

**COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE  
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS EN CHILE, COSTA RICA Y  
COLOMBIA, COMO SE VEN AFECTADAS LAS ZONAS RURALES Y  
APORTE DESDE LA INGENIERÍA QUÍMICA**

**MARIA ALEJANDRA GARCÍA MORA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL, CIVIL Y  
QUÍMICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

**PAMPLONA, Junio 10 de 2020**

**COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE  
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS EN CHILE, COLOMBIA Y  
COSTA RICA COMO SE VEN AFECTADAS LAS ZONAS RURALES Y  
APORTE DESDE LA INGENIERÍA QUÍMICA**

**MARIA ALEJANDRA GARCÍA MORA**

**Trabajo de monografía presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERA QUÍMICA**

**Director: ALEXANDER LUNA CORTÉS**

Ingeniero Químico Esp. MSc

**PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL, CIVIL Y  
QUÍMICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

**Pamplona, Junio 10 de 2020**

A mis padres Milton y Cecilia  
Por su apoyo incondicional,  
A mis hermanos por enseñarme  
Lo que es tener un amigo  
Y a mi pequeña Valeria por recordarme  
El valor de una sonrisa.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero darle gracias a Dios porque de no haberme puesto en este camino, al día de hoy no podría haber vivido tanto a mi corta edad, gracias a Él por permitirme conocer a mis seres queridos. A mis padres por permitirme crecer como una persona fuerte y de buen corazón, a ellos les debo todo lo que respecta a mi vida terrenal, sin ellos no hubiera aprendido que era caerse y volverse a levantar cada vez más fuerte. A mi hermano mayor Gerson Andrés al cual siempre honrará su memoria con quien aprendí que la solución está quizás a solo un paso más adelante, que solo hay que seguir intentando; le agradezco haberme dejado a la niña de mis ojos y recordarme que tengo una razón más para ser feliz. A mi hermano Edwin por ofrecerme su amistad incondicional y quien me ha apoyado en cada idea loca y es mi modelo a seguir. A mi abuela y a mi tía Gloria quienes fueron mis primeras maestras. Por último, pero no menos importante a mi mejor amiga Sanmiguel, que me dijo un día: “no puedes dejar un libro a medias, debes terminarlo”. Nunca podré agradecerles por hacer mi vida maravillosa, sin ustedes no sería quien soy ahora, infinitas gracias.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	9
1. JUSTIFICACIÓN .....	10
2. OBJETIVOS .....	11
2.1 Objetivo general .....	11
2.2 Objetivos específicos.....	11
« El Agua es la fuerza motriz de toda la naturaleza ».....	12
3. Problematicas por falta de saneamiento ambiental en relación con acueductos y alcantarillados en chile, colombia y costa rica.....	12
4. Características hidrologicas .....	13
5. Factores políticos .....	16
6. Factores Economicos y SOCIALES .....	20
7. Implementación de programas y proyectos para el manejo y el establecimiento de sistemas de saneamiento para agua potable.....	23
7.1 desarrollo de programas de aporte al saneamiento de agua potable en zonas rurales: 23	
7.1.1 Programa de Agua Potable Rural (APR): .....	23
7.1.2 Instituto Costarricense de Acueducto y Alcantarillado (AyA): .....	25
7.1.3 ASIR-SABA: .....	27
8. El papel de la ingeniería química en el saneamiento ambiental con relación a los sistemas de acueducto y alcantarillado.....	27
9. CONCLUSIONES .....	29
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Leyes y códigos de Chile.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabla 2. Leyes y decretos de Costa Rica .....**Error! Bookmark not defined.**

Tabla 3. Leyes y decretos de Colombia.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabla 4. Proyectos del Programa Abastecimiento de Agua Potable en Comunidades Rurales.  
.....**Error! Bookmark not defined.**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de un Sistema de Agua Potable en Zonas Rurales **1Error! Bookmark not defined.**

Figura 2. Esquema de un Sistema de Agua Potable en Zonas Urbanas **1Error! Bookmark not defined.**

Grafico 1. Agua disponible en países de estudio Vs promedio mundial **1Error! Bookmark not defined.**

## GLOSARIO

**Saneamiento Ambiental:** El saneamiento ambiental se define como la acción de reducir la contaminación para proteger la salud ambiental de un determinado espacio.

**Acueducto:** Conducto para transportar agua, generalmente en grandes cantidades para abastecer a una población.

**Alcantarillado:** Se denomina alcantarillado o red de alcantarillado al sistema de estructuras y tuberías usadas para el transporte de aguas residuales o servidas (alcantarillado sanitario), o aguas de lluvia, (alcantarillado pluvial) desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten a cauce o se tratan.

**Uso no consuntivo:** El uso no consuntivo del agua es aquel en el que no existe pérdida de agua, debido a que la cantidad que entra es la misma o aproximadamente la que termina con el proceso.

**Escorrentía Superficial:** Es aquella que describe el flujo del agua, lluvia, nieve, u otras fuentes, sobre la tierra, y es un componente principal del ciclo del agua.

**Precipitaciones:** Es la caída de agua desde la atmósfera hacia la superficie terrestre. La precipitación forma parte del ciclo del agua que mantiene el equilibrio y sustento de todos los ecosistemas.

**Dragado:** Es la utilización de una draga para lograr la limpieza y el ahondamiento de un río, un lago, un canal u otro cuerpo de agua.

**Agua Potable:** Es el agua apta para consumo humano, es decir, el agua que puede beberse directamente sin causar riesgo alguno para la salud.

## INTRODUCCIÓN

En diversos países del mundo se presentan problemas como el cambio climático, las diferentes opiniones políticas, cambios sociales bruscos, economías decadentes. A raíz de esto se ven afectadas diversas familias. Según la Comisión económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) para el año 2018, cerca de 185 millones de personas estaban en un nivel de pobreza y 66 millones de personas estaban en hogares con pobreza extrema, desde el año 2015 aumentaron dichos niveles de pobreza en especial la pobreza extrema, apaciguándose entre 2017 y 2018. Sin embargo, en 2018 la pobreza total superó en 2,3 puntos porcentuales a la que se registró en 2014. Asimismo la pobreza extrema aumento en 2,9 puntos porcentuales entre 2014 y 2018.<sup>1</sup>

La pobreza y la desigualdad están ligados al cambio climático, en los últimos 100 años el planeta ha aumentado su temperatura en 0,75°C se estima que en años posteriores se aumenten 0,18°C por década, los cambios en la temperatura elevan los riesgos a padecer enfermedades en las diferentes poblaciones y daños a los ecosistemas. Las inundaciones o en caso contrario las sequias, son los principales causantes de enfermedades afectando los recursos hídricos, disminuyendo el agua disponible para beber y afectando el saneamiento ambiental, ya que los sistemas de acueducto y alcantarillado no serían muy eficientes.<sup>2</sup> En estudios realizados por el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) los niños que viven en áreas urbanas gozan de mejores servicios de agua potable y saneamiento que aquellos que viven en zonas rurales.<sup>3</sup> Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el agua contaminada y el saneamiento deficiente se relaciona con enfermedades como el cólera entre otras.<sup>4</sup> Además de los factores sociales y ambientales, es necesario tener en cuenta los políticos y económicos.

Debido a esto surge la necesidad de examinar detenidamente dichos factores que podrían estar involucrados en esta problemática. Este trabajo estará un enfocado en tres países de América latina: Chile, Colombia y Costa Rica, con el fin de comparar sus sistemas de saneamiento ambiental que involucran sus sistemas de acueducto y alcantarillado. Una vez determinados los posibles factores de dicho problema seguidamente se realiza una propuesta concreta en base a propuestas ya aceptadas en otros países en donde la cobertura alcanza un valor del 100% en base a artículos científicos y reportes en donde se hayan analizado mejorías por medio de la Ingeniería química y sus campos relacionados.

## **1. JUSTIFICACIÓN**

La escasez de agua potable en el mundo está relacionada con factores políticos, económicos, sociales y ambientales. Los gobiernos están en la capacidad de administrar los recursos para el saneamiento ambiental y establecer estrategias para gestionar y distribuir agua de forma correcta. Por otro lado, las propias comunidades no son conscientes del cuidado que se debe tener respecto con el medio ambiente puesto que en algunas áreas la disponibilidad de agua es mínima y en los lugares donde abunda se le da un mal manejo.<sup>5</sup> Más de 2.000 millones de personas viven en países que sufren de escasez de agua y casi 4.000 millones de personas tienen una grave escasez de agua al menos durante un mes por año. La escasez aumentará con el crecimiento de la demanda y el cambio climático sea más drástico.<sup>6</sup> Es de vital importancia hacer un chequeo por el manejo del saneamiento ambiental en el área de acueducto y alcantarillado a las poblaciones que están asentadas en las zonas rurales de países como Chile, Colombia y Costa Rica. Además, proponer en base a soluciones ya expuestas a lo largo de los años una única solución a esta problemática desde la ingeniería química. Con el fin de dejar una puerta abierta a futuros proyectos en donde se mejore la calidad de vida de las personas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Recopilar datos actualizados sobre saneamiento ambiental en el área de acueducto y alcantarillado en tres países de Latinoamérica, enfocándonos en Chile, Colombia y costa rica y comparándolos entre ellos para dar una posible solución a las problemáticas presentes en zonas rurales de cada país.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar los factores políticos, sociales, económicos y medio ambientales en países que presentan problemáticas de saneamiento enfocado en sistemas de acueducto y alcantarillado.
- Exponer una idea solida a base de investigaciones anteriores sobre cómo mejorar los sistemas de acueducto y alcantarillado desde la perspectiva de la ingeniería química.

*« El Agua es la fuerza motriz de toda la naturaleza »*

Leonardo Da Vinci

### **3. PROBLEMATICAS POR FALTA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL EN RELACION CON ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS EN CHILE, COLOMBIA Y COSTA RICA**

La vida del hombre depende estrictamente del agua; se puede vivir en promedio de 3 a 5 días sin el preciado líquido. En la actualidad aún se presentan diversas problemáticas relacionadas al manejo del recurso hídrico. La distribución de agua potable, el manejo de los recursos, las inversiones, la sequía son solo algunos de los factores que producen miles de muertes al año en el mundo, a continuación se verán de forma más detallada cada uno de estos problemas, las poblaciones más afectadas son las zonas rurales y las zonas urbanas que están en vía de desarrollo ubicadas cerca a las ya desarrolladas urbes.

En Chile y Costa Rica el abastecimiento de agua potable por medio de sistemas de acueducto y alcantarillado supera en gran medida a Colombia, en donde el abastecimiento de agua potable no alcanza si quiera el 100% en zonas urbanas. Sin embargo, no todo es color de rosa para Chile y Costa Rica, ellos no se salvan de tener aún problemas en cuanto al abastecimiento total del agua en sus zonas rurales. En Chile por ejemplo reportes del Consejo de Políticas de Infraestructura sugiere que la falta de agua afecta a las familias en comunidades rurales y por consiguiente disminuye la calidad de vida, donde el Programa de Agua Potable Rural (APR) no satisface las necesidades de toda la población.<sup>7</sup> Así como el reporte anterior se pueden nombrar varios ejemplos más de lo que ocurre realmente con los sistemas de saneamiento ambiental en áreas donde la población está dispersa.

En el caso de Costa Rica, en algunas zonas del país como Chorotega, sufren la escasez de agua y en áreas como la provincia de Cartago el agua es abundante. Costa Rica es uno de los países con mejor acceso a fuentes de agua, en zonas urbanas cuenta con un porcentaje del 99% y en zonas rurales con un valor del 92%. Además, el 98,2% de la población costarricense cuenta con servicios de agua para consumo humano distribuido por 2.235 acueductos. Lo anterior no quiere decir que al tener ese porcentaje de cobertura tanto en zonas urbanas como rurales, el total del agua sea de calidad, ya que solo el 94,2% de la población recibe agua por medio de

un acueducto, el 81,2% obtiene agua de calidad potable y el 17% de la población tiene agua no potable.<sup>8</sup>

Para Colombia los inconvenientes no son tan diferentes con Costa Rica y Chile, en el país según las acciones del Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE) en 1950 el 61% de la población vivía en zonas rurales, mientras que en 2017 la población era del 20% y se estima que para el 2050 solo el 12% de la población viva en áreas rurales,<sup>9</sup> lo que quiere decir que posiblemente en años posteriores siga disminuyendo la población asentada en zonas rurales, mientras tanto un factor que desfavorece a la población de estas zonas es la falta de información sobre los sistemas de saneamiento relacionados con acueducto y alcantarillado, la información que se tiene actualmente fue recolectada en el año 2009 por la Superintendencia de Servicios Públicos domiciliarios (SSPD) con el desarrollo de un aplicativo conocido como el SUI Rural que no logro cumplir con las necesidades de la población.<sup>10</sup> En un estudio realizado por la Universidad de Caldas en el Meta, se identificaron varios sistemas de captación para abastecimiento de agua, ya sea por medio de aljibes, acueducto comunitario y captación de nacederos, de igual forma se identificaron tres zonas importantes, la zona alta, media y baja. En la zona alta donde hay una población de 8.433 habitantes, la comunidad se encuentra de forma dispersa y su sistema de captación es principalmente de las nacientes, en zona media la población es de 1.424 habitantes y su sistema de abastecimiento es por aljibes y finalmente se encuentra la parte baja donde hay 4.317 habitantes su sistema de captación es el acueducto comunitario. En este caso el agua es abundante pero se presentan problemas de abastecimiento por motivos de mala administración debido a que el agua puede ser destinada a otros usos como la industria.<sup>11</sup>

#### **4. CARACTERÍSTICAS HIDROLOGICAS**

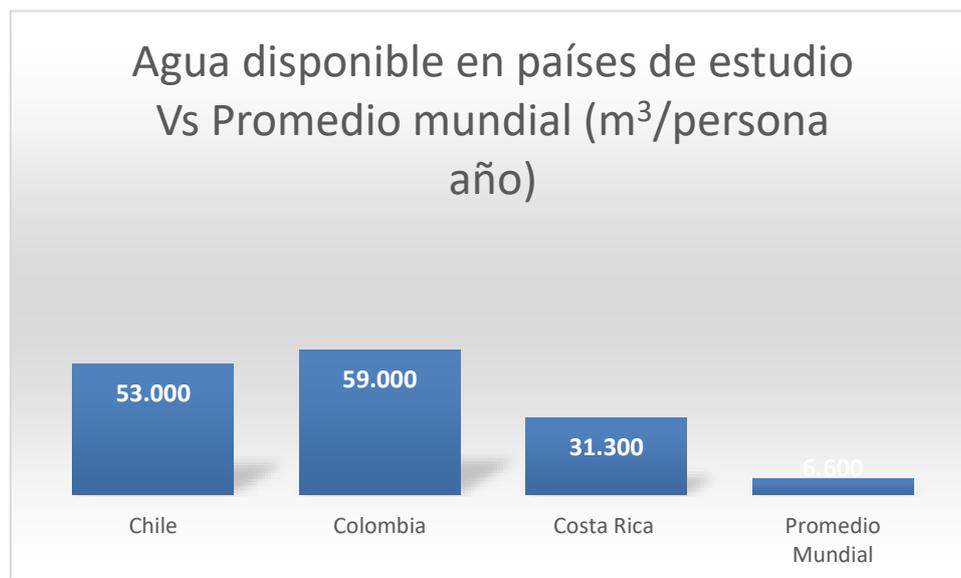
Para evaluar más de cerca las problemáticas presentadas anteriormente, es necesario conocer cuáles son las características hidrológicas de los países en estudio. Si bien, análisis como los de la Universidad de Caldas en Colombia no son los únicos en materia relacionados al abastecimiento de agua potable y saneamiento ambiental; allí se menciona el hecho de que hay abundante agua, entonces a menos que el problema no sea la mala distribución del recurso hay que evaluar con que cantidad de agua se cuenta actualmente en cada país.

Las cumbres chilenas almacenan agua durante los inviernos en forma de hielo y nieve para sus meses de sequía, es así como se abastece el país. Las condiciones climáticas son aptas para usar mejor el territorio en el área central donde los climas son más tropicales. <sup>12</sup> En Chile la región que cuenta con un número mayor de precipitaciones es Aysén, que supera por mucho a Antofagasta la cual tiene la menor cantidad de lluvias; las precipitaciones son abundantes en el sur del país con un cantidad disponible de 10.000 m<sup>3</sup>/persona por año y a su misma vez son escasas en el norte con una disponibilidad de 800 m<sup>3</sup>/persona por año. A pesar de tener características climáticas variadas, cuenta con una escorrentía media total de 53.000 m<sup>3</sup>/persona por año, lo que significa que en el país abunda el agua a comparación de la media mundial con un valor de 6.600 m<sup>3</sup>/persona por año y un valor superior a 2.000 m<sup>3</sup>/persona por año que corresponde a la cifra de estándares internacionales a un umbral de desarrollo sostenible para la sociedad. Por otro lado Chile cuenta con un gran volumen de agua subterránea, pero debido a que el principal interés está en las aguas superficiales no se sabe con exactitud el volumen total. En algunos casos la demanda de agua es mayor al valor disponible en la región, todo depende de la cantidad de habitantes. Se debe tener en cuenta que en algunas regiones la demanda del recurso corresponde a usos no consuntivos. <sup>13</sup> A pesar de tener altos valores de agua, Chile lleva años atravesando por sequía, el crecimiento de las industrias no hace un aporte importante a disminuirla, sino que al contrario parte del volumen de agua usado para estos propósitos podrían ser bien administrados para abastecer a comunidades rurales, en el año 2017 Chile sufrió de varios incendios forestales, además de esto la tala incontrolada de árboles disminuye el caudal de ríos y humedales. <sup>14</sup>

Por otro lado, gracias a sus características de relieve Colombia a diferencia de Chile cuenta con una precipitación media anual de 3.000 mm, lo que lo convierte en un país con un recurso hídrico grande en comparación con otros países. Un 61% de su volumen de precipitación anual se convierte en escorrentía superficial, lo que genera un caudal medio de 66.344 m<sup>3</sup>/s que equivale a un volumen por año de 2.113 Km<sup>3</sup> que fluye por sus cinco vertientes hidrográficas, sus caudales están distribuidos de la siguiente forma: Amazonia con 22.185 m<sup>3</sup>/s, Orinoquia con 21.399 m<sup>3</sup>/s, Caribe con 15.430 m<sup>3</sup>/s, Pacífico de 6.903 m<sup>3</sup>/s y Catatumbo de 427 m<sup>3</sup>/s respectivamente. Su volumen de agua subterránea no se ha logrado cuantificar de forma total lo cual hace que estas aguas solo sean un complemento a las aguas superficiales. La oferta hídrica de escorrentía superficial per cápita total es de 59.000 m<sup>3</sup>/hab/año pero la oferta accesible anual solo es de 12.000 m<sup>3</sup>/hab/año. <sup>15</sup>

Por último en contra parte de Colombia y Chile encontramos a Costa Rica, ubicado en el centro de América, el país cuenta con pantanos y lagunas que se van convirtiendo en bosques muy húmedos. Sus costas y empinadas, son alternadas con pequeñas playas arenosas y extensos manglares. Su cantidad alta de lluvia y su relieve convierten a este país en fuente de potencial hidroeléctrico, a su misma vez cuenta con un excelente sistema de riego y de agua potable. Además, el recurso hídrico subterráneo está calculado en 350 m<sup>3</sup>/s. <sup>16</sup> El recurso hídrico estimado para Costa Rica es de 11.000 millones de m<sup>3</sup> distribuidos por dos vertientes Caribe y Pacífico. Además, cuenta con 34 cuencas hidrográficas y precipitaciones que fluctúan entre 1.300 mm y 7.500 mm/ anuales, dispone de más de 31.300 m<sup>3</sup>/persona por año y tiene la tasa de extracción hídrica per cápita más elevada de Latinoamérica. <sup>17</sup>

A continuación se presenta un gráfico comparativo de los recursos hídricos en los países mencionados anteriormente:



**Gráfico 1. Agua disponible en países de estudio Vs Promedio mundial.**

En el gráfico 1 se puede observar que el factor común de estos tres países es que todos y cada uno es rico en fuentes hídricas, incluso sus valores de agua disponible por persona superan en gran porcentaje a la media mundial; lo que lleva a indagar más a fondo por qué en zonas rurales no hay abastecimiento suficiente de agua potable y como se conecta esta problemática con la ausencia de acueducto y alcantarillado. Por este motivo surgen normas, leyes y decretos los

cuales al cumplirse de forma correcta se logre solventar a toda la población de estos países, y además verificar los proyectos que se ejecutan para las diferentes regiones de cada país.

## 5. FACTORES POLITICOS

Los países aquí tratados se eligen de manera aleatoria ya que si bien todos son latinoamericanos no todos tienen las mismas leyes, decretos, normas y resoluciones, con este propósito se toma como muestra a Chile ubicado en la zona sur de Sur América, Colombia ubicado en la zona norte de Sur América y Costa Rica ubicado en América Central, a continuación se presenta un breve recorrido por las leyes, normas, decretos y programas más relevantes en materia de discusión en cuanto a el saneamiento ambiental con sistemas de acueducto y alcantarillado:

Siguiendo lo anterior Chile se ve reflejada en varias leyes y códigos como los siguientes:

**Tabla 1.**  
*Leyes y Códigos de Chile.*

<i>Ley 19300</i>	Sobre bases Generales del Medio Ambiente y de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, corresponde a un esfuerzo de la División Jurídica y del Departamento de Comunicaciones del Ministerio del Medio Ambiente, para contar con un texto actualizado de la señalada ley, además del texto legal que crea la Superintendencia del Medio Ambiente.
<i>Código de aguas</i>	Encargado de la gestión de las aguas en Chile.
<i>Código Sanitario</i>	El Código Sanitario el cual rige todas las cuestiones relacionadas con el fomento, protección y recuperación de la salud de los habitantes de la República, salvo aquellas sometidas a otras leyes.

De

acuerdo a las leyes y códigos mencionados en la tabla 1 en relación con el medioambiente y el saneamiento ambiental con respecto a los sistemas de acueducto y alcantarillado chilenos es

vital mencionar el Ministerio de Secretaria General de la Presidencia en materia de Medio Ambiente quien dicto la Ley 19300 para la protección del medio ambiente la cual menciona en su Artículo 10° que: “Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualquiera de sus fases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental, son los siguientes: a) Acueductos, embalses o tranques y sifones que deban someterse a la autorización establecida en el artículo 294 del Código de Aguas, presas, drenaje, desecación, dragado, defensa o alteración, significativos, de cuerpos o cursos naturales de aguas; o) Proyectos de saneamiento ambiental, tales como sistemas de alcantarillado y agua potable, plantas de tratamiento de aguas o de residuos sólidos de origen domiciliario, rellenos sanitarios, emisarios submarinos, sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos o sólidos”<sup>18</sup>.

Por su parte el artículo 294° del código de aguas dice: “ Requerirán la aprobación del Director General de Aguas, de acuerdo al procedimiento indicado en el Título I del Libro Segundo, la construcción de las siguientes Obras: a) Los embalses de capacidad superior a cincuenta mil metros cúbicos o cuyo muro tenga más de 5m de altura; b) Los acueductos que conduzcan más de dos metros cúbicos por segundo; c) Los acueductos que conduzcan más de medio metro cúbico por segundo, que se proyecten próximos a zonas urbanas, y cuya distancia al extremo más cercano del límite urbano sea inferior a un kilómetro y la cota de fondo sea superior a 10 metros sobre la cota de dicho límite, y d) Los sifones y canoas que crucen cauces naturales. Quedan exceptuados de cumplir los trámites y requisitos a que se refiere este artículo, los Servicios dependientes del Ministerio de Obras Públicas, los cuales deberán remitir los proyectos de obras a la Dirección General de Aguas dentro del plazo de seis meses contado desde la recepción final de la obra, para su conocimiento, informe e inclusión en el Catastro Público de Aguas.”<sup>19</sup>

Por lo anterior en la República de Chile tienen un Código llamado el Código de Aguas que fue aprobado en 1951 y modificado desde 1967 hasta 1981. El código declara que los recursos hídricos son propiedad pública y que el gobierno nacional puede otorgar derechos privados a usar esa propiedad. El código de aguas es uno de los documentos más importantes de normativa en cuanto a aguas en Chile.<sup>20</sup>

Para los sistemas de acueducto y alcantarillado los artículos representativos del código de aguas son: título IV: de los cauces de aguas, el artículo 38, título VII: de las servidumbres e hipotecas:

c) De la servidumbre de acueducto: Artículos 76 hasta el 92, donde se pronuncia como se debe realizar el manejo de los acueducto de acuerdo a los dueños del recurso hídrico.<sup>21</sup>

Igualmente Chile cuenta con el código sanitario encargado de hacer cumplir la legislación de salud pública, las leyes aquí expuestas van de la mano con el medio ambiente y los sistemas de agua potable. En su artículo 69° dicta que: no podrá iniciarse la construcción o remodelación de una población sin que el Servicio Nacional de Salud haya aprobado previamente los servicios de agua potable y de alcantarillado o desagües.<sup>22</sup>

Mientras que en Chile el código de aguas define al agua como una propiedad y no como un bien común de libre acceso, en Costa Rica el asunto legal es un poco distinto, el gobierno del país en discusión evoluciona en sus leyes para la protección del agua. De ese modo nacen las leyes y decretos mencionados a continuación:

**Tabla 2.**  
*Leyes y decretos de Costa Rica.*

<i>Ley de Aguas 1942</i>	De las aguas públicas en el país.
<i>Ley Orgánica del Ambiente</i>	Encargada de dar a los costarricenses y al Estado, los instrumentos necesarios para conseguir un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.
<i>Decreto 30480</i>	Determina los principios que regirán la política nacional en materia de gestión de los recursos hídricos, y deberán ser incorporados, en los planes de trabajo de las instituciones públicas relevantes.

En base a las leyes y decretos que se muestran en la tabla 2, el ente encargado de la gestión del sector hídrico es el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), quien tiene la responsabilidad de la coordinación interinstitucional y la dirección de las instituciones involucradas para la ejecución de las políticas hídricas.<sup>23</sup> En el año 2009 MINAE hace pública la Política Hídrica Nacional donde se detallan los lineamientos a seguir en el tema hídrico en el país. Sin embargo, el avance en estas políticas no tiene progreso significativo desde entonces por falta de recursos financieros y recursos humanos. De la mano con este organismo está la Ley de aguas de 1942, que en su Artículo 17 hace referencia al aprovechamiento de las aguas públicas,<sup>24</sup> Además, la Ley Orgánica del ambiente N°7554 tiene el objetivo en su Artículo 1 de dotar a los

costarricenses y al estado de los instrumentos necesarios para conseguir un ambiente sano y ecológicamente equilibrado y en su capítulo XII declara al agua como un dominio público que se debe conservar para uso sostenible de interés social, desde su Artículo 50 hasta el 52.<sup>25</sup> Por ultimo, pero no menos importante Costa Rica en su decreto 30480 determina los principios que regirán la política nacional en materia de gestión de los recursos hídricos que deberán ser incorporados en los planes de trabajo de las instituciones públicas de importancia.<sup>26</sup>

Una vez expuesto las leyes, códigos y decretos chilenos y costarricenses, en la siguiente tabla se hace referencia a algunos de los decretos y leyes implicados en Colombia en cuanto al agua y el saneamiento ambiental relacionado con los sistemas de acueducto y alcantarillado, así:

**Tabla 3.**  
*Leyes y decretos de Colombia.*

<i>Decreto 2811</i>	Las disposiciones de esta parte regulan el aprovechamiento de las aguas no marítimas en todos sus estados y formas.
<i>Ley 99 de 1993</i>	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, se dictan otras disposiciones.
<i>Ley 373 de 1997</i>	Por la cual se estable el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
<i>Ley 1753 de 2015</i>	“Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país”.

Además de los decretos y leyes en la tabla 3, los organismos encargado son el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente), según la legislación del agua, algunas de las principales normas aplicables y vigentes en materia del recurso hídrico son las siguientes: Decreto de Ley 2811 de 1974 donde se tratan las aguas no marítimas y donde se declara al agua según el Artículo 80 del capítulo II como un bien de dominio público, inalienable e imprescriptible, exceptuando aquellas a las cuales se les otorguen derechos privados con arreglo de ley.<sup>27</sup> Asimismo la Ley 99 de 1993 de diciembre 22 dicta en su Artículo 45, parágrafo 2 que: “Se entiende por saneamiento básico y mejoramiento ambiental la ejecución de obras

de acueductos urbanos y rurales, alcantarillados, tratamientos de aguas y manejo y disposición de desechos líquidos y sólidos.<sup>28</sup> Cabe resaltar que quizás una de las leyes más importantes en relación al manejo del recurso hídrico en Colombia es la Ley 373 de 1997, haciendo énfasis en su artículo 1 el cual señala que todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el uso eficiente y de ahorro de agua, entre los programas para uso eficiente de las entidades que requieren adoptar esta medida son los prestadores de los servicios de acueducto y alcantarillado.<sup>29</sup> Las leyes y decretos nombrados anteriormente no son los únicos en materia para medio ambiente. Además de estas existe el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) creado en el año 2000. Pero, quizás una de las leyes más importantes y actualizadas de Colombia es la Ley 1753 de 2015 la cual en su artículo 18 ordena al Gobierno Nacional a construir esquemas para la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado en zona rurales.<sup>30</sup>

## **6. FACTORES ECONOMICOS Y SOCIALES**

Teniendo claras las leyes manejadas en cada uno de los países en estudio se mostraran algunos de los factores económicos y sociales que pueden afectar el abastecimiento de agua potable y el saneamiento ambiental relacionados con los sistemas de acueducto y alcantarillado, ya que estos factores se relacionan entre si puesto que los ingresos como factor económico y la falta de los mismos limitan el acceso a la educación, a una vivienda digna y a la salud.

En Costa Rica en el periodo de 2014-2018 un informe de gestión de Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) mostro que gracias a asociaciones como Fondo de Desarrollo Social y Asignaciones Familiares (FODESAF), la Dirección de Desarrollo Social y Asignaciones Familiares (DESAF), la Junta de Desarrollo Regional de la Zona Sur (JUDESUR), el Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) se contempló la construcción de un total de 40 sistemas comunales para 148.611 personas por un monto de 9.557.328.114 USD, a continuación se presenta la inversión de los proyectos finalizados, en ejecución y que estaban por iniciarse en ese periodo de tiempo<sup>31</sup>:

**Tabla 4.****Proyectos del Programa Abastecimiento de Agua Potable en Comunidades Rurales. (2014-2018).****Fuente: Gestión del AyA 2014-2018 Por el derecho al agua potable y al saneamiento.**

Región Socioeconómica	Finalizados			En ejecución			Por iniciarse		
	Cant.	Inversión (USD)	Benef.	Cant.	Inversión (USD)	Benef.	Cant.	Inversión (USD)	Benef.
Brunca	3	2.471.933.193	2,193	4	5.326.346.043	6,717	-	-	-
Central	1	542.318.442	1,044	2	186.655.551	1,550	2	362.471.193	4,545
Chorotega	3	185.160.275	2,220	2	243.328.568	2,645	2	848.118.839	28,944
Huertar Caribe	5	1.209.355.98	6,794	3	1.078.649.49	11,88	1	989.018.660	705
Huertar Norte	5	6.905.351,072	29	3	1.414.265.18	24,11	3	4.677.287,983	21,940
Pacífico Central	1	681.099,100	4,327	-	-	-	-	-	-

En la tabla anterior se puede observar que se construyeron 17 sistemas con una inversión total de 11.484.751.61 USD donde se beneficiaron 43.908 habitantes. De la misma manera se puede ver que se iniciarían ocho proyectos más con una inversión de 6,90438 USD.<sup>31</sup> El informe de inversiones de Costa Rica 2010-2030 estimo que para el 2030 será necesaria una inversión de \$3.000 millones de USD para que los diferentes sectores del país puedan mantener el nivel de cobertura en un 95% y lograr que la población tenga una cantidad suficiente de agua, calidad y continuidad del servicio.<sup>32</sup>

Para el año 2012 la Universidad de Chile realizo un estudio sobre la regulación del servicio de agua potable y de cómo esta tenía consecuencias sobre los índices de pobreza señalando que para dicho año la cobertura de agua potable era casi del 100% en zonas urbanas, mientras que en zonas rurales era difícil tener servicios de saneamiento y agua potable aumentando el riesgo a contraer enfermedades lo que llevaba a la población a no estar en disposición de trabajar y por consiguiente aumentar sus niveles de pobreza<sup>33</sup>.

Sin embargo, Chile ha evolucionado en gran medida la manera en la que dirige los sistemas de abastecimiento de agua potable ya que para el 2014 la cobertura no solo de agua sino que también de alcantarillado tenían valores de 99,9% y 96,65% en zonas urbanas respectivamente. Tan solo para ese mismo año se aprobó la Ley N° 20.998 que regula los servicios sanitarios rurales<sup>34</sup> y con ella la cobertura de agua potable en ese año era del 74% en zonas rurales gracias a un aporte de casi 1.918.159 USD realizado por el Programa de Agua Potable Rural (APR) de la Dirección de Obras Hidráulicas. A pesar de la aceptación de la ley de servicios sanitarios rurales, el abastecimiento totalizado en estas áreas sigue siendo de difícil acceso por las siguientes razones: Dispersión de viviendas, limitaciones geográficas para el acceso a la población, el bajo nivel socioeconómico de los habitantes, el uso de tecnologías no

convencionales para la provisión de servicios, dificultades para ofrecer asistencia técnica y capacitación a los prestadores del servicio con baja capacidad financiera.<sup>35</sup>

No obstante, las inversiones para agua potable en zonas rurales para Chile tuvieron un valor sorprendente, debido a que el país atravesó por un desastre natural que dejó a muchas familias sin agua potable, por esta razón se invirtieron \$9.24 millones de USD para conservar de esta forma 120 sistemas del Programa de Agua Potable Rural. La ley de presupuesto de dicho programa establece que el Ministerio de Obras Públicas (MOP) solo puede invertir en proyectos de provisión de agua potable en zonas rurales.<sup>36</sup> En la estrategia nacional de recursos hídricos entre el periodo comprendido de 2012 a 2015, el reporte dice que para Chile el sector que más consume agua es el agrícola con un valor de 73% y la minería y los usos industriales se llevan el 21% del recurso. Asimismo, la hidroelectricidad tiene un uso no consuntivo. La idea de esta estrategia es que el Estado pueda proporcionar agua potable a las poblaciones semiconcentradas de zonas rurales. Además, el objetivo principal de la estrategia es promover la cultura de conservación del agua por medio de campañas educativas no solo para el sector público sino también para el privado.<sup>37</sup>

En lo que respecta a Colombia el panorama es otro, el Ministerio de Vivienda se encarga de manejar los programas rurales realizándose avances en proyectos como: La ampliación de optimización del sistema de acueducto del corregimiento de Cauca en el municipio de Aracataca (Magdalena), la construcción de sistema de alcantarillado corregimiento de San Rosa de Lima en el municipio de Fundación (Magdalena), obras de conducción de agua potable en el corregimiento de la Chorrera, municipio de Juan de Acosta (Atlántico), etc. El presupuesto destinado a los programas rurales según una última actualización de los datos del Ministerio muestra que durante el periodo comprendido entre 2012-2014 los recursos asignados para este tipo de proyectos fueron de 34,5114 USD con los cuales se esperaba beneficiar a 135 mil habitantes principalmente a comunidades rurales y finalmente ofrecer suministro de agua potable y continuidad en los sistemas de saneamiento, pero desde entonces no existen registros de inversión.<sup>38</sup>

Por sobre la falta de inversión en años posteriores en 2014 se generan otros programas con el fin de solventar las necesidades de las distintas comunidades, pero más allá de esto el país tiene una serie de retos y desafíos en los cuales se deben comprometer todas las instituciones relacionadas para enfrentar el inadecuado marco normativo puesto que de las 20 mil

organizaciones que prestan un servicio de agua y saneamiento en el área rural la mayoría de ellas no tienen autorización legal, legalización que debe hacerse por medio de la Ley 142 de 1994.<sup>39</sup> Adicionalmente se debe realizar el cobro de derechos de conexión, indicadores de gestión y resultados y sistemas alternos de los consumos. La información presentada para las inversiones aún tiene un gran vacío estructural, lo que repercute en el desarrollo.<sup>40</sup>

## **7. IMPLEMENTACION DE PROGRAMAS Y PROYECTOS PARA EL MANEJO Y EL ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO PARA AGUA POTABLE**

Una vez vistos más de cerca los factores ambientales de cada país involucrado se expondrán los programas, proyectos y avances para sistemas de saneamiento ambiental relacionado con los acueductos y alcantarillados:

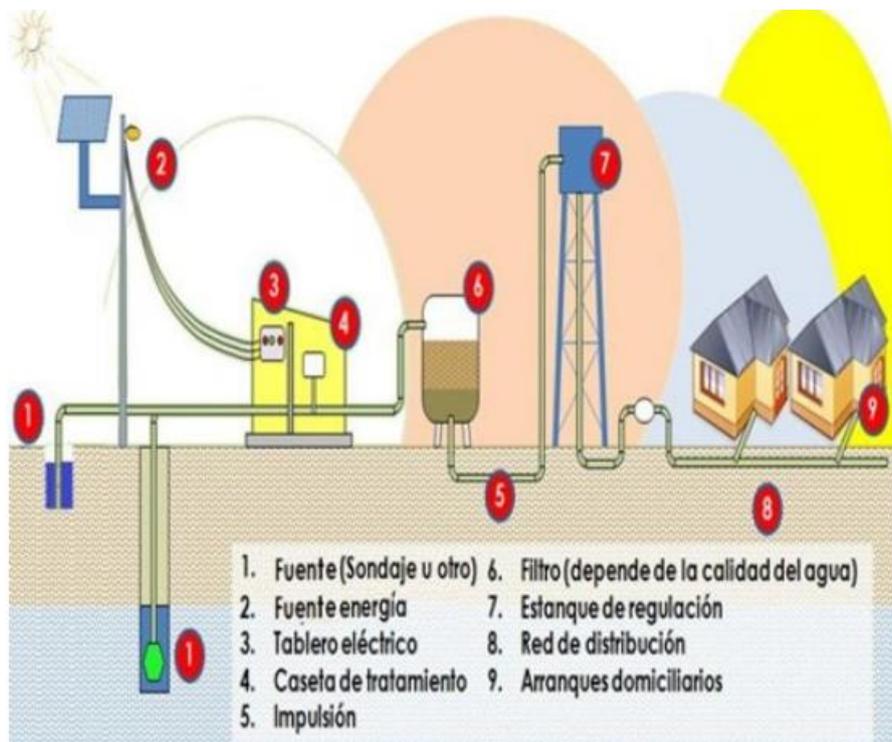
### **7.1 DESARROLLO DE PROGRAMAS DE APORTE AL SANEAMIENTO DE AGUA POTABLE EN ZONAS RURALES:**

#### **7.1.1 Programa de Agua Potable Rural (APR):**

Al tener un cubrimiento casi totalizado de agua potable y saneamiento ambiental para el año 2010 en zonas urbanas, Chile se centra en el Programa de Agua Potable Rural.<sup>41</sup> El programa de Agua Potable Rural nace en el año 1964 con el compromiso de la XII Asamblea Mundial de la Salud, ya que en el año 1959 se estableció como prioritario el abastecimiento público de agua potable; para entonces se obtuvo la suscripción al primer contrato de préstamo con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), de igual forma se creó la oficina de Saneamiento Rural (O.S.R). Este programa obedecía como marco legal a la Ley General de Servicios Sanitarios.<sup>42</sup> Ya que en esta no se cubrían las necesidades del área rural, nace la ya mencionada Ley N°20.998. En esta ley se nombran las cuatro etapas de los servicios sanitarios rurales que son: La producción de agua potable la cual debe cumplir con las características físicas, químicas, bacteriológicas y de desinfección establecidas en la norma chilena 409-1 y 409-2,<sup>43</sup> la distribución de agua potable, la recolección de aguas servidas y el tratamiento y disposición final de aguas servidas, etc. Los APR se mantienen y son operados por la propia comunidad o

como los llama la Ley 20.998 comités o Cooperativas, estas personas son asesoradas y reciben asistencia del estado.

A continuación se presentará un esquema del proceso para el tratamiento de agua potable en zonas rurales de Chile según el programa de agua potable rural:



**Figura 1. Esquema de un Sistema de Agua Potable en Zonas Rurales. Fuente: Dirección de Obras Hidráulicas, Ministerio de Obras Públicas. Gobierno de Chile.**

Para disminuir el tiempo de construcción de sistemas de agua potable de 3 años a 2 años la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) de la mano con los APR propusieron dos fases de desarrollo, en la fase 1 se ven estudios de pre-factibilidad, factibilidad y diseño de proyecto de ingeniería, incluyendo también hidrogeología o hidrología y ejecución de las obras civiles con todas sus respectivas especificaciones como en la figura 1 que permita el abastecimiento de agua potable en zonas rurales, para esto el Gobierno Chileno estimo que la inversión anual a realizarse hasta el 2022 sería de \$45.425 millones de USD anuales.<sup>44</sup> Hasta el 2018 el 31% de la población rural no contaba con servicios básicos como acceso a agua potable, servicios de energía, etc.<sup>45</sup>

Otros programas del gobierno chileno son: El “Programa de Vigilancia y Fiscalización Ambiental para Protección de la Población Rural” por el ministerio de salud y “Subsidio al

Pago del Consumo de Agua Potable y Servicio de Alcantarillado de Aguas Servidas (SAP)” por el ministerio de ambiente, desarrollo social y familia que reduce la carencia de servicios básicos, por medio bajos costos del consumo de agua en zonas no solo urbanas sino también en zonas rurales.<sup>46</sup>

En países como Costa Rica el panorama en cuanto a programas para el desarrollo de la calidad de vida en zonas rurales es el siguiente:

### **7.1.2 Instituto Costarricense de Acueducto y Alcantarillado (AyA):**

En 1953 surge la Ley General de Agua Potable, la cual imponía regulaciones a los organismos administradores con el fin de fijar tarifas adecuadas para operar de manera correcta los sistemas de agua y así garantizar la potabilidad del agua resguardando la salud pública. Asimismo, obligaba a llevar la contabilidad separada para garantizar el uso correcto de los fondos.<sup>47</sup> Debido a que esta ley no fue suficiente para cubrir las necesidades de la población, dicha ley sufre ciertos cambios hasta que a partir de ella el 14 de Abril de 1961 nace la Ley n°2726 la cual creó el Servicio Nacional de Acueductos y Alcantarillados clasificado como “la medida de mayor trascendencia nacional”.<sup>48</sup> Basados en lo anterior Costa Rica cuenta con un organismo especializado en sistemas de acueducto y alcantarillado conocido como Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). El instituto nace de la desesperación por solucionar problemáticas con el agua en el país, antes de su creación se hicieron breves modificaciones y se emitieron otras leyes.

La función principal de este organismo es dirigir y vigilar todo lo que respecta a la provisión de agua potable, recolección y evacuación de aguas negras y residuos industriales líquidos, así como de aguas pluviales en las áreas urbanas a los habitantes de la República. Ningún proyecto relacionado a estos temas se podrá ejecutar sin su aprobación. El marco legal le dio la oportunidad al AyA de brindar excelentes servicios de agua potable y alcantarillado sanitario por medio de obras hidráulicas, lo que le ha permitido a costa rica mejorar la calidad de vida de su pueblo y contribuir al desarrollo económico y social del país en general.<sup>49</sup>

Para el año 2004 el AyA aún presentaba problemas para el abastecimiento totalizado de comunidades ubicadas en zonas rurales, aunque si bien en este punto existían avances prometedores, con el paso de los años los sistemas de acueducto y alcantarillado se fueron

deteriorando lo que provoco que se hiciera necesaria una inversión más grande, la mayoría de los fondos para abastecer a las zonas rurales eran proporcionados para entonces con subsidios provenientes de ingresos generados por otros clientes de la AyA que habitaban en zonas urbanas y pequeños pueblos.<sup>50</sup>

Un estudio realizado en el año 2016 sobre el agua potable en zonas rurales de la provincia de Cartago en Costa Rica señala que el agua en zonas rurales está a cargo de las asociaciones administradoras de los sistemas de acueductos y alcantarillados conocidas famosamente como las ASADAS que son juntas comunales legalmente constituidas desde el año 2011 en Costa Rica para ser las encargadas de administrar y velar por proporcionar agua potable. Por otro lado, el 14% de la población de Cartago se asentaba en las zonas rurales, de las cuales un gran porcentaje de las ASADAS más exactamente un 71% no contaban con un sistema adecuado de desinfección; a pesar de no presentarse casos graves por enfermedades relacionadas a estas fuentes hídricas la contaminación era un tema a tratar.<sup>51</sup>

Con el objetivo de tener personas capacitadas para ser un país que trabaja en pro de la calidad de vida, el Plan Nacional de Capacitación Continua se crea con la necesidad de fortalecer las capacidades de cada una de las personas que trabajan a diario en las ASADAS y así adquirir nuevos conocimientos en el servicio que se proporciona, en este caso agua potable. Además de capacitación y educación, se invierte en la construcción de infraestructura, a la mejora de estructuras ya existentes y a proyectos de optimización para mejorar la calidad del recurso hídrico. Por último, Costa Rica cuenta con programas como “Programa Bandera Azul Ecológica” (PBAE), el “Programa Vigilantes del agua” y el “Programa Sello de Calidad Sanitaria”. Para el área de investigación el AyA tiene una dependencia exclusiva con objetivos de gran interés como la remoción de contaminantes en el agua, análisis para mejorar los tratamientos de agua potable, etc. De la misma manera, busca personal en el área de ingeniería con el fin de diseñar sistemas de acueducto y alcantarillado para aumentar la eficiencia.<sup>52</sup>

En Colombia a pesar de haberse desarrollado el Programa de Agua Potable y Saneamiento Básico Rural (PASBR) tras la implementación de la descentralización en el sector de agua potable según el decreto N° 077 de 1987<sup>53</sup> quedando el programa a cargo de las dependencias departamentales lo que provoco un atraso en el desarrollo de los sistemas de agua potable y saneamiento en el país. En el año 2014 el gobierno adoptó como política pública sectorial la implementación de los Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de

Agua y Saneamiento (PDA), enfocándose así solo en los sectores urbanos y dejando de lado a las zonas rurales,<sup>54</sup> ahora bien actualmente Colombia tiene el siguiente programa:

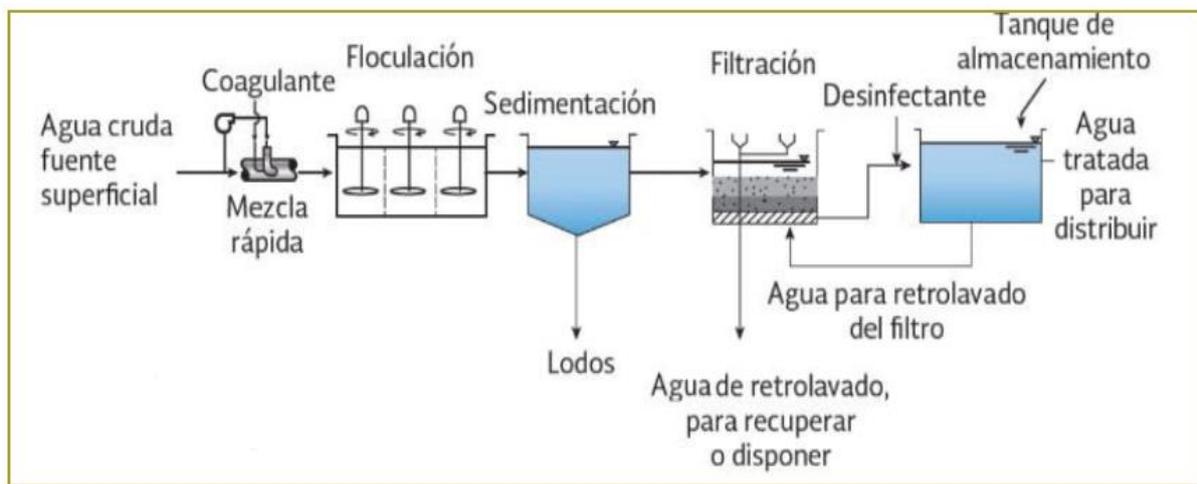
### **7.1.3 ASIR-SABA:**

El viceministerio de agua y saneamiento básico es uno de los organismos que apoya de forma financiera a ASIR-SABA y se encarga de promover el desarrollo sostenible por medio de la formulación de políticas, programas, proyectos y regulación para que la población tenga acceso a agua potable y saneamiento básico. A partir del año 2015 el proyecto ASIR-SABA ha sido una iniciativa de la Embajada de Suiza en Colombia- Ayuda Humanitaria y Desarrollo (COSUDE) que trabaja con comunidades, gobiernos locales y departamentales y el gobierno nacional de Colombia que busca contribuir al cierre de brechas y la implementación de la política pública de agua y saneamiento básico, siendo un modelo para la gestión comunitaria de agua y saneamiento básico en zonas rurales promoviendo la participación y la construcción de la paz. Los principales objetivos de este proyecto son: Generar el mejoramiento de la calidad, cobertura y continuidad de los servicios, implementar la figura de asistencia técnica municipal y apoyar al mejoramiento de infraestructura de agua y saneamiento rural. Los objetivos de este proyecto tienen como finalidad dar cumplimiento a la resolución 1063 de 2016 la cual establece los requisitos para la viabilización y aprobación de proyectos de agua potable y saneamiento básico que soliciten financiamiento de la nación,<sup>55</sup> la resolución 0330 de 2017 que adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS<sup>56</sup> y la resolución 0844 de 2018 donde se exhiben los requisitos técnicos para los proyectos de agua y saneamiento básico de zonas rurales.<sup>57</sup>

## **8. EL PAPEL DE LA INGENIERIA QUIMICA EN EL SANEAMIENTO AMBIENTAL CON RELACION A LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO**

Anteriormente se mencionaron las razones del porque en zonas rurales el abastecimiento de agua es deficiente, como por ejemplo tener una población muy dispersa, la falta de inversión en sistemas de acueducto y alcantarillado, problemas de sequía, falta de tratamiento para potabilizar el agua, etc. Partiendo de estos inconvenientes cabe mencionar que en zonas urbanas se manejan plantas de potabilización de agua potable donde el agua atraviesa por un arduo

proceso para luego ser distribuida por sistemas de acueducto y alcantarillado. El papel del ingeniero químico es el de optimizar estos procesos ya sea para aumentar el caudal, evaluar las dosificaciones en los desinfectantes utilizados durante el proceso, el diseño de las tuberías, la elección de los materiales de las mismas para que así no exista un rápido desgaste de estos sistemas y lograr optimizar los procesos. En Colombia se recomienda que se aumenten las inversiones en los procesos de saneamiento ambiental, que se realicen los debidos tratamientos para potabilizar el agua y que se trabaje en base a plantas de tratamiento en las zonas urbanas teniendo en cuenta los parámetros y las variables involucradas en el proceso. Esta recomendación se realiza con la idea de seguir el siguiente esquema de tratamiento:



**Figura 2. Esquema de un Sistema de Agua Potable en Zonas Urbanas. Fuente: Guerrero, O., & Romero, J. (2018).<sup>58</sup>**

La figura 2 representa las etapas que son esenciales en un sistema de tratamiento de agua potable, ya sea en zonas urbanas o zonas rurales. Hoy en día ya existen varias empresas que producen plantas de tratamiento de agua potable que son totalmente móviles y que se pueden construir en cualquier lugar, adecuadas para poblaciones dispersas. En Colombia compañías como Synertech fabrican sistemas de tratamiento de agua potable funcionales desde grandes a pequeños volúmenes. Sin embargo, como ya se mencionó antes si el gobierno no hace las inversiones necesarias, eliminar la problemática de falta sistemas de acueducto y alcantarillado la población se verá afectada a futuro de forma más pronunciada. Igualmente, se recomienda en trabajos posteriores enfocarse en los sistemas de acueducto y alcantarillado para aguas servidas o aguas residuales, con el fin de evaluar los panoramas de Chile, Colombia y Costa Rica y cómo afectan éstas aguas en la salud de los habitantes de las diferentes comunidades.

## 9. CONCLUSIONES

- Las problemáticas de falta de saneamiento ambiental relacionado con los sistemas de acueducto y alcantarillado dependen de varias variables, en gran medida dependen del área o región a tratar y la capacidad de las cuencas hídricas adecuadas para abastecer al porcentaje de población allí presente.
- En el factor político, las leyes Costa Rica van de la mano del bienestar de las diferentes comunidades tanto en zonas urbanas como rurales siendo el agua un recurso indispensable de bien común, donde el porcentaje de abastecimiento tiene un valor significativo en ambas zonas. Mientras tanto, en Chile, será necesaria la implementación de un nuevo código de aguas, donde se establezca el agua como un bien público y no privado, a pesar de esto, el porcentaje de abastecimiento es casi igual que en Costa Rica alcanzando un valor cercano al 100% en zonas urbanas y más del 80% en zonas rurales. En Colombia contrario a Chile, la ausencia de datos para la implementación de sistemas de acueducto y alcantarillado, hace caso omiso a las leyes presentadas en la actualidad para el abastecimiento de agua potable en zonas rurales, provocando un porcentaje menor del 80% en estas zonas y menos del 95% en zonas urbanas.
- Los factores económicos como las inversiones respectivas que deben realizarse para cada proyecto a realizar en países como Colombia para mejorar la calidad de vida de la población son los más importantes en materia de discusión en este trabajo, sin inversión suficiente los habitantes de las zonas rurales seguirán sufriendo de factores sociales como la pobreza y la desigualdad, al no erradicarlos, el país no tendrá un progreso significativo en años posteriores.
- El papel de la ingeniería química en la problemática presente de falta de agua potable relacionada a los sistemas de acueducto y alcantarillado es crucial para el desarrollo de nuevas estrategias para abastecer a grandes poblaciones en los países de estudio.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CEPAL. (2018). *Panorama Social de América Latina. 1*, 69–104.
2. González, Y., Díaz, Y., & Soto, T. (2013). *51*(3), 331–337.
3. *Marco mundial para el agua , el saneamiento y la higiene en las zonas urbanas.* (2019).
4. Agua [Internet]. Organización Mundial de la Salud (OMS). ; 14 de Junio de 2019. [Actualizado: 2020; Citado: 1 de Junio de 2020]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
5. Arango, A. (2013). Crisis mundial del agua. *Producción + Limpia*, 8, 2.
6. UNESCO. (2019). *No Dejar a Nadie Atrás*.
7. Cerca de la mitad de la población rural vive sin agua potable [Internet]. CONSEJO POLITICA DE INFRAESTRUCTURA (CPI). ; 04 de Junio de 2019. [Actualizado: 1 de Junio de 2020; Citado: 1 de Junio de 2020]. Disponible en: <http://www.infraestructurapublica.cl/cerca-la-mitad-la-poblacion-rural-vive-sin-agua-potable/>.
8. Valverde, R. (2013). *Ambientales*, 45, 124.
9. Florez C, Lopez C, Martinez C. *ASP Colombia 2018*.; 2018.
10. Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico.2018:1-108.
11. García S, González M, Torres A. 18 de Julio de 2017: 7.
12. CORFO. *Geografía Económica de Chile*.
13. Castro C. 2016:10-39.
14. Matailo L, Luna A, Cervantes A. (2019). *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(3), 154–162.
15. CEPAL. (2013). *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
16. González, R. *Geografía física de Costa Rica: (antología)*. Costa Rica: UNED; 1998.
17. Valverde, R. (2013). *Revista de Ciencias Ambientales*, 45(1), 5–12.
18. Ministerio de Medio Ambiente (2007). *LEY 19.300*.
19. Ministerio de Justicia. (2014). *Codigo de Aguas*. 17–20.
20. Bauer C. *Canto de Sirenas: El derecho de agua chileno como modelo para reformas internacionales*. Estados Unidos: Bakeaz; 2004.
21. Ministerio de Justicia. (2014). *Codigo de Aguas*. 17–20.
22. *Codigo Sanitario Decreto con fuerza de Ley n°725*, (2017).
23. Hidalgo, D. (2015). *ResearchGate*, July.

24. LEY No. 276 LEY DE AGUAS.
25. Ruíz, A. (2015). 3(2), 54–67.
26. Decreto N°30480 [Internet]. Sistema Costarricense de Información Jurídica; 05 de Junio de 2002. [Actualizado: 02 de Junio de 2020; Citado: 2 de Junio de 2020]. Disponible en: [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=48707&nValor3=98600&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=48707&nValor3=98600&strTipM=TC)
27. Decreto 2811 Del 18 De Diciembre De 1974. (1974). 2(1), 64.
28. Ley 99 de 1993. (1993). 1(August), 117–125.
29. Ley 373 de 1997. (2005). 4(January), 61.
30. Congreso de La República de Colombia. (2015). Ley 1753 DE 2015. *Diario Oficial, Iso 19152*, 1–283.
31. AyA. (2018). *Gestión del AyA 2014-2018: Por el derecho humano al agua potable y al saneamiento*.
32. *Política Nacional de Agua Potable de Costa Rica, 2017-2030*. (2016). 1–84.
33. Espinoza, P. J. (2012).
34. Ley N° 20998 (2017). *Diario Oficial de La República de Chile*.
35. Blanco, E. G. D. (2016). *ResearchGate, January 2016*, 19.
36. *Objetivos del Programa de Agua Potable Rural*. (2019). 2.
37. MOP. (2012). *Estrategia nacional de recursos hídricos 2012-2025*.
38. Ministerio de Vivienda [Internet]. Rural. ; 18 de Junio de 2014. [Actualizado: 3 de Junio de 2020; Citado: 3 de Junio de 2020]. Disponible en: <http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-agua/programas/proyectos-rurales>.
39. LEY 142 DE 1994. (2002). 1994(41), 1–819.
40. Carrasco, W. (2016). *Revista de Ingeniería, 0(44)*, 46.
41. Blanco, E. G. D. (2016). *ResearchGate, January 2016*, 19.
42. Ley General de los Servicios Sanitarios. (2014). 17–20.
43. Echeverría, E. (1984). *Diario Oficial*, 1–10.
44. *Desafíos para la próxima década*. (2021).
45. Ministerio de Desarrollo Social. (2019). *Informe Desarrollo Social 2019*, 14.
46. Ministerio de Obras Públicas [Internet]. Banco Integrado de Programas Sociales. ;2018. [Actualizado: 2018; Citado: 3 de Junio de 2020]. Disponible en: [https://programassociales.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/programas?id\\_servicio=236](https://programassociales.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/programas?id_servicio=236).
47. Asamblea Legislativa de la Republica de Costa Rica. (1976). *Ley General de Agua*

*Potable. 1634, 4.*

48. Ley N°2726 [Internet]. Sistema Costarricense de Información Jurídica; 14 de Abril de 1961. [Actualizado: 03 de Junio de 2020; Citado: 3 de Junio de 2020]. Disponible en: [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=37097&nValor3=39114&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=37097&nValor3=39114&strTipM=TC)
49. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2010).
50. Lockwood, H. (2004). *Estudio de aspectos institucionales de desarrollo de los acueductos rurales en Costa Rica.*
51. Soto, S., Gaviria, L., & Pino, M. (2016). *Revista Tecnología En Marcha*, 29(8), 67.
52. AyA. (2018). *Gestión del AyA 2014-2018: Por el derecho humano al agua potable y al saneamiento.*
53. *Decreto 77 de 1987.* (1987). *enero 15*, 23.
54. Carrasco, W. (2016). *Revista de Ingeniería*, 0(44), 46.
55. Ministerio de Vivienda. (2016). *Resolución 1063.*
56. Ministerio de Vivienda. (2017). *Resolución 0330* (p. 77).
57. Min. Vivienda. (2018). *Resolución 0844*. 8.
58. Guerrero, O., & Romero, J. (2018). *Revista de La Escuela Colombiana de Ingeniería*, 110, 67–71.

