **Línea de Aducción.** Está constituida por tuberías que conducen agua por gravedad o bombeo desde la captación hasta el estanque de almacenamiento.
- **Tanque u Estanque de Almacenamiento.** Es el que permite almacenar cierta cantidad de agua para atender situaciones de emergencia, mantener las presiones de servicio en la red de distribución y compensar las variaciones de los consumos de agua que se producen durante el día.

- **Redes de Distribución.** Según Azpurua (1999), conjunto de tubería y equipos, que permiten suministrar agua en calidad, cantidad y presión adecuada para los usuarios de un sistema de abastecimiento urbano.

En general, las tuberías se colocan formando circuitos cerrados denominados mallas, y estas a su vez, se agrupan formando redes que pueden ser clasificadas como:

- **Tuberías Matrices:** También denominadas troncales, las cuales llevan el agua desde los puntos de alimentación hasta los diferentes sectores de la red.
- **Tuberías Menores:** Son las que permiten llevar el agua desde las tuberías matrices hasta los diversos usuarios.

En cuanto a los equipos en las redes, están constituidos básicamente por válvulas de paso, válvulas reguladoras y sostenedoras de presión, ventosas purgas, hidrantes y tomas domiciliarias. Es de resaltar, que los sistemas de distribución, contienen normalmente varios niveles topográficos de servicio (redes), impuestos por los rangos de presión admisibles (Arocha, 1979). Además, la configuración de las redes está determinada, según Azpurua (1999), por factores como la topografía, tipo y grado de desarrollo del núcleo urbano, forma y distribución de la vialidad urbana y ubicación del agua disponible para la alimentación de la red. Y se clasifican por:

1. **Su Forma.**
  - 1.1. **Redes Ramificadas.** Son aquellas compuestas por una tubería o más tuberías troncales de las cuales salen ramificaciones. Este tipo de red tiene el defecto de que la circulación del agua es en un solo sentido y de suceder una ruptura de la tubería, quedaría sin servicio toda la zona localizada aguas abajo del sitio de avería;
  - 1.2. **Redes malladas.** Son aquellas compuestas por un conjunto de tuberías conectadas que forman figuras cerradas. Este tipo de red presenta ventaja de permitir un servicio más eficiente y seguro, ya que en caso de averías, es posible el abastecimiento desde tuberías distinta a aquella puesta fuera de servicio.
2. **Su Alimentación.**
  - 2.1. **Abastecidas por gravedad.** El agua puede llegar desde uno o más estanques ubicados en cotas adecuadas o desde una red superior haciendo uso de válvulas reguladoras de presión;
  - 2.2. **Abastecidas por Bombeo.** Las tuberías tienen dos funciones llevar el agua a los usuarios y permitir la alimentación de un estanque flotante y se diseñan de forma tal que en las horas de bajo consumo de agua en la red, los excedentes lleguen hasta el estanque donde son almacenados. En las horas de máximo consumo una parte de la red se abastece mediante el uso de equipos de bombeo y otra parte con agua procedente del estanque de compensación donde se almacenaron los excedentes.
3. **Obras Complementarias.** Tanquillas rompecargas, desarenadores, válvulas, otros.

4. **Estación de Bombeo.** Es aquella que toman el agua directamente o indirectamente de la fuente de abastecimiento y elevan al estanque de almacenamiento a una estación de rebombeo o a la red. Y debe contar con equipo de bombeo, los accesorios complementarios y las edificaciones.
5. **Planta de tratamiento, planta de potabilización o estación de tratamiento de agua potable (ETAP).** Es el conjunto de instalaciones destinadas a mejorar la calidad del agua, para ello se realizan procesos de tratamiento para la potabilización, es decir, se lleva a cabo sobre cualquier agua cruda para transformarla en agua potable y de esta manera hacerla apta para el consumo humano.

Por tanto, sus características principales van a depender de dos factores básicos como lo plantea Casero (2006; 2007), la calidad del agua bruta o cruda y el caudal a tratar, y las plantas de tratamiento (potabilización), podrán distinguirse por:

- o *La capacidad de tratamiento, como el máximo caudal que puede atravesar la planta, en condiciones límite de contaminación, y quedar tratado de forma eficaz y completa.*
- o *La capacidad hidráulica, como el máximo caudal que, por condicionantes hidráulicos, tanto de la planta como de las conducciones, puede atravesar la planta.*

En este contexto, se evidencia que el criterio ambiental indispensable para su diseño de forma eficiente, según Moros (2012), es conocer las características de la fuente de abastecimiento, basado en la cantidad y calidad, así como fundamental para la selección adecuada de los procesos y operaciones de tratamiento (físicos, químicos, biológicos, o combinaciones de ellos) más adecuados y económicos para producir agua de la calidad requerida y, según la American Water Works Association y American Society of Civil Engineers (1998; 2002), se pueden clasificar de acuerdo con:

- Los componentes o impurezas a eliminar.
- Parámetros de calidad.
- Grados de tratamientos de agua.

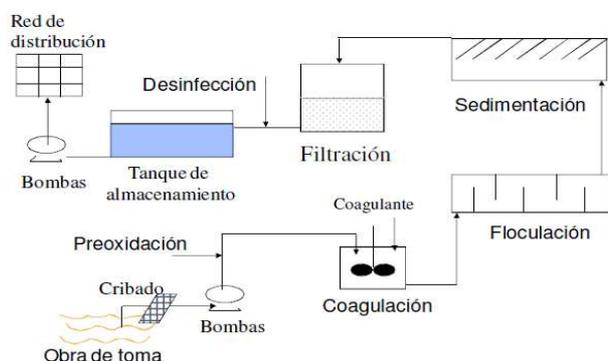
Por tanto, en busca de garantizar la salud de la población y mejorar la calidad de vida en pro de un desarrollo armónico y asegurar el acceso al agua potable de forma sostenible, durante varios años como se evidencio en los relatos históricos sintetizados en el cuadro 2, que los avances científicos han experimentado notables avances para que el agua logre ser apta para consumo humano el agua y que cada día es más exigente profundizar dichos estudios y tecnologías debido a los crecientes problemas de degradación de las aguas, se requiere de una serie de tratamientos que se establecen acordes a su calidad inicial, ya que la fuente de abastecimiento y las circunstancias en el sitio en particular, son lo que definirán la calidad del agua del caudal a ser aprovechado u explotado. Por tanto, se presentaran nuevas dificultades a enfrentarse para hacerla potable y las complejidades de los tratamientos que se deberán

aplicar para convertirla en inocua (una de las características principales que debe cumplir el agua para ser considerada apta para consumo humano).

En este contexto, a nivel mundial la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha establecido parámetros físico-químicos y bacteriológicos para la calidad de agua, y en atención a ello y a los límites máximos permisibles, se han generado clasificaciones de las aguas según el grado de tratamiento que requieren o se deben someter las aguas superficiales para su potabilización. Para que éstas sean destinadas al consumo humano, y a nivel general, según la American Water Works Association (2007), se pueden agrupar de la siguiente manera:

- **TIPO A1:** Tratamiento físico simple y desinfección.
- **TIPO A2:** Tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección.
- **TIPO A3:** Tratamiento físico y químico intensivo, afino y desinfección.

Es por ello que para trascender en los métodos, técnicas o procesos de tratamiento del agua cruda para transformarla en agua potable, se desarrollan los sistemas de tratamiento de agua tipo convencional que se han utilizado desde el año 1910 (Figura 10).



**FIGURA 10.** Esquema de un sistema de tratamiento de agua potable tipo convencional. Fuente: Martínez (2012).

La figura 10, indica una serie de procesos de tratamiento que se aplican para transformar el agua cruda, según la calidad, a un producto procesado denominado técnicamente **“Agua Potable”**, entre estos tenemos:

- **Pre tratamiento.** Consiste en la eliminación de sólidos de gran tamaño que pueda contener el agua en el punto de captación, para ello se utilizan rejas y/o tamicos que retienen los sólidos. Y cuando el contenido de arenas y sólidos similares en suspensión es elevado se emplean desarenadores en que los sólidos sedimentan por gravedad. En algunos casos es habitual incluir

oxidación primaria denominada pre desinfección cuyo objetivo principal es destruir las sustancias orgánicas (Martínez, 2012).

- **Mezcla Rápida.** Se denomina a las condiciones de agitación y tiempo de retención que debe reunir la masa de agua en el momento en que se dosifica el coagulante, y en el tratamiento, se aplica antes de entrar a la etapa de sedimentación y se ajusta el pH mediante la adición de ácidos y sales, busca desestabilizar las partículas coloidales especialmente por la neutralización de sus cargas fenómeno conocido con el nombre de coagulación (Martínez, 2012). Los productos químicos que se utilizan normalmente en la coagulación son la alúmina (sulfato de aluminio), cloruro férrico, aluminato de sodio, sulfato ferroso y cal. La elección de uno u otro es función de la relación entre su coste y su efectividad. La alúmina es, con mucho, el coagulante de uso más extendido (Casero, 2006; 2007).
- **Floculación.** Consiste en la agitación suave y lenta, se añaden agente floculantes, con el fin de aglutinar las partículas formadas en la coagulación para dar lugar a la formación de flóculos de mayor tamaño, que se separan más fácilmente en la etapa posterior al descender a mayor velocidad, por tanto, este tratamiento busca facilitar la unión entre partículas formando agregados de mayor volumen “flóculos”, cuya velocidad de sedimentación es más elevada. Este fenómeno de agregación de partículas se conoce con el nombre de floculación (Ramírez, 2008: citado por Martínez, 2012).
- **Sedimentación.** En esta etapa los flóculos formados por la acción de agentes coagulantes y floculantes sedimentan en tanques.
- **Filtración.** Consiste en pasar el agua que contiene materias en suspensión no separadas en la sedimentación, a través de un lecho filtrante que permite el paso del líquido pero no el de las partículas sólidas, las cuales quedan retenidas en el medio filtrante (Martínez, 2012). En las instalaciones de filtración de las estaciones de tratamiento de agua, el medio poroso suele ser generalmente arena, arena + antracita, arena de granate o ilmenita ó bien carbón activo en grano, sin embargo, la elección de un medio filtrante debe basarse en su durabilidad, el grado de purificación deseado, la duración de los ciclos de filtración y facilidad de lavado a contracorriente (Casero, 2006; 2007).
- **Desinfección.** Es la etapa de mayor importancia ya que ha de garantizar la eliminación de microorganismos patógenos que pueden ocasionar enfermedades de origen hídrico y puede conseguirse mediante la adición de productos químicos o de radiación (Martínez, 2012). El cloro, en sus diversas formas, se emplea casi universalmente como agente desinfectante del agua, se puede considerar bajo dos aspectos; según el momento en que se añade dentro del proceso general del tratamiento o según los resultados finales, se denomina:
  - ✓ Simple cloración.
  - ✓ Pre cloración
  - ✓ Post cloración

- ✓ Cloración a residual libre y cloración a residual combinado.

Como se evidencia en la revisión documental, las civilizaciones para su desarrollo en las ciudades requirieron de fuentes de abastecimiento de aguas ubicadas en cuencas hidrográficas, cuyas aportaciones superficiales y subterráneas (agua cruda), ameritaban y ameritan tratamiento para que sea apta para el consumo humano (agua potable).

Todo ello ha desencadenado que a través del tiempo, desde las técnicas más artesanales, se fueron incorporando nuevos procesos de tratamiento según las características físico-químicas-bacteriológicas del agua cruda a aprovechar, y a su vez, se han ido combinando tecnologías de la potabilización de las aguas. Para visualizar su avance se parte del documento elaborado por Leal (2010), y se sintetiza la evolución y descripción breve de las tecnologías convencionales de la potabilización de las aguas (Cuadros 3, 4, 5, 6 y 7).

**CUADRO 3.** Síntesis breve de avances de los **procesos** en tecnologías convencionales de potabilización del agua. Fuente: Vargas (2006); y Alquiser (2002) citado por Martínez (2012) y adaptado por Peña (2015).

Clasificación	Plantas	Características	Según Calidad de Agua	Procesos de Tratamiento
Procesos	Filtración Rápida	Los filtros que las integran trabajan a velocidades altas entre 80 y 300 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d, de acuerdo con las características del agua y el medio filtrante, por lo que se llenan en un lapso de 40 a 50 horas en promedio, por lo que se debe aplicar un retro lavado o lavado ascensional.	Completa	*Coagulación *Sedimentación *Filtración *Sedimentación
			Directa (apropiada sólo para aguas claras y poco contaminadas que operan con presedimentadores)	*Mezcla rápida. *Filtración
	Filtración Lenta	Operan con tasas que normalmente varían entre 0,10 y 0,30 m/h, simulan procesos que se efectúan en la naturaleza de forma espontánea	Dependiendo de la calidad del agua y con el tren de procesos se puede remover hasta 500 NTU, y la mayor parte de partículas deben ser en suspensión para que sean removidas con métodos físicos.	*Desarenador. *Pre-sedimentación. *Sedimentación *Filtración gruesa o filtración en grava. *Filtración Lenta

**CUADRO 4.** Síntesis breve de avances de *tecnologías usadas* en la potabilización del agua. Fuente: Vargas (2006); y Alquiser (2002) citado por Martínez (2012) y adaptado por Peña (2015).

Clasificación	Plantas	Características	Según Calidad de Agua	Procesos de Tratamiento
Tecnología usada	Convencionales antiguas	Es el sistema más antiguo desde aproximadamente del año 1910; las unidades ocupan gran extensión y el decantador de flujo horizontal se diseña con tasas comprendidas entre 10 y 60 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	Completa	*Cribado *Pre oxidación *Coagulación *Floculación *Sedimentación *Filtración *Desinfección.
	Convencionales de tecnología apropiada	Son sistemas adaptados a las necesidades del tratamiento del agua cruda.	Según la calidad de agua pueden constituirse en varias unidades.	*Pre- Tratamiento, *Desarenadores. *Pre- Sedimentadores. *Tratamiento. *Unidad de medición de caudal. *Floculación Hidráulica y Mecánica. *Decantadores de flujo horizontal. * Filtros de tasa constante. *Desinfección con cloración directa o al vacío u otros.
	Tipo Paquete	Son sistemas adaptados a las necesidades del tratamiento del agua cruda y vienen en un solo equipo y trabaja de manera independiente y continua.	Según la cantidad y la calidad de agua.	*Floculación. *Sedimentación * Filtración *Sedimentación * Desinfección

**CUADRO 5.** Síntesis breve de avances en el sistema de filtración convencional para la potabilización del agua. Fuente: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2015); EPA/625/5-90/025, 82 (1990); EPA/815/R/98/001, 82 (1998).

	Tecnología	Aplicación	Manejo	Costo	Limitantes
FILTRACION CONVENCIONAL	FILTROS DE ARENA	Sedimentos suspendidos, remoción media de bacterias y materia orgánica.	Sencillo	Bajo de inversión en infraestructura y de manejo, costo elevado de terreno	Remoción de 80 a 90% de bacterias y 60% de materia orgánica, requiere gran superficie
	FILTROS DE TIERRAS DIATOMACEAS	Remoción de turbiedad y bacterias.	Sencillo	Costo bajo de inversión y manejo	Útiles en caso de poca turbiedad y bajos conteos bacterianos, no retiene materia orgánica.
	FILTROS DE CARBON ACTIVADO	Remoción de materia orgánica y bacterias. Son utilizados cuando se desean remover malos olores, sabores o color desagradable del agua, compuestos orgánicos volátiles, plaguicidas e incluso radón.	Sencillo	Costo bajo de inversión, costo medio de mantenimiento	Generación de residuos, continua renovación del filtro, no remueve bacterias ni nitratos.
	FILTROS EMPACADOS	* Contienen todas las etapas de la filtración montadas en una unidad: adición de reactivos, floculación, sedimentación y filtración.  *Tratar agua superficial para la remoción de turbiedad, color y organismos coliformes.  *Eficiencia en remoción de partículas suspendidas y hasta el 90% de la flora bacteriana que lleve el agua.	Sencillo	Tamaño compacto de las plantas, efectividad de costo / beneficio, relativa facilidad de uso y operación	* No retienen sustancias orgánicas o metales disueltos en el agua y requieren áreas grandes para la filtración.  *Si la turbiedad del agua varía mucho con respecto al tiempo, es necesario que el operador esté atento a ello y tenga la suficiente capacitación para responder a los cambios de calidad del agua entrante

**CUADRO 6.** Síntesis breve de avances en la **desinfección** para la potabilización del agua. Fuente: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2015).

	Tecnología	Aplicación	Manejo	Costo	Limitantes
DESINFECCIÓN	<b>COLORO (Gas), y en su forma Líquida y Sólido: Hipoclorito de sodio, Hipoclorito de calcio.</b>	Es muy efectivo para remover casi todos los patógenos microbianos	Sencillo con medidas adicionales de seguridad	Costo bajo de inversión y medio de mantenimiento	*Generación de subproductos halogenados que se producen cuando reaccionan con la materia orgánica contenida en el agua, *Es muy tóxico y corrosivo.
	<b>CLORAMINA</b>	Es un bactericida efectivo y genera menos subproductos que el uso de cloro	Sencillo con medidas adicionales de seguridad	Costo medio de inversión y mantenimiento	Poder desinfectante limitado.
	<b>OZONO</b>	Desinfección en general	Manejo complejo	Costo elevado de operación	*Escaso poder residual, no mantiene un poder desinfectante residual en el agua, una vez terminada la aplicación. * No produce subproductos halogenados, a menos que el agua contenga bromuros.
	<b>LUZ ULTRAVIOLETA</b>	Destruye virus y bacterias	Operación y mantenimiento sencillo	Costo medio de Inversión y Mantenimiento	* No previene recrecimiento, no genera poder residual. * Su incapacidad de inactivar protozoarios. *Su ineficiencia para tratar aguas turbias con sólidos suspendidos, color o materia orgánica soluble. *Es necesario del uso posterior de cloro, para prevenir el recrecimiento de Bacterias.

**CUADRO 7.** Síntesis breve de avances en **filtros de membrana** para la potabilización del agua. Fuente: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2015).

Tecnología	Aplicación	Manejo	Costo	Limitantes	
FILTROS DE MEMBRANA	MICROFILTRACIÓN	*Remoción de sólidos disueltos, algunas especies bacterianas. Es capaz de remover material particulado como arena, arcilla, <i>Giardia</i> , <i>Cryptosporidium</i> , algas y algunas especies bacterianas.	Operación sencilla	Costo moderado de inversión y operación	*Desperdicio de agua, descomposición de la membrana. * No retiene virus. * El uso de desinfectantes químicos después de la filtración implica que se podrán generar subproductos de la cloración
	ULTRAFILTRACIÓN	Remueve virus, bacterias y materia orgánica.	Manejo sencillo, posible automatización	Costo elevado de inversión y operación	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana
	NANOFILTRACIÓN	Remueve virus, bacterias y materia orgánica.	Manejo sencillo, posible automatización	Costo muy elevado de inversión y operación	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana
	OSMOSIS INVERSA	Remueve virus, bacterias, parásitos, y materia orgánica e inorgánica		Costo muy elevado de inversión y operación	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana, requiere manejo de salmuera

Luego de la síntesis de los avances en la tecnologías convencionales para el tratamiento u potabilización del agua (Cuadros 3 al 7), se evidencia que una planta de tratamiento o potabilización, es una instalación a la que llega una materia prima: **AGUA CRUDA** que, en términos generales, no es apta para consumo humano y sale un producto elaborado, denominado **AGUA POTABLE**, por lo que (Casero, 2006; 2007), la denomina como una auténtica **“fábrica de agua potable”**.

En el caso de estudio, la tecnología para el tratamiento o potabilización del agua es de carácter convencional, y se denomina “Planta de Potabilización Dr. Enrique Bourgöin”, cuya fuente abastecedora

de agua cruda es el río Mucujún y según Aguas de Mérida C.A. (2012), se caracteriza por lo siguiente (Se debe resaltar que no se reporta la numeración de las figuras, por ser sólo de indicación al proceso técnico y que permita su visualización):

**A. INSTITUCIÓN PROPIETARIA O ADMINISTRADORA:** AGUAS DE MERIDA C.A

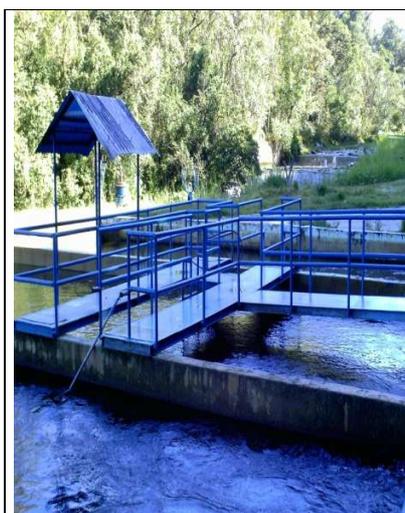
**B. FUENTE DE ABASTECIMIENTO, CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO PREVIO.**

399

**B.1. FUENTE DE ABASTECIMIENTO:** Fuente superficial, Río Mucujún (aproximadamente 1.100 l/seg). En épocas de sequía se compensa el caudal de entrada a la planta con la Quebrada la Cuesta (capacidad aproximada de 200 l/seg).

**B.2. TIPO DE TOMA:** Dique Toma. Esta obra de captación se encuentra a unos 2 km aproximadamente, aguas arriba de la planta y está ubicado sobre el cauce del río Mucujún.

**B.3. DESARENADOR EN EL DIQUE TOMA:**



- a) **NÚMERO DE UNIDADES:** 3
- b) **LARGO:** 16 m
- c) **ANCHO:** 6,3 m
- d) **ÁREA SUPERFICIAL:** 100,80 m<sup>2</sup>
- e) **CAUDAL DE DISEÑO:** 1.000 l/s
- f) **CAUDAL DE OPERACIÓN:** 1.200 l/s
- g) **CARGA SUPERFICIAL DISEÑO:** 857 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-d
- h) **CARGA SUPERFICIAL OPERACIÓN:** 1028.57 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-d
- i) **PROFUNDIDAD ÚTIL:** 2,8 m
- j) **TIEMPO DE RETENCIÓN TEÓRICO DISEÑO:** 4.7 min.
- k) **TIEMPO DE RETENCIÓN TEÓRICO OPERACIÓN:** 3.92 min.

**B.4.- CONDUCCIÓN DE AGUA CRUDA:**

- **Conducción Mucujún - Bourgöin:** esta conducción consiste en una tubería de 900 mm de acero de unos 2080 m de longitud y que salva un desnivel topográfico de 82 m entre la cámara de la obra de toma y la entrada a la planta. El caudal máximo que conduce la tubería actualmente, no es superior a los 1.200 l/seg, la capacidad teórica es de 3.314 l/seg.

**C. CALIDAD DE LA FUENTE:** Aguas de Mérida C.A., realiza monitoreo continuo del agua cruda, y evalúa con frecuencia parámetros físico – químicos y bacteriológicos que han presentado fluctuaciones notables durante el periodo 2008 -2012, debido a la intervención acelerada de la población aguas arriba del dique – toma o captación, por ende la cobertura y uso de la tierra en la Subcuenca del río Mucujún, se refleja directamente en la calidad de agua cruda que se aprovecha y que incide en los procesos de tratamiento y el incremento exponencial de gastos en sustancias químicas.

#### **D. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA.**

**D.1.- CAUDAL DE LA PLANTA:** 900 l/s

**D.1.1- CAUDAL DE DISEÑO:** 800 l/s

**D.1.2- CAUDAL MÁXIMO CON EL QUE OPERA LA PLANTA:** 1100 l/s

**D.1.3- CAUDAL MÍNIMO CON EL QUE OPERA LA PLANTA:** 750 l/s

**D.2.- TIPO DE PLANTA:** Convencional modificada

**D.2.1- AÑO DE CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA:** 1973

**D.2.2- AÑO(S) DE REHABILITACIÓN/AMPLIACIÓN:** Durante los años 80 se incluyó un tren de tratamiento completo para operar bajo la modalidad convencional, con el siguiente diagrama de flujo:

**Aducción → Mezcla rápida mecánica → Mezcla lenta mecánica → Sedimentadores de alta rata → Filtros → tanque de almacenamiento.**

Para el año 1998, se incluyeron 2 unidades filtrantes adicionales para un total de ocho (08). Para el año 1999, la empresa Tahal Consulting Engineers, Ltd, comienza a proyectar la rehabilitación de la planta cuyas obras comenzaron finalmente en el año 2002 e incluyeron lo siguiente: sustitución de la mezcla rápida mecánica (agitadores) por una mezcla rápida hidráulica (Canal Parshall), construcción del By-Pass para filtración directa, sustitución de los agitadores de las unidades de mezcla lenta, obras en los sedimentadores (apertura de orificios en la zona de entrada, sustitución de las placas para alta rata por colmenas plásticas de ducto hexagonal, sustitución de los vertederos de canaleta por tubos perforados, ampliación de la longitud y altura de la canaleta perimetral recolectora de agua clarificada), sustitución del lecho de los filtros y mejoras en los fondos y muros de los filtros 2 y 3. Se vuelve a adoptar la modalidad filtración directa para los casos, épocas o períodos del año en que la calidad del agua cruda lo permita quedando el diagrama de flujo de la planta de la siguiente manera:

Aducción → Mezcla rápida hidráulica (Parshall) → By-pass → Filtros → tanque de almacenamiento.

Cuando la calidad del agua cruda no permita operar en Filtración Directa, se opera bajo la modalidad Convencional Completa según el siguiente diagrama de flujo:

Aducción → Mezcla rápida hidráulica (Parshall) → Mezcla lenta mecánica → Sedimentadores de alta rata → Filtros → tanque de almacenamiento.

401

### D.3. DESCRIPCION GENERAL:

**D.3.1. MEDIDOR DE CAUDAL:** Macromedidor de caudal Panametrics, Modelo PT868. **NUMERO DE UNIDADES: 1.**

**D.3.2.-DESBASTE:** Área de desbaste entrada a planta de potabilización. Fuente: Aguas de Mérida, Datos Dpto. Producción Libertador (2012).



**D.3.3. MEZCLA RÁPIDA. TIPO:** Hidráulica.



- a) **NÚMERO DE UNIDADES:** 1
- b) **LARGO:** 5.35 m
- c) **ANCHO:** 2.00 m
- d) **PROFUNDIDAD ÚTIL:** 4.85 m
- e) **TIEMPO DE RETENCIÓN TEÓRICO DE DISEÑO:** 1 min.

### D.3.4. MEZCLA LENTA. TIPO: Mecánico.



- a) **NÚMERO DE UNIDADES:** 02
- b) **LARGO:** 6.0 m
- c) **ANCHO:** 4.73 m
- d) **PROFUNDIDAD UTIL:** 5.14 m
- e) **CAUDAL A CADA UNO DE LOS DOS FLOCULADORES:** 400l/s
- f) **TIEMPO DE RETENCIÓN TEÓRICO DE DISEÑO:** 6 min.
- g) **TIEMPO DE RETENCIÓN TEÓRICO DE OPERACIÓN:** 5.33 min.

402

### D.3.5. SEDIMENTADORES.



- a) **TIPO:** De Alta Rata
- b) **NÚMERO DE UNIDADES:** 02
- c) **LARGO:** 36.0 m
- d) **ANCHO:** 5.30 m.
- e) **PROFUNDIDAD ÚTIL:** 4,80 m
- f) **ÁREA SUPERFICIAL DE CADA UNIDAD:** 190.80 m<sup>2</sup>
- g) **CAUDAL QUE ENTRA A CADA UNO DE LOS DOS SEDIMENTADORES:** 400l/s.
- h) **TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRAULICA EN CADA SEDIMENTADOR:** 38.16 min.
- i) **TASA DESBORDAMIENTO SUPERFICIAL DE DISEÑO:** 181 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup>-d
- j) **TASA DESBORDAMIENTO SUPERFICIAL DE OPERACIÓN:** 203.8 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup>-d
- k) **LONGITUD TOTAL DE VERTEDEROS DE CADA UNIDAD:** 77.76 m
- l) **CARGA DE DISEÑO SOBRE LOS VERTEDEROS DE CADA SEDIMENTADOR:** 18.50 m<sup>3</sup>/h-Vertedero
- m) **CARGA DE OPERACIÓN SOBRE VERTEDERO:** 20.83 m<sup>3</sup>/h-Vertedero

### D.3.6. DESARENADORES.



- a) **NÚMERO DE UNIDADES:** 2
- b) **LARGO:** 19,60 m
- c) **ANCHO:** 5,60 m
- d) **ÁREA SUPERFICIAL:** 109.76 m<sup>2</sup>

403

### D.3.7. FILTROS.



- a) **TIPO DE FILTRO:** De flujo descendente y alta tasa.
- b) **NÚMERO DE UNIDADES Y DIMENSIONES:** 08.  
  
L=8.38m. A= 6.16m Profundidad = 4.59m
- c) **TIPO DE LECHO FILTRANTE:** Dual
- d) **AREA DE FILTRACIÓN:** 51.62 m<sup>2</sup>
- e) **TASA DE FILTRACIÓN PROMEDIO DE DISEÑO:** 167.4 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup> -d
- f) **TASA DE FILTRACIÓN PROMEDIO DE OPERACIÓN:** 188.3 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup> -d

### D.3.8. DOSIFICACION.

a. **COAGULANTES:** Sulfato de Aluminio.

**NÚMERO Y TIPO DE DOSIFICADOR:** 02 Wallace And Tiernan de planta cuadrada cuyas dimensiones del tanque de disolución son de 60 cm \*60 cm \* 40 cm de profundidad para un volumen de 144 litros aproximadamente. Estos dosificadores tienen un tornillo de paso para agregar el sólido al tanque de disolución y la cantidad por unidad de tiempo se fija mediante un dial que tiene una escala de 0 a 10 (sin unidades) que también hay que calibrar previo a su uso y un tornillo de seguridad que lo fija en el valor deseado y 02 dosificadores modelo similar al BIF Omega Universal, dosificadores son cilíndricos y las dimensiones de sus tanques de disolución son de 70 cm de profundidad con un diámetro de 60 cm para un volumen de 198 litro aproximadamente. Estos dosificadores tienen tolvas con bandejas de posición ajustable para agregar el sólido al tanque de disolución y la cantidad por unidad de tiempo se fija mediante un tornillo micrométrico lateral que tiene una escala de 0 a 30 (sin unidades) que hay que calibrar previo a su uso.

**PUNTO DE APLICACIÓN:** Garganta del canal parshall.

b. **MODIFICADOR DE pH: SUSTANCIA QUÍMICA:** Hidróxido de Calcio.

**NÚMERO Y TIPO DE DOSIFICADOR:** 04 Similar al BIF Omega Universal, estos dos dosificadores son cilíndricos y las dimensiones de sus tanques de disolución son de 70 cm de profundidad con un diámetro de 60 cm para un volumen de 198 litro aproximadamente. Estos dosificadores tienen tolvas con bandejas de posición ajustable para agregar el sólido al tanque de disolución y la cantidad por unidad de tiempo se fija mediante un tornillo micrométrico lateral que tiene una escala de 0 a 30 (sin unidades) que hay que calibrar previo a su uso.

**PUNTO DE APLICACIÓN:** Garganta del canal Parshall. La fotografía expone el sistema de dosificadores de la Planta de Potabilización Dr. Enrique Bourgöin (Fuente: Aguas de Mérida, Datos Dpto. Producción Libertador, 2012).



### D.3.9. CLORACION.

**TIPO DE ENVASES:** De inyección al vacío.

**NÚMERO Y TIPO DE CLORADORES:** 02 Wallace And Tierna, modelo V-Match, cada clorado cuenta con un indicador de aguja que muestra la presión del gas cloro en 2 escalas diferentes: 0-200 psi y 0-14 kg/cm<sup>2</sup>, así mismo cuentan con un indicador de aguja que muestran la presión de succión (vacío) del agua en 2 escalas diferentes: 0-30 in Hg y de 0-76 cm Hg y un rotámetro que mide el flujo másico de gas cloro en una escala de 100 a 2000 ± 50 lbs. Cloro / 24 horas. La fotografía expone el Sistema de Cloración de la Planta de Potabilización Dr. Enrique Bourgoïn (Fuente: Aguas de Mérida, Datos Dpto. Producción Libertador, 2012).



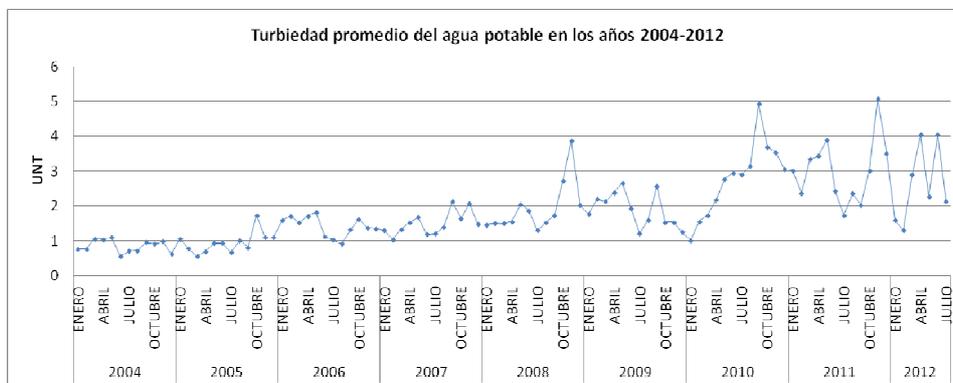
### E. CALIDAD DEL AGUA POTABLE

Al culminar el proceso de tratamiento para lograr obtener agua potable, los registros de Aguas de Mérida C.A. reportan lo siguiente:

#### E.1. Turbiedad

Aguas de Mérida C.A. reporta que al comparar los resultados obtenidos en el análisis de las muestras de agua cruda, los valores para la turbiedad promedio del agua potable han disminuido con respecto al agua cruda, debido al tratamiento con sustancias químicas y los procesos de sedimentación.

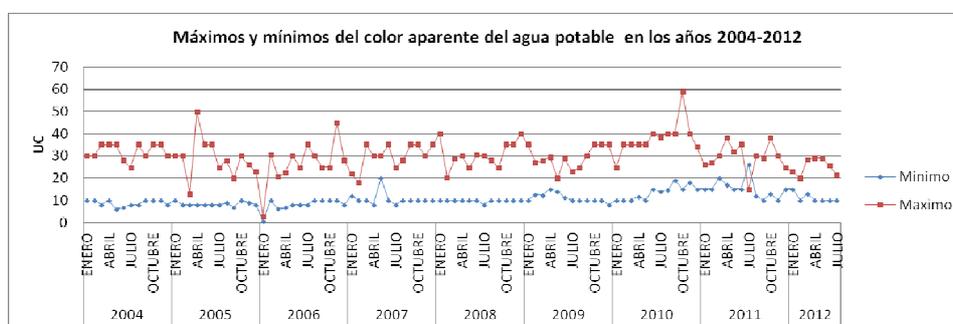
Además, se puede observar que todos los valores promedio cumplen con el valor máximo permisible para turbiedad (5 UNT) según la Gaceta Oficial N° 36395 de la República Bolivariana de Venezuela, sólo en noviembre de 2011, la turbiedad registrada es de 5 UNT (Figura 11).



**FIGURA 11.** Turbiedad promedio agua potable de la Planta de Potabilización Dr. Enrique Bourgöin. Fuente: Aguas de Mérida, Datos Dpto. Producción Libertador (2012).

## E.2. Color aparente.

El color aparente promedio del agua cruda ha disminuido debido al tratamiento con sustancias químicas en los procesos de sedimentación y filtración. Sin embargo, la mayoría de los valores se encuentran entre (15UC-20UC), superando el valor máximo permisible (15 UC) según la Gaceta Oficial N° 36.395 de la República Bolivariana de Venezuela (Figura 12).



**FIGURA 12.** Color Aparente en agua potable de la Planta de Potabilización Dr. Enrique Bourgöin. Fuente: Aguas de Mérida, Datos Dpto. Producción Libertador (2012).

Entre las causas que originan valores para el color aparente promedio del agua potable superiores a 15 UC, en el periodo evaluado, se encuentran:

1. El método para la determinación del color es de comparación visual con soluciones patrones coloreados, esto introduce un error humano y menor precisión en los análisis.

2. Las pérdidas de carga de los filtro son de mayor recurrencia con respecto a los años anteriores por lo que se afecta el funcionamiento de los filtros que permite remoción de material disuelto, para los que se requiere el estudio del espesor de las capas filtrantes y las pérdidas del mismo.
3. Los motores de mezcla lenta que favorecen la formación del flóculo no están en funcionamiento, lo que incide en la presencia de material suspendido y puede reducir la eficiencia del proceso de filtración.

### E.3. pH.

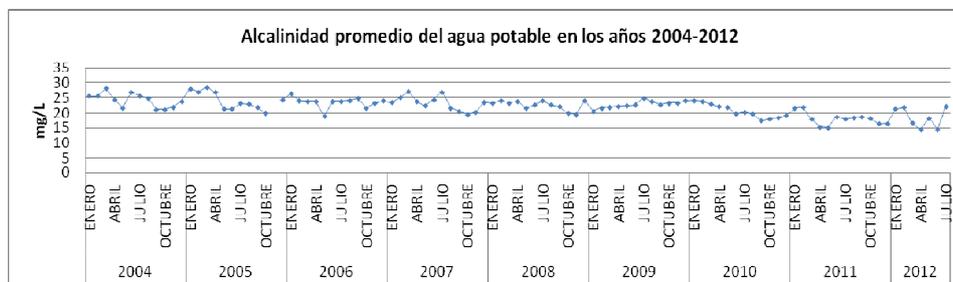
El pH promedio del agua potable entre (2004-2012) está dentro del rango deseable para este parámetro (6.5-8.5) (Figura 13).



**FIGURA 13.** pH promedio en agua potable de la Planta de Potabilización Dr. Enrique Bourgöin. Fuente: Aguas de Mérida, Datos Dpto. Producción Libertador (2012).

### E.4.- Alcalinidad

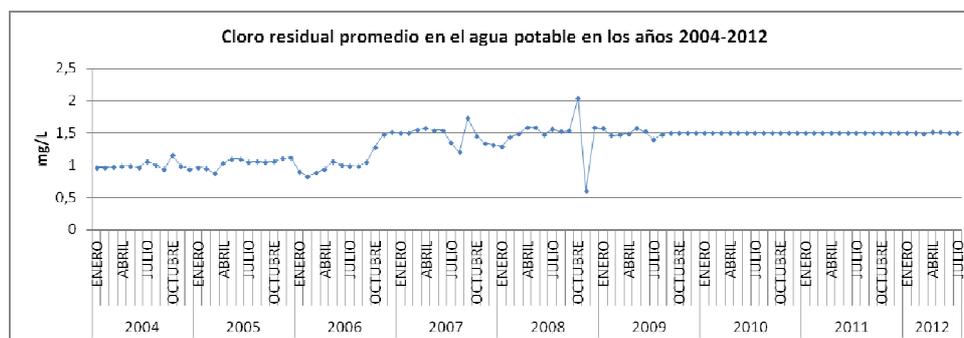
La alcalinidad promedio se encuentra entre los valores de 14.4 mg/L y 28.71 mg/L, como se observa en la figura 14; en los meses de Enero a Junio de 2012, el agua potable no muestra cambios bruscos o repentinos en el contenido de la alcalinidad, lo cual indica que no hay un cambio en la calidad del agua.



**FIGURA 14.** Alcalinidad promedio en agua potable de la Planta de Potabilización Dr. Enrique Bourgoïn. Fuente: Aguas de Mérida, Datos Dpto. Producción Libertador (2012).

### E.5. Cloro residual

Desde Agosto de 2006 se ha producido un incremento de cloro residual en el agua potable desde 1 mg/L hasta 1.5 mg/L (mayor al máximo aceptable de 1 mg/L establecido en la Gaceta 36395 de la República Bolivariana de Venezuela) por los recorridos adicionales que debe seguir el agua potable para llegar a nuevos suscriptores. Este valor se mantiene constante hasta la presente fecha, para garantizar que luego del recorrido del agua potable por la red de distribución, ésta llegue a los consumidores de los puntos más alejados de la red con la concentración de 0.3 mg/L que se encuentra dentro de los límites establecidos por la Organización Mundial de La Salud (0.2mg/L-0.5mg/L). Debido al tratamiento de desinfección que se realiza al agua cruda, se obtiene que los coliformes totales y fecales presentes en el agua potable para los años (2004-2012) sean nulos (Figura 15).



**FIGURA 15.** Cloro residual promedio en agua potable de la Planta de Potabilización Dr. Enrique Bourgoïn. Fuente: Aguas de Mérida, Datos Dpto. Producción Libertador (2012).

Por lo antes expuesto, es que cada día, se innova en el diseño y en la construcción de los sistemas de abastecimiento de agua, con el fin de garantizar el acceso al agua potable en las ciudades y en busca de suministrar agua en forma continua, con presión y calidad suficiente, a fin de satisfacer las necesidades de la población, se genere confort y se contribuya al Desarrollo Sostenible de la sociedad.

Ante tales hechos, en la evolución del abastecimiento de agua para las poblaciones, se han evidenciado desde criterios empíricos hasta los avances técnico-científicos, por lo que en la actualidad se vienen implementando criterios básicos para el diseño del sistema de abastecimiento de agua, a fin de garantizar la sostenibilidad y sustentabilidad en el tiempo, estos se reseñan brevemente basados en el autor Arocha (1979) y López (1995), a continuación:

**a. Cifras de Consumo de agua.** Se asignan cifras para las dotaciones de agua tomando en cuenta el uso de la tierra, la zonificación, y en otros casos las características de la población, expresándolas en litros/día/parcela, litros/persona/día, o, en caso de industrias en función del tipo y de la unidad de producción. Para ello, se tienen en cuenta factores que pudiesen llegar a afectar el consumo:

- **Tipo de Comunidad:** Una comunidad o zona está constituida por sectores residenciales, comerciales, industriales y recreacionales, cuya composición porcentual es variable en cada caso, y permite fijar los tipos de consumo:
  - i. Doméstico,
  - ii. Comercial o Industrial
  - iii. Consumo Público: Riego de áreas verdes y parques.
  - iv. Consumo por pérdida en la red: Deterioro de materiales y accesorios (válvulas, conexiones), puede llegar a representar el 10 a 15% del consumo total.
- **Económicos – Sociales.** Este factor puede evidenciarse a través del tipo de vivienda, para ello cada región debe contar con estudios especializados.
- **Meteorológicos:** Los consumos de agua de una región varían a lo largo del año de acuerdo a la temperatura ambiental y a la distribución de las lluvias.
- **Tamaño de la comunidad.**

Además, existen otros factores que podrían influir en el consumo como la calidad de agua, eficiencia del servicio y utilización de medidas de control y medición del agua.

**b. Variaciones periódicas de los consumos e influencias en las diversas partes del sistema.** La finalidad de un sistema de abastecimiento de agua, es la de suministrar agua a una comunidad en forma continua y con presión suficiente, a fin de satisfacer razones sanitarias, sociales, económicas y de confort, propiciando así su desarrollo para ello se requiere que la fuente abastecedora de agua sea capaz de suplir el agua para el día más crítico. Esto implica el conocimiento cabal del funcionamiento del sistema de acuerdo a las variaciones en los consumos de agua que ocurrirán para diferentes momentos durante el periodo de diseño previsto, ya que los consumos de agua de una localidad muestran variaciones estacionales, mensuales, diarias y horarias. Estas variaciones pueden expresarse en función porcentual del Caudal Medio ( $Q_m$ ) y se parte de la

presunción de que en épocas de lluvia, las comunidades demandan menores cantidades de agua del acueducto que en época de sequía. Asimismo, durante una semana cualquiera observaremos que en forma cíclica, ocurren días de máximo consume (generalmente lunes) y días de mínimo consumo (generalmente el domingo).

Por lo antes señalado, el sistema de acueducto a fin de brindar un servicio continuo y eficiente debe considerar estos factores en el diseño, ampliación y extensión, por lo que es indispensable, en la actualidad conocer:

- **Caudal /Consumo Medio Diario:** Es el promedio de los consumos diarios durante un año de registros, y es la base para la estimación del caudal máximo diario y del máximo horario, expresándolos en litros/segundos, y puede estimarse como:
  - a) La sumatoria de las dotaciones asignadas a cada parcela en atención a su zonificación de acuerdo al plano regulador de la ciudad.
  - b) El resultado de la estimación de consumo per cápita para la población futura del periodo de diseño.
  - c) Como promedio de los consumos diarios registrados en una localidad durante un año de mediciones consecutivas.

Por lo general, se emplea la formula siguiente (Ec. 1):

$$Q \text{ promedio} = \frac{\text{Consumo (Litros/habitante. Día)} * \text{Población. (Habitantes)}}{86.400} \quad \text{Ecu: 1}$$

- **Caudal /Consumo Máximo Diario:** Es la demanda máxima que se presenta en un día del año, por tanto, representa el día de máximo o mayor consumo de una serie de registros observados durante los 365 días de un año y se calcula con la siguiente expresión (Ecu: 3)

$$Q \text{ máximo diario} = 1.2 * Q \text{ promedio} \quad \text{Ecu: 3}$$

- **Consumo Máximo Horario:** Corresponde a la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo, es decir, es la hora de máximo consumo del día de máximo consumo, y en general se determina mediante las ecuaciones siguientes (Ecu: 4 y Ecu: 5):

$$Q \text{ máximo horario} = 1.8 * Q \text{ promedio} \quad \text{Ecu: 4}$$

$$Q \text{ máximo diario} = 1.5 * Q \text{ máximo diario} \quad \text{Ecu: 5}$$

El factor de ponderación dependerá del número de habitantes, según los estudios que se realicen en cada país.

- c. **Períodos de diseño y vida útil de la estructura.** El sistema de abastecimiento de agua se proyecta de modo de atender las necesidades de la población durante un periodo (Cuadro 8), donde el sistema será

eficiente ya sea por la conducción del gasto deseado o por la resistencia física de las instalaciones. Y para su determinación se considera lo siguiente:

- **Tendencias de crecimiento de la población.** Un sistema de abastecimiento de agua debe ser capaz de propiciar y estimular el desarrollo, no de frenarlo, pero el acueducto es un servicio cuyos costos deben ser retribuidos por los beneficiarios, por lo que es conveniente elegir periodos de diseño largos y estimar la población futura a beneficiar. A continuación se indican algunos rangos de valores asignados por este autor a los diversos componentes de los sistemas de abastecimientos de agua:

**CUADRO 8.** Períodos de diseño por componente de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable. Fuente: Arocha (1979) y adaptado por Peña (2015).

Componente		Período de Diseño
Fuentes Abastecedoras	Superficiales	a) Sin Regulación: Debe proveer u aportar un caudal mínimo de 20 a 30 años. b) Con Regulación: La capacidad del embalse debe basarse en registros de escorrentía de 20 a 30 años.
	Subterráneas	Debe ser capaz de satisfacer la demanda para una población futura de 20 a 30 años. Y su aprovechamiento puede ser por etapas.
Captación	Dique- tomas	15-25 años
	Dique- represas	30 – 50 años
Estaciones de bombeo	Bombas y Motores	10 -15 años
	Instalaciones	20 – 25 años
Líneas de aducción		20 – 40 años
Plantas de tratamiento (Potabilización)		10 – 15 años con posibilidades de ampliaciones futuras para periodos similares
Estanques de Almacenamiento	De concreto	30 – 40 años
	Metálicos	20 – 30 años
Redes de Distribución		Se estiman periodos de diseño de 20 años, pero cuando la magnitud de la obra lo justifique estos periodos pueden hacerse mayores: 30 a 40 años.

- **Durabilidad o vida útil de las instalaciones:** Dependerá de la resistencia física del material a factores adversos por desgaste u obsolescencia. Todo material se deteriora con el uso y con el tiempo, pero su resistencia a los esfuerzos y daños a los cuales estará sometido es variable, dependiendo de las características del material empleado ya que cada componente del sistema de abastecimiento de agua es compleja.
- **Facilidades de construcción y posibilidades de ampliaciones y sustituciones:** La fijación de un periodo de diseño está íntimamente ligado a factores económicos estará regido por la dificultad o facilidad de su construcción (costos), que inducirán mayores o menores periodos de inversiones nuevas, para atender las demandas que el crecimiento poblacional obliga. Asimismo,

puede entenderse que existen componentes del sistema que pueden construirse por etapas, previendo su desarrollo con el crecimiento de la demanda, pero que no necesariamente representan una unidad indivisible desde su inicio.

- **Posibilidades de financiamiento.** Los sistemas de abastecimiento de agua potable requieren inversiones cuantiosas por lo que es un factor a considerar en la planificación para garantizar el acceso al agua a las poblaciones de las ciudades.

412

**d. Clases de tuberías y materiales a utilizar.** En los proyectos de acueducto, intervienen las tuberías como elementos principales del sistema y su selección dependerá del criterio de diseño, del costo y de la disponibilidad en el mercado. En este caso, se denota la evolución en el uso de materiales desde la antigüedad, ya que en la modernidad, se emplean en las conducciones y redes de distribución materiales que permiten su utilización de acuerdo a sus características, propiedades y riesgos que soportar (fragilidad, grado de corrosividad, flexibilidad, peso, rugosidad). Por ello es que las tuberías frecuentemente utilizadas para la construcción de los sistemas de abastecimiento de agua potable son Tuberías de Hierro Fundido (HF), Hierro Fundido Dúctil (HFD), Acero galvanizado, Policloruro de Vinilo (PVC) y, ya en desuso, las tuberías de Asbesto Cemento. Su diámetro y espesor dependerá de los cálculos hidráulicos y las presiones correspondientes, para ello las clases de tubería se definirán según las Normas ASTM (American Society for Testing and Materials); AWWA (American Water Works Association); 1ª ISO (International Organization for Standardization). Todo lo indicado en estas normas, garantizará un sistema eficiente y continuo de agua en cantidad y presión adecuadas, en busca de no provocar incomodidades por excesiva presión y daños en las instalaciones domiciliarias, además, que no se generen problemas de salud pública por los materiales utilizados como aconteció en la antigüedad con las tuberías de plomo.

Por lo antes descrito, y de acuerdo a lo planteado por los autores Benavides (2010) y Del Olmo (2014), se concluye que:

- Las redes de suministro de agua potable, representan uno de los activos más importantes de las empresas prestadoras de servicios públicos. Por lo tanto, es de primordial interés contar con una serie de tecnologías que permitan gestionar eficientemente las tareas de operación, mantenimiento y rehabilitación de estas infraestructuras.
- En general, se ha observado como las empresas prestadoras de estos servicios en países desarrollados, han pasado de una estrategia reactiva a una estrategia preventiva en la gestión del mantenimiento de su infraestructura. Este cambio va asociado al énfasis actual que estos operadores tienen sobre el mantenimiento y conservación de las redes, que en promedio sobrepasan los cuarenta años de construcción. **En el pasado, el objetivo primordial era lograr la cobertura total o casi total de la población en cuanto a cuatro etapas: producción de agua**

potable, distribución de agua potable, recolección de aguas residuales, tratamiento y disposición de aguas residuales. *Hoy día el desafío consiste, en mantener esa infraestructura en capacidad de cumplir su función en el tiempo, garantizando un equilibrio entre las generaciones actuales y futuras.*

- Este cambio en la estrategia de mantenimiento, ha tenido varias motivaciones de orden económico, ambiental y social. Por una parte existe una mayor conciencia respecto a la eficiencia económica de la realización de medidas de mantenimiento de carácter preventivo. Por otro lado, la mejora en el nivel de vida de la población conlleva a una mayor preocupación en temas, como la seguridad en la continuidad de la prestación del servicio y en la protección de los recursos hídricos. Consecuencia de esto último, son cambios en las disposiciones legales vigentes, las cuales se caracterizan por una elevación del nivel de exigencia en calidad del servicio a los operadores de redes de acueducto.

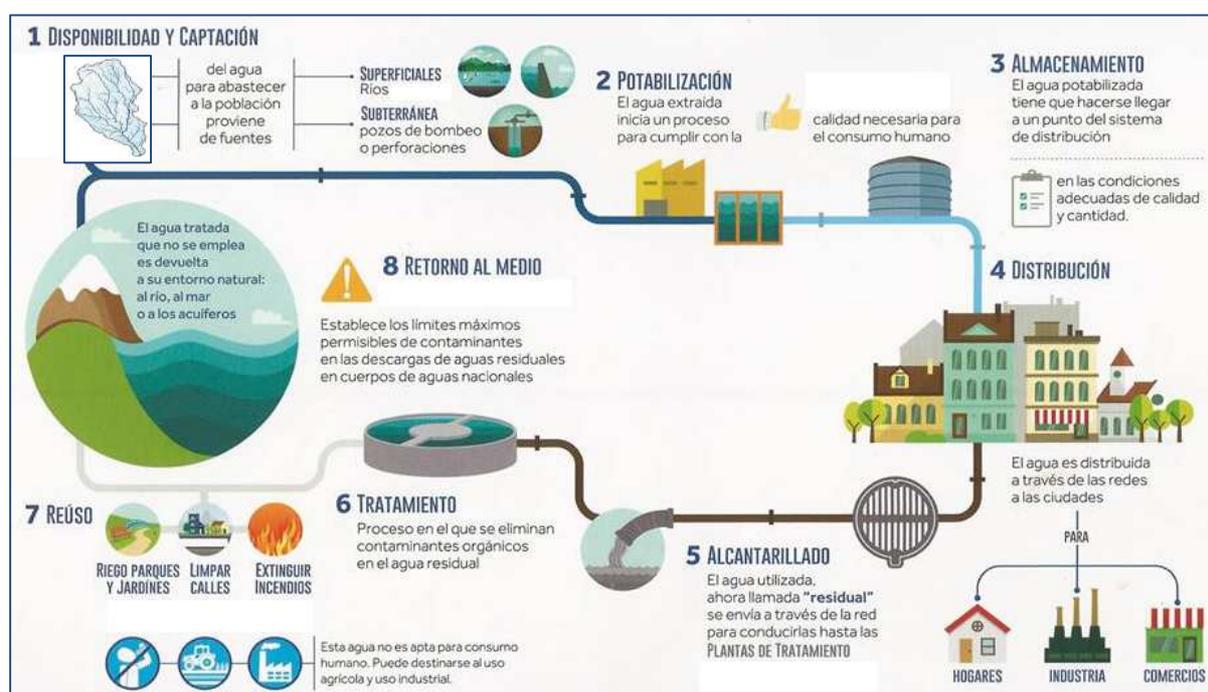
413

Por lo antes mencionado, **la evolución de los sistemas de abastecimiento de agua para las poblaciones, reflejan que los criterios de diseño han incorporado variables ambientales y que todo tipo de acueducto es dinámico de acuerdo al crecimiento urbano, por lo que su diseño y operatividad, se debe adecuar constantemente a los requerimientos reales del núcleo urbano, a fin de garantizar el acceso seguro del agua potable (cantidad, calidad, continuidad), y enfrentar problemas de escasez del agua que implica estrés, déficit y crisis hídrica, por lo que el dinamismo obliga a la revisión continua de las condiciones, ajuste o modificación de las obras de distribución existentes para prestar un servicio adecuado y sostenible en el tiempo.**

En este contexto, esta investigación en el desarrollo de la propuesta metodológica para evaluar el desempeño y la sostenibilidad ambiental de la gestión del agua potable, incorporara variables relevantes que abarquen desde la disponibilidad y captación en la cuenca abastecedora a través de fuentes superficiales no reguladas (1), potabilización (2), almacenamiento (3) y distribución (4) para la dotación del recurso natural transformado en agua potable a ciudadanos en ámbitos urbanos para uso doméstico (Figura 16).

Todo ello en busca de integrar e incorporar de manera sistémica e integral en los entes prestadores o proveedores del servicio, como pilares de la organización, **la gestión ambiental**, en una primera etapa del ciclo, y **a posterior en futuras líneas de investigación**, se pueda incorporar **los sistemas de recolección de aguas residuales domésticas** y su tratamiento (5 y 6), reuso (7) y retorno al medio (8) con el fin de evaluar la huella ecológica de este servicio de forma integral, **así como**, es indispensable **desarrollar una metodología que evalúe la sostenibilidad del recurso hídrico en cuencas hidrográficas de montaña**, motivado a que los problemas ambientales y los conflictos de uso del agua y tierra, tienden a afectar el recurso hídrico (cantidad, calidad y régimen hídrico), y por ende, limita el acceso al agua potable de las poblaciones de ámbitos urbanos pudiendo detonar problemas de escasez que implica estrés, déficit y crisis hídrica.

Está última situación descrita, se evidencio que a partir de la Revolución Industrial se presentaron numerosos problemas ambientales como la sobreexplotación, contaminación del recurso agua y enfermedades de origen hídrico a la humanidad, que hacen que los sistemas de abastecimiento de agua potables para las poblaciones de ámbitos urbanos sean insostenible en el tiempo, ya que la dinámica ocurre en forma acelerada y la variación de las variables ambientales tiende a incrementarse, ocasionando que los sistemas de abastecimiento de agua potable, no funcionen adecuadamente y los costos de tratamiento tiendan a aumentar, ya que las condiciones de diseño y tecnología de potabilización, no se ajustan de inmediato a las nuevas realidades de conflictos de uso del agua y tierra en las cuencas hidrográficas de montaña.



**FIGURA 16.** Ciclo Urbano del Agua. Fuente: Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México (2010) adaptado por Peña (2015).

En este sentido, desde 1948 el acceso a los servicios de agua potable, se considera una necesidad básica humana y un derecho fundamental, y en busca de la sostenibilidad ambiental de la gestión del agua potable para ámbitos urbanos, y que se ha hecho hincapié continuamente en declaraciones y acuerdos internacionales entorno al recurso hídrico.

### 3.3. BREVE RESEÑA DE POLÍTICAS, DECLARACIONES Y ACUERDOS INTERNACIONALES EN TORNO AL RECURSO HÍDRICO, CON ÉNFASIS AL ACCESO AL AGUA POTABLE PARA CONSUMO HUMANO

Desde sus orígenes, la Humanidad ha tenido la capacidad de alterar la naturaleza. Sin embargo, fue en el periodo de la Revolución Industrial cuando más aumentaron las dinámicas de producción y los desarrollos científicos y tecnológicos, hasta el punto de superar los límites de producción en el entorno.

En la década de los años setenta se inició una preocupación mundial por los recursos naturales y su rápida disminución, escasez y extinción en algunas áreas geográficas del planeta. Como consecuencia, se llevó a cabo una serie de convenciones en las que se reunieron gobernantes de países desarrollados y no desarrollados, para establecer acuerdos internacionales sobre el manejo responsable de los recursos naturales (Díaz *et al.*, 2009).

Por lo que, en los cuadros 9, 10 y 11, se presenta una breve síntesis de las declaraciones y acuerdos internacionales en torno al recurso agua, que se obtiene tras una revisión documental de los hitos más relevantes durante el **período 1948 – 2016** (Figura 17), ya que estos eventos internacionales han influido en la transformación progresiva de la gestión del recurso hídrico y su vinculación específica con el **producto y servicio agua potable**.



**FIGURA 17.** Periodos de estudio de las *declaraciones y acuerdos internacionales* en torno al recurso agua. Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, es de interés conocer su evolución durante el ciclo de **sesenta y ocho años**, en vista de que la Humanidad desde sus orígenes ha tenido la capacidad de alterar el sistema ambiental, y con mayor aceleración, durante la revolución industrial y tecnológica que han superado las tasa de renovación y carga de asimilación de los recursos naturales en sus diferentes ciclos biogeoquímicos, lo que viene incrementando la preocupación por el **deterioro continuo del recurso hídrico y su relación con el acceso de la población al agua potable ante los problemas de estrés, déficit y crisis hídrica**, y por ende, su escasez física y económica.

Ante lo expuesto anteriormente, esta sección resultante de la investigación documental, contribuirá en tener una visión global de las políticas, planes, programas, proyectos, servicios y productos en el

contexto internacional, y con la mirada retrospectiva y prospectiva de las mismas, se buscó interrelacionar la sostenibilidad y sustentabilidad del recurso hídrico y las organizaciones prestadoras o proveedoras del servicio de agua potable, ya que el agua transformada en potable, **es un recurso estratégico para el desarrollo de los asentamientos humanos** y sus acceso se constituye en los derechos económicos, sociales y culturales, mediante la creación de condiciones de accesibilidad, calidad y preservación por parte de la sociedad, por lo que representa uno de los cimientos del Desarrollo Sostenible.

**CUADRO 9.** Síntesis de las **declaraciones y acuerdos internacionales** en torno al recurso agua, durante el **período 1948 – 1980**. Fuente: Elaboración propia con compilación de Cepal, Naciones Unidas, World Water Council (WWC), Organización Mundial de la Salud, Fundación Canal.

Año	Evento	Declaraciones y Acuerdos Internacionales
1948	Declaración Universal de los Derechos Humanos de la Organización de las Naciones Unidas.	El acceso a los servicios de agua potable y saneamiento, es una necesidad básica humana, y como tal, es considerado un derecho fundamental.
1972	Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Medio Humano, Estocolmo, Suecia.	Los temas principales de la declaración giran en torno al tema "Preservación y mejora del medio ambiente humano" y manifiestan <b>"Se ha llegado a una situación histórica en la que debemos configurar cuidadosamente todas nuestras actividades en el mundo, por sus consecuencias medioambientales"</b> .
1977	Conferencia de las Naciones Unidas sobre Agua en Mar de Plata, Argentina.	Es la primera reunión internacional organizada por las Naciones Unidas en la que el abastecimiento de agua y el saneamiento tuvo un papel preponderante, toda vez que se acordó: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Todos los pueblos tienen derecho al acceso al agua potable para satisfacer sus necesidades básicas.</b> Como consecuencia de este planteamiento, se asumió que la <b>década de 1980-1990</b>, se calificó como el <b>Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental</b>, con el fin de conseguir en ese periodo, el acceso universal a ambos servicios.</li> </ul> <p>En esta Conferencia, se realizó un análisis exhaustivo de la problemática general de los recursos hídricos, a la vez que se propusieron toda una serie de soluciones y recomendaciones que se concretaron en el Plan de Acción, que contempló: a) Evaluación de los Recursos Hídricos; b) Eficiencia en la utilización del agua; c) Medio ambiente, salud y lucha contra la contaminación; d) Políticas, planificación y ordenación; e) Riesgos naturales; f) Información y cooperación (CEPAL, 1998).</p>
1979	Convención sobre la Eliminación de todas las Formas de Discriminación contra la Mujer (Cedaw).	La Convención, establece una agenda para terminar con la discriminación contra la mujer y hace explícitamente referencia en su contenido al agua. El <b>artículo 14(2)(h)</b> , estipula que: "Los Estados Parte..., le asegurarán el derecho a: ... (h) Gozar de condiciones de vida adecuadas, particularmente en las esferas de la vivienda, los servicios de saneamiento, la electricidad y el <b>abastecimiento de agua,...</b> ".
1980	Inicio del Decenio Internacional del Agua Potable y el Saneamiento (DIAAPS)	"El objetivo del Decenio, fue que a finales de 1990 todo el mundo dispusiera de un abastecimiento adecuado de agua...", orientó sus esfuerzos a ampliar el acceso a los servicios de agua potable y saneamiento para los grupos más desposeídos de la sociedad.

La Conferencia de Mar del Plata, Argentina, realizada en el año de 1977, marcó el comienzo de una serie de actividades globales en torno al agua, y el sector del abastecimiento de agua potable y el saneamiento, ha sido tenido en cuenta con mayor asiduidad en el contexto de la cooperación internacional, que permitió impulsar diversos debates y reflexiones en torno a los tres elementos expuestos en la figura 18.



**FIGURA 18.** Algunas actividades del Plan de Acción de la Conferencia de Mar de Plata vinculantes a la investigación. Fuente: Cepal (1998), adaptado por Peña (2015).

Estos análisis exhaustivos realizados por expertos y representantes gubernamentales para el año 1977, se reportan en informe publicado por la CEPAL (1998), citado por Fundación Canal (2011), que:

- Existe un déficit en el conocimiento de la cantidad y calidad de los datos hidrológicos, hidrometeorológicos e hidrogeológicos, lo que se denotó como una clara limitación en cualquier proceso de planificación.
- Se identificó la necesidad de disponer de instrumentos adecuados para mejorar la utilización del agua de forma eficiente y equitativa, garantizando la protección del recurso y de los ecosistemas.
- Se detectó la necesidad de realizar la regulación y distribución del recurso de forma eficiente y eficaz, para lo que se recomendó caracterizar y evaluar las demandas y usos del agua en diversos horizontes, con el fin de sentar las bases de futuras planificaciones; así, **se contemplaron individualmente los sistemas públicos de suministro de agua** y eliminación de residuos y los usos asociados a la agricultura, pesquerías, industria, energía hidroeléctrica y navegación interior.
- Se evidencia la necesidad de formular, a nivel nacional, políticas en relación con el uso, la ordenación y conservación del agua, como marco para la planificación y ejecución de programas y medidas concretas para la ejecución de los planes. Para viabilizar lo anterior, se detectó la

necesidad de actuar a nivel institucional y legislativo. También se resaltaron los aspectos relacionados con la participación pública en todo el proceso.

Esta evaluación del recurso hídrico realizada en 1977, da indicios de primeras respuesta a la tesis doctoral y que resulta de interés interrelacionar la cuenca hidrográfica como fuente abastecedora (disponibilidad de agua), y la necesidad de realizar la regulación y distribución del recurso de forma eficiente y eficaz para cubrir la demanda de la población para consumo humano, a fin de garantizar la utilización del agua de forma equitativa sin provocar sobreexplotación del recurso hídrico y garantizar su protección, pudiéndose lograr con una planificación y gestión ambiental sostenible.

418

Además, fue un hito relevante la Declaración del **Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento**, el cual los Estados miembros deberían *“asumir el compromiso de lograr una mejora sustancial en las normas y los niveles de los servicios de suministro de agua potable y saneamiento ambiental para el año 1990”*, lo que representaría un cambio de escenario en la situación entonces imperante de las coberturas del abastecimiento y el saneamiento a nivel global, en la medida en la que se asumió el reto de conseguir en 1990 el acceso universal a estos servicios (ONU, 1980).

Según el Informe presentado en el **VI Foro “Agua para el Desarrollo 2010”** y publicado por Fundación Canal de España en el año 2011, se indicó que: *“La inversión total realizada durante el Decenio, alcanzó la cifra de 74.000 millones de dólares, y solo fue el 25% de la que inicialmente se estimó como necesaria para conseguir el acceso universal al abastecimiento y saneamiento (Carter et al., 1993); a pesar de este notable desfase, o en parte por el mismo, lo cierto es que al finalizar los años ochenta las coberturas del abastecimiento de agua a nivel mundial alcanzaban el 76%, y el 49% las de saneamiento (JMP, 2012), lejos del acceso universal pretendido. Es más, durante el Decenio se comprobó que un número significativo de los sistemas construidos dejaban de estar operativos transcurridos algunos años después de su ejecución por fallos en el mantenimiento y conservación de las infraestructuras; es decir, aunque se habían experimentado avances notables en las coberturas, la sostenibilidad de los sistemas estaba cuestionada”...*

Por lo antes expuesto, este Decenio aportó una ampliación substancial del suministro de servicios básicos para las poblaciones pobres y han mostrado la magnitud de la tarea a realizar, y la necesidad de efectuar una enorme expansión en el suministro básico de agua y de servicios sanitarios para cubrir los requisitos actuales y los del futuro próximo (WWAP, 2003).

Esta situación da indicios que para atender los problemas de escasez física y económica del agua en una ciudad, es fundamental incorporar en la planificación y gestión del servicio de agua potable, los procesos de gestión patrimonial que garantice el mantenimiento y conservación de las infraestructuras hidráulicas, a fin de garantizar la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua, que a su vez contribuirá a un uso eficiente y sostenible del agua potable para las ciudades.

En esta década que comprendió el período 1980-1990, tuvo lugar la Comisión Brundtland, que se convirtió en el primer acercamiento sobre la definición del concepto de Desarrollo Sostenible. La Comisión, lo definió como **“el desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad para que las futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades”** (Díaz, 2009). Y en el periodo 1990-2000, se desarrollaron otros eventos de interés en torno al recurso agua y el Desarrollo Sostenible, que se mencionan a continuación en el cuadro 10.

**CUADRO 10.** Síntesis de las **declaraciones y acuerdos internacionales** en torno al recurso agua, durante el período 1990 - 1999. Fuente: Elaboración propia con compilación de CEPAL, Naciones Unidas, World Water Council (WWC), Organización Mundial de la Salud y la Fundación Canal.

Año	Evento	Declaraciones y Acuerdos Internacionales
1990	Conferencia Regional sobre Abastecimiento de Agua y Saneamiento, San Juan, Puerto Rico	Las conclusiones de la evaluación para América Latina y el Caribe de la Década Internacional del Abastecimiento de Agua Potable y del Saneamiento (DIAAPS), reconocieron varias <b>limitaciones que afectan al sector</b> , entre las que se destacan: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La organización y estructura funcional inadecuada del sector y de los organismos prestadores de los servicios en la gran mayoría de los países, en particular, la excesiva división de responsabilidades y duplicación de funciones, su limitada coordinación y excesiva centralización;</li> <li>2. La dificultad de recobrar las inversiones y generar ingresos a través del pago de los servicios, lo que resulta en deficiencias administrativas;</li> <li>3. La pérdida y desperdicio del agua, y la cultura prevalente de la falta de conciencia del valor intrínseco del agua, y la escasez de recursos humanos capacitados.</li> </ol>
	Cumbre Mundial sobre la Infancia, Nueva York, Estados Unidos.	La Declaración Mundial sobre la Supervivencia, Protección y Desarrollo de los Niños, manifiesta... <b>“Promoveremos el suministro de agua limpia en todas las comunidades para todos sus niños, así como el acceso universal al saneamiento”</b> .
	Comienzo del Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales (1990-2000)	Reconocimiento del aumento de la vulnerabilidad general de las personas y los bienes, frente a catástrofes naturales.

Continuación Cuadro 10...

Año	Evento	Declaraciones y Acuerdos Internacionales
1990	Consulta Mundial sobre Agua Potable y Saneamiento para La Década de los 90, Nueva Delhi, India.	El objetivo de la consulta se enfocó en revisar los resultados del <i>Decenio</i> y establecer los objetivos del sector para la década de los años 90. Y se proclamó formalmente la necesidad de facilitar, sobre una base sostenible, el acceso al agua potable en cantidades suficientes y el establecimiento de servicios de saneamiento adecuados para todos, <b>usando tecnologías apropiadas, basándose en la gestión comunitaria y fortaleciendo las capacidades humanas.</b>
1992	Conferencia Internacional sobre Agua y Medio Ambiente. Conferencia. Dublín, Irlanda.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Principio 1:</b> "El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para el mantenimiento de la vida, para el desarrollo y para el medio ambiente".</li> <li>▪ <b>Principio 2:</b> "La explotación y la gestión del agua deben basarse en un enfoque participativo que implique a los usuarios, los planificadores y los políticos a todos los niveles".</li> <li>▪ <b>Principio 3:</b> "Las mujeres juegan un papel fundamental en la provisión, gestión y conservación del agua".</li> <li>▪ <b>Principio 4:</b> de la Conferencia de Dublín, establece que: "...es esencial reconocer ante todo el derecho fundamental de todo ser humano a tener acceso a un agua pura y al saneamiento por un precio asequible".</li> </ul>
	Cumbre de la Tierra. Río de Janeiro, Brasil.	Se plantea en el capítulo 18 de la Agenda 21: "La gestión holística del agua dulce como un recurso finito y vulnerable, y la integración de los planes y programas sectoriales, en el marco de la política social y económica nacional".
1994	Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre la Población y el Desarrollo.	El <b>Programa de Acción</b> de la Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre la Población y el Desarrollo, afirma que toda persona "tiene derecho a un nivel de vida adecuado para sí y su familia, incluidos..., agua y saneamiento".
	Conferencia Ministerial sobre el Abastecimiento ó Provisión de Agua Potable el Saneamiento. Noordwijk, Holanda.	El objetivo de la Conferencia fue propiciar la implementación de los planteamientos relacionados con el agua -básicamente el capítulo 18 de la Agenda 21. Se reafirma el apoyo a la gestión integral de los recursos hídricos, la determinación de avanzar en la cobertura universal del abastecimiento y el saneamiento, y en que las intervenciones tengan en cuenta, la capacitación de las administraciones de todos los niveles, las necesidades de su financiación y que las tecnologías sean coherentes con las necesidades y posibilidades reales de los beneficiarios. <i>La Declaración reconoce que la crisis del agua es por el rápido incremento demográfico y la contaminación de los recursos hídricos.</i>

En 1990 en la consulta mundial, se identificó una problemática creciente del sector agua potable a considerar:

- Incremento demográfico.
- El deficiente estado de las infraestructuras de regulación y distribución.
- La contaminación de los recursos y la sobreexplotación.
- Se asumió conseguir en el año 2000 el acceso universal, para lo cual se constató, que sería necesario abordar profundos cambios institucionales, sociales y económicos, y dotar de recursos a las instituciones responsables.

- Falta de apoyo político.
- Escaso compromiso de las comunidades.
- Limitada disponibilidad de recursos para infraestructuras, especialmente, en el ámbito urbano.
- Deficiente mantenimiento y conservación de los sistemas y que, en un número significativo de casos, no se aplicaron soluciones tecnológicas apropiadas a la escala de las comunidades.

Para asumir retos ante tal problemática se plantearon **cuatro (04) principios rectores** (Figura 19), que reflejan la necesidad de garantizar el protagonismo de las comunidades beneficiarias, no sólo en la fase de implementación de los sistemas, sino durante la gestión de los mismos y, específicamente, en su operación y mantenimiento preventivo. Y se puede concluir, según lo señalado en el Informe presentado en el VI Foro “Agua para el Desarrollo 2010”, y publicado por Fundación Canal de España en el año 2011, que la Consulta no influyó en cuanto a plantear objetivos concretos, pero sí que tuvo una **importancia relevante en la configuración de un modelo de intervención en agua y saneamiento basado en la participación comunitaria**.

421



**FIGURA 19.** Principios rectores planteados en *Consulta Mundial Sobre Agua Potable y Saneamiento* para la Década de los 90. Fuente: Funda Canal (2011) y adaptado por Peña (2015).

Estos principios rectores basados en la Declaración de Nueva Delhi, India en el año 1990, permitió que se asumiera que **“el acceso al agua potable y al saneamiento, no es simplemente una tarea técnica de construcción de infraestructura, sino un componente decisivo del desarrollo social y económico de la población. En esta perspectiva, es posible brindar servicios sostenibles y aceptables mediante el adecuado uso de tecnologías apropiadas, la gestión comunitaria y la calificación de los recursos humanos”**. Ante este escenario internacional y principios rectores continuaron reuniones importantes que se sintetizan en el cuadro 11.

**CUADRO 11.** Síntesis de las *Declaraciones y Acuerdos Internacionales* en torno al recurso agua, durante el **período 1990 -1999**. Fuente: Elaboración propia con compilación de Naciones Unidas, World Water Council (WWC), Fundación Canal.

Año	Evento	Declaraciones y Acuerdos Internacionales
1994	Conferencia Europea sobre Ciudades Sostenibles. Denmark, Dinamarca.	Se aprueba y firma “La Carta de Aalborg”, referida a las ciudades europeas hacia la sostenibilidad, bajo el compromiso de seguir los postulados e iniciativas locales de la Agenda 21, de la Declaración de Río.
1995	Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Social. Copenhague, Dinamarca.	La Declaración manifiesta concentrar esfuerzos y políticas en el estudio de las causas de la pobreza y en satisfacer las necesidades básicas de todos. Estos esfuerzos deben incluir el suministro de agua potable segura...
	Cuarta Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Mujer. Pekín, China.	Uno de los temas principales es el “abastecimiento de agua” y la Declaración: “Asegurar la disponibilidad y el acceso universal al agua potable y establecer, cuanto antes, sistemas públicos eficaces de distribución”.
1996	Segunda Conferencia de las Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos (Hábitat). Estambul, Turquía.	Se establece la Agenda Hábitat para el Desarrollo Sostenible de los asentamientos humanos en un mundo en proceso de urbanización y manifiestan, “...promoveremos un entorno ambiental saludable, mediante el suministro de cantidades adecuadas de agua potable...”.
	Cumbre Mundial sobre la Alimentación	La Cumbre trato temas referidos a: salud, agua y saneamiento, y la Declaración de Roma establece plan de acción y en su objetivo 3.2., establece: “Combatir las amenazas ambientales contra la seguridad alimentaria, en particular, la sequía y la desertización,...restaurar y rehabilitar los recursos naturales, incluyendo el agua y las cuencas fluviales.”
	Organización de las Naciones Unidas (ONU)	Se declara el Día Mundial del Agua: “Agua para ciudades sedienta”.
	Banco Mundial, la Agencia de Cooperación Internacional Sueca y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la Asociación Mundial del Agua (AMA).	Se constituyeron organizaciones que han jugado un papel relevante de las políticas internacionales relacionadas con el agua: la Asociación Mundial del Agua ( <i>Global Water Partnership</i> ) y el Consejo Mundial del Agua ( <i>World Water Council</i> ), siendo la misión de este Consejo “ <b>Sensibilizar, construir compromiso político, estimular la acción en la toma de decisiones para la conservación eficiente, protección, desarrollo, planificación, gestión y el uso del agua en todas sus dimensiones sobre una base ambientalmente sostenible</b> ”.

Continuación Cuadro 11...

Año	Evento	Declaraciones y Acuerdos Internacionales
1997	Primer Foro Mundial del Agua. Marrakech, Marruecos.	En la declaración final del Foro, se insta a reconocer el agua y saneamiento como <i>necesidades humanas básicas</i> , a establecer mecanismos de gestión efectivos para las cuencas internacionales, preservar los ecosistemas, promover el uso sostenible del agua, considerar las cuestiones de equidad de género en los temas de agua, e impulsar las alianzas entre los gobiernos y organizaciones de la sociedad civil. El resultado más importante de este Foro fue el mandato que recibió el Consejo Mundial del Agua para desarrollar una visión a largo plazo sobre el agua, la vida y el medioambiente para el Siglo XXI, para que fuera presentado en el Segundo Foro Mundial del Agua (Biswas, 2009).
	Organización de las Naciones Unidas (ONU)	Día Mundial del Agua 1997: "El agua en el mundo: ¿resulta suficiente?"
1998	Conferencia Internacional sobre Agua y Desarrollo Sostenible. París, Francia.	En la Declaración ministerial, se reconoce que <i>el agua dulce es tan esencial para el desarrollo sostenible, como para la vida, y que tiene dimensiones sociales, económicas y ambientales interdependientes y complementarias</i> .  En la Declaración se hizo, por primera vez en un documento de esta naturaleza, referencias a la recuperación de costos y a la participación privada en la provisión de los servicios de abastecimiento, intensificando el debate al respecto. <b>Con este planteamiento, se pasó de propugnar el valor económico del agua en todos sus usos de acuerdo con el cuarto principio de Dublín, a reivindicar la recuperación de costos y el papel del sector privado (Salman, 2003)</b>
1999	Resolución de la Asamblea General de Las Naciones Unidas A/Res/54/175 "El Derecho al Desarrollo"	El <b>artículo 12</b> de la Resolución, afirma que "en la total realización del derecho al desarrollo, entre otros: (a) El derecho a la alimentación y a un agua pura, son derechos humanos fundamentales y su promoción constituye un imperativo moral, tanto para los gobiernos nacionales como para la comunidad internacional".
	Organización de las Naciones Unidas (ONU)	Día Mundial del Agua 1999: "Todos vivimos aguas abajo".

De esta década se motiva a que los proveedores o empresas prestadoras, proveedoras o gestoras del servicio de agua potable en ámbitos urbanos cuenten con una política sectorial con enfoque holístico lo que puede contribuir a que incorpore la gestión ambiental como pilar de la organización para lograr la sostenibilidad ambiental y sustentabilidad del servicio de agua potable y se pueda hacer frente a la escasez física y económica del agua partiendo como eje central e indispensable la Cuenca Hidrográfica como fuente abastecedoras de agua para el desarrollo de las poblaciones.

Conscientes del contexto antes expuesto, se reafirma que los aspectos científicos y tecnológicos relacionados con la mejora de la red de infraestructuras, que implican la captura en la fuente

abastecedora (Captación), potabilización (Procesos de tratamiento), almacenamiento, distribución y disposición final del recurso hídrico, representa en la actualidad un factor que tiene respuestas positivas y de solución debido al avance innovador de la sociedad moderna con la ciencia de la Ecología Industrial; siendo el mayor problema a solventar la participación de organizaciones que ética, moral, administrativa y técnicamente estén a la altura de hacer posible la distribución con calidad y equidad del agua, exigiendo una mayor actuación sincera y comprometida en el marco de una dimensión espiritual de la actuación individual y colectiva que va desde el ciudadano y sociedad que habita en la cuenca hidrográfica, el ciudadano y sociedad que habita en el ámbito urbano y el ente rector u organización estatal o municipal que rige los destinos de administrar la red de infraestructuras hidráulicas y prestar el servicio de agua potable, amerita hacer protagonista en el contexto sistémico de la dimensión espiritual del Desarrollo Sostenible según lo proponen Contreras *et al* (2014; 2016), donde **la gobernanza de la sociedad civil** como ente implicado, la cual se articula con los intereses de planificación y gestión de los entes estatales o privados a través de una *organización para la sostenibilidad*, en procura de lograr la integración ambiental y consolidación de la sostenibilidad en el uso del recurso hídrico a través de su ciclo de vida.

En 1992, los cuatro principios rectores de Nueva Delhi – India, marcaron profundamente la forma en la que se ejecutan **las intervenciones en agua y saneamiento en el contexto internacional**; con esta aproximación se produjo un cambio sustancial en la forma en la que se intervenía hasta entonces en el sector, ya que se pasó de una práctica que promovía el acceso al recurso desde instancias gubernamentales o internacionales a través de la ejecución de infraestructuras basadas en tecnologías más o menos convencionales, a otra en la que las intervenciones son el resultado de una demanda previa por parte de las comunidades; es decir, los agentes desencadenantes del proceso son, al menos en teoría, las comunidades, quienes identifican los problemas, participan en la definición de las soluciones y, por tanto, de los niveles de servicio que asumen, básicamente a través de las tecnologías asociadas, y se comprometen a la recuperación de costes, parcial en los de inversión y total en los de conservación y mantenimiento preventivo. Funda Canal (2011).

Por otra parte, en el Informe presentado en el **6° Foro “Agua para el Desarrollo 2010”** y publicado por Fundación Canal de España en el año 2011, expresa que el reconocimiento explícito del **valor económico del agua en todos sus usos, en este caso de estudio el abastecimiento de agua**, y las exigencias de la recuperación de costes, sirvieron como apoyo conceptual a los procesos de privatización de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento en el ámbito urbano que se desencadenaron en esa década propiciados, en gran medida, por el propio Banco Mundial y los bancos regionales de desarrollo. Es por esta circunstancia que algunos autores declaran que fue durante el *Decenio* precisamente cuando se sentaron las bases de las políticas privatizadoras de la década de los 90 en el sector del agua (Bell, 1992; Hoering et al, 2004).

Como resultado de la Conferencia de Dublín y Cumbre de la Tierra, se concretó en la primera el Programa de Acción, que incluyó las líneas de actuación siguientes:

- Protección contra los desastres naturales, especialmente contra las inundaciones y las sequías;
- **Gestión eficiente y equitativa de los recursos y las demandas;**
- **Desarrollo urbano sostenible y lucha contra la contaminación;**
- Producción agrícola y abastecimiento de agua en el medio rural;
- Protección de los ecosistemas acuáticos;
- Cuencas internacionales;
- Medio ambiente;
- Conocimiento e investigación y
- Capacitación de los agentes con competencias en la gestión de los recursos.

425

Y en la Cumbre de la Tierra, lo postulado en la Agenda 21, capítulo 18 referido a los Recursos Hídricos, se establecieron siete (07) áreas de programa para la acción a escala nacional e internacional:

- **Desarrollo y gestión integrados de los recursos hídricos.**
- **Evaluación de los recursos hídricos.**
- **Protección de los recursos hídricos, calidad de agua, y ecosistemas acuáticos.**
- **Abastecimiento de agua potable y saneamiento.**
- **Agua y desarrollo urbano sostenible.**
- Agua para la producción sostenible de alimentos y para el desarrollo rural.
- **Impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos.**

De las nueve (09) líneas de actuación que surgen de la Conferencia de Dublín, en la investigación se consideran dos de ellas: **“Gestión eficiente y equitativa de los recursos y las demandas”** y **“Desarrollo urbano sostenible y lucha contra la contaminación”**; y de las siete (07) áreas de programa para la acción del Capítulo 18 de la Agenda 21:

- Desarrollo y gestión integrados de los recursos hídricos.
- Evaluación de los recursos hídricos.
- Protección de los recursos hídricos, calidad de agua, y ecosistemas acuáticos.
- Abastecimiento de agua potable y saneamiento.
- Agua y desarrollo urbano sostenible.
- Impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos.

En este contexto y lo adoptado en la Cumbre de la Tierra de rio de Janeiro (1992) se planteó en el marco que el agua es parte integrante y aseguradora del Desarrollo Sostenible como **Política del Agua: “Garantizar que se mantenga un abastecimiento adecuado de agua de buena calidad para toda la población de este planeta, al tiempo que se preservan las funciones hidrológicas, biológicas y químicas de los ecosistemas, adaptando las actividades humanas dentro de los límites de la capacidad de la naturaleza y luchando contra los vectores de las enfermedades relacionadas con el agua”.**

Estas declaraciones y acuerdos durante el período 1948-1999 marcan un hito relevante en fundamentar las interrogantes señaladas al inicio del capítulo 2 de la tesis doctoral, ya que con las Políticas- Programas y Áreas de Acción planteadas, se busca la sostenibilidad ambiental de las actividades de la humanidad, con respeto a la tasa de renovación y carga de asimilación del recurso natural agua en las cuencas hidrográficas como fuentes de vida, de forma que se asegure el acceso justo al agua potable, con la extracción o aprovechamiento de recurso hídrico sin sobreexplotación de las fuentes abastecedoras de agua superficiales y subterráneas, en este caso con énfasis en las aguas superficiales proveniente de las cuencas hidrográficas de montaña, sin embargo, con el fin de apreciar la evolución de las mismo se estimó conveniente continuar la revisión documental para el período 2000 – 2015 (Cuadro 12), ya que dicha compilación de 68 años de historia contribuirá en la metodología a proponer en el marco de la Integración Ambiental Total.

**CUADRO 12.** Síntesis de las Declaraciones y Acuerdos Internacionales en torno al recurso agua, durante el período 2000 -2015. Fuente: Elaboración propia con compilación de Naciones Unidas, World Water Council (WWC), Fundación Canal y AGNU (2015).

Año	Evento	Declaraciones y Acuerdos Internacionales
2000	Segundo Foro Mundial del Agua, La Haya.	El resultado de este Foro fue la Visión Mundial del Agua: Hacer que el agua sea asunto de todos y establece: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ “Comprometer a todos en una gestión integrada”.</li> <li>✓ Reflejar el costo total en el precio de los servicios de agua.</li> <li>✓ Aumentar el financiamiento público y la innovación.</li> <li>✓ Aumentar la cooperación en las cuencas internacionales.</li> <li>✓ Aumentar sustancialmente las inversiones en recursos hídricos.</li> </ul>
	Declaración del Milenio, Nueva York.	Entre las Metas de Desarrollo que serían deseables para el 2015 reducir el déficit de cobertura de agua potable a la mitad de lo observado en 1990. Para América Latina este objetivo se ha extendido también a aspecto de cobertura de los servicios de saneamiento. <b>Objetivo 7:</b> Garantizar la sostenibilidad medioambiental. <b>Meta 10 del ODM 7:</b> “Reducir a la mitad, para 2015, la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento”.
	Conferencia Ministerial sobre la Seguridad del Agua en el Siglo XXI	En esta conferencia se plantearon siete (7) retos: Satisfacer las necesidades básicas, asegurar el suministro de alimentos, proteger los ecosistemas, compartir los recursos hídricos, gestionar los riesgos, <b>valorar el agua, administrar el agua de modo responsable.</b>

Continuación Cuadro 12...

Año	Evento	Declaraciones y Acuerdos Internacionales
2001	Conferencia Internacional sobre Agua Dulce, Bonn.	Fue una reunión preparatoria, en temas de recursos hídricos, para la Cumbre Mundial para el Desarrollo Sostenible, en las recomendaciones se recoge que el agua es un bien económico y un bien social que debe distribuirse en primer lugar para satisfacer necesidades humanas básicas.
	Conferencia Internacional sobre Agua Dulce (Dublín +10)	El agua es clave del desarrollo sostenible y la lucha contra la pobreza es el mayor reto para alcanzar un desarrollo equitativo y sostenible y el agua juega un papel fundamental en todo lo relacionado con la salud humana, los medios de sustento, el crecimiento económico y el mantenimiento de los ecosistemas.
	Organización de las Naciones Unidas (ONU).	Día Mundial del Agua 2001: Agua y Salud
2002	Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible, Johannesburgo.	<b>Declaración de Johannesburgo:</b> "Reconocemos que la erradicación de la pobreza, el cambio de los modelos de consumo y producción, y la protección y gestión de los recursos naturales para el desarrollo económico y social, son objetivos fundamentales y requisitos esenciales del desarrollo sostenible". <b>Plan de Ejecución:</b> a) "El suministro de agua potable y de saneamiento adecuado es indispensable para proteger la salud humana y el ambiente. b) "Desarrollar planes de gestión integrada y eficaz de recursos hídricos,... mediante actuaciones a todos los niveles para: i) Poner en práctica estrategias, planes y programas nacionales/regionales, con respecto a la gestión integrada de cuencas fluviales, ii) Utilizar toda la gama de instrumento políticos, como regulación, vigilancia, medidas voluntarias, mercados e instrumentos basados en la información, iii) <b>Mejorar el uso eficaz de los recursos hídricos.</b>
	Organización de las Naciones Unidas (ONU)	Día Mundial del Agua 2002: Agua para el Desarrollo
	Observación General Nº 15. El Derecho al Agua, Organización de las Naciones Unidas (ONU)	Interpreta el Pacto sobre Derechos Económicos, Sociales y Culturales de 1966 reafirmando el <b>Derecho al Agua</b> en la legislación internacional. La Observación establece de forma clara las obligaciones de los Estados Parte en materia de derecho humano al agua y define qué acciones podrían ser consideradas como una violación del mismo. El <b>artículo I.1</b> estipula que "... El derecho humano al agua es indispensable para vivir dignamente y es condición previa para la realización de otros derechos humanos".
2003	Organización de las Naciones Unidas (ONU).	Día Mundial del Agua 2003: Agua para el futuro

Continuación Cuadro 12...

Año	Evento	Declaraciones y Acuerdos Internacionales
	Año Internacional del Agua Dulce	"De continuar las tendencias actuales, es muy posible que el agua se convierta en una fuente cada vez mayor de tensiones y de feroz competencia entre países, pero también puede ser un catalizador para la cooperación. El año Internacional del agua Dulce puede desempeñar un papel fundamental para generar acciones necesarias, no sólo por parte de los gobiernos, sino también por parte de la sociedad civil, las comunidades, el sector empresarial y los individuos de todo el mundo".
2003	Conferencia y Seminario Internacional, Agua 2003, UNESCO.	Tuvo como principal objetivo generar condiciones para reconocer y reflexionar sobre el concepto de <b>la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)</b> y su aplicación en la práctica, focalizada en la interrelación entre agua para consumo humano y agua para la producción de alimentos. El objetivo se propuso desarrollar cuatro objetivos específicos: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar los factores que facilitan y limitan el trabajo intersectorial orientado a la GIRH.</li> <li>2. Identificar los elementos clave del proceso de manejo integrado de recursos hídricos.</li> <li>3. Reconocer las experiencias significativas en la GIRH que involucren trabajo conjunto entre sectores, especialmente entre los de abastecimiento de agua y saneamiento y el agropecuario.</li> <li>4. Concretar recomendaciones a los tomadores de decisiones que permitan iniciar o consolidar los procesos de implementación de la GIRH a la luz de las experiencias presentadas.</li> </ol>
	Tercer Foro Mundial del Agua, Kioto	La agenda general del Foro contemplaba, en lo fundamental, los temas recogidos en la Declaración ministerial del Foro de La Haya. Y la Declaración Final fue cuestionada por las organizaciones de la sociedad civil asistentes al Foro que emitieron un Comunicado en el que asumían el agua como un bien común y su acceso como un derecho humano, se oponían a la mercantilización de los servicios de abastecimiento y saneamiento y al impulso de grandes infraestructuras hidráulicas privadas. La posición de América Latina se dirigió hacia "la definición de políticas y regulaciones para una distribución más eficiente y equitativa del agua, y hacia el adecuado diseño y cumplimiento de regulaciones tanto para servicios con gestión pública o privada..." (GWP CATAAC, 2003).

Continuación Cuadro 12...

Año	Evento	Declaraciones y Acuerdos Internacionales
2004	Organización de las Naciones Unidas (ONU)	Día Mundial del Agua 2004: El agua y los desastres
2005	2005-2015: Decenio Internacional para la Acción " El agua, fuente de vida "	Basándose en el título del primer Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo " <b>Agua para Todos, Agua para la Vida</b> ", la Asamblea de las Naciones Unidas decidió proclamar, en su resolución A/RES/58/217, el período 2005-2015 Decenio Internacional para la Acción " <b>El agua, fuente de vida</b> ", empezando el Día Mundial del Agua (22 de marzo de 2005). La Resolución indica que el Decenio ha de tener como objetivo principal ocuparse más a fondo de las cuestiones relativas al agua y de la ejecución de programas y proyectos sobre agua, con el fin de ayudar a alcanzar los objetivos relativos al agua acordados a nivel internacional y contenidos en el Programa 21, los Objetivos de Desarrollo de la ONU para el Milenio y el Plan de Aplicación de Johannesburgo.
2006	Cuarto Foro Mundial del Agua, México.	Se desarrolló en <b>cinco ejes temáticos</b> : agua para el crecimiento y el desarrollo; implementación de la gestión integrada de recursos hídricos (GIRH); agua y saneamiento para todos; agua para la alimentación y el medio ambiente; y gestión de riesgos. En la Declaración final de este Foro, se afirma que el agua es un bien común y un derecho humano fundamental e inalienable, por lo cual rechazan todas las formas de privatización del recurso, a la vez que se plantea que la gestión y el control deben permanecer en el ámbito público, social, comunitario, participativo, con equidad y sin ánimo de lucro.
2007	Informe del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos relacionados con el acceso equitativo al Agua potable y el Saneamiento	Siguiendo la Decisión 2/104 del Consejo de Derechos Humanos, el informe del Alto Comisionado de Naciones Unidas para los Derechos Humanos establece que "Es ahora el momento de considerar el acceso al agua potable saludable y al saneamiento como un derecho humano, definido como el <b>derecho a un acceso equitativo y no discriminatorio a una cantidad suficiente de agua potable saludable</b> para el uso personal y doméstico... que garantice la conservación de la vida y la salud".
	Organización de las Naciones Unidas (ONU).	Día Mundial del Agua 2007: Afrontar la escasez de agua
2008	Zaragoza, España	Se llevó a cabo una exposición internacional con el eje temático "Agua y Desarrollo Sostenible"; la Tribuna del Agua se manifestó con el tema "El agua, una responsabilidad compartida". Además se desarrolló el "Foro Mundial de las luchas de agua".

Continuación Cuadro 12...

430

Año	Evento	Declaraciones y Acuerdos Internacionales
2009	Quinto Foro Mundial del Agua, Estambul.	Los ejes temáticos en torno a los que se articularon las sesiones fueron el cambio global y la gestión del riesgo, haciendo especial énfasis a las acciones de adaptación; el impulso al desarrollo humano y los Objetivos de Desarrollo del Milenio; la gestión y protección de los recursos hídricos, incluyendo las cuencas internacionales y la gestión integral de los recursos hídricos; la gobernanza, con énfasis en la eficacia en la administración y la gestión del agua e incidiendo en el derecho humano al agua y la complementariedad entre la gestión pública y privada; los aspectos financieros, en los que se introdujo la recuperación de costes pasando del paradigma de la recuperación total a la sostenible, y, por último, la educación, conocimiento y desarrollo de las capacidades. Y se concluye <b>que las soluciones deben ser sostenibles y adaptadas de manera flexible a las circunstancias específicas locales o regionales: no se puede aplicar ningún enfoque universal al manejo del agua.</b>
2010	Asamblea General Organización de las Naciones Unidas (ONU)	Reconoció de forma explícita el <b>derecho humano al agua y al saneamiento</b> , son esenciales para la realización de todos los derechos humanos. El compromiso mundial con el acceso universal al agua y al saneamiento.
	Organización de las Naciones Unidas (ONU)	Día Mundial del Agua 2010: Agua limpia para un mundo sano. Se dedica al tema de la calidad del agua con el objeto de demostrar que en la gestión de los recursos hídricos la calidad de ese recurso es tan importante como la cantidad. Tiene por objeto: 1. <i>Fomentar la concienciación en cuanto a la conservación de ecosistemas sanos y del bienestar humano abordando los crecientes desafíos en relación con la calidad del agua que se plantean a la gestión de ese recurso, exhortando a gobiernos, organizaciones, comunidades y personas en todo el mundo a que adopten medidas y realicen actividades de prevención de la contaminación.</i>
2011	Organización de las Naciones Unidas (ONU)	<b>Día Mundial del Agua 2011: Agua para las ciudades: responder al desafío urbano</b> , y centrar la atención internacional sobre el impacto del rápido crecimiento de la población urbana, la industrialización y la incertidumbre causada por el cambio climático, los conflictos y los desastres naturales sobre los sistemas urbanos de abastecimiento de agua, además tuvo por objeto alentar a los gobiernos, las organizaciones, comunidades y personas a participar activamente para responder al desafío de la gestión del agua urbana.

Continuación Cuadro 12...

431

Año	Evento	Declaraciones y Acuerdos Internacionales
2011	Asamblea General de las Naciones Unidas – Unesco.	En resolución A/RES/65/154, proclama el año 2013 como Año Internacional de la Cooperación en la Esfera del Agua. La importancia de la cooperación en materia de agua se basa en el hecho de que: a. el agua es un tema transversal que requiere atención en todos los niveles y sectores. b. es la piedra angular para alcanzar los ODM y garantizar la “seguridad hídrica” y un futuro sostenible. c. Todas las partes interesadas reconozcan los retos actuales y las presiones sobre los recursos hídricos compartidos a nivel mundial para llevar a cabo un diálogo constructivo y realista.
2012	Sexto Foro Mundial del Agua, Marsella.	Se establecieron <b>12 prioridades de acción</b> para el agua que “reflejan el papel preponderante del agua en los retos que la Humanidad ha de asumir y pueden considerarse como los objetivos del Foro” y entre las que destacan: garantizar el derecho al agua, <b>equilibrar los usos múltiples del agua por medio de la gestión integrada de recursos hídricos, así como mejorar la calidad de los recursos hídricos y de los ecosistemas.</b>
	Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible (Rio + 20), Rio de Janeiro.	Las conclusiones finales vinculantes a la investigación son: - Reconocemos que el agua es un elemento básico del desarrollo sostenible pues está estrechamente vinculada a diversos desafíos mundiales fundamentales. <b>Reiteramos, que es importante integrar los recursos hídricos en el desarrollo sostenible y subrayamos la importancia decisiva del agua y el saneamiento para las tres dimensiones del desarrollo sostenible.</b> - Reconocemos que los ecosistemas desempeñan una función esencial en el mantenimiento de la cantidad y la calidad del agua y apoyamos las iniciativas de protección y ordenación sostenible de esos ecosistemas emprendidas dentro de las fronteras nacionales de cada país. - Subrayamos la necesidad de adoptar medidas para hacer frente a las inundaciones, las sequías y la escasez de agua, tratando de mantener el equilibrio entre el suministro y la demanda de agua, y la necesidad de movilizar recursos financieros e inversiones en infraestructura para los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento, de conformidad con las prioridades nacionales. -Destacamos que es necesario adoptar medidas para reducir considerablemente la contaminación de las aguas y aumentar la calidad del agua, mejorar notablemente el tratamiento de las aguas residuales y <b>el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos y reducir las pérdidas de agua.</b>

Continuación Cuadro 12...

Año	Evento	Declaraciones y Acuerdos Internacionales
2013	Organización de las Naciones Unidas (ONU)	<b>El tema del Día Mundial del Agua 2013 se fundamentara en la “Cooperación: cimiento de los objetivos globales en temas de agua”</b> con el fin de atraer la atención mundial hacia la importancia del agua y de abogar por la gestión sostenible de los recursos de agua dulce.
	Cumbre del Agua de Budapest	El papel del agua y el saneamiento en la agenda global del desarrollo sostenible. Las áreas en torno a las cuales se estructuró la conferencia fueron cinco: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hacia un acceso universal al agua y al saneamiento;</li> <li>2. Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Siglo XXI;</li> <li>3. Una buena gobernabilidad del agua;</li> <li>4. Una economía verde para un agua azul;</li> <li>5. Inversión y financiación para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con el agua y el saneamiento.</li> </ol> Y busca que los objetivos que se planteen sean medibles, alcanzables, realistas y oportunos y que responda a una serie de retos multidimensionales.
2014	Organización de las Naciones Unidas-Unesco	Día Mundial del Agua 2014: Agua y Energía. La <i>Directora General de la UNESCO, plantea:</i> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>El agua es esencial para la vida, y es el denominador común de todos los retos del desarrollo sostenible. Debemos entender mejor las complejas interacciones entre recursos que guardan relación entre sí como el agua, la alimentación y la energía. Y debemos reconocer que es imposible ordenar esos recursos de forma sostenible si los tratamos de manera aislada.</i></li> <li>2. <i>La sostenibilidad se basa en nuestra capacidad para entender todas estas interrelaciones y para formular políticas más adecuadas, capaces de abordar los recursos interconectados de forma más integrada. La sostenibilidad depende también de que se mejore la cooperación entre todas las partes de que se trata -responsables políticos, científicos y empresas públicas o privadas.</i></li> </ol>
	Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos Secretaría del Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos División de Ciencias del Agua, UNESCO.	Presenta Informe de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2014, la cual indica: <i>...“El agua dulce y la energía son cruciales para el bienestar humano y el desarrollo socioeconómico sostenible. Hoy en día se reconoce ampliamente su importancia para progresar en todas las categorías de los objetivos de desarrollo.”...</i>

Continuación Cuadro 12...

433

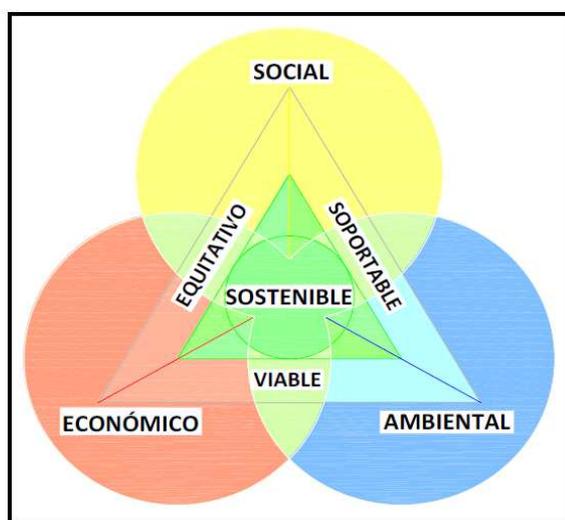
Año	Evento	Declaraciones y Acuerdos Internacionales
2015	Organización de las Naciones Unidas-Unesco.	Día Mundial del Agua 2015: Agua y Desarrollo Sostenible. Los recursos hídricos, y la gama de servicios que prestan, juegan un papel clave en la reducción de la pobreza, el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental. El agua propicia el bienestar de la población y el crecimiento inclusivo, y tiene un impacto positivo en la vida de miles de millones de personas, al incidir en cuestiones que afectan a la seguridad alimentaria y energética, la salud humana y al medio ambiente. <b><i>"Para eliminar los múltiples problemas relacionados con el agua, debemos trabajar con un espíritu de cooperación urgente, con mente abierta a las nuevas ideas y la innovación, y dispuestos a compartir las soluciones que todos necesitamos para un futuro sostenible.»</i></b>
	Séptimo Foro Mundial del Agua: "Agua para el futuro", Daegu y Gyeongbuk, Rep. de Corea	El eje central del Foro, se desarrolló en torno a: 1. Seguridad Hídrica para Todos, 2. Agua para el Desarrollo y la Prosperidad, 3. Agua para la Sostenibilidad: Armonización de los seres humanos y la naturaleza, 4. Construcción de Mecanismos factibles de Implementación. <b>Entre sus conclusiones se destaca:</b> i) Vincular la gestión del agua de un modo más estrecho con la planificación, el diseño y el desarrollo urbanos. ii) Gestionar el agua a escala local y regional, considerando de forma adecuada las necesidades de agua y sus numerosos usos en la cuenca hidrográfica. iii) Generar una mayor conciencia pública acerca del valor del agua y de la necesidad de tratarla como un recurso preciado y limitado. iv) Crear y actualizar de forma continuada una base de datos completa acerca de los recursos hídricos, la demanda de ésta, el acceso a la infraestructura y servicios.
	Organización de las Naciones Unidas-Unesco	Culmina Decenio Internacional para la Acción " El agua, fuente de vida " (2005-2015) y Las Naciones Unidas plantea la agenda de desarrollo post-2015, logrando como resultado un objetivo primordial que podría expresarse como <b>"Asegurando Agua Sostenible para Todos"</b> y abordará todas las dimensiones del ciclo hidrológico.
	Organización de las Naciones Unidas	La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, construida sobre la base de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, el Objetivo 6 busca garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos, estableciendo objetivos que van desde la protección y la gestión integrada de los recursos hídricos hasta el acceso al agua segura y asequible... para todos, amplía para cubrir el ciclo integral del agua,...incluyendo la eficiencia en el uso del agua, la gestión de los recursos hídricos y los ecosistemas relacionados con el agua.

Las Declaraciones Internacionales citadas anteriormente denotan la importancia de la sostenibilidad y sustentabilidad del recurso hídrico en el tiempo ante los problemas de escasez física y económica que

enfrenta la humanidad, y dan cabida a la presente tesis doctoral que pretende incorporar en los pilares de la organización de las empresas prestadoras del servicio de agua potable la gestión ambiental y permite reafirmar la importancia y fundamentación de la misma para romper paradigmas de relacionar sólo los pilares de la organización y los problemas operativos, sino integrar lo ambiental a su accionar, teniendo en cuenta la visión ya lo mencionada anteriormente:

*“ El recurso agua es limitado e insustituible y sólo funciona como recurso renovable si está bien gestionada, ya que resulta fundamental para el desarrollo socio-económico, para contar con ecosistemas saludables y la supervivencia humana, y así lograr avanzar por senderos de sustentabilidad y sostenibilidad en la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento, para ello se debe enfrentar a la creciente degradación ambiental, la vulnerabilidad a desastres naturales y adaptarse eficientemente al cambio climático”(WWAP, 2014; Un Water, 2014).*

Todo ello a fin de aprovechar el recurso hídrico de forma sostenida en el tiempo y garantizar el acceso de agua potable a las poblaciones ajustado a un uso no excesivo, todo ello en el marco del eje de sostenibilidad que *comprende la viabilidad económica, ambiental y social, que se puede alcanzar administrando racionalmente el capital físico, natural y humano*” como pilares interdependientes (Figura 20) que se refuerzan mutuamente (World Bank, 2002, Benavides, 2010).



**FIGURA 20.** Componentes del Desarrollo Sostenible. Fuente: Dreo (2007), citado por Benavides (2010).

En este contexto Benavides, H. (2010) en la tesis doctoral titulada **“Diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua e identificación de las propuestas que la mejoren”**, señala que estos pilares interdependientes y componentes del desarrollo sostenible, sugieren tres reglas elementales a seguir y que están sujetas al ritmo de crecimiento demográfico, son:

*a) Ninguna sustancia o acción contaminante debe producirse a una tasa mayor que la que pueda ser absorbida por el ambiente, o reciclada o neutralizada.*

*b) Ningún recurso renovable podrá ser utilizado a una tasa mayor que la de su natural regeneración.*

*c) Ningún recurso no renovable deberá explotarse a una tasa mayor que aquella que permita sustituirlo por un recurso renovable aprovechado sosteniblemente.*

De ahí, que el uso ineficiente del agua y la degradación de su calidad constituyen uno de los principales frenos para avanzar por senderos de alcanzar la sostenibilidad global, regional y local, influyendo en la dimensión social, económica y ambiental, lo que incrementa la vulnerabilidad de las comunidades, de la infraestructura y los servicios básicos. De acuerdo con esta interpretación y en adelante, se entenderá por **sostenibilidad del recurso hídrico en centros urbanos, a la capacidad de generar y mantener un desarrollo integrado de los sistemas y servicios de agua potable y saneamiento, basado en el equilibrio de intereses, la corresponsabilidad de los actores político-sociales contemporáneos en la toma de decisiones, y el aporte financiero, conservando el ambiente y los intereses de generaciones venideras.**

Por lo antes expuesto, representa un gran desafío para el Desarrollo Sostenible la gestión del recurso hídrico e integrarla en sus tres dimensiones, ya que para garantizar el acceso al agua potable se debe enfrentar de manera decidida y con conciencia histórica ciudadana e institucional a la creciente degradación ambiental, a reducir la vulnerabilidad respecto a desastres naturales y adaptarse eficientemente al cambio climático.

Es por ello, que en la medida en que el agua se va convirtiendo en un recurso cada vez más escaso y deteriorado por la intervención humana, surgen retos inherentes de la integración ambiental en las políticas, planes, programas, proyectos, procesos, productos y servicios en las cumbres y sus declaraciones internacionales para que los diversos niveles de gobierno vayan estableciendo nuevas medidas para mejorar la gestión del recurso agua, y en el caso del sector agua potable en ámbitos urbanos fue acertada y se vincula a las hipótesis de la tesis doctoral una de las conclusiones del Séptimo Foro Mundial del Agua realizado en el año 2015, al destacar que se debe **“Vincular la gestión del agua de un modo más estrecho con la planificación, el diseño y el desarrollo urbano”**, esta ya que esto contribuirá al aprovechamiento u explotación óptima del recurso hídrico en fuentes superficiales con criterios u parámetros de sostenibilidad e integración ambiental en la toma de decisiones en los procesos interrelacionados de la gestión del agua potable proveniente de fuentes superficiales para abastecer a poblaciones ubicadas en ámbitos urbanos, a fin de frenar la sobreexplotación al extraer y tratar mayores caudales (tasa mayor) de los que son requeridos por los usuarios (Dotación) para el uso

doméstico y a la par realizar los mantenimientos preventivos – correctivos, rehabilitaciones en los diferentes componentes del sistema de acueducto a fin de minimizar las pérdidas de agua en las mismas.

Frente a esta situación, y con la nueva visión que se debe tener de la gestión urbana del agua para garantizar el acceso sostenible, eficiente y equitativo del recurso hídrico a la población enmarcado en un contexto de integración y sostenibilidad, representan un desafío para las organizaciones prestadoras del servicio público de agua potable y saneamiento, y trascender a lo que actualmente fundamentan sus pilares, principios y problemas, agrupándolos sólo en cuatro parámetros o elementos:

- **Cobertura.** El servicio de agua potable no es accesible al mayor número de usuarios.
- **Cantidad.** El recurso hídrico no es suficiente.
- **Continuidad.** El servicio de suministro de agua no se encuentra siempre disponible.
- **Calidad.** El agua no siempre es apta para el consumo humano.

Y según los acuerdos internacionales y diversas investigaciones en el área, y fundamentado en tesis doctoral de Benavides (2010), señalan que la gestión del agua a nivel de abastecimientos para las poblaciones (Figura 21), debe también combinar estratégicamente los siguientes aspectos:



**FIGURA 21.** Aspectos para la Gestión del Agua para el abastecimiento de Poblaciones. Fuente: Dourojeanni *et al.* (2002), citados por Benavides (2010).

Estos aspectos al interrelacionarse a fin de garantizar la sostenibilidad ambiental de la gestión del agua potable, implicaría visionar los parámetros u elementos pilares de las organizaciones prestadoras o proveedoras del servicio de agua potable en las dimensiones de la Sostenibilidad (Figura 22).



**FIGURA 22.** Interrelación de Aspectos para la sustentabilidad y sostenibilidad en la Gestión del Agua para el abastecimiento de Poblaciones. Fuente: Benavides (2010), modificado y adaptado por Peña (2017).

Por consiguiente, todo ello resultará inédito romper paradigmas de relacionar sólo los pilares de la organización y los problemas operativos, sino integrar lo ambiental a su accionar (Figura 25), teniendo en cuenta la visión **“El recurso agua es limitado e insustituible y sólo funciona como recurso renovable si está bien gestionada, ya que resulta fundamental para el desarrollo socio-económico, para contar con ecosistemas saludables y la supervivencia humana, y así lograr avanzar por senderos de sustentabilidad y sostenibilidad en la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento, para ello se debe enfrentar a la creciente degradación ambiental, la vulnerabilidad a desastres naturales y**

*adaptarse eficientemente a la variabilidad climática y al cambio climático*”(WWAP, 2014; Un Water, 2014), a fin de aprovechar el recurso hídrico de forma sostenida en el tiempo y garantizar el acceso de agua potable a las poblaciones ajustado a un uso no excesivo.

Al realizar una retrospectiva de la evolución histórica del Abastecimiento de Agua para las poblaciones desde sus orígenes y de las Políticas, Declaraciones y Acuerdos Internacionales en torno al recurso hídrico con énfasis al acceso al agua potable para consumo humano durante un período de 68 años, ya se logra visionar que si existen declaraciones internacionales que dan pie para que se considere incorporar **la gestión ambiental de las cuencas hidrográficas abastecedoras en los procesos de planificación y gestión desde la disponibilidad y captación hasta la red final de distribución del agua potable en centros urbanos, por parte de las empresas prestadoras del servicio de agua potable a fin de que la organización no concentre sólo sus actividades a partir de la obra de captación sino contar con una visión integral desde la cuenca hidrográfica abastecedora para incorporarse como un actor activo en este sistema ambiental para ello se considera indispensable que se incorpore la sostenibilidad y sustentabilidad ambiental como un cuarto pilar de la prestación del servicio de agua potable y saneamiento, con el fin de que el desempeño ambiental de la empresa por lo que se requiere un sistema de indicadores que permita realizar una integración ambiental de procesos claves en la cuenca hidrográfica abastecedora y los procesos de captación – potabilización y distribución.**

*Sin embargo, se considera necesario e indispensable que exista una gobernanza en torno al recurso hídrico, que permita garantizar su sostenibilidad y sustentabilidad en el tiempo y a la par contribuir en el desempeño ambiental de las Empresas Proveedoras u Prestadoras del servicio de agua potable en las diversas regiones del mundo, y esta se refiere al rango de sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos implementados para desarrollar y manejar los recursos hídricos y la entrega de servicios sanitarios en los diferentes niveles de la sociedad (Global Water Partnership, 2002).*

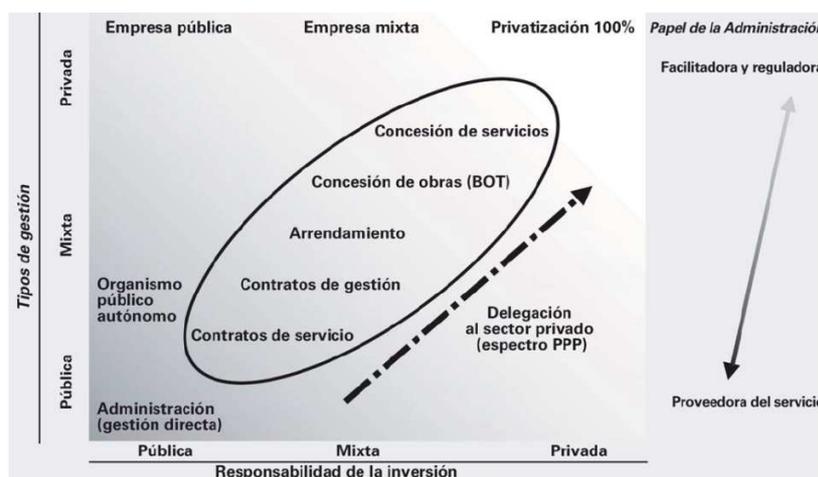
### 3.4. ASPECTOS RELEVANTES DE LA GOBERNANZA EN TORNO AL RECURSO HÍDRICO CON ÉNFASIS AL ACCESO AL AGUA POTABLE PARA CONSUMO HUMANO EN ÁMBITOS URBANOS

Para contextualizar la organización y gestión del servicio de agua potable, se hace referencia a la obra “Gobernabilidad y Gobernanza - de la teoría a la práctica. Aplicación a los servicios de Agua Potable y Saneamiento” del autor Rojas (2010), donde se extrae los hitos más relevantes, y que se citan a continuación:

- Los servicios de agua potable fueron atendidos por agentes privados durante el Siglo XIX y en algunos casos, hasta la primera mitad del Siglo XX.

- La corriente generalizada en América Latina durante la primera mitad del Siglo XX, y hasta la década de los 70, fue la centralización de los servicios de agua potable y saneamiento en entidades nacionales o estatales debido a la orientación hacia la construcción de obras de infraestructura.
- El giro de modelo de gestión se dio en los años ochenta, con un fuerte impulso hacia la descentralización, ocurrida en la mayoría de los países de América del Sur, que derivó en diversos modelos de gestión de los servicios con menor alcance geográfico, pero se esperaba una mayor capacidad de gestión, por lo cual, varios países se orientaron a la transferencia hacia el ámbito municipal.
- En la década de los noventa se cuestiona el modelo, y se considera, que la única opción para despolitizar los servicios de agua potable y saneamiento, es promoviendo la participación privada integral o parcial, y surgen los modelos de concesión, los modelos BOT (construir-operar-transferir), y en menor medida, los contratos de gestión. Se genera en esas fechas, un auge en el tema y los textos de política sectorial de vanguardia que apuntan a su promoción como el modelo ideal, el paradigmático; en suma, se aplica el enfoque neoliberal expresado en la gestión de servicios públicos, congruente con las políticas y recomendaciones emanadas del Consenso de Washington.

En este contexto, a nivel mundial existen distintas modalidades de gestión del servicio de agua potable y el saneamiento, bajo el espectro denominado “PPP” del inglés Public – Private Partnership, y se mueve dentro de los límites de una gestión 100% pública y una gestión 100% privada; este espectro, se adapta a la legislación de cada país para la prestación del servicio de agua potable (Figura 23).



**FIGURA 23.** Espectro PPP del servicio de agua potable. Fuente: Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (2010).

Por tanto, a nivel mundial, la titularidad del recurso agua y la gestión del servicio agua potable, se caracteriza según lo expuesto en el cuadro 13.

**CUADRO 13.** Titularidad del agua y del servicio del agua potable en el mundo. Fuente: Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento de Agua (AEAS), citado por Grimaldos (2010); Hidrológica Venezolana C.A. (HIDROVEN C.A., 2015); Aguas de Mérida C.A. (2015).

		Mundo	España	Venezuela	Caso de Estudio. Estado Mérida, Venezuela
Agua como bien		Pública/Privada	Pública	Pública	Pública
	Responsabilidad	Pública	Pública	Pública	Pública
Servicio de abastecimiento de agua potable	Operación	Pública (95%), Privada (5%)	Pública (50%), Privada (50%)	Pública Centralizada (95%) Privada Descentralizada a estados y municipios (5%)	Pública descentralizada a estados y municipios (Empresa Regional Aguas de Mérida C.A. y Empresa Municipal Aguas de Ejido C.A.).  El caso de estudio se centra en la Empresa Aguas de Mérida C.A. donde sus accionistas son la Gobernación del Estado Mérida (40%) y 22 Municipios del Estado Mérida (60%)

Este enfoque sectorial ha ido acompañado, normalmente, de otros planteamientos, como la separación de aguas superficiales y subterráneas, la segregación de la gestión de concesiones y del control de contaminación hídrica, la administración por tramos de ríos o por regiones políticas; en definitiva, la ruptura del ciclo hidrológico del agua. Estos enfoques, generalmente, ocasionan vacíos, duplicidad y complejidad en la gestión, lo que, a su vez, suele acarrear un uso menos eficiente del agua y un deterioro del recurso (Rodemas, 2010).

Esta situación se evidencia en los países latinoamericanos, donde están muy presentes en la gestión del agua otros objetivos más apremiantes, como el déficit de infraestructuras básicas, mejorar la eficiencia económica en los aprovechamientos del agua, lo cual es una situación que se refleja en la manera de administrar los servicios de agua potable que derivó en alta insolvencia financiera y cuestionable calidad en la prestación de los mismos. Además, se orientó a mejorar los aspectos comerciales, donde cobró importancia el mejorar la facturación y cobranza, reducir la morosidad, y ahí toma particular relevancia los métodos para la fijación de tarifas, mostrando un primer nivel de conflicto con las autoridades locales o regionales, dejando de un lado los aspectos ambientales de la cuenca hidrográfica abastecedora de

agua, y sólo el interés, se centra en captar el caudal requerido para abastecer a las poblaciones (Rojas, 2010; adaptado por Peña, 2015).

Sin embargo, hay excepciones notable como es el caso de España, que ha sido pionera en el mundo desde 1926 en la creación de las Confederaciones Hidrográficas, para una gestión integrada por Cuencas Hidrográficas, cuyo modelo se ha implementado en toda la Comunidad Europea; esto debido a la cultura milenaria en torno al recurso agua, debido a su clima e irregularidad de sus ríos (Rodemas, 2010). Se ratifica el hecho histórico que ha venido aconteciendo en la ciudad de Valencia, España, desde la Edad Media y bajo el periodo de dominación musulmana en parte de la península ibérica, con la creación del Consejo de Aguas y que da pie a posteriores tratados internacionales, por su nivel de consenso y gobernanza de los ciudadanos propietarios de tierras de las huertas valencianas, respecto a la distribución equitativa del agua, como bien de consumo público.

El sector del servicio de abastecimiento de agua potable tiene planteados unos retos muy importantes, derivados de la condición del recurso agua como bien indispensable para la vida y la dignidad humana (17 Objetivos del Milenio para el año 2030), y de las transformaciones, consecuencia del denominado *cambio global*. Para enfrentar esos retos, son necesarios los esfuerzos conjuntos de todos los actores involucrados en el sector. Pero, en especial, los operadores profesionales del agua tienen un importante papel que jugar, al colaborar en mejorar la eficiencia en la gestión de las infraestructuras y los sistemas actuales y futuros (Grimaldos, 2010).

Ante esta situación, varios países van dando sus primeros pasos en transformaciones del modelo de administración del agua y el sector agua potable (Cuadro 14). La revisión documental deja evidencia de ello hasta el año 2015, por lo que se encontraron muy pocos ejemplos de estructuras administrativas que aborden la planificación y la gestión de los recursos hídricos en su integridad. En la actualidad tan sólo dos países, Brasil y México, incluyen en su legislación la gestión por cuencas hidrográficas. En asuntos de gobernanza del agua en Iberoamérica, es posible avanzar con una perspectiva integral y participativa; introduciendo técnicas de planificación hidrológica como método racional para la búsqueda del interés general y de un mayor beneficio económico y social; e integrando las políticas de medio ambiente y los principios de unidad del ciclo hidrológico y de unidad de gestión por cuencas hidrográficas (Rodenas, 2010).

Sin embargo, es notable que en muchos países de América Latina y el Caribe y el mundo, se encuentran en proceso de elaboración de nuevas leyes de aguas o de modificación de las existentes, debido a la influencia de una serie de eventos nacionales e internacionales realizados, así como de acuerdos firmados durante 68 años, cuyos hitos relevantes ya fueron mencionados anteriormente, pero vale la pena resaltar las principales conclusiones del Congreso de Bonn: **La gestión eficiente del agua depende enormemente de una estructura de gestión moderna y eficiente.** En ese sentido, a continuación se

presenta una breve reseña de algunos modelos de administración de aguas con énfasis en la vinculación del sector agua potable (Cuadro 14).

**CUADRO 14.** Reseña de algunos modelos de administración de aguas en América Latina y el Caribe. Fuente: CEPAL (2005); Rodenas (2010).

Continente	País	Descripción del modelo de administración de aguas
Centroamérica	Costa Rica	Está vigente la Ley de Aguas de 1942. Además, una abundante legislación sectorial y reglamentaria regula cuestiones como los servicios de agua potable, la generación hidroeléctrica y el riego.
	Salvador	La estructura institucional para los recursos hídricos está centralizada en el Ministerio de Ambiente y en el Ministerio de Agricultura, mientras que las funciones más específicas están asignadas a otras agencias gubernamentales. Se han conformado varias entidades de coordinación, tales como la Red de Agua Potable y Saneamiento, en la que los entes públicos participan conjuntamente con las ONGs, la cooperación internacional y otros actores.
	Guatemala	No existe una ley general sobre el agua, sino varias leyes sectoriales. El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, ha sido la agencia rectora para la gestión hídrica. A la Comisión Intergubernamental de Recursos Hídricos corresponde la coordinación entre las distintas agencias públicas del agua.
	Honduras	La Ley General del Agua vigente es de 1927. En 2003, se aprobó la Ley sobre Agua Potable y Saneamiento. La Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente es el órgano del gobierno encargado de los asuntos hídricos. Otras agencias involucradas en el tema del agua son la Secretaría de Agricultura y Ganadería, la Empresa Nacional de Energía Eléctrica y el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados.
	México	El agua es patrimonio de la nación y materia de la exclusiva competencia del gobierno federal. Según la Ley Federal de Aguas (1992, 2004), el poder ejecutivo federal, es la autoridad en materia de agua, bien directamente o a través de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), organismo dependiente de la Secretaría de Medio Ambiente. Recientemente (2006), organismos de cuenca, órganos desconcentrados de CONAGUA, son subordinados plenamente a la jerarquía central. Las funciones que corresponden a los 32 estados federales, están limitadas prácticamente a los servicios de abastecimiento y saneamiento de agua. Esas tareas las comparten con los 2.200 municipios.
	Nicaragua	La numerosa legislación, es de carácter sectorial. Los representantes de las agencias sectoriales conforman la Comisión Nacional de Recursos Hídricos para su coordinación interinstitucional. No existe una ley general de agua y la legislación no está orientada hacia la gestión integrada del agua. El Plan Nacional de Acción de Recursos Hídricos tiene como propósito la gestión integrada.
	Panamá	Rige la Ley General del Agua de 1966. Existen otras leyes de carácter sectorial referidas al agua potable, al riego, a la salud pública y a la generación hidroeléctrica.

En el continente europeo, la legislación sobre aguas de la Unión Europea cambió a partir de la adopción en el año 2000 cuando se aprobó la Directiva marco sobre el agua (DMA: 2000/60/CE), que introdujo un **enfoque global para la gestión y la protección de las aguas superficiales y subterráneas basado en las cuencas hidrográficas**. Acuerdos internacionales y actos legislativos relacionados con la contaminación, la calidad y la cantidad de las aguas complementan a la DMA. Con la adopción de la DMA (2000/60/CE), la política de aguas europea ha sido sometida a un proceso de reestructuración. En 2012, la Comisión publicó el *Plan para Salvaguardar los Recursos Hídricos de Europa* (COM 2012, 673), con el que se pretendía garantizar la disponibilidad de una cantidad suficiente de agua de calidad, para todos los usos legítimos mediante una mejor aplicación de la actual política de aguas de la Unión, la integración de los objetivos de la política de aguas en otros ámbitos de actuación.

En cuanto al agua potable en la Directiva 98/83/CE del Consejo, se establecen normas de calidad básicas para las aguas destinadas al consumo humano, y se exige a los Estados miembros, que supervisen periódicamente la calidad del agua destinada al consumo humano mediante el uso de un método de muestreo puntual. Los Estados miembros pueden incluir requisitos complementarios específicos para su territorio, siempre y cuando ello implique fijar normas más estrictas.

Dicha directiva, exige asimismo a los Estados miembros que faciliten información periódica a los consumidores. Además, cada tres años deben informar a la Comisión sobre la calidad del agua potable. En 2013 se adoptó la Directiva 2013/51/Euratom del Consejo, que establece los requisitos de salud pública con respecto a las sustancias radiactivas en las aguas destinadas al consumo humano, con el objetivo de adaptar las disposiciones vigentes al Tratado Euratom.

En la continuación del cuadro 15, se hace especial énfasis en España, ya que existe una importante experiencia en planificación y gestión del agua desde tiempos muy antiguos. Ello se debe a las singulares características hidroclimáticas del país, que han forzado a actuar desde tiempos remotos para combatir la irregularidad del régimen hidrológico, y conseguir suministros estables de agua que permitieran el desarrollo de actividades socioeconómicas (Cabezas, 2010).

**CUADRO 15.** Reseña de algunos modelos de administración de aguas. Fuente: Parlamento Europeo “Fichas técnicas sobre la Unión Europea”, Cabezas (2010); Cabrera (2016); OWR (1999); CEPAL (2005); Rodenas (2010); Ministerio de Desarrollo Económico (1998); Ojeda (2000).

Continente	País	Descripción del modelo de administración de aguas
Europeo	ESPAÑA	<p>Desde de 1866, la Ley del Agua representa el primer intento de regular específicamente las aguas territoriales españolas, aunque no llegó a entrar en vigor, debido al periodo revolucionario que dio lugar a la primera república. Sus principios básicos, no obstante, pasaron en gran parte a la Ley de 1879, entre ellos, el del dominio público de todas las corrientes naturales, los cauces y riberas de los ríos.</p> <p>Para manejar los recursos hídricos de España, según lo reportado por el Parlamento Europeo, se han creado administraciones especializadas, los organismos de cuenca para la gestión del agua y se descentraliza adaptándose territorialmente al nivel de cuenca. Estos organismos, creados desde 1926, tenían inicialmente como papel principal la construcción de infraestructura hidráulica.</p> <p>Las confederaciones hidrográficas, son entidades de derecho público con personalidad jurídica propia, distinta de la del Estado, con plena autonomía funcional, adscritas, a efectos administrativos, al Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, o a las consejerías correspondientes en las Comunidades Autónomas. De acuerdo con la Ley de 1985, las funciones de las confederaciones hidrográficas, son: la elaboración, seguimiento y revisión del Plan Hidrológico de la Cuenca; la administración y control del dominio público hidráulico, otorgando autorizaciones y concesiones y vigilando el cumplimiento de las mismas; el proyecto, construcción y explotación de las obras realizadas con fondos propios, y las que le sean encomendadas por el Estado u otros entes territoriales; y cualquier otra función que emane del acuerdo de la confederación con otros entes públicos o privados.</p> <p>En las últimas décadas <i>su papel ha cambiado hasta la protección y el uso sostenible del agua</i>, una tendencia que se ha reforzado con la implementación de la directiva marco del agua de 2000 en España. Los organismos de cuenca tienen varios órganos consultivos para aumentar la participación de los usuarios en la toma de decisiones, por tanto, las Confederaciones Hidrográficas, son organizaciones para la toma de decisiones oportunas participativas al nivel local y de la cuenca.</p> <p>El esquema de planificación previsto en la Ley de Aguas, se completó con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica.</li> <li>▪ La Orden de 24 de septiembre de 1992, por la que se aprueban las instrucciones y recomendaciones técnicas complementarias para la elaboración de los planes hidrológicos de cuencas intercomunitarias.</li> </ul> <p>El abastecimiento de agua y saneamiento en España, cuenta con la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS), la cual se constituyó en mayo de 1973 con el objetivo de coordinar, divulgar y defender la actividad de los servicios y empresas de abastecimiento de agua y saneamiento, y ser un motor de estímulo a la investigación, colaboración y comunicación en el sector. El sector se caracteriza por una cobertura universal y con una calidad de servicio buena. Alrededor de un 60% de la población es abastecida por empresas privadas que operan gracias a las concesiones de los municipios. La compañía de abastecimiento más grande de España es Aguas de Barcelona (Grupo Agbar), con el 50% de las concesiones privadas del mercado. España tiene la tercera factura del agua más barata de la Unión Europea, con 1,22 euros el metro cúbico, por detrás de Lituania, con una media de 0,64 euros/m<sup>3</sup>, e Italia, con 1,14 euros/m<sup>3</sup>, según datos de la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS).</p>

Continuación Cuadro 15...

Continentes	País	Descripción del modelo de administración de aguas
Oceanía	Australia	<p>Basados en informe presentado por Cabrera (2016) y OWR, 1999, se señala que <i>“desde la llegada de los primeros europeos a Australia, las políticas del agua estuvieron marcadas por el objetivo del desarrollo económico y el crecimiento de la población. Hacia 1980, sin embargo, la creciente y acentuada escasez del agua en el continente australiano ya era un asunto de gobierno”</i>. <b>Había que buscar un balance entre el uso del agua con fines económicos y el que necesita el medio ambiente para mantenerse saludable.</b> La primera acción para una reforma del agua, la tomó en el año 1994, el Consejo de Gobiernos de Australia, que estableció una reforma para enfrentar la degradación de las fuentes hídricas, mejorar la sustentabilidad y la eficiencia de la industria del agua. Y luego han procedido a reorganizar sus administraciones, como es el caso de la Water Services Coordination Act en 1995 (OWR, 1999). Mediante dicha ley, diseñó una estructura bien equilibrada, que contemplaba como uno de los cambios principales el establecimiento de una separación clara entre los cuerpos reguladores, suministradores y gestores de las fuentes de recurso, todos ellos situados al mismo nivel y bajo una única entidad.</p> <p>Fuente: OWR, 1999</p> <p>En el 2004, dos años después del impacto que generó la sequía del río Murray, se creó la National Water Initiative (NWI), en que todos los gobiernos de la federación se comprometieron a una gama de medidas, que apuntaban a mejorar la eficiencia del uso del agua en Australia.</p> <p>Bajo este acuerdo nacional <b>se aprobaron varios cambios legislativos en la Commonwealth's Water Act 2007</b>, que representan <i>“una especie de nacionalización del agua”</i>, que permitían que el agua de la Cuenca Murray-Darling fuera administrada en concordancia con los intereses nacionales, y no ya de los privados. La Commonwealth está comprando derechos de agua a privados y, dando beneficios a los pequeños agricultores, que decidan vender y cambiar su actividad agrícola a una que no requiera de un riego sistemático, sin la necesidad de que pierdan sus tierras en el proceso. Esos derechos de agua adquiridos por la Commonwealth, son asignados a las necesidades medio ambientales. De esta manera, parte de los derechos de agua están quedando en manos del Estado como un bien público y bajo una sola administración.</p>

Continuación Cuadro 15...

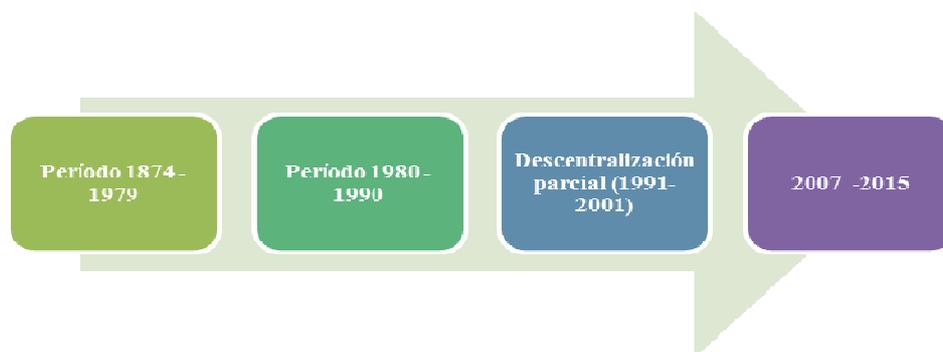
Continente	País	Descripción del modelo de administración de aguas
América del Sur	Argentina	País de estructura federal, la gestión de los recursos hídricos se caracteriza por un enfoque sectorial y una dispersión institucional. Corresponde a las provincias el dominio de los recursos naturales existentes en su territorio. No existe una legislación nacional de aguas que abarque todo el ámbito nacional. La Constitución de Argentina (reforma de 1994) establece la competencia de la Nación para legislar en materia ambiental. Corresponde al Ministerio de Salud la protección del ambiente y a su Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable la gestión del agua. Y ello en coordinación con el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, cuya Secretaría de Obras Públicas tiene competencia primaria en la política hídrica nacional.
	Chile	Existen dos organismos que tienen que ver con el agua como recurso; estos son la Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Obras Públicas (MOP) y la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). La primera tiene varias funciones relacionadas con la formulación de políticas de recursos hídricos, planificación del desarrollo del recurso, constitución de derechos de aprovechamiento y monitoreo de los cuerpos de agua y de los usos del agua. La CONAMA por su parte, debe coordinar las acciones que se derivan de las políticas y estrategias definidas por el gobierno en materia ambiental. El resto de las instituciones del Estado que tienen injerencia en lo que se refiere al agua, son más bien de carácter sectorial, vale decir se preocupan de este recurso sólo en cuanto puede afectar el comportamiento de su sector económico. Esta situación comprende: a la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), organismo regulador de empresas de servicios de agua potable y saneamiento.
	Bolivia	Un avance hacia la gestión integrada de los recursos hídricos, fue de la Ley de Protección y Conservación del Medio Ambiente y los Recursos Naturales de 1992, en la que se establece que la planificación, protección y conservación de los recursos hídricos y el manejo integral y control de las cuencas, constituyen prioridad nacional, y se encomienda al Estado su promoción. Según esta Ley, el manejo integral de los recursos a nivel de cuenca es uno de los instrumentos básicos de la planificación ambiental. Recientemente se trató de privatizar la gestión y distribución del agua; hecho que fue impedido por la decidida participación de la comunidad nacional boliviana.
	Brasil	Dispone de uno de los sistemas de gestión del agua más modernos de Iberoamérica. En 1997 el Gobierno federal estableció el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, que implementa con una visión integral la política nacional del agua y la protección del medio ambiente hídrico. El Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos comprende fundamentalmente: el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), la Agencia Nacional de Aguas, los Comités de Cuencas y las Agencias de Aguas.
	Ecuador	La Ley de Aguas de 1960 reconoció el agua como bien nacional, mientras que anteriormente era propiedad privada. Desde 1994, se han producido cambios importantes con la creación del Consejo Nacional de Recursos Hídricos. Corresponden al Ministerio de la Vivienda los servicios de agua potable y saneamiento, y al Consejo Nacional de Electrificación, la generación de energía hidroeléctrica.
	Perú	La legislación de aguas vigente proviene de la Ley General de Aguas (1969) y tiene un claro sesgo agrario. Una proliferación de normas reglamentarias ha modificado aspectos sustantivos de la legislación original. Un intento significativo fue la creación, en 1991, de las Autoridades Autónomas de Cuencas Hidrográficas. Solo se han creado cinco, que no han funcionado. El Ministerio de Salud es la autoridad en materia de calidad del agua y vertidos. En 1855, se crea la empresa de Agua Potable de Lima. 1981 - Creación del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL). 1913 - Fundación del Consejo Superior de Agua Potable de Lima, luego la Junta Municipal de Agua Potable de Lima. En 1999, Logro de la Certificación ISO 9002 al Sistema de Aseguramiento de la Calidad para la Producción de agua potable en las Plantas de Tratamiento de La Atarjea. 1999 - Implementación del Sistema de Gestión Ambiental, de acuerdo a la Norma ISO 14001. SEDAPAL cuenta con un Plan Ambiental 2012 - 2016, principal instrumento de gestión ambiental, que tiene por finalidad lograr los objetivos empresariales, ligados al mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad para contribuir a alcanzar el desarrollo sostenible de las provincias de Lima y Callao.

Continuación Cuadro 15...

Continente	País	Descripción del modelo de administración de aguas
América del Sur	Colombia	<p>Las principales normas que regulan la gestión de los recursos hídricos en Colombia son las siguientes: Constitución Política de 1991, Ley 99 de 1993 (mediante la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente), Decreto – Ley 2811 de 1974 (Código de los Recursos Naturales Renovables), Ley 09 de 1979 (Código Sanitario Nacional), Decreto 1541 de 1978 (Concesiones de agua), Decreto 1594 de 1984 (Usos del agua y el manejo de los residuos líquidos), Decreto 1753 de 1994 (Licencias ambientales). Sistema tarifario para prestación de los servicios públicos (ley 142 de 1994).</p> <p>El 17 de abril de 1886 se firmó el contrato para la provisión de agua a Bogotá por tubería de hierro, ratificado y aprobado por el Concejo Municipal mediante el Acuerdo 23 de 1886. De las 27 cláusulas que integraron el mencionado contrato, puede sintetizarse su contenido así: se le dio a los contratistas, por 70 años, el privilegio exclusivo para establecer, usar y explotar en Bogotá y Chapinero acueductos de tubería de hierro; se les concedieron los derechos que tenía la ciudad sobre el uso de los ríos, quebradas, fuentes y vertientes; se les cedieron los acueductos existentes para que les dieran el uso más apropiado dentro del proyecto general de aprovisionamiento a la ciudad; se les cedieron las rentas, auxilios y subvenciones de que gozaba el Ramo de Aguas; se les concedió el permiso de llevar el agua hasta las casas de los particulares, es decir, establecer un servicio domiciliario; se les puso a su disponibilidad y sin ningún gravamen los terrenos que necesitaran para las obras y el municipio se comprometió a que adelantaría las expropiaciones que se requirieran para ese fin; se les otorgó la excepción de impuestos municipales y la ciudad solicitó la de los nacionales y del Distrito Federal.</p> <p>La Superintendencia de Servicios Públicos. Actualmente se desarrollan en el país diferentes programas, unos de carácter permanente y otros ocasionales, de cuyo éxito depende la adecuada gestión del agua potable y saneamiento básico. Estos programas, y las entidades encargadas de realizarlos, se enuncian a continuación: a) Inventario Nacional de Calidad del Agua. Ministerio de Salud Pública, b) Programa Nacional de Sostenibilidad. Ministerio de Desarrollo Económico, c) Modernización empresarial. Ministerio de Desarrollo Económico, d) Vigilancia de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios adscrita al Ministerio de Desarrollo Económico, e) Normas de regulación en el funcionamiento de las empresas. Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico. Adscrita al Ministerio de Desarrollo Económico, f) Control y recuperación ambiental. Ministerio del Medio Ambiente.</p>
	Venezuela	

447

El caso de Venezuela, se presenta una síntesis especial, ya que es el país donde se enmarca el caso de estudio de la investigación, la cual se contextualiza por períodos en la figura 24, y se describen los hitos más relevantes (cuadro 16).



**FIGURA 24.** Períodos institucionales del sector agua potable y saneamiento en Venezuela. Fuente: OMS, 2001, Colina, 2009; Cañizales, 2006; HIDROVEN C.A., 2007.

**CUADRO 16.** Breve Reseña histórica en la administración del agua y su vinculación con el sector agua potable en Venezuela. Fuente: OMS, 2001; Colina, 2009; Cañizales, 2006; HIDROVEN C.A., 2007; Aguas de Mérida C.A. – Unidad de Planificación, 2015; Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, 2007.

Periodo	Hito Relevante
1874 - 1975	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En el año 1874 se crea el Ministerio de Obras Públicas (MOP) para encargarse de las obras hidráulicas.</li> <li>• Desde la época del gobierno del general Juan Vicente Gómez (1908-1936), el agua o acueductos era un servicio público de prestación obligatoria y gratuita por parte del Estado a los ciudadanos.</li> <li>• En el año 1943, se creó el Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS), y en 1947 ya contaba con la División de Hidrología y Meteorología. En esta época le fue asignada la responsabilidad al Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (M.S.A.S.) de la construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de acueductos y cloacas en centros poblados rurales hasta un máximo de 5.000 habitantes. Es importante resaltar, que el INOS, tenía la concepción, de que el Estado asume todos los costos y gastos del servicio de agua para el país, los cuales incluyen tratamiento del agua (potabilización), tuberías o acueductos (traslado de esta a su destinatario), reciclaje (recogimiento de las aguas servidas) y mantenimiento de estas tres fases del proceso del servicio público del agua. De acuerdo a esto, al consumidor se le cobraba por el servicio de agua, pero este cobro no era indispensable para la operatividad del INOS, ya que el servicio de aguas era una obligación del Estado, ese cobro simplemente contribuía a mitigar el gasto del ente nacional.</li> <li>• En el año 1975, el M.S.A.S. le transfiere al INOS 11.137 acueductos de poblaciones rurales con más de 1.000 habitantes, y queda con la responsabilidad de prestar servicio en poblaciones dispersas con menos de 1.000 habitantes.</li> <li>• En la década del 60 y en la del 70, el INOS, contó con los recursos económicos que le permitieron construir la mayor parte de los grandes sistemas de producción, transporte, tratamiento y distribución de aguas de las principales ciudades del país; y en menor inversión, la construcción de los sistemas de recolección y tratamiento de aguas servidas. Esto produjo un incremento de cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento en el país.</li> </ul>

Continuación Cuadro 16...

Período	Hito Relevante
1980 -1990	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A partir de 1980 se evidenció una acumulación de deficiencias que debilitaron su condición de prestador de servicio, lo cual se acentuó en los indicadores de eficiencia y demanda, que dio origen a la política de descentralización.</li> <li>• A partir de 1989, se inicia un proceso de reestructuración del sector público dentro del cual se incluyó el servicio de agua potable y saneamiento.</li> <li>• El INOS fue disuelto en el año 1990, se crearon las "HIDROS", con el fin de descentralizar la prestación de los servicios hacia las municipalidades que ya tenían la responsabilidad legal por dicha entrega, según lo establecido en la Constitución Nacional y el la Ley Orgánica de Régimen Municipal (junio 1989), referente a la competencia de cada municipio en abastecimiento de agua potable, cloacas, drenajes y tratamiento de aguas residuales, así como las obligaciones mínimas en la prestación del servicio según el número de habitantes de la zona.</li> <li>• La compañía Anónima Hidrológica de Venezuela (HIDROVEN) desde el 24 de mayo de 1990, pasó a operar y administrar los sistemas de agua potable y saneamiento; ésta depende del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN), constituyendo las 10 empresas operadoras regionales.</li> </ul>
1991 -2001	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desde el año 1994, HIDROVEN comenzó a promover la transferencia, la cual se materializó cuando los municipios crearon sus propias empresas para la prestación de los servicios (con participación accionaria de los respectivos municipios y gobernaciones involucrados en cada caso). Los municipios asumieron así su competencia, a través de contratos con estas empresas. Tal es el caso de HIDROLARA, Aguas de Monagas, Aguas de Portuguesa, Aguas de Yaracuy y <u>Aguas de Mérida</u>, que asumieron directamente el servicio antes prestado por HIDROCCIDENTAL, HIDROCARIBE, e HIDROANDES (Hidrológicas Regionales filiales de HIDROVEN).</li> <li>• En el año 1999, la Gestión del Agua, se sustenta en el Artículo 304 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, que reza: <i>"Todas las aguas son bienes de dominio público de la Nación, insustituibles para la vida y el desarrollo. La ley establecerá las disposiciones necesarias a fin de garantizar su protección, aprovechamiento y recuperación, respetando las fases del ciclo hidrológico y los criterios de ordenación del territorio"</i>.</li> <li>• En el año 2001 con la promulgación de la Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento (Lopsaps) publicada en Gaceta Oficial Nº 5568 Ext. 31-12-2001, se creó el marco legal para optimizar la prestación, facilitar la transformación institucional del sector, promover y garantizar el acceso de toda la población a la provisión de agua potable y saneamiento, contribuyendo así al desarrollo sustentable de los recursos hídricos. En este contexto, la ley tenía por objeto regular la prestación de los servicios públicos de agua potable y de saneamiento, establecer el régimen de fiscalización, control y evaluación de tales servicios y promover su desarrollo, en beneficio general de los ciudadanos, de la salud pública, la preservación de los recursos hídricos y la protección del ambiente, en concordancia con la política sanitaria y ambiental que en esta materia dicta el Poder Ejecutivo Nacional, y con los planes de desarrollo económico y social de la Nación. El propósito de la ley también era reformar la estructura institucional del sector.</li> </ul>

Continuación Cuadro 16...

Periodo	Hito Relevante
2007 -2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la transformación legislativa realizada en materia de aguas, en el año 2007 se publica la <b>LEY DE AGUAS</b>, en Gaceta Oficial N° 38.595 de fecha 02 de enero de 2007, cuyo objeto es establecer las disposiciones que rigen la gestión integral de las aguas, como elemento indispensable para la vida, el bienestar humano y el Desarrollo Sustentable del país, y es de carácter estratégico e interés de Estado. Cuyos principios de la gestión integral de las aguas (Artículo 5°), se pueden señalar con los principios que rigen la gestión integral de las aguas, las cuales se enmarcan en el reconocimiento y ratificación de la soberanía plena que ejerce la República sobre las aguas y son:             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. “El acceso al agua es un derecho humano fundamental. 2. El agua es insustituible para la vida, el bienestar humano, el desarrollo social y económico, ... y debe ser manejada respetando la unidad del ciclo hidrológico, 3. El agua es un bien social. El Estado garantizará el acceso al agua a todas las comunidades..., según sus requerimientos, 4. La gestión integral del agua tiene como unidad territorial básica la cuenca hidrográfica, 5. La gestión integral del agua debe efectuarse en forma participativa, 6. El uso y aprovechamiento de las aguas debe ser eficiente, equitativo, óptimo y sostenible, 7. Los usuarios o usuarias de las aguas contribuirán solidariamente con la conservación de la cuenca, para garantizar en el tiempo la cantidad y calidad de las aguas”. En esta ley se establece la <u>Autoridad Nacional de Aguas</u>, el <u>Consejo Nacional de Aguas</u> y se dispone la conformación de <u>Consejos de Regiones Hidrográficas</u> y <u>Consejos de Cuencas Hidrográficas</u>, siendo de carácter obligatorio el <u>Registro Nacional de Usuarios del Agua</u> (RENUFA).</li> </ol> </li> <li>• El Estado Venezolano en atención a los Objetivos del Desarrollo del Milenio-2030, establece la política sanitaria y ambiental en torno al recurso agua en los planes de desarrollo económico y social de la Nación 2007 -2019.</li> <li>• En el año 2007, el proyecto llamado “<b>Plan Nacional de Recursos Hídricos</b>”, nació para identificar, ordenar y cuantificar la cantidad y calidad de las aguas, superficiales y subterráneas, y hacer la prospección del recurso agua en el corto, mediano y largo plazo, y se esquematizo por la autoridad ambiental (Actual Ministerio de Ecosocialismo y Aguas) en el tren hídrico nacional.</li> <li>• En 2015, Aguas de Mérida C.A., es la primera Hidrológica Descentralizada en Venezuela, que cuenta con un plan estratégico que persigue los siguientes objetivos:             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Talento humano altamente capacitado, motivado bajo el principio de justicia e igualdad social, comprometido con la prestación eficiente del Servicio de Agua Potable y Saneamiento en el Estado.</li> <li>2) Gestión gerencial que estimule y desarrolle la prestación oportuna y eficiente del servicio de Agua Potable y Saneamiento en el Estado.</li> <li>3) Participación del poder popular como instancia organizada, que bajo el principio de inclusión y corresponsabilidad social, procuren la sostenibilidad y sustentabilidad de sus sistemas de Agua Potable y Saneamiento.</li> <li>4) Gestión financiera sostenible y sustentable, mediante una retribución económica justa por la contraprestación del servicio, que permita cubrir los gastos que se derivan del proceso productivo del agua potable suministrada a la población merideña.</li> <li>5) <b>Gestión ambiental implementada en Cuencas Abastecedoras y Receptoras de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento.</b></li> <li>6) Uso eficiente del agua a partir de la Planificación Operativa del Servicio de Agua Potable y Saneamiento.</li> <li>7) Vida útil restituida de los sistemas de abastecimiento de agua potable.</li> <li>8) Servicio de saneamiento integral que garantice su ejecución efectiva.</li> </ol> </li> </ul>

Continuación Cuadro 16...

Periodo	Hito Relevante
2007 -2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En atención al plan estratégico, Aguas de Mérida C.A, define el objetivo estratégico N° 5 <b>“Gestión Ambiental Implementada en Cuencas Abastecedoras y Receptoras de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento”</b>, surge la presente línea de investigación, de acuerdo a la estrategia titulada <b>“Desarrollar la Planificación y Formulación del Sistema de Gestión Ambiental de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en el estado Mérida, Venezuela”</b>, en el marco de las siguientes acciones estratégicas:             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diseñar formular el Sistema de Gestión Ambiental según las normas de calidad para las empresas Prestadoras del servicio de agua potable y saneamiento.</li> <li>2. Realizar la Evaluación ambiental estratégica como herramienta para la gestión del recurso agua y sostenibilidad ambiental.</li> <li>3. <b>Determinar, indicadores de desempeño y sostenibilidad ambiental.</b></li> <li>4. Diseñar, formular e implementar un Programa de Monitoreo Hidroclimático permanente de las cuencas abastecedoras y receptoras.</li> <li>5. Implementar los Sistemas de Información Geográfica y la aplicación de modelos hidrológicos e hidrodinámicos de las cuencas abastecedoras para su diagnóstico ambiental.</li> <li>6. Diseñar e Implementar Sistema de Información de las principales fuentes abastecedoras y receptoras en el estado.</li> <li>7. Diseñar e implementar procesos de supervisión y auditorías ambientales.</li> <li>8. Establecer alianzas estratégicas interinstitucionales para la capacitación, actualización e investigación.</li> </ol> <p>Para lograrlo, Aguas de Mérida C.A., entre sus políticas institucionales incorporó:</p> <div style="display: flex; align-items: center; margin: 10px 0;"> <div style="background-color: #4a90e2; color: white; padding: 10px; border-radius: 10px; margin-right: 10px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">Compromiso Ecológico y Responsabilidad Ambiental</p> </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p>Con responsabilidad ambiental, buscamos asegurar la prestación con ecoeficiencia del servicio de agua potable y saneamiento a la población merideña, mediante la formulación y ejecución de políticas, planes, programas, proyectos orientados a la sostenibilidad ambiental de las fuentes abastecedoras y receptoras, como reto ineludible y compromiso compartido entre la hidrológica, las instituciones competentes y el poder popular, reconociendo la importancia de la conservación y uso eficiente del recurso agua.</p> </div> </div> <p><b>Esto implica un proceso de mejora dinámico y actualizado, que busca incorporar como cuarto pilar de la prestación del servicio de agua potable y saneamiento la dimensión ambiental, lo que responde a una de las interrogantes planteadas, ya que la gestión hídrica urbana se halla actualmente en el umbral de una transformación como respuesta a las demandas de agua urbanas que están creciendo rápidamente y a la necesidad de lograr que los sistemas hídricos urbanos, tengan mayor capacidad de adaptarse al cambio climático (Bahri, 2012).</b></p> </li> </ul>

En este contexto y por las diferentes situaciones e iniciativas presentadas en los diversos países, como lo sintetizado en los cuadros anteriores, en el Foro Mundial del Agua, realizado en La Haya, el marco para la Acción de la Global Water Partnership (GWP, 2000), se declaró que *“la crisis de agua es a menudo una crisis de gobernanza”* Global Water Partnership (2003).

Y es por ello que, desde la conferencia de Dublín, realizada en el año 1992, se han establecido significativas metas internacionales relacionadas con la **governabilidad**, que según Rojas (2010), *“es el equilibrio dinámico entre el nivel de demandas sociales y la capacidad del sistema político para responderlas de manera legítima y eficaz, conforme a procesos y procedimientos mutuamente aceptados”*, mientras que **governanza**, *“expresa la manera de gobernar, la forma de conducción –no jerárquica- que posibilita la consecución de objetivos y metas mediante el consenso, la coordinación, la articulación de políticas, normas y procedimientos, así como la efectiva rendición de cuentas y transparencia”*. Los principios declarados sitúan a los recursos hídricos bajo la función estatal de aclarar y mantener un sistema de derechos de propiedad y de la gestión participativa, afirmando la relevancia de descentralizaciones significativas, al nivel más bajo posible.

452

Por lo antes expuesto, y en busca de criterios y sistemas de indicadores, que permitan evaluar la sostenibilidad y el desempeño ambiental de las empresas prestadoras, proveedoras u operadoras del servicio de agua potable, se realizó la revisión y análisis de múltiple información publicada por organismos internacionales, detectando que lo planteado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), en reunión del consejo ministerial en el año 2015, es aplicable a la gestión del agua potable, ya que proponen principios de la *governanza* para el sector agua, en atención a las presiones globales ejercidas sobre este vital recurso natural, y reflejada en las proyecciones realizadas por la OCDE en el año 2012, las cuales indican que:

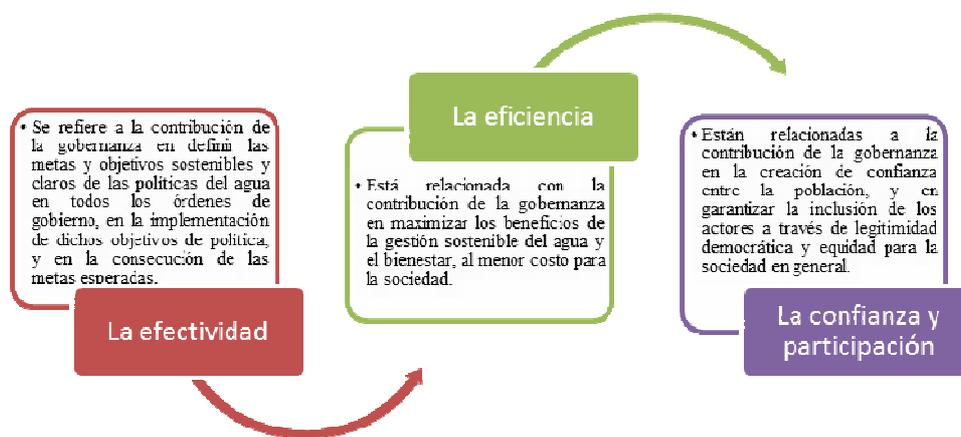
- El 40% de la población mundial vive en cuencas hidrográficas bajo estrés hídrico, y que la demanda del agua se incrementará en un 55% para el año 2050 (OECD, 2012a); y al mismo tiempo que aumenta la demanda de agua urbana, debido al crecimiento de las poblaciones, los suministros hídricos pueden llegar a ser escasos (Cuadro 17) conforme cambian los patrones de precipitación, los caudales de los ríos y los mantos freáticos debido a la variabilidad climática (UN-Hábitat, 2011).

**CUADRO 17.** Riesgos debido a la variabilidad climática en torno al recurso agua y sus posibles efectos en el suministro de agua potable continuo a las ciudades. Fuentes: IPCC (2007); Loftus (2011) adaptado por Peña (2015).

Riesgo climático	Efecto	Sistema vulnerable	Posibles consecuencias
Descenso en la precipitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Escasez de agua</li> <li>Reducción en los caudales de los ríos.</li> </ul>	SUMINISTRO DE AGUA	Escasez de agua para viviendas, industrias y servicios.
Incremento de la precipitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Crecidas y desbordamientos</li> <li>Inundaciones.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Interrupción del suministro público de agua.</li> <li>Incremento de la turbiedad.</li> </ul>
Temperaturas más altas	Incremento de la erosión y el transporte de sedimentos.		Sedimentación y reducción de la capacidad de almacenamiento hídrico e incremento de la turbiedad.
	Concentraciones reducidas del oxígeno del agua y mezcla alterada		Calidad de agua reducida
	Incremento del contenido bacteriano y fúngico del agua.		Aumento en los requerimientos de tratamiento para eliminar el olor y el sabor.

- La infraestructura hidráulica está envejeciendo, la tecnología está obsoleta, y los sistemas de gobernanza a menudo no están bien equipados para atender la creciente demanda, los desafíos ambientales, el continuo proceso de urbanización, la variabilidad climática y los desastres ocasionados por el agua.
- La sobre-explotación y contaminación de los acuíferos a nivel mundial, planteará retos importantes a la seguridad alimentaria, a la salud de los ecosistemas y al suministro de agua potable, y elevará el riesgo de subsidencia, entre otras repercusiones.

Los Principios de Gobernanza del Agua de la OCDE (2003), tienen la intención de contribuir a la creación de políticas públicas tangibles y orientadas a la obtención de resultados, en base a tres dimensiones de la gobernanza, del agua que mutuamente se refuerzan y complementan y contribuyan a la mejora del “Ciclo de Gobernanza del Agua”, desde la formulación de políticas hasta su implementación, **por lo que es aplicable a las empresas prestadoras u proveedoras del servicio de agua potable** (Figuras 25, 26 y 37).



**FIGURA 25.** Interrelación de los Principios de Gobernanza del Agua. Fuente: OECD (2003), adaptado por Peña (2015).

Es de resaltar, que la mejora de la eficiencia del suministro de agua ha sido uno de los principales problemas a resolver tradicionalmente por parte de las empresas y ayuntamientos que se encargan del abastecimiento de agua a la población (Morote, 2015). A escala mundial, más del 40% del agua potable no se registra en los sistemas urbanos de distribución, antes de llegar al consumidor (Global Water Market, 2011).

El estudio realizado por Morote (2015), titulado “*La planificación y gestión del suministro de agua potable...*” señala que en términos absolutos; se estima que el volumen de agua no registrada cada día alcanza los 45 millones de metros cúbicos, suficientes para dar servicio a 200 millones de personas, 30 millones de metros cúbicos (cerca de un 67%) son consumidos cada día y no facturados debido a fraudes y mediciones no exactas (Kingdom *et al.*, 2006); y el 33% restante, correspondería a pérdidas físicas y a consumos que, aun siendo autorizados, no se miden. La visión general de los Principios de la Gobernanza del Agua, se muestran gráficamente en la figura 26.



FIGURA 26. Visión de los Principios de Gobernanza del Agua. Fuente: OECD, 2003 y adaptado por Peña, 2015.

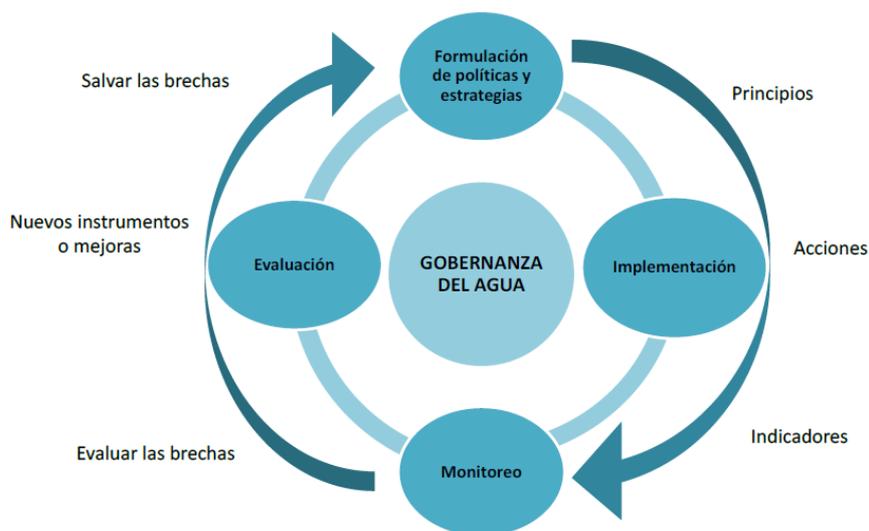


FIGURA 27. Ciclo de Gobernanza del Agua. Fuente: Forthcoming, OECD Working Paper (2015), Water Governance Indicators.

Los principios y su ciclo citados anteriormente, están interrelacionados con las tres dimensiones de la sostenibilidad (Figura 28), que tienen por objeto mejorar los sistemas de gobernanza del agua trascendiendo en enfoque del Consenso de Washington de sólo promover la participación privada en la prestación del servicio de agua potable. Por tanto, **dicha interrelación servirá de modelo para ser aplicado a la Gobernanza del Agua Potable adaptados a los desafíos del agua en el mundo y a la diversidad de sistemas legales, administrativos y organizativos de los países, ya que permiten gestionar el aprovechamiento, la relación oferta – demanda del recurso hídrico para la prestación del servicio de agua potable para el abastecimiento a las poblaciones urbanas para uso doméstico de manera sostenible, integral e incluyente, a un precio aceptable y en un espacio de tiempo razonable.**

Esto permitirá que las políticas del sector agua potable, puedan adaptarse a los diferentes recursos hídricos y especificidades territoriales, y que las respuestas de la gobernanza deben adaptarse a las circunstancias cambiantes como los eminentes riesgos por la variabilidad climática y crecientes problemas de contaminación, cuyo impacto ambiental se verá reflejado en la cantidad, calidad, continuidad y cobertura del suministro de agua potable a las poblaciones asentadas en las ciudades, de manera eficaz-eficiente, y por ende efectiva, para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico en el tiempo.

En esta perspectiva, en la investigación se plantea que **la gobernabilidad y gobernanza de los servicios de agua potable**, el cual se entiende como **el equilibrio dinámico entre la oferta (fuentes abastecedoras de agua cruda) y demanda; al evaluar de forma permanente cantidad, calidad, espacio y tiempo, con base en los intereses de usuarios del agua y del colectivo, para la reducción de conflictos, de acuerdo a la capacidad del prestador para atenderlas con efectividad, eficiencia, confianza y participación, conforme a la normativa, procesos y procedimientos establecidos, en busca de una gestión urbana del agua potable sostenible.**

Esta visión y de acuerdo a lo planteado por Hoyekstra (2006), permite incluir la dimensión ambiental en la prestación del servicio de agua potable en ámbitos urbanos, obligando a adoptar un enfoque integrado, reconociendo que los “**sistemas hídricos**” forman parte del “**sistema ambiental**” y que interactúa con los “**sistemas sociales**”; además que es inminente basados en la revisión documental que se interrelacione con los procesos del servicio de agua potable en términos políticos, administrativos y de gestión, dirigido al uso sostenible, eficiente, equitativo con condiciones igualitarias para los usuarios del servicio, debido a que la cantidad, calidad y continuidad del servicio repercute directamente en la salud de las personas y sus oportunidades de sustento (Figura 29).



**FIGURA 28.** Gobernabilidad y Gobernanza del Agua Potable en ámbitos urbanos. Fuente: Tropp (2005), adaptado por Peña (2016).

La gobernanza y gobernabilidad en los servicios de agua potable y saneamiento según Rojas (2010), debe ser medida, en términos de la **legitimidad**: a. Satisfacción de la continuidad del servicio de agua potable; b. Satisfacción de la calidad del agua; c. Satisfacción de atención al ciudadano; d. Aceptación social del ajuste tarifario; e. Densidad de reclamos. Y en términos de **eficacia**: a. Cobertura de agua potable; b. Cobertura de alcantarillado; c. Índice de continuidad del servicio; d. Eficiencia del Agua facturada; e. Cobertura de medición.

Un Prestador alcanza legitimidad si brinda un servicio en la cantidad y calidad esperada, y a un precio considerado justo o aceptable por los usuarios.

Por ello, legitimidad y eficacia, son variables mutuamente necesarias, tal como fue descrito anteriormente. Además, se debe considerar **otros factores**, como: a. Permanencia gerencial; b. Estabilidad general del personal; c. Competitividad salarial; d. Grado de profesionalización; e. Conflictividad organizacional; f. Efectividad en la rendición de cuentas (transparencia).

Lo antes expuesto, podrá contribuir mejorar el desempeño ambiental de las empresas prestadoras u proveedoras del servicio de agua potable, al ir enfrentando los problemas de gobernanza del agua, identificados en el VI Foro Mundial del Agua (2012), que se agrupan en tres grandes bloques:

- a. La administración del agua a partir de la unidad de ciclo hidrológico (aguas superficiales y aguas subterráneas) para gestionarse integralmente.

- b. La provisión de servicios eficientes, para hacer efectivo y universal el acceso al agua potable y saneamiento.
- c. La formulación e implementación de políticas efectivas, transversales, coordinadas, especialmente con las territoriales y la acción subsidiaria de los gobiernos cuando sea posible.

Esta situación revela que se requiere establecer un sistema de indicadores de desempeño ambiental de las empresas prestadoras, proveedoras u operadoras del servicio de agua potable, a fin de que permita un monitoreo u seguimiento permanente para fortalecer *acciones dirigidas a enfrentar y afrontar la mejora sostenible, eficiente y equitativa, disminuyendo la escasez física y económica del agua en una ciudad, para garantizar el acceso sostenible, eficiente y equitativo al agua potable.*

458

Todo ello, implica que en la gestión de los servicios de agua potable y saneamiento se integren varias disciplinas y trascender a la visión de la década de los setenta, ochenta, noventa y que aún hoy día se evidencia en la gran mayoría de los países, de considerar que era suficiente con garantizar los aspectos técnicos y operativos: brindar agua en cantidad suficiente y en calidad físico química y microbiológica adecuada, considerando el proceso de la gestión del agua potable, desde la captación para planificar el servicio de agua para ámbitos urbanos (Rojas, 2010; adaptado por Peña, 2016).

Esta visión política – técnica aún persiste en el abastecimiento de agua a las poblaciones como se logró percibir en la revisión documental, y que también fueron detectados en el diagnóstico realizado por Aguas de Mérida C.A. para la formulación del Plan Estratégico, y cuyos efectos fueron claramente identificados y sistematizados por Benavides (2010) para el caso Iberoamericano, y que coincide en algunos ítems con la problemática de sistemas de abastecimientos de agua españoles señalados en el libro *“Problemática de los abastecimientos urbanos. Necesidad de su Modernización”* (Cabrera y García, 1997).

En este contexto, con el Diagnóstico de Aguas de Mérida C.A. (2015), y de acuerdo con los autores Benavides (2010) y Cabrera y García (1997), se asumen como problemas comunes y latentes para el abastecimiento de agua a las poblaciones, los cuales conducen hacia impactos sinérgicos, cíclicos y de vuelco permanente a una entropía global del abastecimiento de agua potable a las poblaciones, que impiden estar en el nivel deseado (Cuadro 18).

**CUADRO 18.** Problemas comunes y latentes en los sistemas de abastecimiento de agua a las poblaciones. Fuente: Benavides (2010), modificado por Peña (2015).

Causa	Efecto	Impacto
Baja eficiencia en el manejo de agua potable por parte de los organismos operadores responsables	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad y calidad de agua insuficiente, en tiempo y espacio.</li> <li>• Empirismo cuanto por actitud idiosincrática costumbrista del personal, lo que influye directamente para que disminuya la eficiencia de potabilización y el agua deje de tener características aceptables para consumo humano.</li> <li>• Las redes se operen sin una sectorización adecuada, o sin un sistema de macro medición, ni procedimientos que ajusten (regulen) el servicio con depósitos de almacenamiento, ni monitoreo o regulación de la presión, así como tampoco se invierte en los instrumentos que permitan medir u optimizar la cantidad y calidad del flujo distribuido, menos aún, en la igualmente importante, renovación de la infraestructura del abastecimiento.</li> </ul>	Insostenibilidad Social.
Inexistencia a escasos planes de formación y capacitación del personal incluyendo formación del personal de relevo, en temas inherentes a la gestión de abastecimientos de agua.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconocimiento o debilidades técnicas para la mejora de la gestión de la oferta y la demanda y en operación y mantenimiento.</li> <li>• El desconocimiento del tema de gestión sostenible de redes que involucre un duradero equilibrio económico, social y ambiental de la operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento en pleno, empeora la situación</li> </ul>	
Tarifas por pago de consumo de agua suministrada insuficientes.  Subsidios mal estructurados, pues no propician el uso eficiente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de mantenimiento preventivo y correctivo y de la <i>mejora constante</i> desfinanciados.</li> <li>• Inestabilidad e Ineficiencia financiera.</li> <li>• Recursos financieros insuficientes dirigidos a solo compromisos laborales en un 90%.</li> <li>• Deterioro incontrolado y totalizado de la infraestructura hidrosanitaria del sistema.</li> <li>• Servicio intermitente.</li> </ul>	Insostenibilidad Social y Económica.
Cultura inapropiada para la oferta y demanda de agua.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No existe gestión de la oferta ni de la demanda con base en la relación: costo / beneficio.</li> <li>• Derroche y gasto por operadores y usuarios.</li> </ul>	Insostenibilidad Económica.
Infraestructura de los sistemas con vida útil cumplida.  Estado físico actual de las redes y sus componentes de distribución en condiciones deficientes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afecta la calidad y cantidad de servicio. Fugas. Contaminación por intrusión. Racionamientos, entre otros.</li> <li>• Los sistemas son insuficientes hidráulicamente</li> <li>• La demanda de agua potable es superior que la ofertada, debido entre otras cosas a la limitada capacidad instalada con la que cuentan dichos sistemas.</li> </ul>	

Continuación Cuadro 18...

Causa	Efecto	Impacto
<p>Descoordinación legal, política, institucional y social.</p> <p>Inapropiadas prácticas y políticas de gestión de cuencas hidrográficas que sirven de fuente para el abastecimiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insensibilidades: ambiental y conservacionista.</li> <li>• Sobre explotación de cuencas tributarias.</li> <li>• Deficiencia en la ejecución de políticas en la gestión integral del agua para el abastecimiento de las poblaciones. En Venezuela conlleva a no darle vida a la conformación de Consejos de Cuencas Hidrográficas e inactividad de las Mesas Técnicas de Agua.</li> </ul>	Insostenibilidad ambiental.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Degradación de cuencas tributarias o fuentes.</li> <li>• Sobre explotación de sus recursos.</li> <li>• Se activa solo en Época de sequía extremas u en épocas de crecidas torrenciales, ambas afectan la continuidad del servicio de agua potable.</li> <li>• Contaminación aguas abajo.</li> <li>• Cambios de uso y cobertura de tierras.</li> <li>• Activación de Procesos Erosivos.</li> </ul>	
<p>Politización de las estructuras administrativas de la institución operadora, que afectada por superposiciones institucionales administrativas limitan la continuidad de planes, programas y trabajos técnicos prioritarios.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discontinuidad de ejecución de obras de infraestructura, inversiones desordenadas y caos constructivo.</li> <li>• Aprobación de recursos financieros a proyectos a nivel de idea.</li> <li>• No ejecutar planes de mantenimiento preventivo a infraestructuras hidráulicas para no interrumpir servicio a la población a fin de no afectar al gobernante en la región.</li> <li>• Procesos irregulares en su tratamiento y serios descuidos operativos en la desinfección.</li> <li>• En la mayoría de los casos no prestan mayor importancia al tema de la rehabilitación, renovación o mejora de los sistemas actuales. Así, el proceso de envejecimiento de la infraestructura hidráulica registra una disminución significativa de las disponibilidades hídricas puestas al servicio de la colectividad.</li> <li>• Las políticas preventivas de daños en las redes y detección de fugas son débiles u inexistentes, ocasionando esto que un gran número de abastecimientos no contabilicen hasta en un 70% del volumen inyectado. Concatenado con un limitado sistema de micro medición</li> </ul>	Insostenibilidad social, económica y ambiental
<p>Crecimiento horizontal y desorganizado de las ciudades.</p> <p>Crecimiento anárquico y sin planificación en Latinoamérica</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas insuficientes.</li> <li>• Desorden territorial.</li> <li>• Consumidores y usuarios insatisfechos.</li> <li>• Aprobación de proyectos de urbanismos sin evaluar la capacidad del sistema de abastecimiento.</li> <li>• Falta u ausencia de planificación de los servicios de agua potable.</li> <li>• Debilidad fuerte en la planificación y ordenamiento urbano.</li> <li>• Debilidad fuerte en la planificación, ordenación y gestión en cuencas abastecedoras de agua.</li> </ul>	

Lo sistematizado en el cuadro 19, permite citar a Cabrera *et al.* (2007), en su artículo titulado “*La gestión del agua en los países de la unión europea: paradigmas del norte y el sur*”, ya que su visión paradójica es similar con los países del mundo, la cual refleja que...“**los sistemas mejor gestionados son los que se encuentran en los países del norte, donde no existe estrés hídrico. La razón es clara, estos países entendieron hace tiempo que la conservación de los recursos hídricos no es un fin en sí mismo, sino sólo una parte de una estrategia a largo plazo para asegurar un suministro fiable y seguro de agua potable** (Beecher y col., 1998). **Este es un concepto muy importante que los países del sur suelen olvidar con demasiada frecuencia...**”

Por lo antes expuesto, el autor Fuentealba (2011), señala que para medir la sostenibilidad del abastecimiento de agua a las poblaciones, se deben considerar cuáles son los factores que nos permitan mantenerla en el tiempo, que entre otros, se mencionan los siguientes:

- Capacidad de las fuentes de agua.
- Calidad de las fuentes de agua.
- Capacidad de gestión de las organizaciones de usuarios.
- Modelo adecuado de financiamiento para la operación y mantenimiento.
- Políticas públicas.
- Inversión en infraestructura.
- Inversión en asesoría, asistencia y capacitación.
- Subsidio a la demanda.

Por tanto, y para finalizar, **la gobernanza en la prestación del servicio de agua potable en ámbitos urbanos**, la definiremos como, **la capacidad de implantación y desarrollo de arreglos institucionales eficientes y estables, que permitan resolver los retos que enfrentan las sociedades en diversos ámbitos: social, económico, ambiental, político y administrativo.**

**Este cambio en la cultura del agua para lograr un buen desempeño ambiental y una gestión sostenible del agua en ámbitos urbanos, puede llegar, si se cumple una planificación y gestión estratégica de la prestación del servicio de agua potable, que incluya todas las dimensiones de la sostenibilidad con basamento en las cuencas hidrográficas abastecedoras de agua; y en estos tiempos, resulta indispensable ante la evidencia de la variabilidad climática y eminente cambio climático que en términos hidrológicos - hidráulicos, significará una disminución del agua disponible. Con el tiempo, será cada vez más difícil equilibrar la demanda con la oferta.**

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En atención a la preocupación mundial manifiesta durante un período de 68 años de Declaraciones y Acuerdos Internacionales en torno al recurso hídrico, queda ratificada con el presente ensayo de investigación, la sentida necesidad de integrar como eje transversal lo ambiental en la prestación del servicio de agua potable para abastecer a las poblaciones en ámbitos urbanos, rompiendo de esta forma los paradigmas establecidos por varias décadas y que impedía trascender a una gestión sostenible del agua potable.

462

Se logra visionar que existen declaraciones y acuerdos internacionales, que dan pie para que se considere incorporar, *por parte de las empresas prestadoras del servicio de agua potable, la gestión ambiental de las cuencas hidrográficas abastecedoras en los procesos de planificación y gestión, desde la disponibilidad y captación hasta la red final de distribución del agua potable en centros urbanos, a fin de que la organización no concentre sólo sus actividades a partir de la obra de captación, sino contar con una visión integral desde la cuenca hidrográfica abastecedora para incorporarla como un actor activo en este sistema ambiental. Para ello se considera indispensable que se incorpore la sostenibilidad y sustentabilidad ambiental como un cuarto pilar de la prestación del servicio de agua potable y saneamiento, con el fin de que el desempeño ambiental de la empresa; por lo que se requiere un sistema de indicadores que permita realizar una integración ambiental de procesos claves en la cuenca hidrográfica abastecedora, y los procesos de captación – potabilización y distribución.*

Por tanto, se busca innovar a partir de conocer el estado del arte relacionado al tema de investigación y su evolución en el tiempo, para profundizar en metodologías planteadas para la sostenibilidad de los abastecimientos de agua potable de países en desarrollo, todo ello, en busca de una propuesta metodológica, que permita contar con un sistema de indicadores que trascienda de la gestión tradicional y permita evaluar de forma constante el desempeño y sostenibilidad ambiental del operador u prestador del servicio en el tiempo, a fin de que los resultados puedan identificar el estado actual de las cuencas hidrográficas abastecedoras de agua (fuentes abastecedoras de agua sin regulación), y su influencia directa en los procesos de gestión del agua potable, y así orientar sus decisiones y acciones que lo encaminen hacia una mejora del desempeño ambiental.

Bajo esta concepción, Venezuela podrá contar con un instrumento flexible y adaptable a las características propias de cada región y replicable a otros países. En este caso, se contribuirá en estructurar una herramienta técnica que le permita al Ministerio de Eco socialismo y Aguas (MINEA) como Autoridad Nacional de las Aguas, realizar seguimiento y control a las empresas prestadoras del servicio de agua potable centralizada y descentralizadas como usuarios de las aguas, como está establecido en la Ley de Aguas vigente; y la Hidrológica Venezolana (HIDROVEN C.A.), quien actúa como Superintendente Nacional de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento, y según la Ley Orgánica para

la Prestación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento, le compete regular la prestación de los servicios públicos de agua potable y de saneamiento, y así establecer el régimen de fiscalización, control y evaluación de tales servicios y promover su desarrollo, en beneficio general de los ciudadanos, de la salud pública, la preservación de los recursos hídricos y la protección del ambiente, en concordancia con la política sanitaria y ambiental que en esta materia dicte el poder ejecutivo nacional y con los planes de desarrollo económico y social de la Nación.

## 5. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Politécnica Valencia, España, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela, y a la Empresa Descentralizada Aguas de Mérida C.A., por su apoyo y colaboración en el aporte de información.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAM, J. 1989. *El Agua, La Construcción Romana*. Editorial de los Oficios.
- ACHKAR, M. y C. ANIDO. 2000. *Agua. Diagnóstico y propuesta hacia una gestión más sustentable*. En: *Uru-guay Sustentable. Una propuesta ciudadana*. Redes-Amigos de la tierra. Montevideo, Uruguay. 401- 449.
- AEAS. 2013. Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento. En línea: <http://www.aeas.es/AppControl?pg=DisplayCommission&ret=surveys&areaCode=publicarea> [Consultado: 20/10/ 2015].
- AEAS. 2000. *Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento*. XX Jornadas Técnicas. Granada, España.
- AGNU. 2015. *Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de setiembre de 2015. Transformar nuestro mundo: la Agenda de 2030 para el Desarrollo*. A/70 /L.1. 17 sesión, Agenda item 15 y 16. Naciones Unidas (ONU). En línea: [http://www.un.org/en/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/70/1](http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1) [Consultado: 20/09/ 2016].
- AGUAS DE MÉRIDA C.A. 2013. *Diagnóstico Plan Estratégico 2010 -2013*. Mérida, Venezuela. 50 p.
- AGUAS DE MÉRIDA C.A. 2012. *Ficha Técnica de las plantas de potabilización*. Mérida, Venezuela. 20 p.
- AGUAS DE MÉRIDA C.A. 2015. *Registros de Calidad de Agua de las plantas de potabilización 2012- 2015*. Mérida, Venezuela. 500 p.
- AGUAS DE MÉRIDA C.A. 2015. *Plan Estratégico 2015 - 2019*. Mérida, Venezuela. 50 p.
- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION Y AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. 1998. *Water Treatment Plant Design*. McGraw-Hill. Nueva York, USA.
- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. 2002. *Calidad y tratamiento del agua*. 1<sup>era</sup> Edición. Editorial McGraw-Hill. Barcelona, España.
- ANGEL, S., J. PARENT, D. CIVCO and A. BLEI. 2011. *Making Room for a Planet of Cities*. Policy Focus Report. Lincoln Institute of Land Policy. Cambridge, USA.

- ANSINK, E., y A. RUIJS. 2008. Climate Change and the Atability of water Allocation agreements. *Environmental resource Economics* 41: 249- 266.
- ARBOLEDA, J. 2000. *Teoría y Práctica de la Purificación del agua*. 3<sup>era</sup> Edición.Tomo 2. McGraw-HILL. Barcelona, España. 793. p.
- ARTARAZ, M. 2002. Teoría de las tres dimensiones de desarrollo sostenible. *Ecosistemas* 2002/2.
- ARCILA , E. 1961. *Historia de la Ingeniería en Venezuela*. Colegio de Ingenieros de Venezuela. 2 Volumen. Editorial Arte. Caracas, Venezuela.
- ÁLVAREZ, M., E. CASTELLVÍ, M. MONZÓ y C. VERDÚA. 2014. La eficiencia en los sistemas de distribución: revisión sobre la gestión del agua. *Aquae Fundación. Aquae papers* 4.
- AROCHA, S. 1979. *Abastecimientos de Agua Teoría y Diseño*. Caracas, Venezuela.
- AROCHA, S. 1990. *Abastecimientos de Agua Teoría y Diseño*. Caracas, Venezuela.
- ALQUISER.2002. Plantas de tratamiento de Agua potable. <http://dev.undermedia.com.ec/alquiser/index.php?module=Pagesetter&func=viewpub&tid=1&pid=13> [Consultado: 15/09/ 2016].
- ANEAS. 2010. El Ciclo Urbano del Agua. Folleto N° 3. Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México ANEAS. En línea: <http://hidropluviales.com/agua/> [Consultado: 10/09/ 2016].
- AZPÚRUA, P. 1997. *Agua. Diccionario de Historia de Venezuela*. Tomo I, 8186. Fundación Polar. Caracas, Venezuela.
- AZPÚRUA, P. 1999. *Ingeniería Hidráulica*. Fundación Polar. Caracas, Venezuela.
- BAI, X. y H. IMURA. 2001. Towards sustainable urban water resource management: a case study in Tianjin, China.Institute for Global Environmental Strategies, Japan y Nagoya University, Japan. *Revista Sustainable Development* 9 (1): 24-25.
- BAHRI, A. 2009. Managing the other side of the water cycle: Making wastewater an asset. Global Water Partnership (GWP) Technical Committee (TEC) Global Water Partnership, Stockholm. *Background Paper* 13.
- BARRAGÁN, J. 1993. *Agua, ciudad y territorio. Aproximación geo-histórica del abastecimiento de agua a Cádiz*. Universidad de Cádiz. Cádiz, España.
- BARLOW, M. 2002. *El Oro Azul. La crisis mundial del agua y la reificación de los recursos hídricos del planeta*. Universidad de Cádiz. Cádiz, España.
- BALLEN, J., M. GALARZA y R. ORTIZ. 2006. *Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia*. VI SEREA. Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Água. João Pessoa, Brasil. 12 p.
- BENAVIDES, H. 2007. *Indicadores de gestión internacional para la eficiencia en la gestión urbana del agua.- El benchmarking en el Ecuador*. IX Congreso Nacional de Hidráulica y I de Manejo integral de recursos hídricos. Asociación de Ingenieros Hidráulicos del Ecuador. Quito, Ecuador.
- BENAVIDES, H. 2013. Las pérdidas de agua en sistemas de distribución a presión. *Revista Ecuambiente-AEISA*. En línea: <http://www.aeisa.com.ec/category/publicaciones> [Consultado: 04/10/ 2016].

- BENAVIDES, H. 2012. Características del entorno mundial para la gestión del recurso hídrico. *Revista Ecuambiente-AEISA*. En línea: <http://www.aeisa.com.ec/category/publicaciones> [Consultado: 17/09/ 2016].
- BENAVIDES, H. 2012. Cumplimiento de los Objetivos del Milenio. *Revista Tecnoambiente*. En línea: [http://www.tiasa.es/documentos/TecnoAmbiente\\_229.pdf](http://www.tiasa.es/documentos/TecnoAmbiente_229.pdf) [Consultado: 17/09/ 2016].
- BENAVIDES, H. 2012. La sostenibilidad. Reseña histórica. *Revista Tecnoambiente*. En línea: [http://www.tiasa.es/documentos/TecnoAmbiente\\_228.pdf](http://www.tiasa.es/documentos/TecnoAmbiente_228.pdf) [Consultado: 18/09/ 2016].
- BENAVIDES, H. 2012. La sostenibilidad en la gestión de sistemas públicos. Reseña histórica conceptual. *Revista Ecuambiente-AEISA*. En línea: <http://www.aeisa.com.ec/category/publicaciones> [Consultado: 19/09/ 2016].
- BENAVIDES, H. 2012. Herramientas para la gestión técnica de los sistemas de abastecimiento de agua. *Revista Domus-Concayo* 32 - 33.
- BENAVIDES, H. 2011. Tarifas para la sostenibilidad. *Revista Ecuambiente-AEISA*. En línea: <http://www.aeisa.com.ec/category/publicaciones> [Consultado: 20/09/ 2016].
- BENAVIDES, H. 2010. *Diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua e identificación de las propuestas que la mejoren*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 353 p.
- BISWAS, A., J. LUNDQVIST, C. TORTAJADA and O. VARIS. 2004. *Water management for megacities*. *Stockholm Water Front* 2:12–13.
- BISWAS, A. 2005. Integrated water resources management: a reassessment. In: *Integrated Water Resources Management in South and Southeast Asia*. Eds. A.K. Biswas, O. Varis, C. Tortajada. New Delhi. *Oxford University Press*. pp: 325-341.
- BISWAS, A. 2004. Integrated water resources management: A reassessment. *Water International* 29 (2): 248–256.
- BITHAS, K. 2008. The Sustainable residential water use: sustainability, efficiency and social equity. The European Experience. *Ecological Economics* 68: 221- 229.
- BUTTERWORTH, I., I. RESTREPO, R. BUSTAMANTE, S. SMITS and I. DOMINGUEZ. 2005. *Utilising water supplies for multiple uses: an opportunity or a threat for sustainable services and livelihoods?* Colombia. En línea: [www.cinara.org.co](http://www.cinara.org.co) [Consultado: 15/10/ 2016].
- BOGARDI, J. y A. SZOLLOSI. 2003. Las Políticas del agua del Siglo XXI. Una revisión tras la Cumbre de Johannesburgo. *Revista Ingeniería del Agua* 10: 3- 21.
- BREÑA, A. 2007. *La problemática del agua en zonas urbanas*. *Economía del agua*. *Escasez del agua y su demanda doméstica e industrial en áreas urbanas*. (J Morales y L Rodríguez) Ed. H. Cámara de Diputados LX Legislatura/UAM/Porrúa.
- BROWN, R. y T. WONG. 2008. *Transitioning to Water Sensitive Cities: Ensuring Resilience through a new Hydro-Social Contract*. National Urban Water Governance Program, School of Geography & Environmental Science. Edimburgo, Escocia, Reino Unido. 10 p.
- CAF. 2015. *Universalización de servicios de agua potable y saneamiento*. Corporación Andina de Fomento. VII Foro Mundial del Agua. Seul, Corea. 54 p.

- CABEZAS, F. 2010. La Experiencia Española en la Planificación y gestión del agua por cuencas hidrográficas. *Revista Ingeniería y Territorio* 91: 6 - 13.
- CABRERA, E. 2006. *El suministro de agua en España*. Panel científico-técnico de seguimiento de la política de aguas. En línea: <http://www.unizar.es/fnca/varios/panel/31.pdf> [Consultado: 23/10/ 2016].
- CABRERA, E. y J. GARCIA. 1997. *Problemática de los abastecimientos urbanos. Necesidad de su modernización*. Valencia, España.
- CABRERA, M. E., R. COBACHO, J. ALMANDOZ, R. CABRERA, y F. ARREGUI DE LA CRUZ. 2007. *La gestión del agua en los Países de la Unión Europea: Paradigmas del Norte y El Sur*. Grupo Mecánica de Fluidos-Instituto Tecnológico del Agua. En línea: [www.ita.upv.es/idi/descargaarticulo.php?id=169](http://www.ita.upv.es/idi/descargaarticulo.php?id=169). [Consultado: 24/10/ 2016].
- CÁRDENAS, M. 2013. La gestión de los ecosistemas estratégicos proveedores de agua. El Caso de las Cuencas que abastecen a Medellín y Bogotá en Colombia-Cárdenas. *Revista Gestión y Ambiente* 16 (1): 109-122.
- CARTER, R., S. TIRREL y P. HOWSAM. 1993. Lessons learned from the UN Water Decade. *Water and Environmental Journal* 7: 646-650.
- CARMONA, U. 2013. *Life cycle assessment of the supply and use of water in the Segura Basin Alemania*. International. *Journal Of Life Cycle Assessment* 19 (3): 688 – 704.
- COMISIÓN BRUNDTLAND. 1987. *Nuestro futuro común*. Oxford University Press. Nueva York, USA.
- CASERO, R. 2006 -2007. *Potabilización del Agua. Módulo IV: Abastecimientos y Saneamientos Urbanos*. Master en Ingeniería Medioambiental y Gestión del Agua. Escuela de Negocios (EOI). Madrid, España. 144 p
- CALABUIG, C. 2008. *Agenda 21 local y gobernanza democrática para el desarrollo humano sostenible: bases para una gestión orientada al proceso*. Proyectos de Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia. Tesis Doctoral. Valencia, España. 588 p.
- CALLEBAT, L. 1974. *Le vocabulaire de l'hydraulique dans le livre VIII de Architecture de Vitruve*. «R. Ph.» 48: 313-329.
- CALLEBAT, L. 1973. *Introduction, in Vitruve, De l'Architecture. Livre VIII*. Paris, France.
- CAÑIZALES, A., S. PEÑUELA, D. DIAZ, M. FEBRES, O. CALDERA, L. VALDERRAMA y E. MUJICA. 2006. *Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en Venezuela*. Aveagua. Caracas, Venezuela. 60 p.
- CANZIANI, O. 2002. *Aspectos ambientales y sociales del Cambio Climático*. Curso FLACSO. Valencia, España.
- CEPAL. 2010. *Objetivos de Desarrollo del Milenio. Avances en la sostenibilidad ambiental del desarrollo en América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y El Caribe. Naciones Unidas. Santiago de Chile, Chile. 231 p.
- CEPAL. 1998. *Recomendaciones de las reuniones internacionales sobre el agua: de Mar de Plata a París*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y El Caribe. Naciones Unidas. Santiago de Chile, Chile. 175 p.
- CEPAL. 1999. *Gestión de Cuencas y ríos vinculados con centros urbanos*. Comisión Económica para América Latina y El Caribe. Naciones Unidas. Santiago de Chile, Chile. 181 p.

- CORREA, G. y P. ROZAS. 2006. *Desarrollo urbano e inversiones en infraestructura: elementos para la toma de decisiones*. Serie recursos naturales e infraestructura 108. Comisión Económica para América Latina y El Caribe. Naciones Unidas. Santiago de Chile, Chile. 152 p.
- CONSEJO MUNDIAL DEL AGUA (WWC) y COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA). 2003. *Informe Final del IV Foro Mundial del Agua. Acciones locales para un reto global*.
- COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS. 2010. Las Naciones Unidas y El agua. *Revista Ingeniería y Territorio* 91: 97 p.
- COLINA, P. 2009. *Empresas Hidrológicas en Venezuela. Caso de Estudio: Hidrocapital, Hidrocentro, Hidrollanos e Hidrolara*. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela. 71 p.
- CHAVES, N. 2010. *Boletín de Noticias Agua y Saneamiento* 17. *Holanda. Boletín de Noticias Agua y Saneamiento* 31: 1 – 12.
- CHOCAC, B. 2000. Need for improved methodologies and measurements for sustainable management of urban water systems *Environmental Impact Assessment Review* 20: 323-331.
- DÍAZ, J. 2007. *El agua en el contexto de las agua en México: Los retos para el desarrollo sustentable*. Economía del agua. Escasez del agua y su demanda doméstica e industrial en áreas urbanas. LX Legislatura H. Cámara de Diputados./UAM/Porrúa.
- DIAZ, A. 2009. Desarrollo Sostenible y el Agua como Derecho en Colombia. *Revista Estud. Socio-Juríd.* 11(1): 84-116.
- DIRECTIVA MARCO DE AGUAS. 2000. El problema del recurso hídrico. En línea: <http://www.boe.es/doue/2000/327/L00001-00073.pdf> [Consultado: 26/02/2015].
- DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRÁULICAS Y CALIDAD DE LAS AGUAS. 2000. *Libro Blanco del Agua en España*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, España.
- DUQUE R., I. RESTREPO y A. ARISTIZABAL. 1998. Abastecimiento de agua y saneamiento para comunidades urbanas. Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. *Revista ACODAL* 180: 34 – 67.
- DOMÍNGUEZ, I. 2011. *¿Los sistemas de abastecimiento de agua de uso múltiple, una alternativa para enfrentar el cambio climático*. *Gestión Integrada del Recurso Hídrico Frente al Cambio Climático* 914 (9): 369 – 379.
- DOUROJEANNI, A., A. JOURAVLEV y G. CHÁVEZ. 2002. *Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. Recursos Naturales e Infraestructura*. Comisión Económica para América Latina y El Caribe. Naciones Unidas. Santiago de Chile, Chile. 121 p.
- DOUROJEANNI, A., A. JOURAVLEV y G. CHÁVEZ. 2002. *Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica*. Programa Agua, Medio Ambiente y Sociedad. Número 1. Colegio de México y Comisión Económica para América Latina y el Caribe. México DF., México.
- DOUROJEANNI, A. 2000. *Tendencias actuales en la gestión del agua. Institucionalidad y gestión del agua: los desafíos jurídicos y ambientales de hoy*. Santiago de Chile, Chile.
- DOUROJEANNI, A. y A. JOURAVLEV. 1999. *Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos*. Comisión Económica para América Latina y El Caribe. Naciones Unidas. Santiago de Chile, Chile. 139 p.

- DRÉO, J. 2007. *Desarrollo sostenible*. Imágen ext svg. En línea: [fromhttp://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Desarrollo\\_sostenible.svg](http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Desarrollo_sostenible.svg). [Consultado: 23/10/ 2016].
- EEA. 2001. *Sustainable Water Use in Europe*. Demand Management. Environmental issue report 19. EEA, Copenhagen. En línea: <http://www.eea.eu.int>. [Consultado: 12/09/ 2016].
- EPA. 1989. *Technologies for Upgrading existing or desingning new drinking water treatment facilities*. Environmental Protection Agency EPA/625/4-89/023, 209. Washignton,USA.
- EPA.1990.*Environmental pollution control alternatives: Drinking water treatment for small communities*. Environmental Protection Agency EPA/625/5-90/025, 82. Washignton,USA.
- EPA. 1998.*Small systems compliance technology list for the surface water treatment rule and total Coliform*. Environmental Protection Agency EPA/815/R/98/001, 82. Washignton,USA.
- FUNDACIÓN CANAL .2011. *VI Foro Agua para el Desarrollo 2010*. Madrid, España. 114 p.
- FUNDACIÓN EROSKI.2006. *España tiene la tercera tarifa del agua mas barata de Europa*. Fundación Eroski. Bilbao, País Vasco, España.
- GALVÁN, A., E. GÓMEZ y O. MONROY. 2000. *Estrategia para el manejo eficiente del agua en la Ciudad de México*. Proyecto para la DGCOH del GDF, UAM. México DF., México.
- GABALDÓN, J. 2009. *El Plan Nacional del Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos y su Instrumentación (COPLANARH)*. Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, Entre Siglo y Siglo. pp. 145-168.
- GONZÁLEZ, G. 2012. *Gestión sostenible del agua de ámbito urbano de la cuenca hidrográfica Santa Elena en el Valle de Aburrá*. Trabajo de Fin de Master en Sostenibilidad. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, España. 112 p.
- GRIMALDOS, A. y F. RAYON.2010. *Los operadores del agua del mundo*.Revista Ingeniería y Territorio 91: 11 p.
- GRIMAL, P. 1945.*Vitruve et la technique des aqueducs*.Rev. Phil. 19: 169-170.
- GWP. 2000. *Integrated Water Resources Management*. TAC Background Paper No. 4. Global Water Partnership. Stockholm, Suecia.
- GWP.2000. *Towards Water Security: A Framework for Action*. Global Water Partnership. Stockholm, Suecia.
- GWP. 2001.*ToolBox for IWRM*. December 2001. Global Water Partnership. Stockholm, Suecia.
- GWP. 2002.*Introducing Effective Water Governance*. April 2002. Global Water Partnership. Stockholm, Suecia.
- GWP. 2003. *La gobernabilidad de la gestión del agua en el Ecuador. Gobernabilidad del sector del agua*. G.-S. -. Japón Global Water Partnership. Stockholm, Suecia.
- GWP. 2008. *Principio de gestión integrada de los recursos hídricos, bases para el desarrollo de Planes Nacionales*. En línea: [http://www.gwpsudamerica.org/docs/publicacoes/doc\\_11\\_sp.pdf](http://www.gwpsudamerica.org/docs/publicacoes/doc_11_sp.pdf). [Consultado: 10/09/ 2016].
- GWP. 2011. *Hacia la Gestión Integral de Aguas Urbanas*. Proyecto de Perspectivas. Sociedad Mundial del Agua. Stockholm, Suecia.

- GWP. 2012. *Rio+20: La Seguridad Hídrica para el crecimiento y la sostenibilidad*. Resumen de Política. [www.gwp.org](http://www.gwp.org), [www.gwptoolbox.org](http://www.gwptoolbox.org). [Consultado: 11/09/ 2016].
- GWP. 2011. El recurso hídrico. En línea: <http://www.globalwaterintel.com/market-intelligence-reports/> [Consultado: 10/03/ 2016].
- HEMPEL, L. 1992. *Cumbre de la Tierra o abismo?* Foro Mundial de las Naciones Unidas. Conferencia sobre el Medio Ambiente. Rios de Janeiro, Brasil.
- HELLSTROM, D., U. JEPSSON y E. KARRMAN. 2000. A framework for systems analysis of sustainable urban water management. *Environmental Impact Assessment Review* 20: 311-321.
- HERSCHEL, C. 1973. *The Two Books on The Water Supply of the City of Rome of Frontinus*. New England Water Works Association. USA.
- HIDROVEN. 2015. *Gestión Integral de las Aguas en Venezuela 2007 -2015*. Hidrológica Venezolana C.A. Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. Caracas, Venezuela.
- HILL, D. 2006. *Microbiology for drinking water personnel: American Water Works Association*. Editorial AWWA. Washigton, USA.
- HOERING, U. y A. KATHRIN. 2004. *King Customer? The World Bank's "new" Water Policy and its Implementation in India and Sri Lanka*. Brot für die Welt y World. Economy, Ecology and Development. Berlin, Germany. 39 p.
- HODGE, A. 2001. *Roman Aqueducts and Water Supply*. Duckworth. London, England.
- HODGE, T. 2002. *Roman Aqueducts and Water Supply*. Duckworth. London, England.
- HOEKSTRA, A. 2006. *The global dimension of water governance: Nine reasons for global arrangements in order to cope with local water problems, Value of water research*. UNESCO-IHE Institute for Water Education. Delft, The Netherlands.
- INIGUEZ, C. 2008. *Sustentabilidad del agua de uso urbano*. Tesis Doctoral. Universidad autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México. 282 p.
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC. Geneva, Italy.
- JAHN, A. 1926a. *El problema del Abastecimiento de agua en Caracas*. Boletín de la Cámara de Comercio de Caracas. Caracas, Venezuela.
- JIMÉNEZ, M. 2002. La sostenibilidad como proceso de equilibrio dinámico y adaptación al cambio. *Revista ICE Desarrollo Sostenible* 800: 65-84.
- JOFRÉ, J. 2007. *Empresas Públicas: De estatales a privadas*. Editorial de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, U.N. Cuyo. *Revista Anual de Sociología* 6 (3).
- JURADO, F. 2001. Ingeniería e Historia III, en El Acueducto Romano de Segovia. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. *Revista Obra Pública Ingeniería y Territorio*.
- JOURAVLEV, A. 2004. *Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del Siglo XXI*. Serie Recursos Naturales e Infraestructura No. 74. En línea: [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6454/S047591\\_en.pdf?sequence=1](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6454/S047591_en.pdf?sequence=1) [Consultado: 09/08/ 2016].

- JMP. 2010. *Progresos en Materia de Agua y Saneamiento: Informe de actualización 2010*. Programa conjunto OMS/UNICEF de Seguimiento del Abastecimiento de Agua y del Saneamiento (JMP). OMS y UNICEF. Nueva York, USA.
- KHAN, H. y I. SIDDIQUE. 2000. Urban water Management Problems in Developing Countries with particular reference to Bangladesh. *Water Resources Development* 16 (1): 21-33.
- KINGDOM, B., R. LIEMBERGER y P. MARIN. 2006. *The Challenge of Reducing Non-Revenue Water (NRW) in Developing Countries*. The World Bank. Nueva York, USA.
- LANDA, R. y J. CARABIAS. 2007. *Nuevas perspectivas frente a los problemas del agua En México*. Sustentabilidad y Desarrollo Ambiental. Agenda para el desarrollo. (JL Calva). Ed. Porrúa/UNAM. Vol. 14. México DF., México.
- LEAL, M., E. BANDALA, S. GELOVER y S. PEREZ. 1999. *Trihalometanos en agua para consumo humano*. Ingeniería Hidráulica en México, XIV(3): 29-35.
- LEAL, M. 2010. *Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México DF., México. 10 p.
- LENTINI, E. 2008. *Servicios de agua potable y saneamiento: lecciones de experiencias relevantes*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago de Chile, Chile. 184 p.
- LOFTUS, A. 2011. *Adapting urban water systems to climate change: A handbook for decision-makers and the local level*. ICLEI, UNESCO-IHE and IWA.
- LLAMAS, R. 2002. *First Regional Consultation on Water Challenges in MNA Region Spain*. World Bank. pp: 4-7.
- MARTÍN, J. 1997. *Obras Públicas, Siglo XX*. Diccionario de Historia de Venezuela. Fundación Polar. Vol. III, Caracas, Venezuela. pp: 376-388.
- MARTINEZ, N. 2012. *Estudio para el manejo y disposición final de lodos generados en plantas de tratamiento de agua potable*. Escuela Politécnica Nacional. Quito. Ecuador, 186 p.
- MARTÍNEZ F., J. y M. ESTEVE. 2005. *Recursos hídricos y vulnerabilidad socioambiental en sistemas áridos: el caso de la cuenca del Segura. Indicadores y metodologías para el uso sustentable del agua en Iberoamérica*. CYTED. Mendoza, Argentina. pp: 155-167.
- MATÉS, J. 1996. El problema del agua en la segunda industrialización. *Revista de la Facultad de Humanidades*, IV-V (2): 157-193.
- MATÉS, J. 2002. *Strategies of foreign firms in the sector of water supply in Spain (1850-1990)*. en Bonin, H. (Coord.), *Transnational Companies, 19th-20th Centuries*, París, France. pp: 301-316.
- MATÉS, J. 2004. *The development of water Supplies in Spain: 19th and 20th Centuries*. Urban Growth on Two Continents in the 19th and 20th Centuries: Technology, Networks, Finance and Public Regulation, Granada, Comares. pp: 165-177.
- MATÉS, J. 2002. *Strategies of foreign firms in the sector of water supply in Spain (1850-1990)*. en Bonin, H. (Coord.), *Transnational Companies, 19th-20th Centuries*, París, Pláge, 2002, pp. 301-316.
- MARQUES, R. 2010. *Regulation of water and wastewater services: An international comparison*. IWA Publishing. London, England.

- MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. 1998. *Inventario Nacional del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*. Tomo II. Santa Fe de Bogotá, Colombia. 128 p.
- MPPA. 2015. *Gestión Integral de las Aguas en Venezuela 2012- 2105*. Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. Caracas, Venezuela.
- MUNRO, D.1995. *Sostenibilidad: Retórica o realidad? En TC Tryzyna, sostenible mundo (Ed.): Definición y medir el desarrollo sostenible*. Centro Internacional de Medio Ambiente y Políticas Públicas y la Unión Mundial para la Naturaleza. Sacramento, USA. pp: 27-35.
- MONROY , O.2013. *Manejo sustentable del agua en México*. Revista Digital Universitaria. En línea: <http://www.revista.unam.mx/vol.14/num10/art37/index.html> [Consultado: 11/08/ 2016].
- MORA, C. 2014. *La regulación del agua en la historia de los pueblos y su identidad cultural*. Universidad de Extremadura. En línea: <http://www.iagua.es/blogs/consuelo-mora/la-regulacion-del-agua-en-la-historia-de-los-pueblos-y-su-identidad-cultural> [Consultado: 13/08/ 2016].
- MORATÓ, J. y G. PEÑUELA. 2009. *Manual de tecnologías sostenibles en tratamiento de aguas*. Red Alfa Tecspar. Barcelona, España.
- MOROTE, Á. 2015. La planificación y gestión del suministro de agua potable en los municipios urbano-turísticos de Alicante. *Cuadernos Geográficos* 54 (2): 298-320.
- MOROS, M. 2012. *Etapas de Potabilización, escogencia de unidades*. UNET. San Cristóbal, Venezuela. 19 p.
- NATIONAL GEOGRAPHIC. 2015. *Acueductos*. Nueva York, USA.
- OCDE. 2002. *Supporting the development of water and sanitation services in developing countries*. Development Co-operation Report. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. París, France. 203 p.
- OECD, 2003. *OECD Global Forum on Sustainable Development: Financing Water and Environmental Infrastructure for All*. OECD. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. París, France. 173 p.
- OECD. 2004. *Competition and regulation in the water sector*. Directorate for Financial and Enterprise Affairs, DAFFE/COMP (2004)20. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. París, France. 153 p.
- OECD. 2008. *OECD Environmental Outlook to 2030*. En línea: [http://www.oecd.org/document/20/0,3343,en\\_2649\\_34283\\_39676628\\_1\\_1\\_1\\_3\\_7465,00.html](http://www.oecd.org/document/20/0,3343,en_2649_34283_39676628_1_1_1_3_7465,00.html) [Consultado: 15/09/ 2016].
- OECD. 2011. *Water Governance in OECD Countries: A Multi-level Approach, OECD Studies on Water*. En línea: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264119284-en> [Consultado: 14/09/ 2016].
- OECD. 2012a. *OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction*. En línea: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264122246-en> [Consultado: 13/09/ 2016].
- OECD. 2012b. *Meeting the Water Reform Challenge. Executive Summary. OECD Studies on Water*. En línea: <http://www.oecd.org/env/resources/49839058.pdf> [Consultado: 16/08/ 2016].

- OECD. 2015. *Principios de Gobernanza del Agua*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. París, France. 24 p.
- OECD. 2015b. *Stakeholder Engagement for Inclusive Water Governance, OECD Studies on Water*. En línea: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264231122-en> [Consultado: 16/09/ 2016].
- OECD. 2015c. *The Governance of Water Regulators, OECD Studies on Water*. En línea: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264231092-en>. [Consultado: 16/09/ 2016].
- OECD. 2015d. *Water and Cities: Ensuring Sustainable Futures. OECD Studies on Water*. En línea: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264230149-en>. [Consultado: 20/09/2016].
- OMS. 1994. *Operation and maintenance of urban water supply and sanitation systems. A guide for managers*. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, Suiza.
- OMS. 1994. *Guidelines for drinking-water quality*. 2a edición. Vol. 1-2. Recommendations. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, Suiza.
- OMS. 2001. *Informe Regional sobre la Evaluación en la Región de las Américas. Agua Potable Y Saneamiento, Estado Actual y Perspectivas*. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, Suiza. 81p.
- ONU. 1977. *Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua*. Mar del Plata, Argentina.
- ONU. 1980. *Resolución aprobada por la Asamblea General el 10 de noviembre de 1980*. Decenio Internacional del Agua Potable y Saneamiento Ambiental. Naciones Unidas 35/18; 35/405. New York, USA.
- ONU. 2001. *La crisis mundial del agua*. Organización de las Naciones Unidas. New York, USA.
- ONU. 2003. *Observación general Nº 15 (2002). El derecho al agua* (artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales). E/C.12/2002/11. New York, USA.
- ONU. 2008. *Proceedings of International Workshop on Drinking Water Loss Reduction: Developing Capacity for Applying Solutions*. Universidad de las Naciones Unidas. Bonn, Germany.
- ONU. 2009. *El derecho humano al agua y al saneamiento: Hitos*. New York, USA. 4 p.
- ONU. 2010. *Human rights and access to safe drinking water and sanitation*. Resolución del Consejo de Derechos Humanos del 6 de octubre de 2010. A/HRC/RES/15/9. New York, USA.
- ONU. 2010. *El derecho humano al agua y el saneamiento*. Resolución del 28 de julio de 2010 de la Asamblea General de las Naciones Unidas. A/RES/64/292. New York, USA.
- ONU. 2010. *Promoción y la Comunicación en el Marco del Decenio. Agua y Ciudades Hechos y Cifras*. En línea: [http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/swm\\_cities\\_zaragoza\\_2010/pdf/facts\\_and\\_figures\\_long\\_final\\_spa.pdf](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/swm_cities_zaragoza_2010/pdf/facts_and_figures_long_final_spa.pdf)
- ONU, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS –Agua. 2011. *UN-Water, Chapter 3: Thematic Conference Paper .Conference Book from the UN-Water Conference: Water in the Green Economy in Practice: Towards Rio+20*. [http://www.un.org/waterforlifedecade/green\\_economy\\_2011/pdf/watergreenconf\\_chap3\\_conference\\_papers.pdf](http://www.un.org/waterforlifedecade/green_economy_2011/pdf/watergreenconf_chap3_conference_papers.pdf). [Consultado: 10/11/2016].

- ONU. 2012. *Documento Final de la Conferencia Rio +20*. Rio de Janeiro, Brasil. 59 p.
- ONU. 2014. *Un objetivo global para el agua post-2015: Síntesis de las Principales Conclusiones y Recomendaciones de ONU-Agua*. New York, USA.
- ONU, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS –Agua.2015. *Means of Implementation: A Focus on Sustainable Development Goals 6 and 17*. En línea: [http://www.unwater.org/fileadmin/user\\_upload/unwater\\_new/docs/Mol%20Executive%20Summary\\_15%20July%202015.pdf](http://www.unwater.org/fileadmin/user_upload/unwater_new/docs/Mol%20Executive%20Summary_15%20July%202015.pdf) [Consultado: 10/11/2016].
- OJEDA, E. 2000. *Informe nacional sobre la gestión del agua en Colombia*. Santa Fe de Bogotá, Colombia. 120 p.
- OWR, OFFICE OF WATER REGULATION .1999. *Water Services Regulation in western Australia*. The Office of Water Regulation. Perth. Australia.
- PARLAMENTO EUROPEO. 2000. *Water framework directive*. directive 2000/60/eC of the european Parliament and of the Council of 23 october 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal 327, 22/12/2000, P. 001-0073.
- PÉREZ, M. 1911. Proyecto de acueducto para Aragua de Maturín. *Revista Técnica del MOP* 9: 427 p.
- PIÑEIRO, J. y J. PÉREZ. 1998. *La diversificación de funciones de la ciudad europea industrial: los servicios públicos de alumbrado y abastecimiento de aguas en la ciudad de Cádiz (Siglos XIX y XX)*. Centro de Estudios y Documentación. pp: 333-362.
- PIZZI, N. 2007. *Pre-Treatment Field Guide: American Water Works Association*. Editorial AWWA. New York, USA.
- PULGARÍN, N. 2011. *Desarrollo de un Modelo de Gestión sostenible del agua: Microcuenca La Bermejala*. Medellín, Colombia. Tesina de máster en Sostenibilidad. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España. 90 p.
- PROTOS Y SOCIEDAD FLAMENCA DE AGUA PARA EL DESARROLLO. 2006. *El abastecimiento de agua potable en Flandes desde 1800 hasta la actualidad*. Dia mundial del agua 2006. Bruselas, Belgica. 36 p.
- RAMÍREZ, H. 1995. Los acueductos de Zempoala y Xalpa: sitios históricos de la ingeniería civil. noviembre. *Revista Ciencia Ergo* 3(2): 23-56.
- RAO, P. 2000. *Desarrollo sostenible: Economía y política*. Blackwell. Oxford, Reino Unido.
- RESTREPO, I. 2004. Tendencias mundiales en la gestión de recursos hídricos: desafíos para la ingeniería del agua. *Colombia, Ingeniería y Competitividad* 6 (1): 63 – 71.
- RESTREPO, I. 2008. *Sostenibilidad hídrica en comunidades rurales España*. Ed. Expoagua Zaragoza 2008 SA. Zaragoza España. 287p
- RESTREPO, I., L. SANCHEZ, A. GALVIS, J. ROJAS, I. SANABRIA. 2007. *Avances en investigación y desarrollo en Agua y Saneamiento para el cumplimiento de las metas del milenio*. Ed. Programa Editorial Universidad del Valle. Colombia. 532 p.
- RIJSBERMAN, M. y F. VAN DE VEN. 2000. Different approaches to assessment of desing and management of sustainable urban water systems. *Environmental Impact Assessment Review* 20: 333-345.

- RODENAS, M. 2010. *El agua en Latinoamérica*. Comisión de Agua y Energía del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, España. 10 p.
- ROJAS, F. 2010. *Gobernabilidad y Gobernanza. De la Teoría a la Práctica*. Aplicación a los servicios de agua potable y saneamiento. Aneas. México DF., México. 163 p.
- ROJAS, F. 2014. *Políticas e institucionalidad en materia de agua potable y saneamiento en América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Naciones Unidas. Serie Recursos Naturales e Infraestructura 166. Santiago de Chile, Chile.
- RONIERO DE TERREROS, M. 1949. *Los acueductos de México en historia y en el arte*. UNAM. México DF., México. 143 p.
- RUÍZ, A., M. GARCIA y F. GONZÁLEZ. 2010. Analysis of urban water management in historical perspective: Evidence for the Spanish case. *International Journal of Water Resources Development* 26: 653-674.
- RUÍZ, A., F. GONZÁLEZ y A. PICAZO. 2015. The privatisation of urban water services: theory and empirical evidence in the case of Spain. *Investigaciones Regionales* 31: 157-174.
- SÁNCHEZ, L. y J. MARTINEZ. 2016. *Los Acueductos de Hispania: Construcción y abandono*. Fundación Juanelo Turriano. Madrid, España. 296 p.
- SÁNCHEZ, L., A. GALVIS, I. RESTREPO y M. PEÑA. 2010. *Gestión Integrada del Recurso Hídrico Frente al Cambio Climático*. Ed. Programa Editorial Universidad del Valle. Colombia. 644 p.
- SÁNCHEZ, T., N. RODRIGUEZ y M. SALAS. 2011. *La gestión del agua en España. La unidad de Cuenca*. *Revista de Estudios Regionales* 92. pp: 199-220.
- SILVA, G. 2000. Historia Resumida de la Hidrología Venezolana. *Revista Geográfica Venezolana* 41 (1): 139-166.
- SECHI, M. 1989. La geografía delle acque continentali e dei loro impieghi nell'Italia antica. *Pubbl. dell'Istituto e Labor. di Geografia dell'Univ. di Sassari* 12-14,
- SECHI, M. 2007. Calidad de las aguas e intuiciones de hidrogeología en el libro VIII del de arquitectura de vitruvio. *Espacio y tiempo. Revista de Ciencias Humanas* 21: 63-72.
- SERAGELDIN, I. 1995. Water Resources Management: A New Policy for a Sustainable Future. *Water Resources Development* 11(3):221-232.
- SUAREZ, J., M. GALARZA y R. ORTIZ. 2006. *Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia*. Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Água. João Pessoa Brasil. 12 p.
- TALERO, S. 2004. La Evaluación Ambiental como Herramienta para una Gestión Sostenible de los recursos hídricos en países en desarrollo. Universidad Nacional de Colombia. *Cuadernos de Geografía* 13: 21-37.
- TOELLE, R. 1993. *Archeologia dell'acqua. La cultura idraulica nel mondo classico*. Ed. orig.: Antike Wasserkultur. München, Germany.
- TUCCI, C. 2009. *Integrated urban water management in large cities: a practical tool for assessing key water management issues in the large cities of the developing world*. World Bank. New York, USA.

- TUCCI, C. 2010. *Integrated urban water management in the humid tropics*. Chapter 1, pp. 1-23. In Parkinson, J.N., Goldenfum, J.A., and Tucci, C.E.M. (Eds) *Integrated Urban Water Management: Humid Tropics*. UNESCO-IHP, Urban Water Series. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Paris, France.
- TRITTIN, J. 2001. *A first concrete framework for action has been set up. Water supply and development go hand in hand*. En línea: [http://www.bmu.de/English/topics/speeches/speech\\_trittin\\_011207.php](http://www.bmu.de/English/topics/speeches/speech_trittin_011207.php). [Consultado: 10/12/2016].
- TROPP, H. 2005. *Building New Capacities for Improved Water Governance*. Comunicación presentada en el Simposio Internacional sobre Gobernabilidad del Ecosistema. CSIR Consejo para la Investigación Científica e Industrial. Sudáfrica.
- UNCED. 1992b. *Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development*. A/Conf.151/26. Vol.I - III. Rio de Janeiro, Brazil.
- UNEP. 2000. *Rainwater Harvesting and Utilisation*. International Environmental Technology Centre. United Nations Environment Programme Newsletter and Technical Publications. New York, USA.
- UNEP. 2016. *Cooperación Regional para la sostenibilidad ambiental en la región de América Latina y el Caribe Revisión de las estrategias regionales y subregionales en el marco de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. UNEP/LAC.IGWG.XX/Ref.1. New York, USA. 40 p.
- UN-HABITAT.2011. *Cities and Climate Change: Global Report on Human Settlements 2011*. Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. Earthscan, London.
- UN-WATER. 2010. *Climate Change Adaptation: The pivotal role of water*. UNWaterPolicy Brief. UN-Water. New York, USA.
- UN-WATER. 2014. *A Post-2015 Global Goal for Water: Synthesis of key findings and recommendations from UN-Water*. New York, UN-Water. En línea: [http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/27\\_01\\_2014\\_unwater\\_paper\\_on\\_a\\_post2015\\_global\\_goal\\_for\\_water.pdf](http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/27_01_2014_unwater_paper_on_a_post2015_global_goal_for_water.pdf) [Consultado: 08/11/2016].
- VARGAS, L. 2006. *Plantas de tratamiento de agua Potable y operaciones unitarias*. En línea: <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manual/tomol/tres.pd>. [Consultado: 09/12/2016].
- VARGAS, V. y I. RESTREPO. 2013. *Principios generales sobre la cuenca hidrográfica como un sistema, los ecosistemas asociados y sus servicios ecosistémicos. Colombia, Sociedad y Servicios Ecosistémicos*. Perspectivas desde la Minería, los Megaproyectos y la Educación Ambiental, Capitulo de Libro. Ed. Programa Editorial de la Universidad del Valle. Colombia. pp: 376 – 391.
- VARGAS, V. y RESTREPO,I. 2011. *Una revisión de modelos de apoyo a la decisión (DSS) para la gestión integral del recurso hídrico*. Colombia. Gestión Integrada Del Recurso Hidrico Frente Al Cambio Climático, Capitulo de Libro. Ed. Programa Editorial de la Universidad del Valle. Colombia. pp: 491 - 501.
- VELEZ , C. 2008. *Optimization of urban wastewater systems using model based design and control. Case study of Cali, Colombia*. Saneamiento básico y ambiental en América Latina. Ed. Editorial Litocenco. Colombia. pp: 358 – 370.

- VENEZUELA. 1999. *Constitución de la República Bolivariana de Venezuela*. Gaceta Oficial N° 36860 Extraordinario. Caracas, Venezuela. 35 p.
- VENEZUELA. 2007. *Ley Orgánica de Aguas*. Gaceta Oficial N° 35595 Extraordinario. Caracas, Venezuela. 34 p.
- VENEZUELA. 2001. *Ley Orgánica para la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento*. Gaceta Oficial N° 5.568 Extraordinario. Caracas, Venezuela. 15 p.
- VENEZUELA. 2013. *Ley del Plan de la Patria. Segundo Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2013-2019*. Gaceta Oficial N° 6118 Extraordinario. Caracas, Venezuela. 21 p.
- VISSCHER, J. 1996. *Tendencias en la Política del Sector Agua y Saneamiento en Procesos de Cambio*. Conferencia Internacional Mejoramiento de la Calidad de Agua. Universidad del Valle. Colombia.
- VIOLLET, L. 2001. *L'Hydraulique dans les civilisations anciennes Presses Ponts et Chaussées*. París, France.
- VITRUVIO, P. 1978 . *Dell'architettura, a cura di G. Florian*. Pisa, Italy.
- VITRUVIUS, M. 1960. *The ten books of architecture*. Dover. New York, USA.
- VOINOV, A., y SMITH, C. 1998. *Las dimensiones de la sostenibilidad*. En línea: <http://www.uvm.edu/giee/AV/PUBS/>. [Consultado: 11/11/2016].
- WWC. 2009. Final Report, Fifth World Water Forum. World Water Council. Istanbul, Turque.
- WWAP. 2009. *3rd United Nations World Water Development Report: Water in a Changing World. Capítulo 2*. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. En línea: [www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/pdf/12\\_WWDR3\\_ch\\_2.pdf](http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/pdf/12_WWDR3_ch_2.pdf) [Consultado: 12/11/2016].
- WWAP. 2009b. *Messages to Urban Mayors and Local Governments*. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. UNESCO-wwap. París, France.
- WWAP. 2010. *Water for sustainable urban human settlements*. Nota informativa. En línea: [www.unwater.org/downloads/WWAP\\_Urban\\_Settlements\\_Web\\_version.pdf](http://www.unwater.org/downloads/WWAP_Urban_Settlements_Web_version.pdf) [Consultado: 09/12/2016].
- WWAP. 2014. *The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy*. UNESCO. París, France. En línea: <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002257/225741E.pdf> [Consultado: 13/11/2016].
- WWAP. 2015. *The United Nations World Water Development Report 2015: Water and Sustainable World*. UNESCO. París, France. En línea: <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002318/231823E.pdf> [Consultado: 14/11/2016].
2016. *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: Agua y Empleo*. UNESCO. París, France. 164 p.
- WWAP. 2009a. *Tercera edición del Informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo: El agua en un mundo en constante cambio*. WWDR3: Tercer Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas París, UNESCO y Londres, Earthscan.
- WHO. 2010. *Progress on sanitation and drinking-water: 2010 update*. World Health Organization y Unicef, Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia WHO Press, Ginebra, Suiza. En línea:

[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/9789241563956/en/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/9789241563956/en/index.html).  
[Consultado: 18/11/2016].

WORLD BANK. 2002. *Más Allá Crecimiento Económico*. Glosario. G. d. B. Mundial. En línea: <http://www.worldbank.org/depweb/spanish/beyond/global/glossary.html>. [Consultado: 18/11/2016].

WORLD BANK. 2010. *Cities and climate change: an urgent agenda*. Vol. 10. The World Bank. Washington DC., USA.

WORLD BANK. 2007. *México: Water Public Expenditure*. Washington DC., USA. pp: 149-153.

WRI, 2012-2015. *Informes de Escasez de Agua en el Mundo*. World Resources Institute. En línea: <http://www.wri.org/our-work/topics/water> [Consultado: 08/12/2016].

ZAPATA, S. 2011. *The economic value of basin protection to improve the quality and reliability of potable water supply: the case of Loja, Ecuador*. Water Policy In Press © IWA . En línea: <http://www.iwaponline.com/wp/up>. [Consultado: 09/12/2016].