



# LA OFERTA Y DEMANDA DE AGUA POTABLE

en el Municipio de

**Aguachica Cesar:**

Una estimación desde los postulados  
econométricos y un análisis desde  
la generación de valor compartido

Alejandro Acevedo Amorocho | Luis Hernando Restrepo Sierra  
Héctor Camilo Alvernia Verjel | Yina Paola Ortega Santiago  
Dagoberto Lozano Rivera | Jacqueline Chávez Galvis  
María Ana Martina Chía Suárez



# LA OFERTA Y DEMANDA DE AGUA POTABLE

en el Municipio de

**Aguachica Cesar:** Una estimación desde los postulados  
econométricos y un análisis desde  
la generación de valor compartido

Alejandro Acevedo Amorocho | Luis Hernando Restrepo Sierra  
Héctor Camilo Alvernia Verjel | Yina Paola Ortega Santiago  
Dagoberto Lozano Rivera | Jacqueline Chávez Galvis  
María Ana Martina Chía Suárez

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo do texto e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof. Dr. Alexandre de Freitas Carneiro – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Ana Maria Aguiar Frias – Universidade de Évora

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa



Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadilson Marinho da Silva – Secretaria de Educação de Pernambuco  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lucicleia Barreto Queiroz – Universidade Federal do Acre  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Universidade do Estado de Minas Gerais  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Marianne Sousa Barbosa – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Pedro Henrique Máximo Pereira – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins



# La oferta y demanda de agua potable en em municipio de Aguachica Cesar: una estimación desde los postulados econométricos y un análisis desde la generación de valor compartido

**Diagramação:** Natália Sandrini de Azevedo  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

031 La oferta y demanda de agua potable en em municipio de Aguachica Cesar: una estimación desde los postulados econométricos y un análisis desde la generación de valor compartido / Alejandro Acevedo Amoroch, Luis Hernando Restrepo Sierra, Héctor Camilo Alvernia Verjel, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Outros autores

Yina Paola Ortega Santiago

Dagoberto Lozano Rivera

Jacqueline Chávez Galvis

María Ana Martina Chía Suárez

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acceso: World Wide Web

Inclui bibliografía

ISBN 978-65-258-0558-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.580220109>

1. Água. 2. Recurso hídrico. 3. Agua potable. I. Amoroch, Alejandro Acevedo. II. Sierra, Luis Hernando Restrepo. III. Verjel, Héctor Camilo Alvernia. IV. Título.

CDD 577.6

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao conteúdo publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que o texto publicado está completamente isento de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## PRÓLOGO

El agua como recurso indeleble para la humanidad no solo es un derecho sino un deber para cada habitante del planeta. En este libro se abarca la perspectiva del manejo, cuidado y gestión del recurso hídrico en el departamento del Cesar, ubicado estratégicamente al norte de Colombia, siendo esta una zona influenciada por las precipitaciones en ciertas temporadas del año, que permiten tener como referencia para el impulso gubernamental, académico y científico para procesos de potabilización y aprovechamiento de caudales.

Por lo anterior, se puede evidenciar la importancia de la gestión de los recursos hídricos como base fundamental para el conocimiento de oferta y demanda de agua potable en el municipio de Aguachica, con la finalidad de dar respuesta a modelos econométricos en los que se dan respuesta a la toma de decisiones, y relacionando el cumplimiento de la normatividad relacionada a estos temas que además de ser de índole social son ambiental. Este manuscrito abarca temáticas de manejo de agua potable en once capítulos, con la visibilización de las problemáticas ambientales y soluciones que se pueden llegar a formular para la región.

MSc. Duwang Alexis Prada Marín

## SUMÁRIO

<b>CONSIDERACIONES INICIALES .....</b>	<b>1</b>
<b>EL AGUA COMO ELEMENTO INDISPENSABLE EN LA EXISTENCIA DEL SER HUMANO.....</b>	<b>2</b>
<b>CONDICIONES DEL AGUA EN LA LOCALIDAD COLOMBIANA DEL MUNICIPIO DE AGUACHICA, POLO DE DESARROLLO REGIONAL .....</b>	<b>5</b>
<b>OFERTA Y DEMANDA: TEORÍA DE MERCADO.....</b>	<b>7</b>
<b>NORMATIVA JURÍDICA DEL AGUA: UN DERECHO HUMANO FUNDAMENTAL INSERTO EN UN MARCO LEGAL NECESARIO.....</b>	<b>10</b>
<b>CORRELACIÓN ENTRE OFERTA Y DEMANDA DEL AGUA DETERMINADA DENTRO DE UN PROCESO METODOLÓGICO REALIZADO POR FASES .....</b>	<b>14</b>
<b>ASPECTOS ESTRUCTURALES QUE REQUIEREN LAS EMPRESAS DE SERVICIO PÚBLICO PARA NO AFECTAR EL SUMINISTRO DE AGUA EN EL MUNICIPIO .....</b>	<b>16</b>
<b>ANÁLISIS DE EFECTOS ESTRUCTURALES: SISTEMA DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y LOS PROCESOS DE CONCESIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO NATURAL.....</b>	<b>19</b>
<b>ALCANTARILLADO.....</b>	<b>23</b>
<b>ANÁLISIS DE EFECTOS COYUNTURALES .....</b>	<b>25</b>
<b>COMPORTAMIENTO OPERATIVO EN LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO .....</b>	<b>35</b>
<b>CAPACIDADES DE ABASTECIMIENTO DE LA QUEBRADA BUTURAMA SOBRE EL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUACHICA .....</b>	<b>37</b>
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>41</b>
Fase I. Condiciones operativas de las empresas prestadoras del servicio.....	41
Fase II. Condiciones de consumo actual.....	43
Descripción del Operativo .....	43
Caracterización de los hogares demandantes de agua potable en el municipio de Aguachica, Cesar .....	44
Tipo de vivienda.....	44
Total de habitantes por hogar encuestado.....	44
Estrato Socioeconómico de las viviendas encuestadas.....	44

Tipo de propiedad de las viviendas encuestadas .....	45
Área de construcción de la vivienda .....	45
Aplicaciones Sistema de Ahorros.....	45
Número de Implementos utilizados en el consumo de agua en el hogar .....	45
Consumo de Agua según Actividades en el hogar .....	45
Frecuencia de duchas por hogar .....	45
Estimación de tendencias de consumo por hogar.....	46
Análisis de Ingresos por hogar.....	47
Valor de la facturación mensual .....	47
Análisis de disposición a pagar .....	48
Fase III. Aplicación de un método de modelación econométrica para predecir los caudales en función de variables climáticas .....	48
Modelación. Estimación de la función de demanda de agua potable .....	48
Modelo Consumo (Demanda) Vs variables identificadas.....	55
Aplicación empírica de la demanda marshalliana y Hicksiana.....	66
Estimación del crecimiento poblacional para la proyección de demanda futura.....	72
Supuestos del modelo.....	73
Método .....	74
<b>CONSIDERACIONES FINALES.....</b>	<b>77</b>
Condiciones de equilibrio para el suministro de agua en el corto y largo plazo para el municipio .....	77
Estimación del modelo de proyección de la oferta de agua potable.....	78
Estimación de modelo ajustado de oferta de Agua potable .....	86
Pronóstico del Caudal .....	90
Pronóstico de agua producida neta a partir de pronósticos de caudal en L/S.....	93
Análisis del equilibrio del mercado.....	94
<b>CONCLUSIONES FINALES .....</b>	<b>100</b>
Recomendaciones .....	102
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>104</b>
<b>SOBRE LOS AUTORES .....</b>	<b>108</b>

## CONSIDERACIONES INICIALES

En materia de oferta y demanda de agua potable debe existir una correspondencia en el contexto de las localidades del mundo. No obstante, tomando como base los principios teóricos clásicos y contemporáneos de las técnicas de medición de oferta y demanda potable, así como las experiencias de estudios previos adelantados, a nivel de México, Perú y Colombia, teniendo en cuenta el marco normativo y la comprensión conceptual a nivel sectorial y temática, la población padece hace cerca de cinco décadas, el problema de largos periodos de racionamiento en el suministro de agua.

En virtud de ello, en el caso de Colombia, y más específicamente en el municipio de Aguachica, Cesar, ha sido necesario comprender, en principio, las condiciones operativas de las empresas prestadoras del servicio, ya sean públicas o privadas, así como los efectos estructurales y coyunturales que pueden determinar la eficiencia institucional; en una segunda fase se ha hecho indispensable analizar las condiciones de consumo actual, obtenidas a partir de un proceso de análisis de información de corte transversal y crecimiento poblacional que generan los pronósticos de consumo por hogar y por habitante, además de acercamientos a análisis y aplicación de indicadores de elasticidad a partir de un modelo econométrico de estimación de demanda. En una tercera fase se necesita agotar la aplicación de un método de modelación econométrica para predecir los caudales en función de variables climáticas a partir de los datos generados por los organismos competentes.

Sobre esa base, es posible determinar un modelo de pronóstico de esta última variable en el tiempo y determinar la producción de agua neta en función de ella, pudiendo con ello evidenciar un alto nivel de correlación y significancia global, a partir de los cuales finalmente es posible estimar una oferta al año 2050, contrastado con la demanda de expansión del consumo del sector productivo local, bajo los parámetros de consumo actuales y las medidas óptimas establecidas por la normatividad técnica colombiana.

# EL AGUA COMO ELEMENTO INDISPENSABLE EN LA EXISTENCIA DEL SER HUMANO

Dadas las condiciones del contexto del municipio de Aguachica Cesar frente a la problemática generada por los racionamientos permanentes del suministro de agua, los cuales se intensifican en diferentes periodos del año justificados bajo los efectos del desarrollo económico y social que genera esta condición estructural, debe generarse un análisis de la oferta y la demanda de las empresas de servicios públicos local frente a tales problemas de desabastecimiento que afronta la población.

Sobre este tema resulta indispensable hacer un abordaje teórico y conceptual tomando como referencia las teorías clásicas, neoclásicas y contemporáneas de la oferta y la demanda, sin descuidar el análisis del estado del arte de experiencias adelantadas en México, Perú y Colombia. De la misma manera, se requiere realizar el contexto del marco normativo teniendo en cuenta la trazabilidad legislativa que ha vivido el sector en los últimos años, que representan un insumo determinante al momento de establecer los parámetros y estándares en el suministro de este servicio público y bien vital.

Con tales directrices, se adelanta un estudio en tres fases, iniciando con un diagnóstico de las condiciones operativas y funcionales de las empresas de servicios públicos, luego se plantea una segunda fase, que consiste en identificar la demanda de corto y largo plazo y la tercera fase orientada hacia la identificación de la condición de equilibrio de las empresas. Para ello, se adelantó un análisis de efectos coyunturales y estructurales que delimitan la operatividad y funcionalidad del servicio, incluyendo aspectos de análisis de su estructura organizacional, física, financiera y condiciones de operación.

Con posterioridad, se establece el consumo promedio por hogar y por personas para el municipio, lo cual se realiza tomando en cuenta un muestreo de unidades muestrales, aspecto que permite establecer bases de pronósticos en una primera instancia, y encontrar en este aparte dos modelaciones econométricas, donde la primera busca generar un análisis de las variables determinantes del consumo y la respectiva elasticidad ingreso de la demanda y en la segunda se genera una estimación de la curva de demanda Hicksiana para efectos de analizar el punto de equilibrio en el óptimo definido por la disposición a pagar respectiva; en este mismo componente se realizan los pronósticos de demanda futura dados los patrones de consumo actual y los óptimos definidos por parámetros técnicos definidos por el marco regulatorio nacional.

Después se emplea un proceso de modelación y testeado de resultados que permiten establecer los parámetros de pronóstico de la capacidad de oferta de agua producida neta como capacidad de oferta que posteriormente se contrasta en largo plazo con las

proyecciones de demanda obtenidas previamente y de esta manera establecer si la oferta actual y futura logra ser sostenible. Con ello es posible sacar las conclusiones y recomendaciones respectivas.

Lo planteado se describe y realiza toda vez que el servicio de agua potable representa un elemento garante de una de las necesidades más básicas del ser humano, el cual hace parte del indicador de necesidades básicas insatisfechas (INBI) fundamentales para promover el desarrollo y crecimiento económico de una comunidad. En tal sentido, el municipio de Aguachica enfrenta el problema de suministro de agua, hace varias décadas atrás, lo cual se evidencia de algunas declaraciones ya suscitadas en el diario el Pilón, en Colombia, en el marco del conversatorio llevado a cabo en las instalaciones del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA); y desde las cuales se deduce que tal problema de suministro obedece a situaciones generadas por los efectos del cambio climático, convirtiéndolo en una dificultad de tipo coyuntural y estructural. Ha podido deducirse igualmente un alto número de población afectada, de acuerdo a proyecciones del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE, 2016), y de la Alcaldía Municipal.

Lo anterior indica una demanda potencial del servicio de agua potable, que frente al desabastecimiento que sufre el municipio con racionamientos que van de ocho (8) días en tiempos de lluvia, hasta treinta (30) días en temporadas de verano, la población queda totalmente limitada a un mínimo vital de subsistencia, viéndose obligados a buscar mecanismos alternos para subsanar la oferta deficiente, tales como compra de agua a expendedores, de pozos perforados, aumentándose el costo del abastecimiento, y exponiendo a las comunidades más vulnerables que no cuentan con los recursos para acceder al producto a enfermedades ocasionadas por problemas sanitarios.

Lo planteado generó la idea de construcción de canales de agua potable. Pero, según Lacort (1991), la organización y edificación de un canal de agua potable era una labor complicada. La exploración de las idóneas fuentes de suministro, el establecimiento del recorrido, entre otros aspectos necesarios, exigían un calificado personal técnico, que por lo general no se encontraba a la mano de las ciudades, las cuales acostumbraban a acudir al gobernador provincial o, incluso en oportunidades, a lugares lejanos, que sí contaban de profesionales especializados en este tipo de obras. Además, había que asumir una serie de gastos, como: proyecto, compra, y si fuese necesario, costo de los terrenos por los que habría de pasar la conducción, materiales, mano de obra, entre otros.

En definitiva, para Blazquez (1977), esta situación para una empresa resulta muy costosa, por lo que, probablemente, en muchos casos de obras públicas sufragadas por iniciativa particular, se ha de entender que por un lado se sufragaban los costes materiales de la obra en sí, mientras que la administración local cargaba con los restantes gastos;

por ello, no era factible que el particular la sacara de su bolsillo, sino que, probablemente, la elaboraría el municipio. En tal sentido, se compaginaban, conjuntamente la empresa pública y la privada; este podría ser el caso, posiblemente, de la construcción del acueducto de Mellaria.

Ahora bien, surge también el planteamiento del origen de las empresas prestadoras de servicios de agua potable; sobre lo cual expone Barco (1999), disponer de agua potable en casa de modo continuo, sin tener que ir al pozo o al río como requería el uso común, lo cual implicó un proceso lento y plagado de problemas técnicos, legales, sociales o económicos. La sociedad urbana industrial investigó la resolución de todos esos problemas por medio de la edificación de sistemas de distribución de agua potable, que han dado en denominarse modernos.

El uso común, por lo tanto, se consiente más con esos primeros tiempos donde había que ir a buscar el agua y su extracción no resultaba sensible al caudal, es así donde surge la segunda con la formación de los sistemas de provisión domiciliarios de agua potable y en la cual, para abastecer a la totalidad de la población, deben extraer probados caudales concesionados a tal fin. La revolución industrial y el crecimiento de las ciudades se encontraban entre las causas, pero fundamentalmente, fueron los problemas sanitarios asociados a la propagación de epidemias los que establecieron, en el siglo XIX, la disposición de los primeros sistemas modernos de agua potable y saneamiento.

Por ello, para Barco (2001), esto no implica que no hayan existido en la antigüedad empresas de este tipo. Sin embargo, es a mediados del siglo XIX cuando comienza a operarse la generalización de los mismos. La construcción de infraestructuras y la conformación y evolución de las empresas de provisión de agua potable y saneamiento han sido objeto de estudios recientes. Un punto que debe ser destacado, según Pinto y Martín (2014), es que mientras los servicios eran prestados por el Estado nacional, los derechos de los ciudadanos usuarios se complicaban con los del administrado, y no se indicaba de forma clara la diferencia que existía respecto del resto de la actividad de la Administración.

Luego de las privatizaciones que ocurrieron en diversas latitudes a finales del siglo XX, se reanuda la discusión, y tanto la doctrina como la jurisprudencia comienzan a definir nuevamente el alcance de estos derechos. En este orden de ideas, se advierte que los principios que inspiran el servicio público se encuentran agnados —en consonancia con el uso común— a la atención de la provisión de agua como un elemento básico para la vida. Los principios de generalidad, igualdad y continuidad reflejan claramente este carácter esencial.

## CONDICIONES DEL AGUA EN LA LOCALIDAD COLOMBIANA DEL MUNICIPIO DE AGUACHICA, POLO DE DESARROLLO REGIONAL

Dada la importancia que tiene el municipio de Aguachica como la segunda ciudad del Cesar y su densidad demográfica, se requiere desarrollar un análisis que vaya mucho más allá de conjeturas, centrándose en el problema que representa la insuficiencia de oferta en términos mesurables como problema estructural, frente a la creciente demanda, y así definir las condiciones de oferta efectiva sostenible para este mercado, que por sus características monopolísticas requiere un especial análisis desde el punto de vista de la teoría económica de Alfred Marshall (1980), dado que está en juego la satisfacción de una necesidad básica y de vital importancia para una región que tiene un gran potencial de desarrollo y crecimiento económico dada su ubicación y los proyectos de soporte de la logística comercial nacional e internacional.

Así entonces, resulta importante analizar los factores determinantes de la oferta y la demanda de las empresas de Servicios Públicos frente al desabastecimiento del servicio de agua potable en las localidades de Colombia. En este sentido, el municipio de Aguachica, Cesar, posee una población considerable y una dinámica de crecimiento económico importante en la región del Sur del Cesar y sus áreas de influencias, representadas por diez municipios del Sur de Bolívar y diez municipios del centro y sur del Cesar, que la ubican como un nodo geográfico de vital importancia para el desarrollo industrial y comercial de los diferentes sectores económicos de estas regiones.

Estas condiciones potenciales se ven afectadas por la carencia del servicio de agua potable, con un problema que afecta al municipio por más de cuatro décadas, sin solución por parte de los dirigentes políticos de la región. Este es un problema cuestionado por todos, pero que no ha sido analizado a fondo a través de estudios que muestren el problema desde la óptica de la oferta y la demanda del servicio que es de vital importancia para la región.

Por lo anterior se plantean propuestas que pretenden interpretar el problema desde la óptica de la teoría económica de mercado que se fundamenta esencialmente en la teoría del equilibrio general de Alfred Marshall (1980), que sería la condición ideal del mercado emergente en la prestación de este servicio. Este problema debe examinarse teniendo en cuenta los efectos que genera para el bienestar de la comunidad y del crecimiento y desarrollo sostenible de la económica local, pretendiendo generar información consistente sobre las magnitudes de este, y plantear medidas que mejoren las condiciones de la oferta y la demanda, mientras se garantiza una solución estructural

que asegure una ampliación a la oferta para dar solución de largo plazo a la problemática.

En este sentido, resulta necesario analizar la oferta y demanda de la empresa de servicios públicos de Aguachica frente al desabastecimiento del servicio de agua potable. Para ello, debe diagnosticarse los efectos estructurales y coyunturales que afectan el suministro de agua, a la vez que determinar la demanda de corto y largo plazo para Aguachica, dados los niveles de crecimientos poblacionales de proyección nacional y local, y establecer las condiciones de equilibrio para el suministro de agua en el corto y largo plazo para Aguachica.

En este sentido, referir a Aguachica Cesar como polo de desarrollo, implica citar a Rincón (2019), para quien, esta ciudad cuenta con los servicios básicos que se requieren para impulsar el progreso y el desarrollo económico, social, político. En su geografía urbana se cuentan diversas entidades bancarias; instituciones educativas que alcanzan hasta postgrado; un polifacético comercio que le da un matiz de gran ciudad; la fuerza de la construcción, que es diaria, la hace acogedora; aunque incipiente su agroindustria, exporta productos a nivel internacional, su zona agroindustrial brinda oportunidades a los inversionistas nacionales como foráneos; sus tierras son catalogadas como unas de las mejores del país; el hecho de ser ciudad intermedia, la hace relevante en el desarrollo que brindará la Ruta del Sol; pero sin lugar a dudas su mayor riqueza es la hospitalidad de su gente y el sentido de pertenencia que posee por hacerla cada día más grandes tanto en lo físico como en lo humano, como fruto del trabajo y el emprendimiento.

## OFERTA Y DEMANDA: TEORÍA DE MERCADO

Partiendo del problema de análisis respecto a la deficiencia de la oferta frente a la demanda de agua potable del municipio de Aguachica Cesar, debe partirse de la aplicación de la teoría de mercado como fundamento teórico, la cual es el resultado de una construcción histórica de diversas escuelas y pensadores, que además se ha ido ampliando y especializando con el tiempo. En este sentido, los inicios de la teoría de oferta y demanda inician formalmente con Alfred Marshall (1980) quien se encargó de analizar y difundir su aplicación, aunque se atribuye a James Denham-Steuart (1767), como proponente inicial de estos conceptos, quien publicara su obra “Estudio de los principios de la economía política”.

Destaca que el mencionado Denham-Steuart (1767), fue militante de la escuela mercantilista moderna e introduce el concepto de equilibrio, posteriormente Adam Smith (1776) aborda el concepto, definiendo y ampliando el concepto de la determinación del valor de un bien, afirmando que esto no obedece solo a la capacidad de satisfacer la necesidad o utilidad y de su capacidad de ser intercambiados en los mercados, determinadas por lo que él denomina el precio de mercado.

Establece Smith (1776) el concepto de oferta y demanda efectiva, siendo la primera, la cantidad de mercancías y bienes que se venden en el mercado y la segunda los compradores que desean y pueden comprar esas mercancías, de aquí hace una definición importante entre este último concepto y el de demanda absoluta, que si incluye todos los que desean adquirir independientemente de su poder adquisitivo.

Siguiendo a Smith (1776), este define que entre mayor sea la oferta y menor se la demanda efectiva el precio tiende a ser menor, en caso contrario tiende a aumentarse. Dentro de los aportes importantes de la teoría clásica que fortalecen este análisis se encuentra la clasificación de demanda de bienes de primera necesidad de subsistencia, entre los que se encuentra el abastecimiento de agua; demanda de trabajo productivo; demanda efectiva que incentiva la remuneración de los factores productivos; la demanda de bienes de lujo; por lo cual se deduce que la demanda tiene algunas particularidades de acuerdo al tipo de bien y de los mercados en los que se genera.

De acuerdo a lo anterior Marshall (1980) finalmente concilia las posturas del estado del arte desarrollado hasta el momento entre los mercantilistas, Clásicos y marginalitas, estableciendo una teoría intermedia que considera que el precio es el resultado de la presión conjunto entre oferta y demanda que finalmente llegaran a un punto de consenso, que se denomina equilibrio de mercado, donde productores y consumidores se encontrarían satisfechas porque ambos podrían generar excedentes.

La teoría de la oferta y la demanda se mantuvo sin modificación hasta principios del siglo XIX, dado que el contexto productivo estaba representado por un sistema de libre mercado, dado que las economías de la época estaban constituidas por pequeñas empresas, a partir del siglo XX se empieza a incluir otra serie de elementos de factores determinantes de la oferta y de la demanda incluyendo aspectos como los costos de transacción, racionalidad limitada, no racionalidad; además se ha analizado el comportamiento de acuerdo al tipo de competencia, entrando a detallar el comportamiento de las curvas de oferta y demanda en mercados de competencia perfecta, mercados monopolísticos, monopsonios y mercados oligopolísticos.

Dentro de los autores que han contribuido con importantes aportes a la teoría de la oferta y la demanda se encuentran Joan Robinson, Edward Hastings Chamberlin, Heinrich Freiherr Von Stackelberg, John Nash, Jan Tinbergen, Wassily Leontief, Entre otros, que han generado importantes aplicaciones a la teoría de la oferta y la demanda respecto a las teorías de los monopolios, oligopolios, teoría de competencia perfecta, competencia de Stackelberg; Teorema de la Telaraña, los importantes desarrollos de la teoría de juegos entre otros aportes.

También se hace imperativo en este estudio referirse a la demanda Hicksiana, la cual, de acuerdo con López y Gómez (2001, p. 106), la demanda Hicksiana o de demanda compensada se genera “producto de la solución del problema de minimización del gasto del consumidor” requerido para alcanzar un nivel determinado de utilidad, esta condición resulta la dualidad de la maximización de la utilidad.

El problema de dualidad está dado por el cumplimiento de condición de que el presupuesto disponible por el consumidor debe ser suficiente para financiar el gasto mínimo para garantizar el nivel de satisfacción óptimo. Con este análisis se conceptualizan los componentes teóricos y de formalización matemática de la demanda Hicksiana y su relación con la demanda Marshalliana.

De la misma manera, se conciben como eventos coyunturales asociados a la oferta y demanda de agua potable a todos aquellos eventos ocasionales de corto plazo que limitan el mantener las condiciones de operación y prestación del servicio a los habitantes del municipio. Y, de acuerdo con Gramsci, (1972, p. 53), se asume el concepto estructural como asociado a lo orgánico, a la naturaleza histórica de una condición o evento persistente, en este sentido, se constituyen sujeto de la *“crítica sujeto-social que se dirige a los grandes agrupamientos más allá de las personas responsables y del personal dirigente”*.

En un sentido un concepto menos metafísico y de carácter más tecnócrata, se

puede conceptuar un efecto estructural son los fenómenos o situaciones que se generan de manera persistente en el tiempo generados por las condiciones de la estructura de un sistema afectando las condiciones en las que interactúa este con los individuos dada la condición o relación vinculante. Partiendo de este marco conceptual los efectos estructurales asociados al presente proyecto de investigación, son percibidos como los efectos que generan las condiciones del sistema estructural de operatividad y funcionalidad de la empresa de agua potable del municipio de Aguachica en la generación de su oferta frente a su demanda actual y futura.

## NORMATIVA JURÍDICA DEL AGUA: UN DERECHO HUMANO FUNDAMENTAL INSERTO EN UN MARCO LEGAL NECESARIO

Sobre la temática, se debe partir del concepto jurídico de que el agua debe considerarse como un derecho fundamental, y se define como aquel derecho de todos de disponer de agua que les sea suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal o doméstico. En tal sentido, el agua se erige como una necesidad básica, al ser un elemento indisoluble para la existencia del ser humano. Por ello, el agua en el ordenamiento jurídico colombiano tiene una doble connotación **pues se erige como un derecho fundamental y como un servicio público**. En tal sentido, todas las personas deben poder acceder al servicio de acueducto en condiciones de cantidad y calidad suficiente y “al Estado le corresponde organizar, dirigir, reglamentar y garantizar su prestación de conformidad con los principios de eficiencia, universalidad y solidaridad.” (Sentencia de \_\_\_\_\_ T-740/11).

Lo anterior y en concordancia con el artículo 366 de la Constitución Política de Colombia (1991) es un objetivo fundamental del estado, debiendo garantizar la satisfacción de esta necesidad básica. Bajo esta premisa se evidencia la importancia del análisis de las condiciones de oferta y demanda de este bien vital para la comunidad. Sobre esta base, es posible revisar las leyes o reglamentos donde se fundamenta la investigación, es decir, se deben buscar las leyes que puedan dar sustento adecuado.

Así, el Gobierno nacional formula las políticas sectoriales de agua potable y saneamiento básico, así como la regulación y su control. Dentro de las competencias de los entes territoriales, los Municipios deben asegurar la prestación eficiente del servicio de acueducto, y las empresas prestadoras, de igual manera, deben asegurar que el servicio se preste de forma continua y eficiente de acuerdo con lo dispuesto en la Ley 142 de 1994. Asimismo, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 1575 de 2007, el control de la calidad del agua debe ser realizado por las empresas prestadoras del servicio de acueducto, las cuales hacen parte del Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano de Colombia. A partir del Decreto 1575 de 2007 y sus Resoluciones Complementarias 2115 de 2007, 811 de 2011, 4716 de 2010, las Empresas de Servicios Públicos (ESP) deben cumplir de manera eficiente en toda época del año con las características de calidad de agua para consumo humano, independientemente de la fuente hídrica que alimente su sistema de acueducto.

De la misma forma, existe una estructura normativa sobre servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado en Colombia, el Decreto 1594 de 1984, en el cual se encuentran definidas las características de calidad que deben cumplir las fuentes

hídricas, para posibilitar los diferentes usos como: consumo humano y domésticos, preservación de la flora y fauna, agropecuario, recreativo e industrial. La norma establece que en los lugares donde existen varios usos, los criterios de calidad de agua a cumplir deben ser el del uso más exigente. Existe, además, el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) el cual determinó los lineamientos para establecer los niveles de tratamiento de agua para consumo humano en función a la calidad en la fuente de abastecimiento, desde la desinfección y estabilización hasta tratamientos específicos.

De igual manera, a continuación, se relacionan las principales normas vigentes en materia de calidad de agua desde el punto de vista para la vigilancia y el control:

En la Constitución Política de 1991 de Colombia se aprecian algunos artículos relacionados con el control de la prestación de servicios a la comunidad. Específicamente, en el Artículo 78 se establece que la ley regula el control de calidad de bienes y servicios ofrecidos a la comunidad, así como la información a ser suministrada al público en su comercialización. Serán responsables, de acuerdo con la normativa constitucional y legal, quienes en la producción y en la comercialización de bienes y servicios, atenten contra la salud, la seguridad y el adecuado aprovisionamiento a consumidores y usuarios.

Existen otras normas como el Concepto CRA 36941 de 2008, que establece la Consulta sobre el control de calidad de agua luego de pasar por la fase de limpieza, expedido por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA). También las Guías para la calidad del agua potable de 2008, donde se indican los requisitos necesarios para garantizar la inocuidad del agua, incluidos los procedimientos mínimos, valores de referencia específicos, modo de aplicación, métodos de cálculo, métodos utilizados para garantizar la inocuidad microbiana, expedidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2008).

Por otra parte, se dicta el Decreto 951 de 1989, por el cual se establece el reglamento general para la prestación de los servicios de acueducto y de alcantarillado en todo el territorio colombiano, expedido por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte - Departamento Nacional de Planeación (1989). También el Decreto 302 de 2000, por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, en materia de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado.

De igual modo, se establecen los siguientes lineamientos de obligatorio cumplimiento:

Decreto 990 de 2002, por el cual se modifica la estructura de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

Decreto 1575 de 2007, por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano, expedido por el Ministerio de la Protección Social.

Decreto 3050 de 2013, por el cual se establecen las condiciones para el trámite de las solicitudes de viabilidad y disponibilidad de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado.

Además, la Ley 142 de 1994, por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. En esta ley se señala que el servicio de acueducto tiene como indicadores la calidad, continuidad y presión, expedida por el Congreso de la República.

Ley 632 de 2000, en relación con la contribución de solidaridad en la autogeneración por la cual se modifican parcialmente las Leyes 142, 143 de 1994, 223 de 1995 y 286 de 1996.

Ley 689 de 2001, por la cual se modifica parcialmente la Ley 142 de 1994.

Resolución 1096 del año 2000, por la cual se adopta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, expedida por el Ministerio de Desarrollo Económico (2000).

Resolución de la Comisión reguladora de agua potable 151 de 2001, que establece la regulación integral de los servicios públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo.

Resolución 2115 de 2007, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, expedida por el Ministerio de la Protección Social - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2007).

Resolución 1303 de 2008, por la cual se adopta un método para análisis microbiológico de aguas para consumo humano validado por el Instituto Nacional de Salud, expedida por el Ministerio de la Protección Social (2008).

Resolución 811 de 2008, por medio de la cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución, expedida por el Ministerio de la Protección Social - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2008).

Resolución 082 de 2009, por medio de la cual se adoptan unos formularios para la práctica de visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano, expedida por el Ministerio de la Protección Social (2009).

Resolución 4716 de 2010, por medio de la cual se reglamenta el párrafo del artículo 15 del Decreto 1575 de 2007, en relación con las condiciones mínimas que deben cumplir los mapas de riesgo de la calidad del agua para consumo humano, expedida por el Ministerio de la Protección Social - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010).

Resolución 154 de 2014, por la cual se adoptan los lineamientos para la formulación de los planes de emergencia y contingencia para el manejo de desastres y emergencias asociados a la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo y se dictan otras disposiciones, expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2014).

Resolución 0330 de 2017, por la cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico –RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009. Estas tienen como objeto el de reglamentar los requisitos que se deben cumplir en las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo.

## **CORRELACIÓN ENTRE OFERTA Y DEMANDA DEL AGUA DETERMINADA DENTRO DE UN PROCESO METODOLÓGICO REALIZADO POR FASES**

El proceso de desarrollo metodológico para la determinación de la oferta y la demanda de agua potable se compone de tres fases que permiten el Diagnóstico, la Identificación de la demanda de agua potable y la Identificación de las condiciones de equilibrio. La primera fase de Diagnóstico se ajusta a un proceso descriptivo basado en información de fuente secundaria suministrada por empresas de agua potable a partir de información sobre estructura, organización y forma operativa de la empresa misma, además de un inventario de catastro, distribución de redes, análisis de planta de tratamiento, almacenamiento y análisis de la situación financiera a partir de estados financieros de la institución, con lo que se pretende analizar los eventos estructurales y un análisis de información estadística histórica de la oferta de agua potable para evaluar los periodos en los que se observa bajas en los suministros y así establecer posible conexión con evento coyunturales.

De la misma manera, se realiza una Fase de Identificación de la demanda de corto y largo plazo, para lo cual se establece un análisis de información de fuente secundaria a partir de un proceso de muestreo a partir del cual se establecieron varios aspectos, entre ellos la demanda del hogar, la disposición a pagar, aplicaciones de econometría espacial y proyecciones de consumo de agua a partir de técnicas econométricas de medición y proyección, las cuales se abordan de manera específica.

Una tercera fase alude a la identificación de condiciones de equilibrio. Para el desarrollo de esta fase se adelantaron varias actividades de análisis e información, en primera instancia se estableció una aproximación a la oferta de agua potable a partir de la aplicación de una función de producción del tipo Cobb-Douglas o la que diere lugar a los métodos de estimación econométricos, determinando la cantidad de agua producida a partir del caudal de la fuente de aprovisionamiento de agua registrado por empresas de agua potable y de las variables ambientales determinantes, tales como brillo solar, temperatura, precipitaciones y humedad relativa medidas por el IDEAM, procediéndose a estimar escenarios futuros para establecer una posible tendencia futura.

Bajo este escenario, es posible establecer un análisis prospectivo entre la demanda esperada a 50 años y la oferta ambiental posible, con lo que igualmente es posible establecer la capacidad de producción de agua, dadas las condiciones, y establecer las posibles opciones a futuro dadas los resultados esperados.

Con estas determinaciones, es posible deducir si la oferta de agua potable del

municipio de Aguachica de una localidad es efectiva en el corto y largo plazo frente a la demanda potencial del municipio dado unas reformas estructurales que se ajusten a las tendencias del mercado local.

Matemáticamente:  $H_0 \therefore \widehat{y_{oal}} \geq \widehat{y_{dal}}$

De la misma manera, se consideran las variables que se indican a continuación.

Clasificación	Variables	Indicadores
Dependientes	Demanda	Demanda estimada
	Oferta	Oferta estimada
	Población	Número de habitantes
	Número de hogares	Consumo por hogar
	Número de miembros por hogar	Consumos per cápita
Independientes	Pluviosidad	Mm/cm3
	Niveles de caudal	Lts/s
	Capacidad instalada	m3
	Capacidad de las redes	m3 /s
	Estación	Tipo de estación

Fuente: elaboración de los autores (2021)

## **ASPECTOS ESTRUCTURALES QUE REQUIEREN LAS EMPRESAS DE SERVICIO PÚBLICO PARA NO AFECTAR EL SUMINISTRO DE AGUA EN EL MUNICIPIO**

La prestación del servicio de Acueducto en el municipio de Aguachica, Cesar, en Colombia, data de mediados del Siglo XX, a través de diversas instituciones públicas y privadas, e instituciones descentralizadas que han desarrollado las tareas correspondientes. Pero, el bienestar de la comunidad se ve reflejado por el mejoramiento de la cobertura, calidad y continuidad de la prestación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado en la zona urbana. Es por ello que la administración estatal, estatal, o las instituciones privadas a quienes se encomiende la tarea de agua potable, debe dedicar todos sus esfuerzos para solucionar la problemática de abastecimiento en el municipio.

En ocasiones, la estrategia corporativa de la empresa pública o privada parte de la base que el usuario es su razón de ser y en este sentido, son quienes perciben el fruto de los esfuerzos y dedicación del talento humano, así como de los recursos técnicos, organizacionales, financieros y físicos, transformados en servicios públicos eficaces y oportunos que coadyuvan al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la zona urbana del Municipio de Aguachica – Cesar.

De la misma manera, su misión debe estar enfocada en la organización y prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la ciudad de Aguachica Cesar, para satisfacer las necesidades de los clientes con oportunidad, eficiencia, continuidad y calidad en niveles de excelencia, generando como valores agregados constante, el fomento del crecimiento socioeconómico sostenible de la zona urbana con responsabilidad social empresarial, mediante la gestión del talento humano, los recursos físicos y la modernización tecnológica que garantice bajo principios y valores éticos la sostenibilidad económica, financiera y ambiental”.

Asimismo, su visión debe estar enfocada en constituirse en empresas debidamente reconocidas regional y nacionalmente como modelo en la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, caracterizada por una gestión orientada a resultados, que promueva con responsabilidad social empresarial el mejoramiento de la calidad de vida de la ciudadanía en general, con un talento humano de altos niveles en sus competencias; así como, por un comportamiento acorde con los principios y valores éticos.

Por otra parte, las empresas que atiendan el servicio de agua potable deben

basar sus principios en aquellas creencias básicas y las líneas rectoras que rigen el comportamiento de los empleados, frente a los grupos de interés y orientar la forma correcta de relacionarse con cada uno de ellos en su entorno, con la finalidad de alcanzar las metas y objetivos trazados por la entidad en cumplimiento de su misión institucional.

En este principio, se requiere alinear sus actuaciones a la organización de la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueductos y alcantarillado en la zona urbana, con base en el reconocimiento de la dignidad humana, la Constitución, los Estatutos y la Ley.

Dedicar sus esfuerzos a la construcción, mantenimiento y reparación de la infraestructura para la prestación de servicios públicos de acueducto y alcantarillado en la zona urbana, con espíritu de servicio y responsabilidad social. Promover programas y proyectos ambientales para el uso racional del agua y de protección de las fuentes de abastecimiento, en beneficio de las generaciones actuales y futuras del Municipio de Aguachica Cesar. Impulsar procesos de socialización, capacitación y de rendición de cuentas para el ejercicio del control social y la participación ciudadana en la prestación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado en el Municipio de Aguachica Cesar. Organizar la planeación de los procesos para aumentar la productividad y racionalización de los costos que garanticen la sostenibilidad de la empresa a quien corresponda la tarea y estimular el desarrollo del talento humano e implementa procesos tecnológicos de información y comunicación hacia una cultura orientada al cliente.

Asimismo, deberán cumplir con los siguientes aspectos:

- Organizar y prestar de forma eficiente y eficaz los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la zona urbana del Municipio de Aguachica Cesar.
- Construir, mantener y reparar oportunamente la infraestructura para la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la zona urbana del Municipio.
- Promover el desarrollo del control social y la participación ciudadana en la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la zona urbana del Municipio de Aguachica Cesar
- Garantizar la rentabilidad económica y social requerida para la sostenibilidad de la empresa en el corto, mediano y largo plazo.
- Establecer una cultura orientada al cliente, soportada con procesos organizacionales efectivos que respondan a las necesidades y oportunidades del mercado.

- Por otra parte, deberá tener objetivos estratégicos, proyectando los resultados que espera alcanzar durante el período que corresponda, mediante el desarrollo de acciones que le permitan cumplir con su misión, inspirados en la visión.

# ANÁLISIS DE EFECTOS ESTRUCTURALES: SISTEMA DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y LOS PROCESOS DE CONCESIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO NATURAL

El sistema de abastecimiento del municipio de Aguachica se abastece de una fuente superficial, correspondiente a la quebrada Buturama. La fuente de abastecimiento de acuerdo con la descripción de estudio realizado por FINDETER (2018), se encuentra ubicada en los predios de Pedro Sosa con matrícula mobiliaria 196-25920, y código predial nuevo 200110001000000020292000000000. Las coordenadas de la bocatoma en la cámara de recolección lado derecho aguas debajo de 1416563.16mN, 1055547.65mE, cota 314.66m.s.n.m. A nivel catastral está compuesta por:

Rejilla de fondo: está integrada por cuatro rejillas con altura de 0.75 m y un largo total de 2 m aproximadamente con las mismas especificaciones de las de fondo. Rejilla lateral: tres rejillas cada una de 0.96m de ancho por 0.72m de largo, cada rejilla conformada por 24 orificios de 0,03m y 24 barras de  $\frac{3}{4}$ ".

Cámara de recolección: Presenta medidas desuniforme, construida en concreto reforzado. Presenta dos secciones, la primera de con un ancho inicial 1.23m, y ancho final de 2.85m, largo diagonal de 4.50m, en uno de sus costados (frente a la rejilla lateral) hay una roca que les sirve de pared. La otra sección es de ancho de 2.85m, y largo de 3.82m, con espesor de muros de 0.15m, altura de 3.05m. Accesos: Existe un único acceso mediante un orificio cuadrado de 0.7m.

Accesos: Existe un único acceso mediante un orificio cuadrado de 0.7m.

Válvulas: La bocatoma cuenta con tres válvulas de compuerta ascendente de diferentes medidas, la primera rectangular de 0.5m x 0.5m ubicada en el muro de contención, la segunda circular de diámetro de 10" para lavados y excesos de la cámara, la tercera de tipo cuadrado de 0.7m de ancho y altura de 0.75m. Las válvulas 2 y 3 cuentan con torre de maniobra, la primera no.

Muro de contención: El muro es en concreto reforzado, pero el cuenco (zona de amortiguamiento) es en concreto ciclópeo: La altura del muro es de 3.4m, y un ancho aproximado de 9.15m, largo de 0.48m. El cuenco es de longitud de 8.25m, ancho igual al del muro de contención.

En relación con la concesión de aguas superficiales para esta fuente, la Corporación Autónoma Regional de Cesar (CORPOCESAR) otorgó dicho permiso ambiental mediante Resolución No. 0617 del 11 de julio de 2016, con una vigencia hasta el año 2020. El

caudal autorizado es de 292 l/s.

Además, la captación de agua en la quebrada Buturama se realiza mediante una bocatoma de fondo ubicada de manera transversal al sentido del flujo, y una bocatoma lateral ubicada en el costado derecho de la quebrada. Ambas bocatomas cuentan con rejillas para la retención de sólidos. Esta estructura cuenta con una capacidad de 1,50 m<sup>3</sup>/s. Sin embargo, se ha evidenciado que no cuenta con macromedidor ni regleta para la medición del caudal captado, el cual tampoco es medido de ninguna otra manera, por lo que no se conoce si el prestador se encuentra captando el caudal autorizado por CORPOCESAR.

Por su parte, la línea de aducción se conforma por un canal en concreto con una longitud de 95 metros y una sección transversal de 60 cm por 55 cm. Dicho canal descarga el agua cruda en el primer desarenador. El primer desarenador se conforma por dos módulos construidos en concreto reforzado. Del primer desarenador sale una línea con una longitud de 2.094 metros hasta el segundo desarenador, conformada por tubería en PVC. Los primeros 990 metros cuentan con un diámetro de 16 pulgadas. A partir de dicho punto, el diámetro de la tubería pasa a ser de 14 pulgadas.

De igual modo, el segundo desarenador se conforma por tres módulos construidos en concreto reforzado. La conducción entre el segundo desarenador y la planta de tratamiento está conformada por tres (3) tuberías en paralelo con las siguientes características:

- Tubería en asbesto cemento de 14 pulgadas de diámetro y con una longitud de 120 metros. En dicho punto, la tubería pasa a ser de PVC de 14 pulgadas de diámetro y con una longitud de 480 metros.
- Tubería en asbesto cemento de 14 pulgadas de diámetro y con una longitud de 221 metros. En dicho punto, la tubería pasa a ser de asbesto cemento de 12 pulgadas de diámetro y con una longitud de 379 metros.
- Tubería en asbesto cemento de 10 pulgadas de diámetro y con una longitud total de 600 metros.

Asimismo, la planta de tratamiento es de tipo convencional y cuenta con una capacidad de 420 l/s. No obstante, de acuerdo con lo evidenciado en visita y lo informado por el prestador, opera con un caudal de entre 320 y 340 l/s, el cual puede reducirse a entre 240 y 290 l/s en época de sequía. Así las cosas, bajo condiciones normales de operación, el prestador capta un caudal superior al concesionado por parte de CORPOCESAR.

Esta planta cuenta con un sistema de tratamiento antiguo y un sistema de tratamiento nuevo, el cual se construyó en el año 2007. El agua ingresa a la planta a

través de un canal de entrada. En dicho canal se cuenta con una canaleta Parshall y una boya para la medición del caudal de entrada a la planta. Adicionalmente, en este punto se realiza la aplicación de coagulante (sulfato de aluminio tipo B). La dosificación del coagulante se realiza de acuerdo con los resultados del ensayo de jarras, el cual no se realiza con una frecuencia determinada, sino cuando la turbiedad del agua cruda es superior a 8-10 UNT. Lo anterior se encuentra soportado en los registros de la planta. En la visita realizada el día 13 de agosto de 2019, se evidenció que dicho equipo se encontraba en funcionamiento. El sistema de floculación antiguo se compone por 3 floculadores de flujo horizontal, mientras que el sistema nuevo consiste en 3 floculadores de flujo vertical. Cada uno de estos floculadores se encuentra dividido en 2 módulos.

Por otra parte, el sistema de sedimentación se conforma por 6 sedimentadores de alta tasa, cada uno dividido en 2 módulos. Adicionalmente, el sistema de filtración se compone por 10 filtros convencionales, con un lecho filtrante compuesto por grava, arena y antracita. El tratamiento finaliza con el proceso de desinfección, el cual se realiza en un tanque con capacidad de 32 m<sup>3</sup>. No obstante, se ha evidenciado que el prestador no realiza la medición del caudal de salida de la planta, por lo que se desconocen los caudales distribuidos a la red.

En cuanto al Tratamiento de los lodos generados en la PTAP, los lodos recogidos en las unidades de sedimentación de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP), son dispuestos en la quebrada Buturama sin tratamiento ni permiso ambiental por parte de CORPOCESAR. Actualmente se encuentra realizando el Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo del Vertimiento y la evaluación ambiental del vertimiento para el trámite del correspondiente permiso. El prestador adjuntó copia del segundo de estos dos documentos.

La PTAP cuenta con un laboratorio para el control de la calidad del agua durante el proceso de tratamiento. El laboratorio cuenta con los equipos de Phmetro, Turbidímetro, Colorímetro, Clorímetro y Espectrofotómetro., cuya revisión y/o calibración se hace continuamente.

El prestador cuenta con un formato de operación de la planta, donde se registra la siguiente información:

- Caudal de entrada a la planta.
- Turbiedad del agua cruda, sedimentada y tratada.
- Color del agua cruda, sedimentada y tratada.
- PH del agua cruda, sedimentada y tratada.

- Dosificación de coagulante y cloro gaseoso.

En relación con los mantenimientos de la planta, el prestador programa el lavado mensual de los floculadores, sedimentadores y filtros, mientras que para los tanques de almacenamiento se programa un lavado semestral. Por otro lado, la purga de lodos se programa bimensualmente.

Lo anterior se encuentra debidamente soportado en los registros de mantenimiento de la planta, donde se evidencia el cumplimiento de la programación realizada.

## ALCANTARILLADO

Los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en Colombia, y más específicamente el de Jerusalén, en el municipio de Aguachica, Cesar, opera con un caudal de entre 60 y 100 l/s y trata aproximadamente el 40% de las aguas residuales generadas. El sistema se compone por una estructura de entrada, seguida por dos desarenadores en paralelo. Posteriormente, se cuenta con dos trenes de tratamiento, cada uno compuesto por una laguna anaerobia y una laguna de maduración. Después del tratamiento se vierte el agua al caño El Pital. De acuerdo con los resultados de la caracterización realizada en el primer semestre del año 2019, el caudal vertido fue de aproximadamente 66 l/s, y de acuerdo con lo informado por el prestador, las actividades de mantenimiento se encuentran en su mayoría asociadas al retiro de material vegetal. No obstante, en la visita realizada el día 13 de agosto de 2019, se evidenció la presencia de material vegetal en los bordes de algunas de las lagunas.

Asimismo, la empresa operadora cuenta con un cronograma de limpieza y mantenimiento para el sistema de tratamiento Jerusalén. Dicho cronograma contempla la limpieza semanal de diques y desarenadores y el control mensual de malezas. Adicionalmente, el prestador cuenta con manual de operación y mantenimiento para este sistema de tratamiento.

Por su parte, la Planta de tratamiento de aguas residuales Puerto Mosquito, como sistema, trata el 60% de las aguas residuales que se producen en el municipio. Inicialmente, el sistema se encontraba compuesto por 2 trenes de tratamiento, cada uno compuesto por una laguna anaerobia y una laguna de maduración. Sin embargo, la Gobernación del Cesar suscribió contrato con el Consorcio Residual de Aguachica en el año 2017 para la optimización de este sistema de tratamiento. Este nuevo sistema cuenta con una capacidad de 445 l/s y opera con un caudal de entre 70 a 150 l/s.

El sistema de tratamiento actual se compone por una estructura de entrada con cribado, 2 desarenadores en paralelo y una canaleta Parshall en la cual se realiza la medición del caudal de entrada a la planta. Posteriormente, el agua ingresa a un tanque de homogenización con agitadores mecánicos, seguido por un sedimentador primario. A continuación, el agua pasa a través de un tanque de aireación, un filtro biológico y un sedimentador secundario. Finalmente, el agua tratada se vierte al caño El Cristo. De acuerdo con los resultados de la caracterización realizada en el primer semestre del año 2019, el caudal vertido es de aproximadamente 117 l/s. Este sistema cuenta con lecho de secado de lodos y laboratorio para la medición de parámetros del agua residual. No obstante, el laboratorio aún no se encuentra equipado en su totalidad.

Se ha de tomar en cuenta en este estudio que el catastro de redes del municipio

de Aguachica está conformado por varios materiales, los cuales son: polvinil de cloruro, asbesto, cemento y hierro dúctil. Estos materiales tienen diferentes longitudes y diámetros para un total de 209.752 metros de redes, los cuales se distribuyen adecuadamente por material como PVC, AC, HD y Canal-BOX, longitud y diámetro. Se hace igualmente el Registro por material polivinil de cloruro, por asbesto-cemento, por material hierro dúctil, por canal concreto.

Por otro lado, debe atenderse a que el municipio de Aguachica Cesar cuenta con una red de distribución dividida en distritos donde el distrito 1 cuenta con un sector hidráulico y por el otro lado los distritos 2 y 3 cuentan con tres y seis sectores hidráulicos respectivamente. Otro cambio generado se muestra en los tanques de almacenamiento, están los suministrados por la entidad y los reportados ante el SUI. Así mismo en relación con el mantenimiento de las redes, se debe contar con manuales para la detección y corrección de fugas, mantenimiento de redes y válvulas, reparación de redes y estructura del sistema de acueducto.

En el estudio avanzado se encontró también que el número de domicilios se mantiene en un valor de 24.167, en cuanto a las presiones de red de distribución se entiende que la medición en las redes de distribución en el municipio de Aguachica cesar se realizaron desde mayo de 2018 y previo a esta fecha no se realizaban las mediciones correspondientes, incumpliendo en esta medida. Por último, se evidencia que en ocasiones no se cumple con las metas asignadas en el contrato de condiciones uniformes realizado, además se realizan suspensiones de tipo no programadas no avisadas y que se están contabilizando más de una vez para el mismo sector hidráulico.

## ANÁLISIS DE EFECTOS COYUNTURALES

Para el desarrollo de este aparte se han contemplado el análisis de dos aspectos asociados a situaciones variables en cada periodo, en este sentido se incluye el análisis de los estados financieros teniendo en cuenta que en cada periodo se deben definir estrategias a nivel operativo, de inversión y financiación, producto de políticas aplicadas de manera puntual para alcanzar ciertas metas que definen condicionamientos de corto plazo, por otra parte se analizan el comportamiento de variables de series de tiempos que reflejan condiciones temporales en la prestación del servicio.

Con relación al análisis de Estados financieros como elementos determinantes de operación, financiación e inversión por periodos, Brigham y Houston, (2006, p. 861), conceptúan que el análisis financiero como un instrumento gerencial, es un mecanismo que “facilita la predicción de los efectos futuros de la implementación de decisiones estratégicas en la empresa”, dentro de estas pueden estar cambios en las políticas de crédito, políticas de cobros, políticas de inventarios, venta de una dependencia o procesos expansión de mercado a nuevas zonas geográficas, entre otras.

En este sentido, el análisis financiero permite analizar los tres aspectos fundamentales del manejo financiero de la empresa, representados por las operaciones expresadas a través de los movimientos que se reflejan a través de los estados de resultados, las financiación e inversión reflejando en los balances y las fuentes y usos a través de los flujos de efectivos, integrando una dinámica sistémica que sintetiza los hechos económicos adelantados por la empresa de manera periódica.

En este análisis, en primera instancia es de aclarar que la empresa de servicios públicos debe operar bajo las condiciones de mercado monopolístico, siendo esta la única oferente del servicio a la comunidad a nivel local. Asimismo, la metodología de desarrollo debe estar centrada en la aplicación de un análisis horizontal y vertical a los estados financieros de cada año con su correspondiente explicación detallada. De igual manera, debe realizarse un estudio de tendencias revisando los estados financieros, y también se le aplican los indicadores financieros para realizar y analizar los respectivos índices de liquidez entre otros.

En este sentido, para ejemplificar, y tomando en cuenta estos indicadores, para la vigencia 2014-2015, el Activo total presentó un incremento del 7.83%, generado principalmente por el incremento sustancial de los deudores en su porción no corriente el cual se incrementó en un 149.87%, pasando de \$416,2 millones a \$1.040; por su parte, los activos no corrientes que representan el 79,34% del total del activo para el año 2015, de los cuales tienen mayor representatividad la propiedad planta y equipo la cual para la vigencia 2015 tiene un valor de \$2.577,8 millones.

Por su parte, el Pasivo representa las obligaciones que tiene la empresa con terceros, por la adquisición de bienes y servicios, acreedores, retención en la fuente por impuesto de timbre, impuesto contribuciones y tasas por pagar, recursos recibidos por administración y obligaciones laborales y de seguridad social. Se debe atender a si la empresa no posee créditos con entidades financieras. Para la vigencia 2014 se observó 100% de los pasivos está representado en la porción corriente, es decir el valor de \$1.376,2 millones es pasivo corriente. Para la vigencia 2015 el pasivo fue incrementado el 61.88% cuya cifra más significativa fue la cuenta impuestos, contribuciones y tasas esto debido a la deuda que la empresa tiene con CORPOCESAR la cual para la vigencia 2015 fue contabilizada por \$334 millones. En cuanto al Patrimonio, para la vigencia 2015 la empresa presentó una variación significativa debido a la pérdida del ejercicio lo que generó que el patrimonio institucional disminuyera en un 17.67%.

De igual modo, como Estado de Resultados 2014 – 2015, y con relación a los Ingresos, de la información analizada para los años 2014-2015 se observa que los ingresos pasaron de \$3.492 millones en 2014 a \$3.767 millones en 2016 cuyo incremento equivale a un 7.86%. Se presentaron ingresos por la venta de los servicios de acueducto y alcantarillado, los cuales fueron incrementados en un 7.86% para la vigencia 2015, de los cuales el 8.80% corresponde a la venta del servicio de acueducto y el 6.10% al servicio de alcantarillado. En cuanto a otros ingresos, se registró disminución en ingresos financieros y extraordinarios equivalentes al 30.71% de los ingresos totales para el 2015.

En cuanto a los costos se incrementados en un 13.77%, de estos impactaron significativamente los costos del sistema de acueducto que representa en valor de \$259 millones. Para la vigencia 2014 los costos en la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado corresponden al 53.96% de los ingresos totales. Se observaron pérdidas operacionales de \$515 millones por lo que los ingresos percibidos no alcanzaron para cubrir los costos y gastos en la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado.

Debido al incremento de los costos en un 13.77%%, por encima el incremento de los ingresos, sumado al incremento de los gastos de administración en un 12% cuando los ingresos por la venta del servicio de acueducto y alcantarillado se incrementó tan solo en un 7.86%, de esta manera originó que la empresa incrementara sus pérdidas operacionales en un 42.46% y pérdidas netas en 4296,70% para la vigencia 2016.

Con relación a los gastos de administración fueron incrementados en \$174 millones que equivale a 12.07%, mientras que los gastos de provisiones, depreciaciones y amortizaciones disminuyeron en 90 millones representando el 27.69%. En otros gastos aumentaron en \$385 millones equivalentes al 617.20% debido que para la vigencia del 2015 la empresa contabilizo gastos de vigencias anteriores de \$384 millones.

También, a manera de ejemplificación, se resume en este apartado el Análisis de una empresa de servicios públicos de agua 2017-2018, donde, el Activo total presentó un incremento del 6.97%, generado principalmente por la cuenta de otros activos en su porción no corriente el cual aumento en un 402%, pasando de \$49 millones a \$251 millones; por su parte, los activos no corrientes que representan el 32,19% del total del activo para el año 2018, de los cuales tienen mayor representatividad en propiedad planta y equipo los cuales para la vigencia 2017 tiene un valor de \$2360 millones.

Para la vigencia 2018 se observó que el 46.62% de los pasivos está representado en la porción corriente, es decir el valor de \$1.987 millones es pasivo corriente y el 53.38% corresponde al no corriente expresados en \$2.275 millones. Para el año 2018 el pasivo disminuyó en 1.89% dado que se cancelaron las deudas con los terceros y algunos pasivos estimados. También se presentó una variación significativa en el patrimonio, debido a la utilidad del ejercicio, lo que generó que el patrimonio institucional aumentara en un 33.92%

Con relación al Análisis Estado de Resultado 2017-2018, de la información analizada para los años 2017-2018 se observa que los ingresos pasaron de \$5.965 millones en 2017 a \$8.253 millones en 2018 cuyo incremento equivale a un 38%. Se presentaron ingresos por la venta de los servicios de acueducto y alcantarillado, los cuales incrementaron en un 38% para la vigencia 2018, de los cuales el 25% corresponde a la venta del servicio de acueducto y el 31% al servicio de alcantarillado. En cuanto a otros ingresos se registró un aumento en ingresos financieros y extraordinarios equivalentes al 88% de los ingresos totales para el 2018.

En cuanto a los costos aumentaron en un 18%, de estos impactaron significativamente los costos del sistema de acueducto que representa en valor de \$481.7 millones. Para la vigencia 2017 los costos en la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado corresponden al 44% de los ingresos totales. Para la vigencia 2018 se presentaron ganancias operacionales en \$805.4 millones equivalentes 9.76% de los ingresos totales. Teniendo en cuenta el aumento de los ingresos en relación con la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado, los costos y gastos que, aunque aumentaron no superaron el aumento de los ingresos, consecuente a esto la empresa tiene una ganancia en el ejercicio de \$484.1 millones equivalentes al 5.87% de los ingresos totales, viéndose esto reflejado en el patrimonio.

De igual manera, los gastos de administración fueron incrementados en \$1.170 millones que equivalen a 58%, así mismo los gastos de provisiones, depreciaciones y amortizaciones aumentaron en \$258 millones representando el 29%. Los otros gastos aumentaron en \$21 millones representados en un 5% debido a que en la vigencia 2018 la

empresa contabilizo gastos financieros por \$15 millones.

En este sentido, como análisis de tendencia, puede inferirse que para la realización de este análisis financiero se tuvieron en cuenta las vigencias 2014-2018; para ello se estableció que el año base para esta aplicación sería el correspondiente a la vigencia 2014. Para las vigencias comprendidas entre los años 2014-2018 se pudo observar que la tendencia de los activos totales de una empresa de servicios públicos respecto al año 2014 tuvieron una tendencia de incremento siendo este superior al 100%, pero analizado los movimientos del activo corriente se determinó que no fue tan notorio los incrementos respecto al año base, sin embargo, el activo no corriente tuvo una mejor tendencia en el año 2016 dado que su incremento fue del 225 % y superior al 100% para los años siguientes. Este incremento en el activo se ve relegado en el estado de situación financiera en la cuenta de deudores que incrementan de un año a otro.

El total pasivo de la empresa consultada incrementó de manera significativa a partir del 2016 hasta el 2018 respecto al año 2014 observando una tendencia de incremento por encima del 200% y 300%, estos incrementos se ven reflejados en los pasivos no corrientes de la empresa que para la vigencia del 2018 se incrementaron drásticamente debido a la contabilización de \$1.823 millones en la cuenta de impuestos, tasas y contribuciones.

Por su parte, el patrimonio de la entidad no tuvo una tendencia a incrementarse significativamente respecto a año 2014, debido a las pérdidas de los ejercicios en que los ingresos no alcanzaban a cubrir los costos y gastos en que incurría la empresa para la correcta prestación de sus servicios; tan solo para el año 2016 el patrimonio se incrementó en un 152% en lo que influyó el superávit por revalorización del patrimonio institucional. Para las vigencias 2017 y 2018 aunque la empresa tuvo ganancias en el ejercicio el incremento del patrimonio no fue significativo por el aumento de sus pasivos.

Analizando los rubros de ingresos para las vigencias 2014-2018 se pudo observar que el incremento de un año a otro respecto al año base, siendo este el 2014 no es significativo, aunque este haya sido superior al 100%; sin embargo, para la vigencia 2018 este incremento fue un poco más notorio dado que aumento en el 236% en relación al 2014. La tendencia de aumento de los costos para estas vigencias fue de manera proporcional de un año al otro en relación al año base. Aunque este incremento fue un poco más del 100% no es significativo para la entidad puesto que lo que se busca es que los costos no aumenten más que los ingresos.

De igual manera que los costos la tendencia de los gastos en cuanto a incremento de un año al otro en relación con la vigencia 2014 no es representativa; aunque para el

año 2018 estos se incrementaron en un 220% teniendo incidencia en ello los aportes sobre nómina que la empresa ha venido realizando. Para estas vigencias la utilidad operacional tenía una tendencia de incremento hasta el año 2016 la cual aumento en un 664.64% en comparación con el año base. Para las siguientes vigencias 2017 y 2018 tuvo un decremento bastante notable dado que los ingresos que percibió la empresa no alcanzan a cubrir los costos y gastos en que incurre la entidad.

Teniendo en cuenta la información financiera de la empresa consultada, igualmente se pudo determinar que en los dos primeros años 2015 y 2016 la empresa tuvo una perdida en el ejercicio en comparación con el año base siendo esta relevante en un 8142%, mientras que para las vigencias 2017 y 2018 la utilidad neta de la empresa tendió a incrementarse debido a que los costos disminuyeron aumentando los ingresos teniendo la empresa mayor capacidad para cubrir los gastos.

Por su parte, el capital de trabajo es un indicador que muestra la liquidez y solvencia de la empresa en cuanto a lo que se necesita para poder cubrir las necesidades de la empresa a corto plazo, como lo son los insumos, mano de obra, materia prima, entre otros. Entonces la diferencia entre los activos y el pasivo corrientes arroja lo que se conoce como capital de trabajo neto contable, así, para los años 2015, 2016, 2017 y 2018 la empresa no cuenta con la capacidad de cubrir dichas necesidades a corto plazo, sus pasivos corrientes son superiores a sus activos corrientes.

La razón corriente es el indicador que muestra que tanta liquidez tiene la empresa o que tanto puede solventar cualquier eventualidad por contingencia, según los datos arrojados los años 2015, 2016, 2017 y 2018 están por debajo de 1. Es decir que la empresa en eso años mencionados por cada peso que debe no alcanza a solventar con lo que tiene, es decir, es desfavorable ya que no se pueden respaldar los pasivos corrientes.

Cabe destacar una serie de aspectos propios del análisis realizado, los cuales se describen en tablas que permiten verificar la información que fuere lograda en el ejercicio financiero realizado en el período 2014-2018.

INDICADOR	FORMULA	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018
Prueba Acida	$\frac{\text{Activo Corriente} - \text{Inventario}}{\text{Pasivo Corriente}}$	\$ 0,8315	\$ 0,5839	\$ 0,3959	\$ 0,3717	\$ 0,4947

Tabla 1: Comportamiento de la Prueba acedia en el periodo 2014 - 2018

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la dirección general de la empresa consultada.

Por cada peso que debe la empresa no alcanza para cubrir la deuda en los años que se muestran anteriormente ya que los valores son menores a un peso, el indicador de prueba acida ayuda a reflejar la liquidez de la empresa, entonces se puede decir que toca recurrir al inventario.

INDICADOR	FORMULA	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018
Solidez	$\frac{\text{Activo Total}}{\text{Pasivo Total}}$	\$ 3,1196	\$ 2,0781	\$ 2,2803	\$ 1,3286	\$ 1,4485

Tabla 2 : Comportamiento del nivel de solidez de la empresa

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la dirección general de la empresa consultada.

Según el indicador de solidez se puede observar que la empresa tuvo un mejor año en el 2014 el cual tenía mejor capacidad para responder por sus pasivos totales con su activo total, el indicador va disminuyendo de un periodo a otro pero con resultados positivos aun.

INDICADOR	FORMULA	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018
Endeudamiento Total	$\frac{\text{Pasivo Total} * 100}{\text{Activo Total}}$	32,06%	48,12%	43,85%	75,27%	69,04%

Tabla 3: Comportamiento del nivel de endeudamiento total

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la dirección general de la empresa consultada.

Este indicador mide la proporción de los activos que están financiado por terceros o socios, observando la tabla anterior se puede determinar que va aumentando año a año el porcentaje de los activos financiados y que en el año 2017 alcanza un 75,27% de los activos totales, estos porcentajes demuestran que cantidad de activos se deben en su respectivo año.

INDICADOR	FORMULA	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018
Endeudamiento Financiero	$\frac{\text{Obligaciones Financieras} * 100}{\text{Ventas Netas}}$					0,27%

Tabla 4: Comportamiento del Endeudamiento Financiero del periodo 2014-2018

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la dirección general de la empresa consultada.

El endeudamiento financiero en esta empresa no es representativo ya que no han incurrido en este para financiarse y ejecutar su actividad económica, solo en el año 2018 recurrió a este y el indicador muestra que de las ventas hay un 0,27% apalancado por obligaciones financieras lo cual se observa que este resultado es muy bajo.

INDICADOR	FORMULA	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018
Endeudamiento Financiero	$\frac{\text{Obligaciones Financieras} * 100}{\text{Ventas Netas}}$					0,27%

Tabla 5: Comportamiento de indicador de carga Financiera

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la dirección general de la empresa consultada.

La carga financiera es un indicador que permite observar que porcentaje de las ventas pertenece a los gastos financieros, es decir, que en el año 2018 el 0,18% de las ventas va dirigida a cubrir los gastos financieros y la tabla anterior muestra el resultado en ese único año ya que en este fue que se incurrió en endeudamiento financiero.

INDICADOR	FORMULA	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018
Apalancamiento	$\frac{\text{Pasivo Total}}{\text{Patrimonio}}$	\$ 0,4718	\$ 0,9276	\$ 0,7810	\$ 3,0435	\$ 2,2298

Tabla 6: Comportamiento del Apalancamiento del periodo 2014-2018

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la dirección general de la empresa consultada.

Uno de los objetivos de este indicador es medir la capacidad que tiene la empresa para responder las obligaciones con su capital o el capital de terceros, por consiguiente,

se observa según los resultados que el índice de apalancamiento es más alto en los años 2017, 2018 y por lo tanto representa que más del cien por ciento del capital está comprometido para responder a los pasivos.

INDICADOR	FORMULA	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018
Índice de Propiedad	$\frac{\text{Patrimonio}}{\text{Activo Total}}$	\$ 0,6794	\$ 0,5188	\$ 0,5615	\$ 0,2473	\$ 0,3096

Tabla 7: Comportamiento del Índice de Propiedad periodo 2014-2018

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la dirección general de la empresa consultada.

Este indicador es complementario del indicador de endeudamiento ya que indica la relación que existe entre el capital propio y el de la inversión, según la tabla en todos los años se refleja que menos de un peso pertenece a los socios según lo invertido y estos valores han disminuido de un año a otro respectivamente.

INDICADOR	FORMULA	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018
Concentración de Endeudamiento	$\frac{\text{Pasivo Corriente} * 100}{\text{Pasivo Total}}$	8529,93%	7235,07%	6513,63%	7122,44%	4661,92%

Tabla 8: Comportamiento del indicador de Concentración de Endeudamiento

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la dirección general de la empresa consultada.

El pasivo corriente en relación al pasivo total tiene una proporción muy alta entonces se puede concluir que la empresa tiene una financiación ajena muy alta a corto plazo con respecto al pasivo total en todos los años arroja más de cien por ciento de pasivos de vencimiento en menos de un año.

INDICADOR	FORMULA	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018
Margen Bruto de Utilidad	$\frac{\text{Utilidad Bruta} * 100}{\text{Ventas Netas}}$	-464,57%	-613,59%	-2608,55%	716,44%	975,88%

Tabla 9: Comportamiento del indicador de Margen Bruto de Utilidad

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la dirección general de la empresa consultada.

Este indicador revela la proporción de la utilidad después de cada peso vendido por ende se observa según la tabla anterior del año 2014 al año 2016 los resultados son negativos es decir no hay rentabilidad hasta los dos últimos años que se observa que por cada peso vendido hay más de cien por ciento de utilidad.

INDICADOR	FORMULA	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018
Margen Neto de Utilidad	$\frac{\text{Utilidad Neta} * 100}{\text{Ventas Netas}}$	35,16%	-1368,15%	-2418,96%	43,13%	586,60%

Tabla 10: Comportamiento del Indicador de Margen neto de Utilidad

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la dirección general de la empresa consultada.

A pesar que en el indicador anterior los tres primeros años se reflejan negativos, en este indicador se observa que para el año 2014 la utilidad neta arroja un valor positivo en 35,16% y es porque la empresa recibió otros ingresos que no tienen que ver con la actividad de la empresa, y los últimos dos años que son 2017 y 2018 la empresa igualmente tiene unos resultados positivos es decir dejando una utilidad o rentabilidad para la empresa, por cada peso vendido genera una utilidad equivalente al porcentaje correspondiente de cada año.

INDICADOR	FORMULA	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018
Rendimiento del Patrimonio (ROE)	$\frac{\text{Utilidad Neta} * 100}{\text{Patrimonio}}$	42,10%	-2145,95%	-2251,36%	180,26%	2532,71%

Tabla 11: Comportamiento del Indicador de Rendimiento del Patrimonio (ROE) del periodo 2014-2018.

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la dirección general de la empresa consultada.

Este indicador de rendimiento del patrimonio también conocido como ROE muestra la rentabilidad que tuvo la empresa en un periodo gravable, pero dependiendo de sus recursos propios y se observa según la tabla anterior que hay dos años en negativo, es decir que no hay rentabilidad y lo son los años 2015 y 2016 por el contrario los demás años muestran un crecimiento de rentabilidad de un año al otro.

INDICADOR	FORMULA	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018
Rotacion de Cartera	$\frac{\text{Ventas a Credito}}{\text{Cuentas por Cobrar}}$					0

Tabla 12: Comportamiento del Indicador de Rotación de cartera del periodo 2014-2018

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la dirección general de la empresa consultada

El indicador de rotación de cartera permite observar el tiempo en que las cuentas por cobrar tardan en convertirse en efectivo, pero según los datos anteriores no se obtuvieron resultados para determinarla ya que los rubros de cuentas se encuentran en cero.

INDICADOR	FORMULA	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018
Rotacion de Inventarios	$\frac{\text{Costo de la mercancia}}{\text{Inventario Promedio}}$	9	141	2.162	463	1.002

Tabla 13: Comportamiento del Indicador de Rotación de Inventarios periodo 2014-2018

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la dirección general de la empresa consultada.

La rotación de inventarios es la cantidad de veces que debe reemplazarse el inventario en el transcurso de un año, por consiguiente, también se observa cuantas veces el inventario se convierte en dinero o cuentas por cobrar, además se analiza que la rotación más adecuada la obtuvo el año 2016 ya que es la más alejada de uno y así se pudo maximizar la utilización de los recursos disponibles.

## COMPORTAMIENTO OPERATIVO EN LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO

A continuación, se analiza el comportamiento de algunas variables que determinan las tendencias de ciertas condiciones en la prestación de servicio tales como horas de suspensión, horas de operación, litros de agua por persona diario y los efectos de los fenómenos del cambio climático en los ciclos de agua producida de la empresa, a continuación, se analizan sus respectivas tendencias.

De acuerdo a la tendencia se observa que las horas de suspensión muestran comportamientos totalmente inestables presentando mayor nivel de suspensión en el segundo semestre de cada año, evidenciando una tendencia que se mueve con un mínimo de cero horas de suspensión y máximo de 85,3 horas con media de suspensión de 17,2 horas mensuales, esto no implica que los tiempos de razonamiento por barrios se limiten a este número de horas dados que esta tendencia muestra las limitaciones de la empresa frente a su capacidad instalada para no interrumpir sus operaciones.

De acuerdo a las tendencias el año de mayor tiempo de suspensión se dio en 2017 y luego en 2018 se vuelve a presentar unos picos elevados de suspensión, aunque menores a los del año anterior. Se observa entonces que la tendencia de los tiempos de operación mensual de la planta se encuentra entre un mínimo de 637 y 744 horas mensuales con una media de 713 horas implicando que las operaciones tienen como mínimo de dedicación diaria de 21 horas, un máximo de 24 y una media de 23 horas, lo que implica que la planta no puede garantizar mantener sus operaciones durante 24 horas diarias durante todos los meses.

En la series se observa que el año en el cual se alcanzó el número de horas más bajo de operaciones fue para el mes de marzo de 2017, posteriormente en septiembre y noviembre del mismo año, se registra niveles bajo de operación; y luego en abril de 2019 se registra otra reducción de las operaciones.

Pese a que se esperaba que por condiciones de infraestructura la programación de la suspensión de operaciones no afecta la eficiencia del proceso al mínimo se observa que se presentan comportamientos que atípicos que sobrepasan el tiempo promedio de operaciones de manera considerable, cuyos causas pueden no estar directamente asociadas con los tiempos de mantenimientos requeridos para brindar las condiciones de operaciones.

Cabe destacar que las estimaciones realizada para la proyección de los resultados dados, estuvieron basadas en los litros promedio netos mensual suministrados por habitantes a partir de los pronósticos poblacionales para el Municipio según DANE

a 2019, observando que el suministro de agua potable en el municipio se encuentra con una media de 279,34 litros por personas/día, con un máximo de 322,33 litros por personas/día y un mínimo de 139,36 litros por personas/día. La tendencia generalizada de las series de datos tiende a ubicarse por debajo de la media, en este sentido muestra mayor probabilidad de que la tendencia del suministro en litros por habitantes sea a la baja, siendo el periodo más crítico el mes marzo de 2016 alcanzando el nivel mínimo de 139,36 litros por personas/día.

Es necesario destacar también que se presentaron valles profundos en el suministro de agua en el febrero de 2014 con 191,19 litros por personas/día, luego en julio de 2014 con 175,13 litros por personas/día, en julio de 2015 con 193,77 litros por personas/día, para febrero de 2017 se presenta un nivel de 228,78 litros por personas/día y en febrero de 2019 se presenta un nivel de 224,24 litros.

Lo anterior muestra un comportamiento de suministro que no se refleja en la realidad aparente, dado que de acuerdo con la Resolución 0330 del 2007 en su artículo 43 establece que para un municipio como Aguachica Cesar que tiene una altura entre los 200 y 2150 metros sobre el nivel del mar, la dotación neta debería de ser de 120 Litros Por habitantes diarios, por lo que se presume que la dotación sobrepasa los estándares exigidos, pero al contrastarlo con los largos periodos de racionamientos que afronta la población que se encuentran entre los 8 días en los periodos de mayor caudal, 15 en un caudal moderado y hasta 30 días en los periodos de sequias que implica para la población condiciones de desabastecimiento críticas en contraste con la capacidad de suministro de agua que muestran las estadísticas históricas de producción de agua neta.

## **CAPACIDADES DE ABASTECIMIENTO DE LA QUEBRADA BUTURAMA SOBRE EL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUACHICA**

Resulta indispensable calcular las capacidades de abastecimiento de la quebrada Buturama sobre el sistema de potabilización de Aguachica, a la vez que identificar las actividades generadoras de impactos negativos en la oferta hídrica de la zona de influencia del proyecto, evaluar el estado de los afluentes determinando los caudales existentes en la cuenca de la quebrada Buturama. Con tales fines, se hace igualmente necesario determinar las condiciones ambientales de la cuenca, con lo cual se evidencian problemas de orden antrópico que están afectando la oferta hídrica de la cuenca en mención y la inexistencia de un ordenamiento de la quebrada Buturama, conllevando al aumento de sedimentación por la erosión de los suelos a consecuencia del sobrepastoreo y la extensión de cultivos en las riberas de la quebrada, el uso de fertilizantes químicos y la no existencia de tratamientos de aguas servidas.

En el decurso de esas acciones mencionadas, se revisaron estudios e información que determinan que el recurso hídrico es fundamental para el progreso normal de las labores cotidianas a nivel productivo y administrativo, existiendo de esta forma una inestabilidad marcada en el uso desmedido de este elemento y las escasas estrategias para su conservación (UNESCO, 2003). Es así como la carencia de este recurso coloca en deterioro el bienestar integral comunitario, dada la insuficiente capacidad de abastecimiento, así como el agua necesaria para las actividades agrícolas (FAO, 2013). En consecuencia, es habitual hallar en el territorio Colombiano acueductos que se proveen de fuentes naturales y a medida que avanza el tiempo salen de funcionamiento por la debilitación de la fuente(CEPAL, 1990). Por otra parte, la distribución per cápita del agua a nivel mundial no es equilibrada, sirviendo de ejemplo la situación que se vive en China, uno de los países más poblados, con una participación del 20% del total de la población en el que es notorio el déficit en el abastecimiento de agua para sus habitantes, siendo este tan sólo del 8% de agua dulce disponible en el mundo (Villanueva et al., 2011).

Con lo planteado, se hace evidente la necesidad de buscar una solución ambiental mediante la elaboración de un diagnóstico que permita conocer la oferta hídrica real de la cuenca de la quebrada Buturama en sus zonas media y alta, determinando la forma en que la demanda de agua por parte del sistema de acueducto incide sobre el recurso. Ello, porque existe una problemática enfocada en la inexistencia de un ordenamiento de la cuenca, tras el aumento de la población Aguachiquense y el desequilibrio crítico entre el uso desproporcionado del agua y aún más los habitantes de la zona que intervienen de

manera tanto negativa como positiva en dicha oferta hídrica.

Cabe resaltar en este estado que el municipio de Aguachica no cuenta con un estudio diagnóstico con información reciente sobre la oferta hídrica para el sistema de acueducto del área urbana, donde precisamente uno de los problemas más grandes que afronta es la dificultad para cumplir con el servicio de abastecimiento hídrico, debido a la continuidad o frecuencia con la que la empresa prestadora puede suministrar a los usuarios que cuentan con este servicio (Ibarra et al., 2018). Las causas de la problemática de continuidad en el servicio son múltiples, pero el factor que más influye y afecta en gran magnitud es la fuente de abastecimiento llamada quebrada Buturama (Ministerio de Vivienda, 2019). Se ha creado una gran dependencia del sistema en relación con esta quebrada que, de acuerdo con el comportamiento de sus caudales y oferta hídrica, ha sido determinante en la prestación del servicio que cada año incrementa su demanda por el incremento de la localidad y ampliación del casco urbano.

Según información recopilada del Plan de Ordenamiento Territorial de Aguachica-Cesar, siendo la quebrada Buturama una de las cuencas trascendentales para el municipio, no cuenta con la protección adecuada de sus límites; su condición es sumamente preocupante, pues únicamente presenta como salvaguarda un pequeño bosque a su alrededor, siendo este incapaz por sí sólo de contribuir eficientemente a la reparación y defensa de la microcuenca (Nariño, 2013). Es así como la mayor parte de los cultivos de la zona, sólo disminuyen la capacidad de provisión de agua del suelo, además del aumento de la inestabilidad de la cuenca por medio de incendios y tala indiscriminada de los árboles en las diferentes pendientes del suelo, para el establecimiento del área de siembra.

Asimismo, ha de mencionarse que el terreno deforestado de mayor proporción y por ende el más degradado, se encuentra ubicado alrededor del caño Alto del Oso, caracterizado por la insignificante protección de sus bordes, carente de igual forma de cobertura vegetal, en el que se presentan comúnmente irregularidades en el caudal de los afluentes que nutren la quebrada Buturama, repercutiendo directamente en tiempos de lluvia, así como en desbordamientos que colocan en riesgo a la población aledaña. La tala indiscriminada de vegetación de la quebrada Buturama en sus zonas media y alta, además de la poca lluvia en la parte alta, el aumento desmedido de monocultivos en la zona y el progreso de la frontera agropecuaria, se pueden considerar como las acciones responsables de la mengua del caudal en tiempos con intenso sol, un descenso en la capacidad de la superficie rocosa para acaudalar la humedad y la inestabilidad en el escurrimiento superficial y subterráneo del terreno (DNP, 2014).

De igual modo, el desconocimiento de la oferta hídrica real en la parte central y

alta de la cuenca de la quebrada Buturama no permite una planificación sostenible del recurso agua. Además, no se han realizado estudios que determinen la actual capacidad de abastecimiento de la quebrada Buturama sobre los ductos que transportan el agua potable en el municipio de Aguachica y su influencia a futuro, lo que imposibilita una proyección real y a largo plazo con base en caudales históricos y actuales tanto de su cauce principal como de sus afluentes para el uso sostenible del recurso que proporciona esta fuente de abastecimiento.

De acuerdo con lo anterior, elaborando un diagnóstico se pudo conocer la oferta hídrica real de la cuenca de la quebrada Buturama en sus zonas media y alta, determinando la forma en que la demanda de agua por parte del sistema de acueducto incide sobre el recurso y como las actividades antrópicas de quienes habitan en diferentes puntos de la cuenca median tangible o categóricamente en el proceder de dicha oferta hídrica. Este diagnóstico puede servir como una guía o herramienta útil para entidades territoriales y empresa prestadora del servicio a la hora de decidir sobre el uso continuado de este recurso acorde con lo planteado en otros estudios o el Plan de Ordenamiento y Administración de la Cuenca (MINAMBIENTE, 2014). De esta forma el diagnóstico aporta una interpretación de la situación actual en la Cuenca y el sistema de provisión de agua potable para la comunidad acentuada en el sector urbano del municipio.

Con ello fue posible determinar la importancia del impacto ambiental para el entorno social de los habitantes del municipio de Aguachica y a su vez de los habitantes de la zona alta; los nacederos y acuíferos que surten la quebrada Buturama, sirven como afluente del acueducto municipal y demás veredas que proveen la quebrada. Así, fue posible también la generación de conocimiento en el ámbito local, pudiendo servir como herramienta útil, para las entidades territoriales y empresas prestadoras del servicio. Ese diagnóstico sobre la oferta hídrica y de conservación de la cuenca, hace necesario dejar indicado una serie de recomendaciones para profundizar en el tema de estudio, tales como:

- Aplicar una propuesta de sostenibilidad del recurso hídrico, para la gestión de los recursos financieros y humano para lograr un mejoramiento de las condiciones en las que se encuentra la quebrada Buturama.
- Implementar mecanismos de incentivos para los habitantes de la cuenca para reemplazar el uso de fertilizantes por el uso de actividades agrícolas limpias y la reforestación.
- Incentivar a los habitantes de la zona media y alta de la cuenca para la puesta en marcha de actividades encaminadas hacia la reforestación y cuidado de las

rondas hídricas a través del esquema de pago por servicios ambientales con base en la gestión de recursos del 1%, señalados en el artículo 210 de la ley 1450 de 2011 y del decreto 953 del 17 de Mayo de 2013.

- Implementar la creación de un vivero forestal con especies nativas para la recuperación de los puntos críticos deforestados en la zona media y alta.
- Fortalecer un programa de ahorro y uso eficiente del agua por parte de la empresa de servicios públicos de Aguachica.
- Instalar en diferentes puntos de la zona media y alta de la cuenca de la quebrada Buturama estaciones para la medición de caudal, precipitaciones y otros que sean posibles.
- Realizar programas de capacitación a los habitantes de la zona media y alta de la cuenca, para el uso racional del agua y del suelo.
- Promover en los usuarios de servicio de acueducto, la importancia de la cuenca de la quebrada Buturama como su única fuente de abastecimiento. a través de medios de comunicación.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este apartado se van generando conclusiones importantes que van permitiendo ideas más claras sobre la temática plateada, en atención a las variables e indicadores que se han venido analizando en este estudio. En tal sentido, se concluyen los siguientes planteamientos realizados con base en una primera fase, las condiciones operativas de las empresas prestadoras del servicio, públicas o privadas, además de los efectos estructurales y coyunturales que pueden determinar la eficiencia institucional; en una segunda fase se analizan las condiciones de consumo actual, obtenidas a partir de un proceso de análisis de información de corte transversal y crecimiento poblacional que generan los pronósticos de consumo por hogar y por habitante, además de acercamientos a análisis y aplicación de indicadores de elasticidad a partir de un modelo econométrico de estimación de demanda y en la tercera fase de discusión de resultados se hace la aplicación de un método de modelación econométrica para predecir los caudales en función de variables climáticas.

### FASE I. CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS EMPRESAS PRESTADORAS DEL SERVICIO

- La estructura organizacional, dado el tamaño influencia de la empresa a nivel local, evidencia la necesidad de contratación paralela de un posible número de puestos de trabajos considerables por prestación de servicios para garantizar el desarrollo de sus múltiples operaciones, aspecto que a su vez infiere que, ante problemas de liquidez, el riesgo en la eficiencia de la prestación del servicio se puede ver seriamente afectado.
- De acuerdo a inspecciones técnicas, las mediciones de caudal no son totalmente fiables, porque la empresa no cuenta con macro medidores y con instrumentos necesarios para generar registros de medición del volumen de captación exacto de caudal.
- Dadas las condiciones estructurales, operativas de la empresa y el comportamiento del clima, la capacidad instalada de la planta de tratamiento que es de 420 litros por segundo, no ha sido superada de acuerdo a la información histórica manteniéndose en un nivel de uso mínimo del 57% y máximo del 76%.
- Las operaciones generadas en proceso de tratamiento y potabilización del agua se encuentran generando externalidades ambientales que se presume sean negativas respecto al vertimiento de sedimentos en forma de lodo a la quebrada Burturama, con lo que los investigadores proponen se les someta a tratamiento a fin de generar abonos que contribuyan a la fertilización de las zonas deforesta-

das y deterioradas a fin de que se genere un proceso de recuperación de suelos alrededor de la cuenca de abastecimiento.

- Teniendo en cuenta la capacidad instalada de las plantas de tratamientos de aguas residuales Jerusalén y Puerto Mosquito, de las cuales la primera presenta una capacidad de tratamiento entre 129.600 y 216.000 m<sup>3</sup> de aguas servidas representando un 40% de la capacidad del sistema local de tratamiento y la segunda tiene una capacidad instalada máxima de 961.200 m<sup>3</sup> mensuales, pero ha alcanzado un mínimo de procesamiento histórica de 151.300 m<sup>3</sup> y un máximo de 345.000 m<sup>3</sup> que representa el 60% de la capacidad del sistema, implicando que entre las dos infraestructuras, históricamente han procesado un mínimo de 280.800 m<sup>3</sup> y un máximo de 561.600 m<sup>3</sup> mensuales, que si bien es cierto la capacidad máxima alcanza a cubrir el registro histórico de suministro, estos son muy desproporcionados en relación al agua producida neta que en el periodo histórico analizado estuvo entre un mínimo de 392.123 m<sup>3</sup> y un máximo de 900.430 m<sup>3</sup> mensuales.
- Al analizar los componentes característicos de las condiciones de operatividad de la empresa de agua Potable del Municipio de Aguachica y compararla con las especificaciones definidas por el RAS de acuerdo a las descripciones del “Estudio para la actualización del Plan maestro de acueducto y el catastro de redes y diseños de detalle para la optimización del acueducto de la cabecera municipal de Aguachica, cesar” se encontró que solo 6 están acorde con los criterios definidos al respecto, dentro de los criterios no conforme se debe resaltar el hecho de que la planta de tratamiento incumple con la mayoría de criterios, a nivel de redes solo se cumple con el rango de velocidad de presión, que también se debe resaltar el hecho que más del 30% de las redes de destitución son en asbesto aspecto que resulta ser riesgoso para la población que consume esta agua dado que de acuerdo a diversos estudios la exposición a este material genera alto riesgo de contraer cáncer o una afección pulmonar denominada asbestosis.
- Respecto a la situación financiera de la empresa se observa que esta se encuentra en una pérdida de liquidez contante en todos los periodos analizados, lo cual se pudo constatar a través de la pérdida permanente de participación
- Con relación al informe anual de los activos corrientes, en particular del efectivo que se ajusta a través del Estado de flujo de efectivo, se evidencia que la estimación de capital de trabajo permanece negativo, así mismo se deduce un incremento de los niveles de endeudamiento creciente, en especial por concepto de incrementos en cuentas por pagar en tasas retributivas. El crecimiento del

patrimonio ha estado inestable con tendencias a decrecer por efectos de altos niveles de pérdidas; respecto a la operatividad de la empresa se observa que entre 2015 y 2016 los incrementos en las ventas no superaban el 10% mientras que los costos se incrementaban de manera exagerada, sin ser justificadas en término del incremento de las ventas, siendo el año 2017 el periodo donde se evidencia una mejora notable en la gestión mostrando efectividad debido a que se logra un incremento del 44% y bajan los niveles de costos en un 18% y logra generar utilidades después de haber generado pérdidas del periodo anterior por encima de los 1000 millones de pesos. Para el 2018 se observa una recuperación presentando un incremento sustancial en las utilidades y en los respectivos márgenes de utilidad operacional, evidenciándose mejoras al respecto. Se concluye que dos variables están afectando seriamente la sostenibilidad empresarial, en primera instancia su capacidad de recuperación de cartera y la optimización de sus costos y gastos operacionales.

- La operatividad de la planta muestra que no se garantiza un nivel de operatividad permanente, lo cual en parte afecta la eficiencia en la prestación del servicio, por otra parte se evidencia que los niveles estimados de producción de agua tratados, y aguas y suministro en m<sup>3</sup> netos que supera el mínimo sugerido por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que es de 100 lts/día o del establecido por el RAS que a nivel local debe ser de 120 lts/día, Con esta capacidad de producción se podría garantizar desde el punto de vista teórico el abastecimiento de la población, aspecto que lleva a suponer que a nivel local los niveles de fugas son muy altos, dado que el suministro no se puede garantizar de manera permanente y se presentan largos periodos de racionamientos aun en periodos de inviernos que están entre los 8 y 10 días de acuerdo a la zonificación.

## **FASE II. CONDICIONES DE CONSUMO ACTUAL**

En este apartado se realiza la demanda de corto y largo plazo para el municipio, dados los niveles de crecimientos poblacionales de proyección nacional y local.

### **Descripción del Operativo**

Tomando en cuenta en este estudio la demografía, las actividades cotidianas que demandan agua de parte de los usuarios, el consumo oculto, la disponibilidad a pagar, se hizo la estratificación socioeconómica:

Clase de servicio	Estrato	Cantidad	Muestra	Expansión	Margen Error	Confianza	P
Residencia	1	19.447	279	70	2,25%	2,053	50%
	2	7.907	274	29	2,25%	2,053	50%
	3	2.104	256	8	2,25%	2,053	50%
	4	303	168	2	2,25%	2,053	50%
Total		29.761	978	30	2,65%	2,053	50%

Tabla 14: Distribución específica de la muestra del operativo de campo

Fuente: Elaboración propia a partir de la distribución resultante en estadísticas de trabajo de campo

Como puede observarse, en términos generales, cada hogar participa en promedio por 41 hogares de Aguachica, con lo que se tendría un margen de error del 3,3% a un nivel de confianza del 95%.

La segunda etapa consistió en dividir los estratos proporcionalmente según el barrio o zona del casco urbano, con el fin de garantizar que la totalidad de los sectores fueran tenidos en cuenta en el ejercicio.

### **Caracterización de los hogares demandantes de agua potable en el municipio de Aguachica, Cesar**

A continuación, se muestra la totalidad de las variables analizadas según la información recolectada en el operativo de campo previamente descrito, comenzando con el tipo de vivienda existente en la zona urbana, con el ánimo de entender la demanda por parte de los hogares.

#### **Tipo de vivienda**

La mayoría de habitantes de Aguachica viven en Casas, en tal sentido, alrededor del 87% de los encuestados habitan en este tipo de unidades de vivienda, seguido de los apartamentos con un poco más del 11% y una pequeña proporción de habitaciones independientes así como de pensiones.

#### **Total de habitantes por hogar encuestado**

En cuanto al total de habitantes, se encuentra un predominio de las viviendas habitadas por 4 personas, encontrando un promedio de 4,022 habitantes por vivienda.

#### **Estrato Socioeconómico de las viviendas encuestadas.**

En cuanto al estrato socioeconómico, la tabla posterior permite observar que la mayoría de los encuestados se encuentran en los estratos 1 y 2, tal como se reporta en

el Censo de Población realizado en 2018, lo cual es un punto de partida para comprobar la precisión de la muestra realizada.

### Tipo de propiedad de las viviendas encuestadas

La relación de propiedad que tienen los habitantes con la vivienda permite identificar que existe una mayoría con viviendas propias, esto puede conllevar a la presencia de incentivos para implementar un sistema de agua potable en el municipio.

### Área de construcción de la vivienda

De acuerdo a los datos estadísticos analizados se puede observar que el área construida promedio de los hogares encuetados es de 120,62 metros cuadrados, con un mínimo de 10 metros cuadrados y un máximo de 400 metros cuadrados, siendo esta una variable importante para la estimación del consumo por hogar.

### Aplicaciones Sistema de Ahorros

Los hogares implementan mediditas de ahorros en 44% en el consumo a través de lavamanos, un 56% en el uso de los sanitarios, un 46% en el uso de duchas y un 45% en el uso de grifos de la cocina.

### Número de Implementos utilizados en el consumo de agua en el hogar

Implementos	Observaciones	Cantidad mínima	Cantidad máxima	Promedio
GRIFOS/LLAVES	978	1	5	3
SANITARIOS	978	1	3	2
DUCHAS	978	1	3	2
LAVADORAS	978	1	1	1

Tabla 15: Números de implementos de consumo de agua utilizados en los hogares encuestados.

### Consumo de Agua según Actividades en el hogar

En general, se encuentra que la mayoría de los encuestados prefieren realizar las actividades que implican consumo de agua al menos dos veces por semana.

### Frecuencia de duchas por hogar

Frecuencia Reportada	Porcentaje
1	152
2	584
3	168

Tabla 16: Frecuencia de duchas por hogar

Fuente: elaboración propia con base en estudio de campo

## Estimación de tendencias de consumo por hogar

El mayor consumo está representado por la ducha con un promedio de 2.108 litros mensuales (2,108 m<sup>3</sup>) por hogar moviéndose entre un mínimo de 240 lts/mes (0,24 m<sup>3</sup>) y un máximo de 8.640 lts/mes (8,64 m<sup>3</sup>). En segunda posición se observa que los hogares Aguachiquenses tienden a presentar un consumo promedio en el uso de sanitarios de 1058 lts/mes (1,058 m<sup>3</sup>) con un mínimo de 0 lts/mes (0 m<sup>3</sup>) y un máximo de 7.200 lts/mes (7,2 m<sup>3</sup>).

Los grifos representan un consumo promedio de 603 lts/mes por hogar con un máximo de 1800 lts/mes (1,8 m<sup>3</sup>), y un mínimo de 150 (0,15 m<sup>3</sup>). Las tendencias de consumo de agua para lavado de ropa de los hogares en Aguachica cesar, muestra que en promedio los hogares consumen 577 lts/mes (0,577 m<sup>3</sup>), con un consumo mínimo de 21 (0,021 m<sup>3</sup>) y un máximo de 4200 lts/mes (4,2 m<sup>3</sup>).

Por su parte, el riego de plantas presenta un consumo promedio de 277 lts/mes (0,277 m<sup>3</sup>), con un máximo de 240 lts/mes (0,24 m<sup>3</sup>) y un mínimo de 1 litro lts/mes (0,001 m<sup>3</sup>). Respecto al aseo del hogar representa un nivel de consumo medio de 152 lts/mes (0,152 m<sup>3</sup>), teniendo como máximo 2400 lts/mes (2,4 m<sup>3</sup>) y un mínimo de 2 lts/mes (0,02 m<sup>3</sup>).

El consumo total promedio muestra que los hogares en Aguachica tienen un Comportamiento del consumo total mensual en litros por Hogar presentando una media de 4775 lts/mes (4,78 m<sup>3</sup>). Con un máximo de 17.299 lts/mes (17,3 m<sup>3</sup>). A partir de estos datos se expande las estimaciones de consumo por hogar generando el siguiente comportamiento para los hogares anualmente en metros cúbicos.

Asimismo, a partir de estas estimaciones se establece el consumo promedio por habitante, el cual estaría dado mediante la siguiente ecuación.

$$D_{l/d}^a = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{c_i^a}{30}}{n}$$

Donde:

$D_{\text{vd}}^a$ : Demanda promedio de agua por personas en litros diarios

$C_i^a$ : Consumo total de agua por hogar

$f_i$ : Número de miembros por hogar

$n$ : Número de hogares encuestados, que para el caso de estudio asciende a 978 hogares.

La constante 30 representa el número de días promedio mensuales.

Los consumos por miembros por hogar tienen la tendencia que se muestra a continuación.

El consumo por persona en litros diarios, podrían tener un consumo máximo de 124 litros, con un mínimo de 18 litros y un promedio 40 litros por días, evidenciando un déficit respecto al promedio en el suministro mínimo de consumo sugerido por la OMS de 100 litros y al establecido por RAS que para el municipio será de 120 litros por día.

### **Análisis de Ingresos por hogar**

De acuerdo a las tendencias estadísticas se observa que hay una concentración del 44% de los hogares analizados con ingresos entre 1 y 2 SMMLV, un 42% presentan ingresos por debajo de un SMMLV, un 11% presentan ingresos entre 3 y 3 SMMLV, un 2% entre 3 y 4 SMMLV y un 1% más de 4 SMMLV. Con lo que se infiere una tendencia a un bajo nivel de renta, aspecto que puede limitar la disposición a pagar a niveles tarifarios altos en el servicio.

### **Valor de la facturación mensual**

Los resultados de esta tabla son importantes, porque reflejan el pago reflejado en la facturación y el pago extra que realizan los hogares en el municipio según el cual, en promedio los hogares pagan 27.700 por el servicio a la empresa municipal, con un rango mínimo de \$10.000 y un máximo de \$76.000 mensuales. Teniendo en cuenta que las familias en el municipio se ven obligadas a comprar agua mensualmente, cuales representan alrededor del 32% de los encuestados, gastan en promedio mensual \$22094, con rango que se mueve entre un mínimo de 0 y un máximo de \$65.000.

Del consumo oculto anterior, se deriva un consumo total promedio \$49.794 que oscila entre un mínimo de \$10.000 y un máximo de \$111.000. Con lo anterior se puede evidenciar que los usuarios podrían estar en capacidad y posible disposición o ajustarse a un posible ajuste tarifario, si se requiriera para dar sostenibilidad a un proyecto de ampliación que garantiza la continuidad en la prestación del servicio.

## Análisis de disposición a pagar

Indicador	Tarifa metro cubico	Disposición a pagar
MINMO	2057	10.000
MAXIMO	37.513	250.000
PROMEDIO	11321	45481
MODA	NA	30.000
MEDIANA	9182	32.500

Tabla 17: Indicadores Estadísticos de disposición a pagar

Fuente: elaboración propia partir de datos obtenidos en estudio de campo.

## FASE III. APLICACIÓN DE UN MÉTODO DE MODELACIÓN ECONOMÉTRICA PARA PREDECIR LOS CAUDALES EN FUNCIÓN DE VARIABLES CLIMÁTICAS

### Modelación. Estimación de la función de demanda de agua potable

Montesillo (1999) afirma que la teoría económica expone que la demanda de agua potable es una función de las preferencias individuales sujeta a la denominada restricción presupuestaria, cuya formalización matemática está dada por:

$$\text{Max}U = U(X)$$

Sujeto a la restricción:

$$M = \sum_{i=1}^n P_i X_i$$

Con:

U: Utilidad del consumidor

M: Ingreso total

P<sub>i</sub>: Los precios total de las mercancías

X<sub>i</sub>: es el vector del conjunto de bienes disponibles

Dada esta estructura de formalización matemática, deriva las tradicionales demandas marshallianas definidas par el caso del agua como:

$$q_d^a = f(M, P_i)$$

Es de aclarar que el análisis de esta función ha generado un debate teórico respecto a la dificultad de medir la Utilidad (U). Es posible explicar el comportamiento del consumidor sin utilizar la utilidad cardinal, conociendo el orden de las preferencias, pero

no su valor exacto, aspecto que posteriormente Hicks y Allen perfeccionaron a través del planteamiento de la teoría ordinalista.

En concordancia con De Pablo (1977), uno de los aspectos criticado por Hicks y Hallen era precisamente la mensurabilidad de la utilidad, partiendo de la premisa de que el consumidor solo será capaz de establecer una escala de preferencias, generando el planteamiento de la llamada teoría ordinalista.

Esta demanda Hicksiana parte de los siguientes Axiomas.

Comparabilidad: los individuos poseen un sistema individual de preferencias de tal manera que ante las cestas  $C_1$  y  $C_2$ , es capaz de establecer cuál de las dos prefiere o si son equivalentes, tal que.

$$C_1 \succeq C_2 \text{ (Es preferible o indiferente a)}$$

O se puede expresar como:

$$C_2 \succeq C_1$$

Transitividad: frente a las combinaciones de consumo  $C_1$ ,  $C_2$  y  $C_3$ , y se tiene que.

$C_1 \succeq C_2$  ( $C_1$  es preferible a  $C_2$ ), y  $C_2 \succeq C_3$  ( $C_2$  es preferible a  $C_3$ ), entonces  $C_1 \succeq C_3$  ( $C_1$  es preferible a  $C_3$ ),

De esto se deduce que el consumidor puede establecer un orden de preferencias en el conjunto

Dominancia. Al establecer una combinación  $C_1$ , está representados por componentes mayores o iguales a las de otra combinación  $C_2$ , entonces, la primera sería preferible respecto a la segunda.

Sean:

$$C_1 = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_l) \text{ y } C_2 = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_l)$$

$$\text{Si: } x_i \geq y_i \forall_i \Rightarrow C_1 \succeq C_2$$

Continuidad. Si una combinación  $C_1$  es preferible a  $C_2$  y esta a su vez es preferible a  $C_3$ , Existe por lo menos una combinación lineal de  $C_1$  y  $C_3$  que es indiferente a  $C_2$ , esto es:

$$\exists \alpha \in [0,1] / [\alpha C_1 + (1 - \alpha) C_3] \sim C_2$$

Este principio, de acuerdo con Nicholson y Snyder (2007) es un axioma, es un supuesto técnico para el análisis de las respuestas individuales ante cambios relativamente pequeños en el ingreso y precio.

Siendo coherentes con De Pablo (1977), el gran dilema en la discusión sobre el marco epistemológico de la teoría del consumidor, ha estado en la capacidad de la función (U) de medir cuantitativamente la utilidad de cada combinación de bienes, la cual se limita al establecer comparaciones entre estas, por la cual la estructura funcional  $f(U)$  al ser monótona creciente se puede emplear para el análisis y derivación de curvas de demanda.

Al analizar las diferencias entre la demanda marshalliana y demanda Hicksiana, sería necesario incluir en el análisis de la función marshalliana del agua la inclusión de un bien Y, siendo X, la demanda del agua e Y la demanda conjunta del resto de bienes a fin de relacionar la funcionalidad gráfica.

Para lo cual partimos de que los hogares se enfrentan a una función de utilidad:

$$U_{x,y} = XY$$

Donde:

$U_{x,y}$ : Utilidad total en función del bien X y del Bien Y.

X: representa de la cantidad demanda de agua mensual

Y: La cestas de bienes integrada por le resto de bienes y servicios básicos requeridos por el hogar mensualmente.

La maximización de esta función de utilidad de los hogares está sujeta a la restricción presupuestal.

$$M = P_x X + P_y Y$$

Donde:

M: representa el presupuesto disponible mensual para gastos del hogar

$P_x$ : Precio del Agua

$P_y$ : Precio de la cesta que integran el resto de bienes básicos demandado por las familias

Y: Cantidad de cestas de bienes básicos que la integran

De aquí se deriva que la condición óptima del consumidor para un nivel de Utilidad establecido, está dada por la condición.

$$\frac{Um_g X}{Um_g Y} = \frac{P_x}{P_y}$$

Donde:

$$Um_g X = \frac{\partial U}{\partial x} = Y$$

$$Um_g Y = \frac{\partial U}{\partial y} = X$$

Por enfoque Dual Se asume que:

$$U_{x,y} = \bar{U} \text{ (Es constante o fija)}$$

Por tanto:

$$\bar{U} = X \cdot Y$$

Por tanto:

$$\frac{Y}{X} = \frac{P_x}{P_y} \Rightarrow Y = X \frac{P_x}{P_y}$$

Remplazando y en la función de utilidad se tiene:

$$\bar{U} = X \cdot X \frac{P_x}{P_y}$$

Resolviendo tenemos:

$$\bar{U} = X^2 \cdot \frac{P_x}{P_y}$$

Transponiendo términos tenemos:

$$X = \sqrt{\bar{U} \frac{P_y}{P_x}}$$

Donde X la denominamos demanda Hicksiana de agua potable así:

$$X^H = \sqrt{\bar{U} \frac{P_y}{P_x}}$$

Remplazando la ecuación anterior en la función de Y, tenemos.

$$Y = \sqrt{\bar{U} \frac{P_y}{P_x} \cdot \frac{P_x}{P_y}}$$

Al pasar  $\frac{P_x}{P_y}$  dentro de la raíz se tiene:

$$Y = \sqrt{\frac{P_y P_x^2}{P_x P_y^2} U}$$

Simplificando tenemos la demanda Hicksiana la cesta de bienes básicos de los hogares Y:

$$Y^H = \sqrt{U \frac{P_x}{P_y}}$$

A partir de las dos ecuaciones de estimación de la demandas Hicksianas se reemplazamos en la restricción del presupuesto, generando al función del gasto mínimo (e).

$$e = P_x \sqrt{U \frac{P_y}{P_x}} + P_y \sqrt{U \frac{P_x}{P_y}} \text{ (Ecuación del gasto mínimo)}$$

Pasando  $P_x$  y  $P_y$  dentro de la raíz cuadrada tenemos:

$$e = \sqrt{U \frac{P_y}{P_x} P_x^2} + \sqrt{U \frac{P_x}{P_y} P_y^2}$$

Simplificando tenemos:

$$e = \sqrt{U P_y \cdot P_x} + \sqrt{U P_x \cdot P_y}$$

$$e = 2 \sqrt{U P_x \cdot P_y}$$

De aquí se establece el Lema de Shepard, según el cual, al aplicar derivadas parciales a la ecuación del gasto mínimo respecto a los precios relativos de los bienes, se pueden determinar las ecuaciones de demanda Hicksiana respectivas, de esa manera.

$$\frac{\partial e}{\partial P_x} = X^H = \sqrt{U \frac{P_y}{P_x}}$$

De igual manera para la cesta de bienes que representa y.

A partir de la función de utilidad monótona y línea de restricción presupuestaria se generan las expresiones graficas de la curva de indiferencia (CI) y línea de restricción presupuestaria (LRP) respectiva, para el caso de análisis se asume que X corresponde a la demanda de litros de agua mensuales, y Y la cantidad de cestas donde se agrupan el restante de bienes básicos necesarios demandados por los hogares, la representación en el plano cartesiano estaría dado de la siguiente manera.

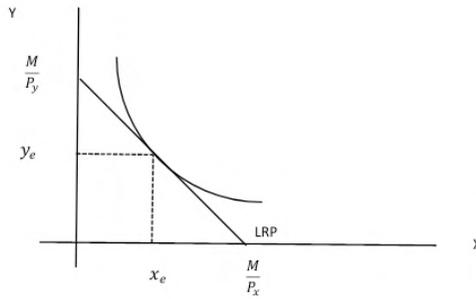


Figura 1. Curvas de Indiferencias y Líneas de restricción presupuestaria

Al presentarse una disminución en el precio del bien X, se aumenta el poder adquisitivo respecto a las cantidades del bien X, generando una expansión de la línea de restricción presupuestaria de LRP a LRP' y se genera una nueva curva de Indiferencia pasando de CI a CI' y una nueva condición de equilibrio respecto a X, pasan de  $x_e$  a  $x'_e$  y respecto a Y, pasando  $y_e$  a  $y'_e$ .

El efecto Hicksiano se establece a través de una línea imaginaria trazada de manera diagonal entre la línea de restricción inicial y tangente a la curva de indiferencia inicial generando un punto de referencia que se ha denominado PH y un punto intermedio de referencia entre  $X_e$  y  $X_h$ , que para efectos de esta descripción se ha denominado  $X_h$ , del cual se deriva el análisis gráfico el efecto sustitución (ES) entre  $X_e$  y  $X_h$  y el efecto renta (ER) entre  $X_h$  y  $X'_e$ , indicando el efecto de bienestar que provoca la reducción del precio del bien X, que para el caso en estudio estaría representado por el agua potable.

A partir de esta variación se deriva nuestra curva de demanda marshalliana (DM) y Hicksiana (DH) respectivamente, a continuación se sintetizan los efectos gráficos.

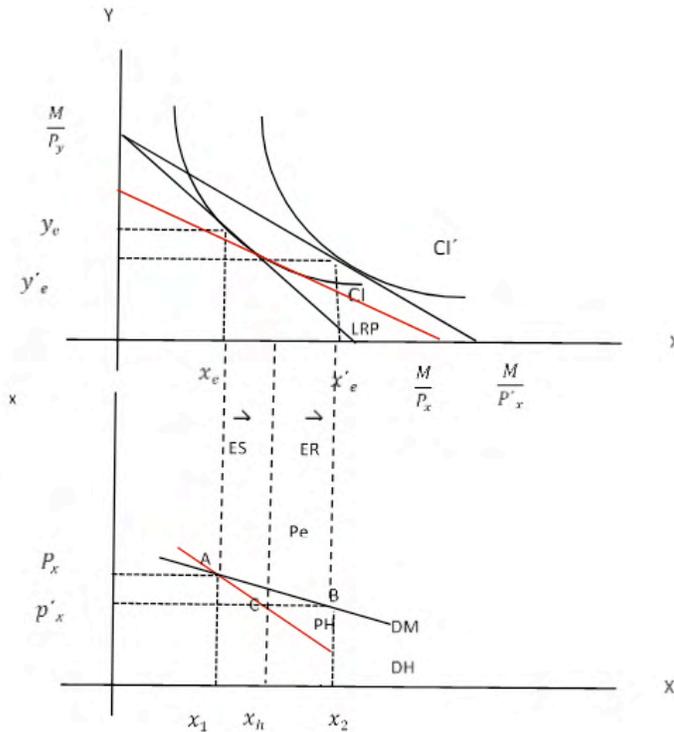


Figura 2. Derivación de las curvas de Demanda Marshalliana y Hicksiana

Es de resaltar que el efecto de depreciación del bien X provocó una expansión de la restricción presupuestaria de LRP a LRP', al pasar de una máxima cantidad de X determinada por  $\frac{M}{P_x}$  a una nueva cantidad máxima determinada por  $\frac{M}{P'_x}$ , generando con ellos el paso de una condición óptima con equilibrio  $P_e$  a  $P'_e$  que deriva la curva marshalliana donde con la reducción de precio se pasa de una cantidad demanda identificada como punta A a una cantidad demanda representada por el punto B, esto es una, una mejor condición de bienestar para el consumidor al poder acceder a mayor cantidad del bien X con el mismo nivel presupuestal.

La curva de demanda Hicksiana por su parte se deriva del paso del punto de equilibrio  $P_e$  a  $P_H$  que genera una cantidad supuesta de  $X_h$  como resultado de trazar una curva de restricción presupuestaria imaginaria tangente a la curva en el punto  $P_H$ , generando el punto C, donde al trazar una línea recta entre el punto A y el punto C se genera la curva DH.

Partiendo de la conceptualización de la clasificación de los bienes, el agua debería ser considerado como un bien de primera necesidad, por lo cual su curva de demanda sería inelástica respecto a la renta, esto es que ante un aumento del nivel de rentas su

consumo se aumentaría muy por debajo de este incremento, lo cual frente al aumento relativo de la capacidad de pago se espuría que la curva de demanda tendería a ser muy inclinada, pero esto desde luego en condiciones donde se garantiza el acceso permanente, en el contexto del municipio de Aguachica Cesar, dado que el suministro de agua es racionado hasta por 30 días , se esperaría que su elasticidad renta de la demanda fuese igual o superior a 1, esto es que pueda ser considerado como un bien norma o de lujo dependiendo de los ciclos de racionamiento, esto en parte provocado por un mercado informal de oferta de aguas extraídas de fuentes subterráneas y por parte de la misma empresa municipal, donde aquellas familias con mayor renta en consecuencia tendrán mayor disposición a pagar, generando consigo que ante aumentos de la capacidad de pago o reducción de los precios del líquido las personas estén dispuestas a aumentar sus reservas de agua para el consumo doméstico.

### **Modelo Consumo (Demanda) Vs variables identificadas**

La premisa del deterioro de los recursos naturales, en particular de los acuíferos, ha generado la necesidad de incluir al agua como parte del análisis de los bienes económicos, antes considerado como libre, por lo cual ante la reducción de la oferta de este recurso, de acuerdo con Boiteux (1996), resalta Galindo LM y Montesillo JL (1999), “la teoría económica presenta diversas alternativas para brindar soluciones a esta problemática”, que en concordancia con Cropper y Oates, (1992) y Baumol y Oates (1982), “ van desde estrictas regulaciones de tipo ambiental hasta la implementación de instrumentos económicos direccionados a dar solución a problemáticas ambientales”. (P. 27).

De acuerdo con las indicaciones continuas de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el agua dulce existente en el mundo actualmente es suficiente para brindar un acceso libre de impurezas, pero la mayor dificultad para lograrlo está en su reparto, estimando que para el 2050 al menos un 25% de la población mundial viva en un país afectado por la escasez crónica y reiterada de agua dulce, recrudesciendo con esto el hambre y la desnutrición.

Lo anterior resalta la necesidad de estudiar las condiciones de oferta y demanda actuales y futuras del agua, por lo cual se hace necesario el desarrollo de experiencias empíricas para las mediciones económicas de la demanda de agua, dentro de los aspectos a tener en cuenta resalta la necesidad de emplear la especificación impericia a partir de series históricas definidas por Deaton y Muellbauer (1980) para la demanda nacional de agua partiendo del supuesto de que el agua no tiene sustituto, definida como:

$$q_t = \beta_0 + \beta_1[y_t/p_t] + \sum \varepsilon_{ik} [p_t/p_t] + u_t$$

Donde:

$q_t$ : Consumo total de agua potable en el país

$y_t/p_t$ : Ingreso real

De acuerdo con Granger y Newbold (1974), la estimación de esta ecuación requiere del uso de modelos econométricos que contengan el orden de integración de las series y con ello el problema de regresión espuria.

Señalan Galindo y otro (1999), que otros modelos alternativos asociados a la medición de la elasticidad renta y precio de la demanda de agua tales como ecuaciones simultáneas por Montesillo (1996) o modelos dinámicos Donald (1996) y Nieswiodomy (1989 y 1991) o con especificaciones complejas por Chicane (et al., 1986 y 1996)". (P. 30). Estos autores resaltan el procedimiento de Johansen (1988) facilitando la obtención de modelos auto regresivos (VAR), que facilitan a la vez el desarrollo de las pruebas de exogeneidad, las cuales permiten conocer las condiciones bajo las cuales el modelo econométrico puede ser utilizado para realizar inferencias estadísticas validas, pronósticos y simulaciones de políticas económicas, en concordancia con Ericsson e Irons (1994)

Con su trabajo, los nombrados Galindo y otro (1999), se propusieron medir la demanda de agua potable en México utilizando observaciones anuales del periodo comprendido entre 1970 y 1993, las variables tenidas en cuenta estuvieron representadas así:

$C_{at}$ : Consumo de agua potable (variable Dependiente)

$Y_t$ : Variable de gasto representada por el Producto interno bruto a precio constante

$P_{at}$ : Precio del agua representado por el índice de precio del sector

$P_t$ : Precios generales representados pro el índice de precio al consumidor

Del testeo del modelo se encontró a partir de la prueba de raíces unitarias aumentadas que el agua y el ingreso son variables no estacionarias de Orden I (1) mientras que los índices de precios son no estacionarios de orden I (2), por otra parte, se encontró que de acuerdo a los resultados no se puede considerar al agua un bien de lujo y que no se puede considerar que la demanda de agua no es sensible a los precios relativos.

Partiendo de las experiencias anteriores y a fin de generar una experiencia empírica respecto a la medición con variable más próxima a la realidad del contexto, a continuación se propone una estimación basada en datos de corte transversal con una población de 978 observaciones. Se realizaron el testeo par tres modelos, con un modelo lineal en

principio, un segundo modelo doble logarítmico y finalmente optó un modelo logarítmico lineal (Log-Lin), que presentó el mejor ajuste, con variable dependiente representada por el logaritmo del total consumo  $\ln(C_t)$ , variables independientes representadas el Total de habitantes (Nh), Ingreso estimado ( $Y_e$ ) y Área de la vivienda en  $m^2$  (A)

Su formalización matemática generalizada de un modelo Log-Lin, estaría dada mediante la siguiente expresión.

$$\ln Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \dots + \beta_k X_{kt} + \varepsilon_t$$

De acuerdo con Cal y Verdugo (2014), los coeficientes estimados de las variables explicativas en los modelos log- lin miden el cambio relativo generado en el regresando ante un cambio absoluto producido en la variable explicativa a la que acompañan, bajo el supuesto “ceteris paribus”. Si este cambio relativo se multiplica por 100 y se podría interpretar como el cambio porcentual producido en el regresando ante un cambio absoluto en la variable explicativa respectiva. (p. 78)

Lo antes descrito tendría el siguiente formalismo matemático.

$$b_i = \frac{\partial \ln Y_t}{\partial x_i} \Rightarrow \frac{\frac{\Delta Y}{Y}}{\frac{\Delta X_i}{X_i}}$$

Al aplicar la metodología propuesta para un modelo Log – Lin, se obtuvieron los resultados que se expresan a través de las siguientes estimaciones.

<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<i>Error</i>		<i>Estadístico</i>	
		<i>Estándar</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>	
CONSTANTE	3,18579	0,0136631	233,166	0,0000	
Número de habitantes de la vivie	0,0935648	0,00240619	38,885	0,0000	
Area Vivienda m2	0,000406432	0,0000398542	10,198	0,0000	
Ingreso Estimado	1,70567E-8	7,34717E-9	2,32153	0,0203	

Tabla 18: Parámetro del modelo de Log –Lin de estimación del consumo total por hogar

Fuente: elaboración a partir de datos de estudio de campo con participación de equipos de apoyo de estimación econométrica.

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	26,0526	3	8,68421	563,95	0,0000
Residuo	14,9986	974	0,015399		
<b>Total (Corr.)</b>	<b>41,0513</b>	<b>977</b>			

Tabla 19: Análisis de Varianza de modelo Log-Lin del consumo total de agua por hogares  
Fuente: elaboración a partir de datos de estudio de campo con participación de equipos de apoyo de estimación econométrica.

R-cuadrada = 63,4637 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 63,3511 por ciento

Error estándar del est. = 0,124093

Error absoluto medio = 0,0969263

Estadístico Durbin-Watson = 1,83196 (P=0,0043)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,0837887

Destaca que, los resultados de ajustar un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre LTOTAL CONSUMO y 3 variables independientes. La ecuación del modelo ajustado es

$$\ln(c_t) = 3,18579 + 0,0935648 * Nh + 0,000406432 * \text{Ár} + 1,70567E - 8 * Y_e$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0,05, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo así ajustado explica 63,4637% de la variabilidad en LTOTAL CONSUMO. El estadístico R-Cuadrada ajustada, que es más apropiada para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 63,3511%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,124093. Este valor puede usarse para construir límites para nuevas observaciones, seleccionando la opción de Reportes del menú de texto. El error absoluto medio (MAE) de 0,0969263 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos.

Para determinar si el modelo puede simplificarse, note que el valor-P más alto de las variables independientes es 0,0203, que corresponde a Ingreso Estimado. Puesto que el valor-P es menor que 0,05, ese término es estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 95,0%. Consecuentemente, probablemente no quisiera eliminar ninguna variable del modelo.

Gráfico Componente+Residuo para LTOTAL CONSUMO

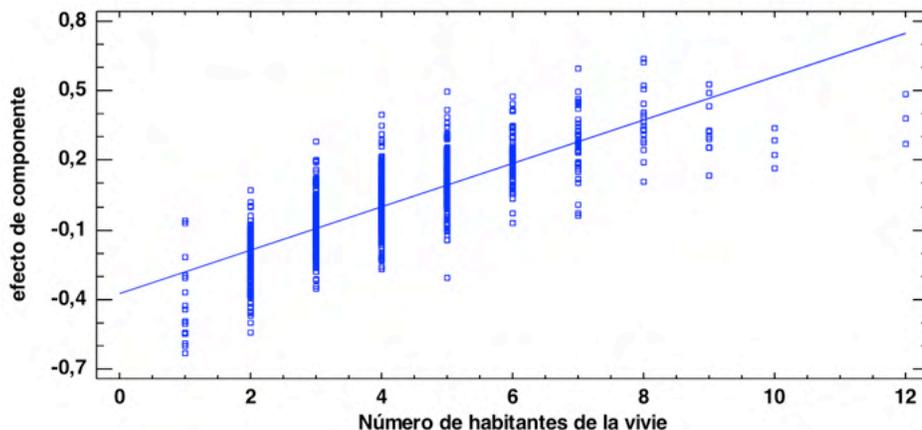


Figura 3. Componente residuo para logaritmo total consumo

El modelo de regresión planteado relaciona las variables presentadas a continuación:

- Consumo (C): *Variable dependiente*: Total de metros cúbicos requeridos por las actividades reportadas por los habitantes de la vivienda.
- Ingreso (M): *Variable Independiente*: Valor total reportado por los habitantes de las viviendas.
- Área de la vivienda (A): *Variable Independiente*: Área total construida de la vivienda en metros cuadrados.
- Cantidad de habitantes (H): *Variable Independiente*: Conteo del total de habitantes residentes en la vivienda.

Es necesario aclarar que el tipo de modelo que presenta una mayor bondad de ajuste se puede plantear de la siguiente manera:

Gráfico Componente+Residuo para LTOTAL CONSUMO

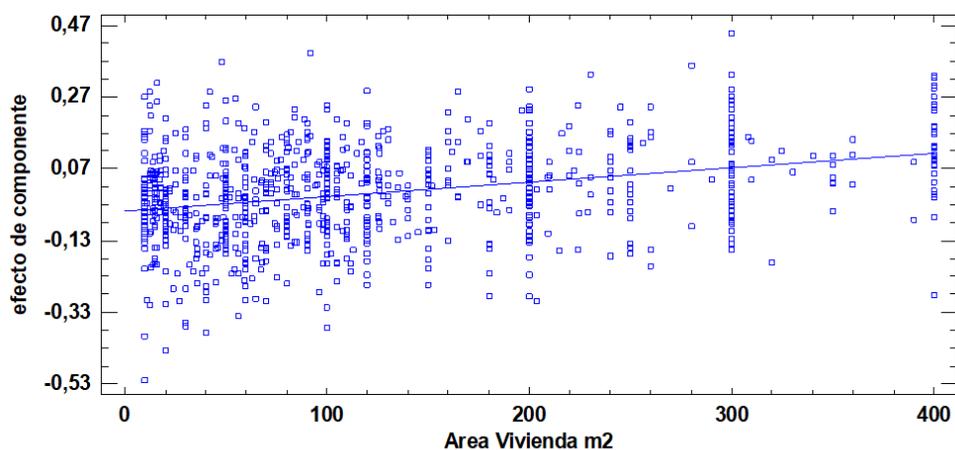


Figura 4. Componente+ Residuos para Total Logaritmo de total Consumo

Fuente: elaboración a partir de datos de estudio de campo con participación de equipos de apoyo de estimación econométrica.

Gráfico de LTOTAL CONSUMO

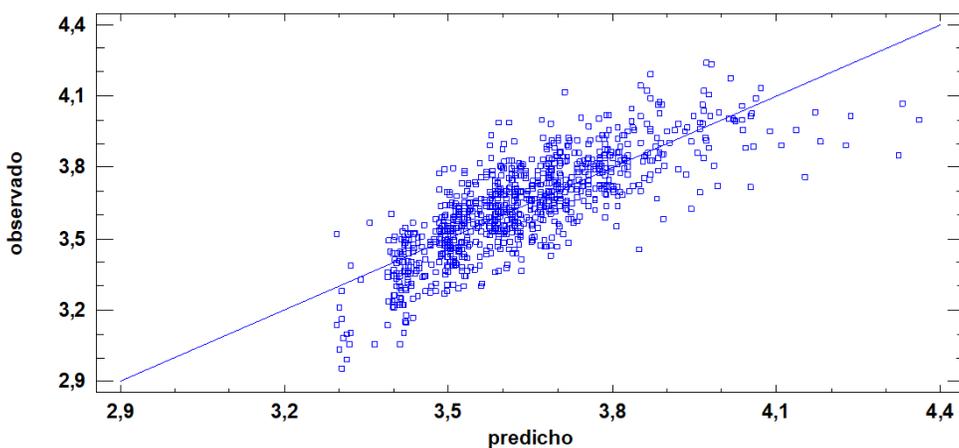


Figura 5. Logaritmo del total Consumo

Fuente: elaboración a partir de datos de estudio de campo con participación de equipos de apoyo de estimación econométrica.

### Traza de Densidad para LTOTAL CONSUMO

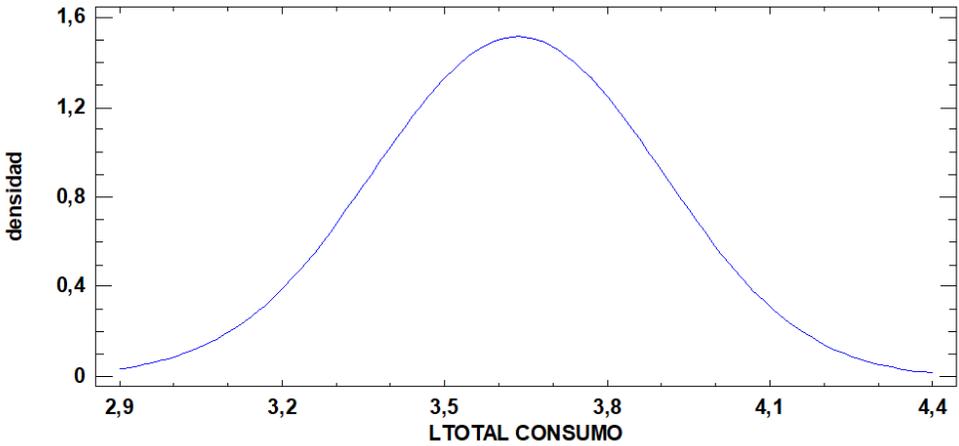


Figura 6. Traza de Densidad para Logaritmo Total del Consumo

Fuente: elaboración a partir de datos de estudio de campo con participación de equipos de apoyo de estimación econométrica.

### Histograma para LTOTAL CONSUMO

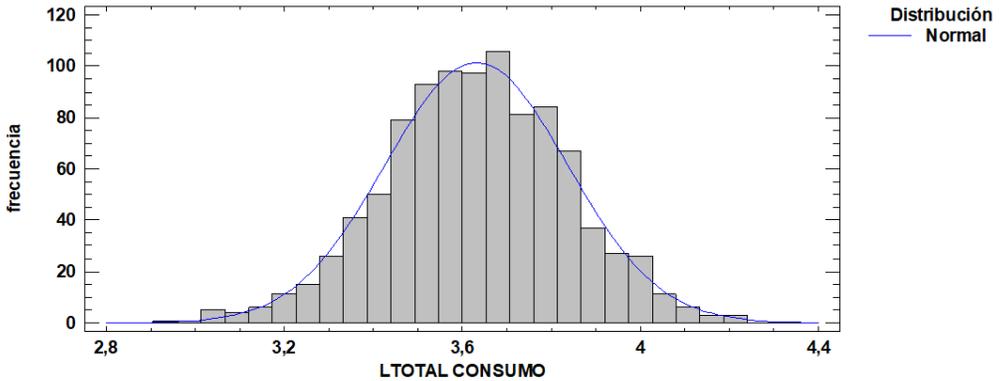
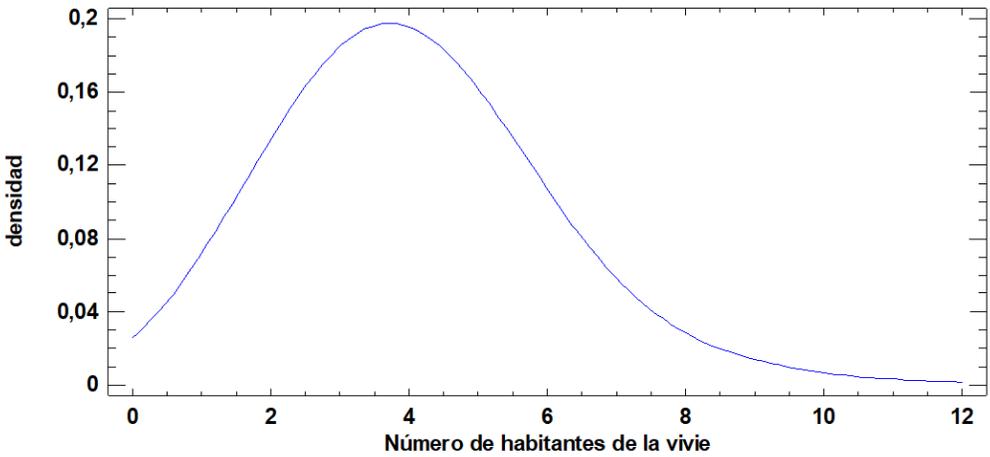


Figura 7. Histograma del Logaritmo del Consumo

Fuente: elaboración a partir de datos de estudio de campo con participación de equipos de apoyo de estimación econométrica.

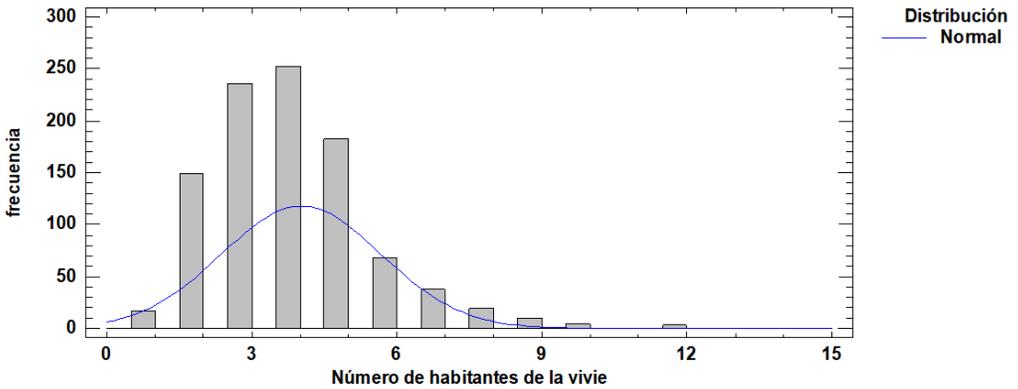
**Traza de Densidad para Número de habitantes de la vivie**



**Figura 8. Traza para densidad para número de habitantes de la vivienda**

Fuente: elaboración a partir de datos de estudio de campo con participación de equipos de apoyo de estimación econométrica.

**Histograma para Número de habitantes de la vivie**



**Figura 9. Histograma par número de habitantes de la vivienda**

Fuente: elaboración a partir de datos de estudio de campo con participación de equipos de apoyo de estimación econométrica.

### Traza de Densidad para Area Vivienda m2

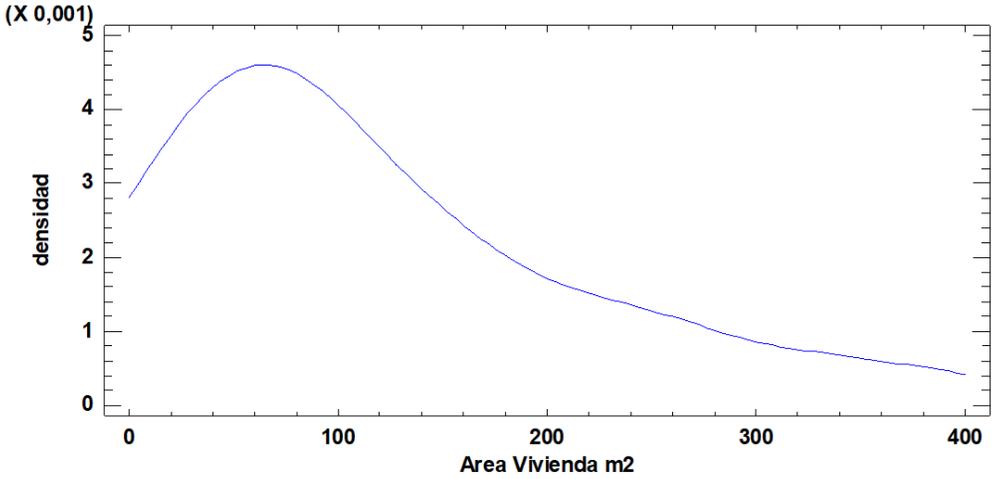


Figura 10. Traza de Demanda para Área Vivienda en m2

Fuente: elaboración a partir de datos de estudio de campo con participación de equipos de apoyo de estimación econométrica.

### Histograma para Area Vivienda m2

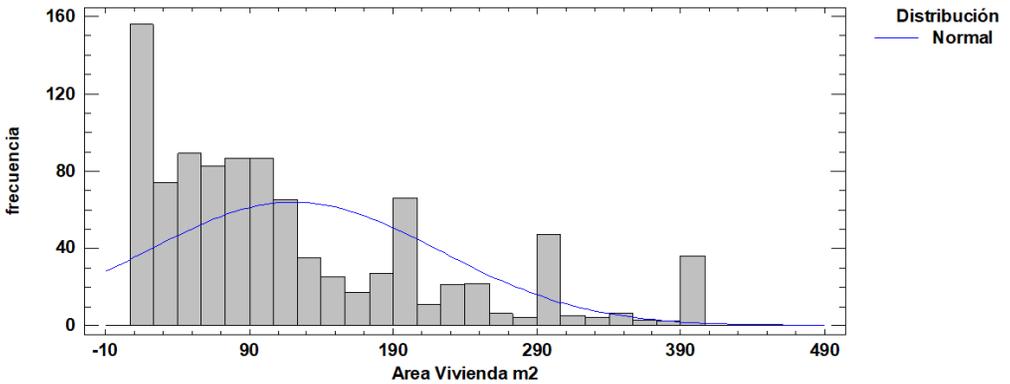


Figura 11. Histograma para Área Vivienda en m2

Fuente: elaboración a partir de datos de estudio de campo con participación de equipos de apoyo de estimación econométrica.

### Traza de Densidad para Ingreso Estimado

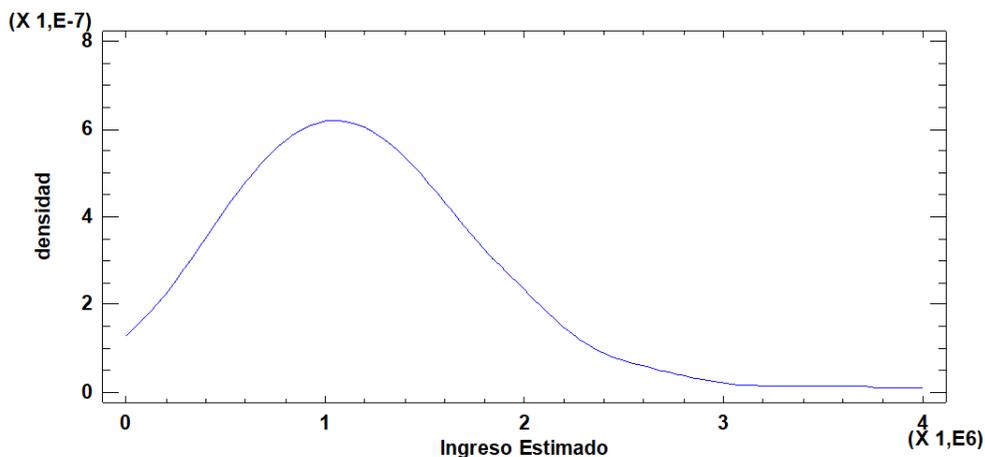


Figura 12. Traza de densidad para Ingreso Estimado

Fuente: elaboración a partir de datos de estudio de campo con participación de equipos de apoyo de estimación econométrica.

### Histograma para Ingreso Estimado

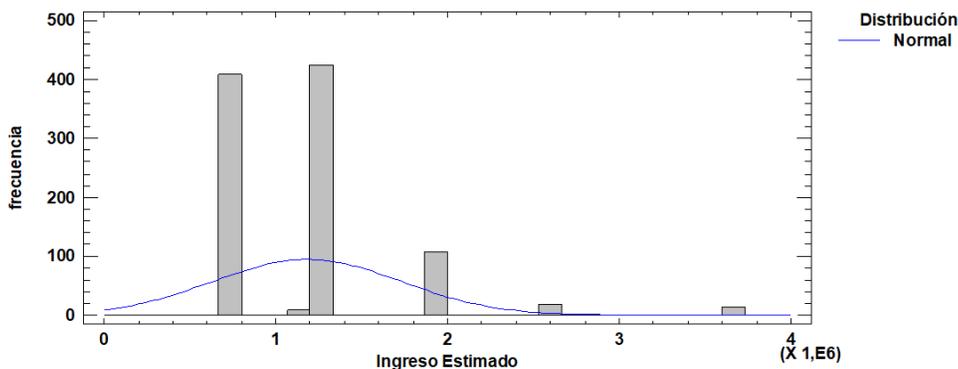


Figura 13. Histograma para Ingreso estimado

Fuente: elaboración a partir de datos de estudio de campo con participación de equipos de apoyo de estimación econométrica.

A partir de los resultados estimados en el modelo se establece la elasticidad renta de la demanda de agua, para lo cual se plantea:

$$\ln(C_t) = \beta_0 + \beta_1 N h + \beta_2 A + \beta_3 Y_e$$

Determinando el efecto de ( $Y_e$ ) la renta (sobre el logaritmo natural del consumo total de agua ( $\ln(C_t)$ )) se tiene que:

Se estima la derivada parcial implícita del consumo total frente a la renta

$$\frac{1}{C_t} \partial C_t = \beta_3 * \partial Y_e$$

despejando el diferencial del consumo total

$$\partial C_t = \beta_3 * C_t * \partial Y_e$$

Asumiendo el incremento de la renta como:

$$\partial Y_e = \eta Y_e$$

$$\partial C_t = \beta_3 * C_t * \eta Y_e$$

Con  $\eta$  como el incremento porcentual esperado proporcional a la renta

$$\frac{\Delta Y_e}{Y_e} = \frac{\partial Y_e}{Y_e} = \frac{\eta Y_e}{Y_e}$$

$$\frac{\Delta \% C_t}{\Delta \% Y_e} = \frac{\frac{\Delta C_t}{C_t}}{\frac{\Delta Y_e}{Y_e}} = \frac{\frac{\partial C_t}{C_t}}{\frac{\partial Y_e}{Y_e}} = \frac{\frac{\beta_3 * C_t * \eta Y_e}{C_t}}{\frac{\eta Y_e}{Y_e}} = \frac{\beta_3 * \eta Y_e}{\eta} = \beta_3 Y_e$$

$$\text{Elasticidad Renta de la demanda} = \beta_3 Y_e$$

A partir de estos resultados se determina la elasticidad de la demanda asumiendo como  $Y_e$  el valor promedio del ingreso estimado que para las observaciones es de \$1.182.249 y  $\beta_3$  toma el valor el coeficiente de la variable renta, que para el modelo resultado ser de 1,70567E-8, aplicando la estimación obtenemos

$$\text{Elasticidad Renta de la demanda} = (1,70567E - 8) * (1.182.249) = 0,02.$$

La elasticidad resultante es positiva y toma valores entre cero y 1, lo que implica que para los hogares de Aguachica el agua potable resulta ser un bien básico o de primera necesidad, indicando que por cada un 1% que se incremente el ingreso de familias estas aumentarían un 0,02% su consumo de agua, por lo cual se puede considerar inelástica.

Al contrastar los resultados con el análisis de Dalhuisen, Florax, De Groot y Nijkamp (2003) quien al revisar 50 artículos entre 1960 y 1998 que generan 255 observaciones de las que estima una elasticidad renta de la demanda promedio. Estos autores reportan la revisión de 30 artículos aparecidos entre 1960 y 1998, que proporcionan 162 observaciones de elasticidades precio de la demanda, cuya media es de -0.41. También incluyen otros 30 artículos con 162 indicaciones sobre la elasticidad ingreso, con una media de -0,41 categorizando la demanda como un bien inferior.

Algunas experiencias evidenciadas por Jaramillo (2005), en México, analizan una muestra de 750 viviendas cuya elasticidad renta de la demanda coincide con los

resultados del presente estudio al generar un indicador de elasticidad renta de la demanda de 0,02, mientras que otras experiencias realizan un muestreo de 80 viviendas en una localidad donde se estima una elasticidad de 0,98 lo que la aproxima prácticamente a 1 y categoriza el agua como un bien normal.

La experiencia adelantada en el Perú por Yepes y Ringskog (\_\_\_\_\_) les llevó a concluir que la elasticidad renta de la demanda podría estar entre 0,3 y 0,6 lo cual también lo ubica como un bien de básico y de demanda inelástica frente a variaciones en la renta.

### Aplicación empírica de la demanda marshalliana y Hicksiana.

A partir de los datos de ingresos obtenidos, la disposición a pagar real de los hogares por metro cubico de agua y asumiendo los supuestos que los hogares del municipio gastan todo su presupuesto entre agua (x) y una cesta integral de bienes necesarios (y) para el bienestar de los miembros del hogar de acuerdo a tendencia promedio y teniendo en cuenta el peso ponderado de estas cestas en el ingreso mensual, se procedió a estimar una curva de indiferencia preliminar y su respectiva restricción presupuestaria median e el siguiente procedimiento.

DATOS	
Px	13.784
Py	1.132.314
M	14.186.994

Tabla 20: Datos de estimación de la línea de restricción presupuestaria inicial

Se aclara que para este caso se asume como Px, el precio de agua en metros cúbicos y Py al precio de la canasta negral de otros bienes que mensualmente la familia gasta en un mes y M representa el presupuesto disponible promedio de las familias analizadas.

Por otra parte, la función de utilidad estaría representada de la siguiente manera.

$$U = X^{0,5}Y^{0,95}$$

$$s. a . M = 13.784 X + 1.132.314 Y$$

Se aclara que 0,5 corresponde al peso promedio que tiene el costo de un metro cubico de agua mensualmente en la familia, que incluye el pago de facturación y compra de agua a proveedores informales y 0,95 el peso promedio mensual que tendrían la otra

canasta de bienes que garantizan la satisfacción del resto de necesidades de los hogares analizados.

De esta manera se procede a aplicar multiplicadores de Lagranje generando el siguiente resultado.

$$\mathcal{L} = U = X^{0,5}Y^{0,95} + 13.784X\lambda + 1.132.314Y\lambda - 14.186.994\lambda$$

Derivamos parcialmente respecto a x.

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x} = 0,05X^{-0,95}Y^{0,95} + 13784\lambda$$

Derivamos parcialmente respecto a Y.

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial Y} = 0,95X^{0,05}Y^{-0,05} + 1.132.314\lambda$$

Dividendo ambas expresiones obtenemos:

$$\frac{\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial X}}{\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial Y}} = \frac{0,05X^{-0,95}Y^{0,95}}{0,95X^{0,05}Y^{-0,05}} = \frac{-13784\lambda}{-1.132.314\lambda}$$

$$\frac{0,05}{0,95}Y = 0,0122$$

$$\rightarrow Y = 0,2313X$$

Remplazando Y en la ecuación del ingreso, se obtiene que:

$$13.784X + 261.891X = 14.186.994$$

$$\rightarrow X = 51 \text{ metros cubicos anuales de agua}$$

Remplazando X en Y se obtiene:

$$Y = 11,9 \text{ Cestas integrales de bienes anuales}$$

Al remplazar este valor en la función de utilidad establecida se obtiene un indicador de bienestar anual como se muestra a continuación.

$$U = (51)^{0,5}(11,9)^{0,95}$$

$$U = 12,8 \text{ puntos aproximadamente}$$

Este valor se asume como contante, dado que representa un nivel de bienestar y al dar valores a x por encima y por debajo del nivel óptimo aplicando la ecuación despejada que se muestra a continuación se genera la los resultados de la tabla subsiguiente.

$$Y = \left[ \frac{\bar{U}}{X^{0,05}} \right]^{1/0,95}$$

X	Y	U
10	12,97	12,8
30	12,25	12,8
40	12,06	12,8
51	11,90	12,8
80	11,63	12,8
100	11,49	12,8
120	11,38	12,8

Tabla 21: Valores obtenidos de Y en función de X Con U Constante

Fuente: elaboración propia con base en datos de estudio de campo

Al aplicar las restricciones presupuestarias a fin de identificar los máximos niveles de consumo de cada categoría de bien se aplica la siguiente relación funcional.

$$\text{si } X = 0 \rightarrow Y = \frac{M}{P_y}$$

$$\text{si } Y = 0 \rightarrow x = \frac{M}{P_x}$$

Al aplicar esta condición se generan la restricciones de cantidades máximas de consumo anual de cada cesta si solo se dedicara el presupuesto a uno de los dos respectivamente, de lo que deriva la línea de restricción presupuestaria, de esta se genera la siguiente tabla de valores.

X	Y
0	13
1.029	0

Tabla 22: Valores Máximos de x y de Y

Fuente: elaboración propia con base en datos de estudio de campo

Teniendo en cuenta las dos tablas generadas se procede a graficar la respectiva curva de indiferencia resultante y la restricción presupuestaria anual que determinan el nivel de bienestar promedio de las familias analizadas.

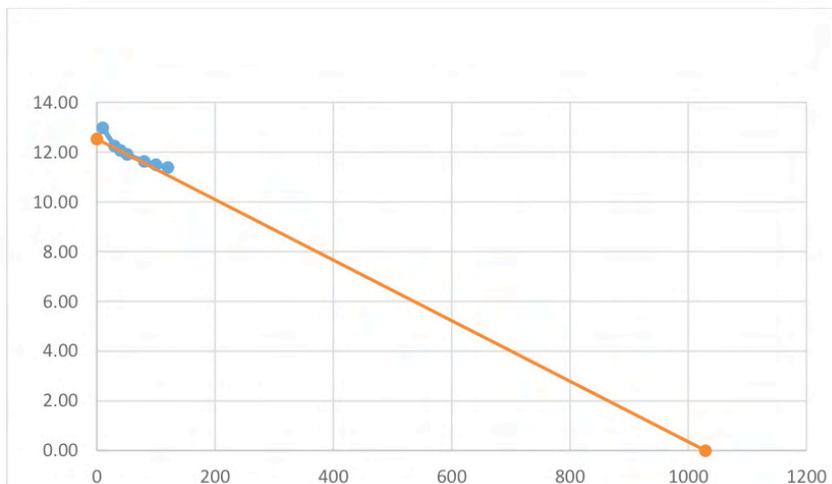


Figura 14. Curva de inferencia y condición de bienestar promedio de las familias analizadas

Fuente: elaboración propia basado en datos de estudio de campo.

Como se puede observar la curvad e indiferencia tiene a estar concentrada en la parte superior de la línea de restricción presupuestario, aspecto que obedece a la diferencia de precios entre las canastas de bienes, de lo anterior se concluye que el consumo óptimo de metros cúbicos de agua anual en las condiciones actuales del contexto es de 51 metros cúbicos anuales y de 12,06 cestas del resto de bienes requeridos para garantizar un nivel de bienestar promedio que el implica tener dos fuentes de aprovisionamiento de agua paralela.

Al someter el anterior análisis a una posible reducción de precios, que para el caso de estudio se asume el precio mínimo encontrado por metro cubico en la serie de datos generados a partir de las encuestas, que fue de 2.057 y al aplicar todo el procedimiento de manera resumida se generaría un nuevo nivel optima de bienestar, generando las siguientes nuevas tablas de datos respectivos

X	Y	U
50	13,18	14
100	12,70	14
200	12,25	14
345	11,90	14
360	11,88	14
380	11,84	14

400	11,81	14
-----	-------	----

Tabla 23: Valores obtenidos de Y en función de X Con U Constante con disminución de precios del metro cubico del agua

Fuente: elaboración propia basado en datos de estudio de campo.

Las cantidades determinantes de la restricción presupuestaria estarían dadas por la siguiente tabla.

L	K
0	13
6.898	0

Tabla 24: Ajuste de la restricción presupuestaria con disminución del precio pagado por metro cubico de agua

Fuente: elaboración propia basado en datos de estudio de campo.

De esta manera se genera un nuevo grafico que incluye las gráficas anteriores y los nuevos datos a fin de ilustrar el efecto de desplazamiento de la curva de utilidad y del ingreso por aumento del poder adquisitivo que se generaría al pagar un precio mínimo por metro cubico de agua.

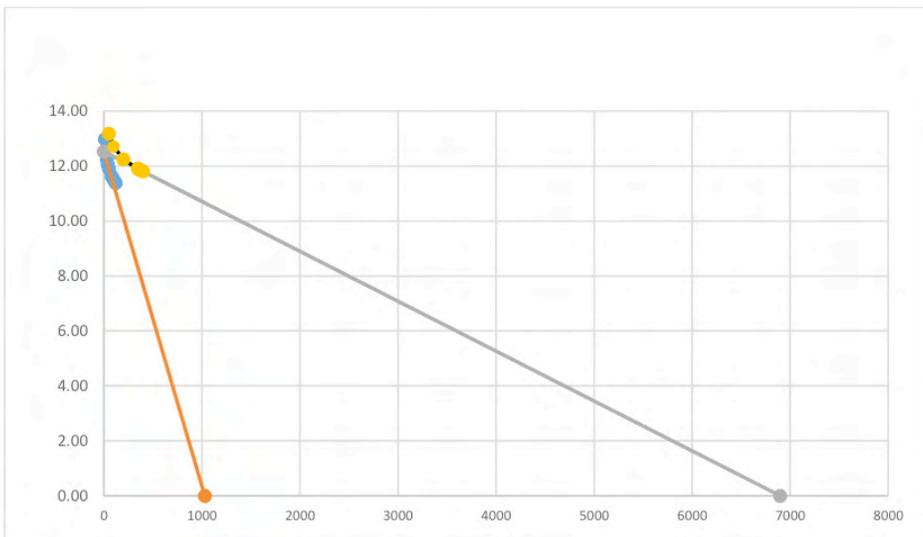


Figura 15 Efecto en el bienestar de garantizar un precio mínimo

Fuente: elaboración propia basado en datos de estudio de campo.

Pese a la dificultad a nivel gráfico de evidenciar los resultados se puede afirmar que al garantizar un precio mínimo el nivel de bienestar de las familias aumentaría sustancialmente, garantizándole una mayor capacidad de acceso al agua desde luego esto solo sería posible si la empresa de agua local le garantice el suministro total a los habitantes, dado que estas estimaciones incluyen los efectos de los precios de compra de agua informal.

Lo anterior se afirma, dado que el nivel óptimo pasa de 51 metros cúbicos anuales a 345 lo cual garantizaría mayor confort a las familias con los niveles de ingresos actuales promedio

A partir de los datos anteriores y aplicando el método punto de la pendiente, generando un función de demanda lineal de la cantidad de demanda en función del precio a partir de los puntos óptimos definidos anteriormente se generan los siguientes para metros de estimación de curva de demanda, a continuación se resume el método.

Así:

$$P - p_1 = m (Qd_0 - \alpha)$$

Donde P, es el precio de equilibrio

$p_1$ : representa el primer precio dado

m: es la pendiente de la curva de demanda

$\alpha$ : está representada por las primeras cantidades demandadas

Qda: es la cantidad demandada de equilibrio

En primera instancia se calcula la pendiente, La cual se calcula con la siguiente fórmula:

$$m = \frac{p_2 - p_1}{Qx_2 - Qx_1}$$

Aplicamos la fórmula

$$m = \frac{p_2 - p_1}{Qx_2 - Qx_1}$$

Aplicando el método.

$$P - 13.784 = -39,96 (Qdx - 51)$$

$$p = 15.840 - 39,96Qdx$$

$$p = 103 - 0,025Qdx$$

$$QD_x = 396 - 0,025Qdx$$

Al aplicar la fórmula de estimación de la demanda Hicksiana para las condiciones en cada punto de equilibrio de la función de utilidad estimada inicialmente se obtiene dos puntos de interceptación de la curva.

$$Qda^H = \sqrt{\bar{U}}p_x p_y$$

Remplazando los valores para cada una de las curvas de indiferencia ( $\bar{U}_1$  y  $\bar{U}_2$ ), se genera la curva de demanda Hicksiana, las cuales se representan de manera conjunta con la de demanda marshalliana a continuación.

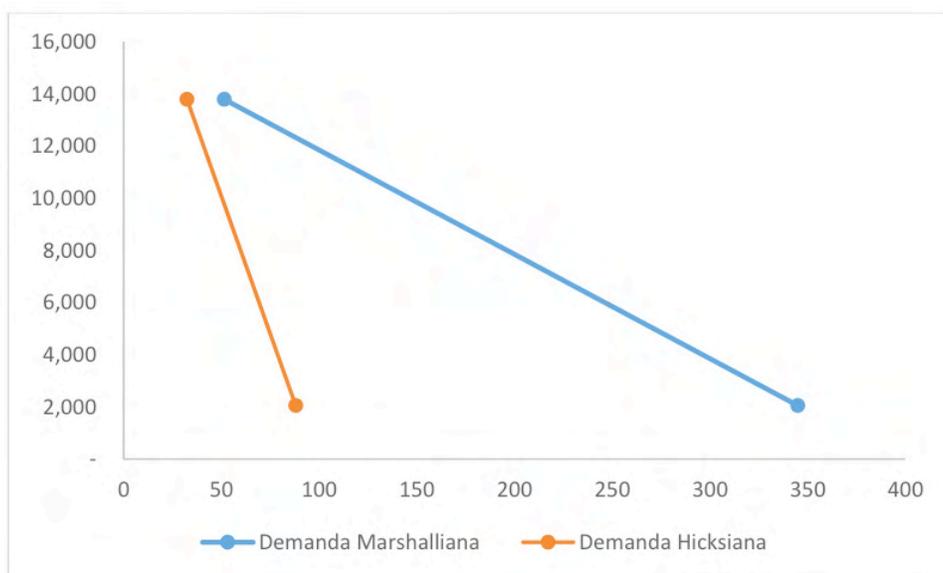


Figura 16. Derivación de las curvas de demanda Marshalliana y Hicksiana

Fuente: elaboración propia basado en datos de estudio de campo.

De la lo anterior se observa demanda Hicksian muestra que le nivel de bienestar puede estar entre una demanda de 32 y 88 metros cúbicos, mientras que la demanda marshalliana indica que dadas las dos situaciones de bienestar la demanda podría estar en relación a los ingresos y consumos promedio entre 51 y 341 metros cúbicos anuales.

### Estimación del crecimiento poblacional para la proyección de demanda futura.

El crecimiento de la población es definido como el cambio que experimenta la población en un cierto lapso de tiempo. En general existen varias formas de medir dicho cambio. El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Generalmente se utiliza el método de los componentes para elaborar las proyecciones de la población, bajo el principio básico en la desagregación del crecimiento de la población en sus componentes demográficos fundamentales (fecundidad, mortalidad y migración) por medio de la ecuación compensadora, la cual es una de las ecuaciones básicas del análisis demográfico la cual se muestra a continuación:

$$N^{t+n} = N^t + (B^{t,t+n} - D^{t,t+n} + I^{t,t+n} - E^{t,t+n})$$

Dónde: B Nacimientos

D: Defunciones

I: Inmigrantes

E: Emigrantes

N: Población actual

T: tiempo actual

n: Periodos a proyectar

Esta ecuación o método puede ser aplicado cuando se encuentre de manera disponible y consistente la información del área objeto de la proyección, la cual es recomendable utilizar cuando se quiere proyectar la población de áreas grandes con información robusta, es decir, en aquellas donde se encuentre información sobre los nacimientos, defunciones, patrones de migración, indicadores demográficos, entre otros, que permitan obtener información confiable y precisa. Partiendo de esto, este método es recomendable aplicar cuando se quieren hacer proyecciones a nivel nacional o departamental, ya que cuando se quiere proyectar los municipios o áreas menores se presentan dificultades debido a la poca información de alguna variable demográfica, en especial, de la migración.

Por tal motivo, se hace necesaria la utilización de métodos alternativos. De esta necesidad para llevar las proyecciones del presente trabajo, se utilizó el Método de Progresión Aritmética, ya que no se necesitan todas las variables demográficas, sino que este solo necesita el tamaño de la población en dos momentos diferentes

### **Supuestos del modelo**

Los métodos matemáticos que se aplican para el cálculo de la población futura del país se basan en ecuaciones que expresan el crecimiento demográfico en función del tiempo, dicho crecimiento está medido y expresado en una tasa o en un porcentaje de cambio, se obtiene a partir de la observación o estimación del tamaño poblacional en dos o más fechas del pasado reciente. Por lo general se utilizan los censos de la población, sin embargo, en este trabajo se utilizarán sus estimaciones realizadas por el DANE.

El crecimiento de la población varía siguiendo una progresión aritmética.

## MÉTODO

La población futura la teniendo en cuenta la desagregación del crecimiento se puede generar y sintetiza a través del siguiente procedimiento:

La tasa de crecimiento de la población ( $k$ ) se determina a partir de las últimas estimaciones de los años en que se realizó los censos; posteriormente se obtiene el promedio de las tasas, el cual es utilizado para la aplicación del método. La tasa de crecimiento ( $k$ ) se determina ajustada por los efectos de la desagregación del crecimiento. En la siguiente tabla se observan los valores obtenido para la tasa de crecimiento poblacional de Aguachica, con énfasis en la totalidad de la población urbana.

Año	Población	P2-P1	A2-A1	Tasa (k)
2.018	83.924	-14.874	13	9,35
2.005	69.050	-18.592	12	11,40
1.993	50.458	-11.803	8	16,32
1.985	38.655	-22.025	12	19,37
1.973	16.630			
Tasa Promedio		11,21		

Tabla 25:Valores Tasa de crecimiento poblacional Total.

Fuente: DANE

Teniendo en cuenta los efectos de la dinámica de la tasa de crecimiento  $K$ , se procede a realizar la proyección para cada año como se muestra en al siguiente ecuación.

$$P_f = P_0(1 + k)$$

Con

$$k = r_n + r_d + r_{mn}$$

Donde:

$P_f$ : Población futura

$P_0$ : Población inicial la cual toma el valor del año anterior

$k$ : Representa la tasa de tendencia crecimiento poblacional anual determinada por la tasa de natalidad ( $r_n$ ), tasa de defunciones ( $r_d$ ) y tasa de migraciones netas ( $r_{mn}$ ) las cuales están dadas por cada 100 habitantes.

Ahora bien, de esta misma manera se calcula las tasas de crecimiento promedio. Después de determinar el valor de k, se desarrolla el método con base en la ecuación presentada anteriormente para la proyección de la población en la Progresión aritmética.

A continuación, se encuentra el comportamiento de la población total Para los periodos Intercensales 1973 – 2018, y la proyección 2019 - 2050, segmentada según la zona de residencia (Cabecera y resto), toda vez que aunque el ejercicio se realizó para la cabecera municipal, fue necesario incorporar el valor de migración rural urbana, con el fin de afinar la proyección.

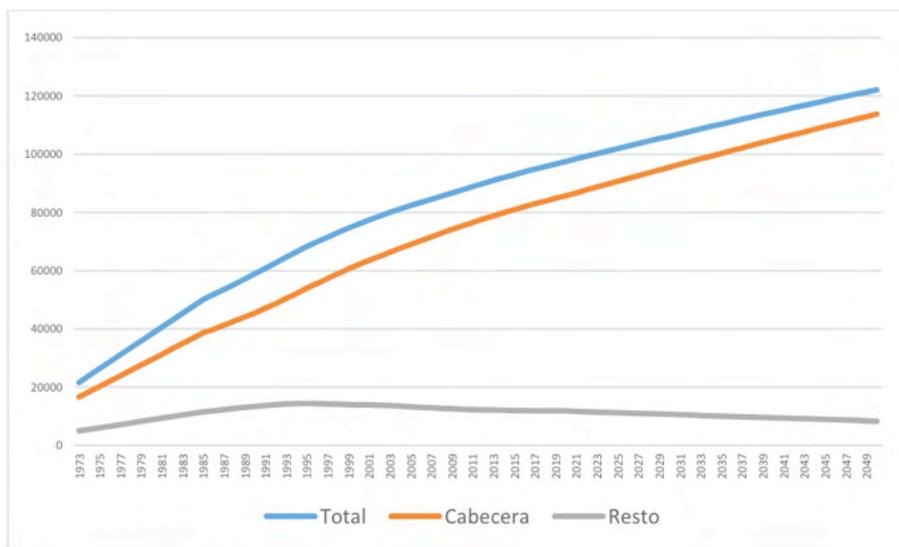


Figura 17. Proyección de crecimiento poblacional para el municipio de Aguachica Cesar

Fuente: Estimaciones relaciones a partir de datos intercensales del DANE

La Estimación para población en la cabecera municipal iniciando con 96.658 habitantes a 2019 y estimando 122.101 habitantes a 2050. A partir de estos datos se estima las proyecciones de consumo para población a nivel local.

A continuación, se realiza un cruce de las variables obtenidas en el estudio de corte transversal, (encuesta), y la tendencia que tendría en el tiempo. Para esto se parte del consumo per cápita calculado que se encuentra en los 40 litros diarios por habitante, incluyendo el consumo oculto.

Cabe mencionar que, según la OMS, esta cifra debe ser cercana a los 100 litros, con lo que se aseguraría el correcto lavado de manos y la desinfección adecuada del hogar y la ropa, mientras que para la última versión del RAS para el municipio el consumo debería

estar alrededor del 120 L/Diarios por persona. A continuación, se realiza el cálculo de la transición que debe realizar el servicio de acueducto con el fin de garantizar en el largo plazo la distribución adecuada.

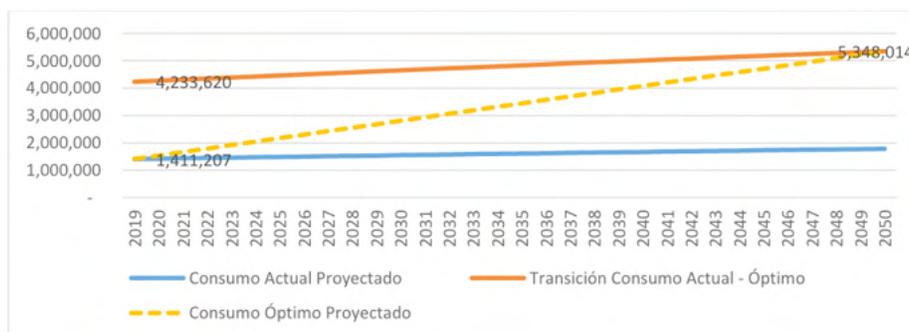


Figura 18. Demanda futura anual de Agua potable

Fuente: Estimaciones relaciones a partir de datos de consumo estimado y Proyecciones poblacionales según estadística del DANE.

El gráfico anterior permite observar que el consumo de agua en 2019 se estimó en 1.411.207 metros cúbicos anuales, mientras que el consumo esperado por de acuerdo a los criterios técnico del RAS es de 4.233.620 metros cúbicos. Realizando una proyección aritmética, la línea amarilla muestra el incremento en la capacidad que se debe dar cada año, con el fin de llegar en 2050 a los 5.348.014 metros cúbicos implicando un crecimiento promedio constante anual de 126.994 metros cúbicos requeridos para estar alineados con las recomendaciones de los organismos internacionales y de las normas técnicas de regulación nacional.

Es de aclarar que estos pronósticos parciales están basados solo en la proyección de demanda de consumo de los hogares, no incluye el consumo de los sectores productivos a nivel local, los cuales se estimaran en el siguiente objetivo.

## CONSIDERACIONES FINALES

- Las familias de Aguachica presentan una disposición a pagar por metro cubico en promedio muy baja que de acuerdo a las tarifas nacionales se ubicaría por debajo de los estratos uno a nivel nacional, tomando como referencia las tarifas de Bogotá, los cuales pueden estar entre \$783 y los \$806 (Acueducto, Agua y Alcantarillado de Bogotá, 2020).
- La tendencia de consumo actual de los habitantes de Aguachica muestra el grado de adaptación que han logrado los habitantes, frente a los altos periodos de racionamiento a los que pueden ser sometidos, generando una tendencia de consumo medio muy por debajo de los parámetros aconsejados por la OMS o por las especificaciones del RAS que para el municipio estarían alrededor de los 120 litro/día.
- El agua de acuerdo a los efectos de la variación de la renta de los hogares resulta ser un bien básico de primera necesidad en el menipeo de Aguachica implicando que su consumo se mantienen estable independientemente de la reducción o incremento de los ingresos a nivel familiar.
- Las condiciones de adaptación para el abastecimiento actual en el municipio demandan grandes inversiones por parte de los consumidores en la construcción y equipamientos para garantizar sistemas de almacenamiento que se puedan ajustar a los largos periodos de racionamientos que oscilan entre 8 y 30 das.
- La demanda de agua potable a nivel municipal presenta un nivel creciente muy importante, que dada la tendencia actual se puede incrementar en un 26% a 2050, dados los patrones de consumos actuales, aunque el estado ideal sería que alcanzara a nivelarse con los parámetros de la RAS, lo cual le implicaría incrementar su demanda en un 279% su demanda al periodo proyectado.

## CONDICIONES DE EQUILIBRIO PARA EL SUMINISTRO DE AGUA EN EL CORTO Y LARGO PLAZO PARA EL MUNICIPIO

Para el análisis de condiciones de equilibrio se requirió previamente la estimación de la oferta, la cual se enuncia a continuación el respectivo procedimiento a fin de contrastar con las proyecciones de ofertas estimadas y poder con ello determinar si se presentan brechas considerables entre estas dos variables.

## ESTIMACIÓN DEL MODELO DE PROYECCIÓN DE LA OFERTA DE AGUA POTABLE

De acuerdo con Domínguez et al. (2008) la oferta hídrica total está definida por el valor modal de los caudales promedio más probable y se extrae de la curva de densidad probabilística (CDP) de los caudales anuales. Esta curva se construye a partir de los registros en la estimación de la curva se genera a partir de los registros en las estaciones hidrométricas que miden el flujo de agua de la fuente abastecedora, dado que en Colombia no se puede garantizar esta medición para cada municipio, se recomienda el uso de la metodología de la UNESCO en concordancia con Lvovitch (1970), que consiste en tomar los datos generados por el monitoreo Hidrológico del IDEAM extraídos de los mapas de escorrentía modal.

A nivel local se han adelantado iniciativas previas de proyección de oferta de agua por arte de FINDETER (2016), quienes partiendo de la premisa de que “el clima es el resultado de interacción de diferentes variables atmosféricas, biofísicas y geográficas que pueden cambiar en el tiempo y el espacio. Estos factores meteorológicos como la temperatura, presión atmosférica, viento, humedad y lluvia. Así mismo, algunos factores biofísicos y geográficos pueden determinar el clima en diferentes partes del mundo, como por ejemplo: latitud, altitud, las masas de agua, la distancia al mar, el calor, las corrientes oceánicas, los ríos y la vegetación” (p. 175); definieron una estimación de la oferta y requerimientos hídricos, para lo cual realizaron un inventario inicial de las estaciones meteorológicas que les permitieran obtener una aproximación a la capacidad de generación de la Bocatoma.

De este proceso se identificaron las estaciones meteorológicas de Aguas Claras, Villa de San Andrés, Barranca Lebrija, Loma de Corredor y en sus alrededores las estaciones de Gamarra, Los Ángeles, La Gloria. de acuerdo con los registros del IDEAM se identificó como referente la estación Totumal que está bajo la administración de esta entidad, fue seleccionada en primera instancia como de mayor representatividad.

Dado que la estación Totumal era de naturaleza pluviométrica, no se pudo acceder a variables de tipo atmosférico, tales como Temperatura, Humedad Relativa, Brillo Solar y Evaporación, lo que llevo a los consultores a optar por recurrir al uso de una estación que presentara condiciones climatológicas similares, empleando el denominado “método de regionalización de características o parámetros” (p. 170), en este orden de ideas se escoge a la estación Aguas Claras localizada en la ciudad de Valledupar, categorizada como Climatología Ordinaria (CO).

A partir de las series históricas de las variables requeridas se definieron los

sistemas de distribución de cada variable a través de la prueba de bondad y ajuste de Kolmogorov-Smirnov a partir de los cuales construyen indicadores de estimación a partir de las metodologías propuestas por el estado del arte respectivo.

De los pronósticos encontrados se concluye que los elementos hidráulicos de la bocatoma tienen un caudal máximo de captación y de conducción mayor al cual de demanda esperado al periodo proyectado que para el caso del estudio fue el año 2046, pero se requiere garantizar que la estructura de captación cuente con un elemento hidráulico de control de aguas de paso al canal de aducción que garantice la evacuación de los excesos, así mismo se concluyó que se hace necesario mejoras en el muro de contención que presentaba filtraciones y sustitución de válvulas de lavado actual.

Teniendo en cuenta que la experiencia más reciente fundamenta sus estimaciones en un referente, Para efectos del desarrollo del presente estudio se pretende hacerlo con variables más proxis al contexto, para lo cual se plantea un modelo multivariable de serie de tiempos, estimando la oferta de agua potable en el municipio de Aguachica Cesar a partir de las estadísticas de captación y producción diaria por parte de las empresas de servicio de agua potable, y las variables meteorológicas medidas por el IDEAM en la estación BUTURAMA, la cual cuenta con información de precipitaciones, brillo solar y temperatura, definiendo las siguientes componentes del modelo.

- Variable dependiente:

Caudal de entrada ( $X_1$ ): Información arrojada por ediciones mensuales realizadas por el acueducto.

- Variables Independientes:

Bbutu ( $X_2$ ): Información arrojada por el IDEAM en la estación Buturama para el periodo 2012 – 2019, que está medida en promedio mensual de wats por  $m^2$ .

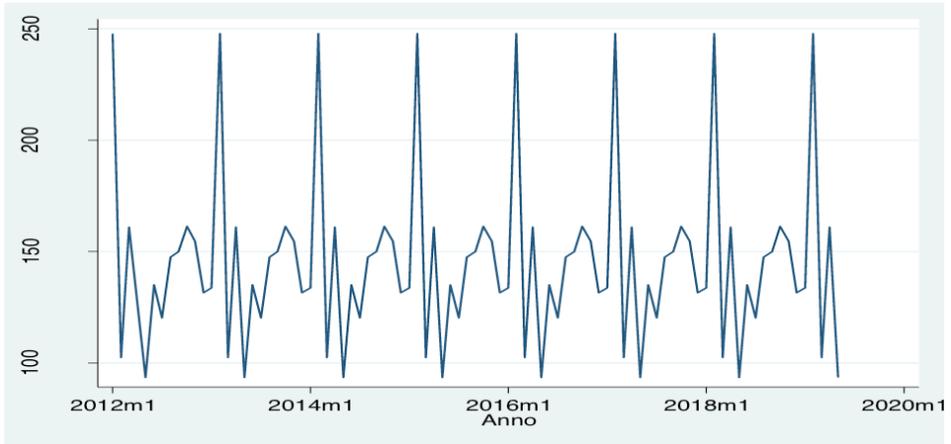


Figura 19. Tendencia del Brillo solar Estación Buturama (IDEAM)

Fuente: IDEAM.

Precbutu ( $X_3$ ): Información arrojada por el IDEAM en la estación buturama, para el periodo 1995 – 2019, que está medida en litros por m2, según promedio mensual.

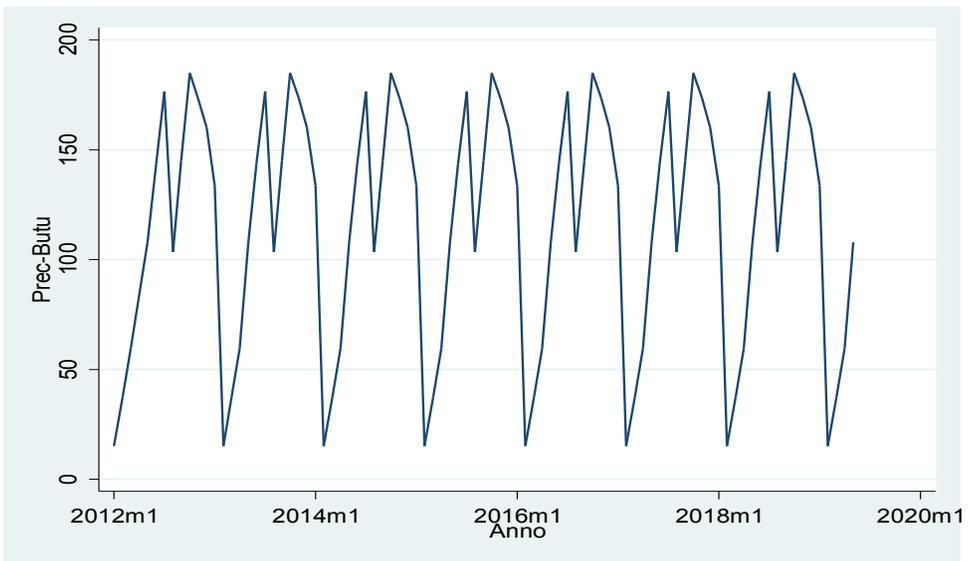


Figura 20. Precipitaciones según registros de estación Buturama (IDEAM)

Fuente: IDEAM

Tempbuturama ( $X_4$ ): Información arrojada por el IDEAM en la estación Buturama

para el periodo 1995 – 2019, que está medida en grados centígrados promedio mensual.

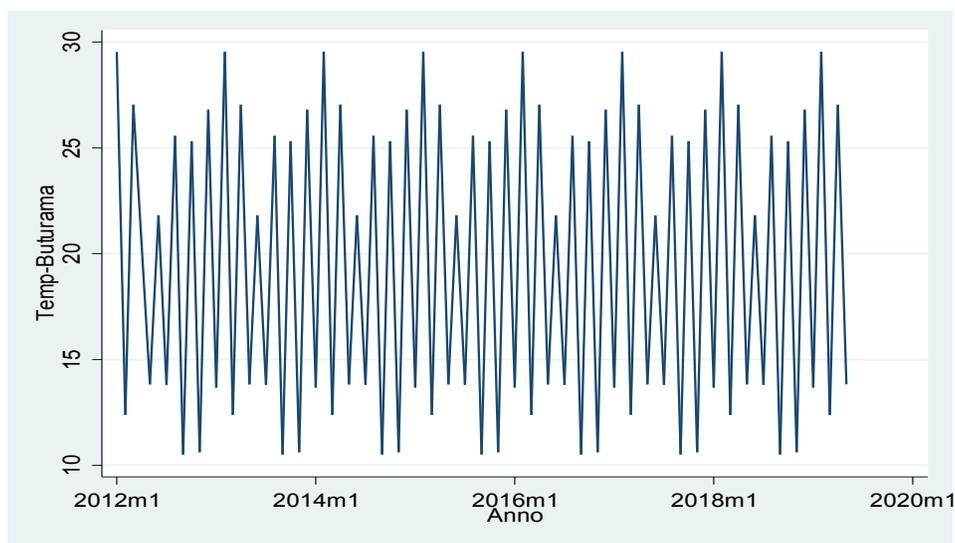


Figura 21. Registros de Temperatura Estación Buturama (IDEAM)

Fuente. IDEAM

A partir de las tendencias de estas variables se procesan los datos generando los siguientes resúmenes estadísticos, realizado en el software Pitón.

	<i>Caudal</i>	<i>Brillo</i>	<i>Precipitación</i>	<i>Temperatura</i>
Recuento	88	88	88	88
Promedio	312,511	185,086	113,918	28,4772
Desviación Estándar	45,016	26,7045	58,8588	0,663308
Coefficiente de Variación	14,4046%	14,4281%	51,6676%	2,32926%
Mínimo	152,0	144,756	11,9711	27,6837
Máximo	340,0	245,533	199,757	29,7181
Rango	188,0	100,777	187,786	2,0344
Sesgo Estandarizado	-7,3293	2,6934	-1,3276	2,70603
Curtosis Estandarizada	5,86138	0,371935	-2,25749	-1,67616

Tabla 26: Resumen estadísticos variables ambientales

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

	<b>Caudal</b>	<b>Brillo</b>	<b>Precipitación</b>	<b>Temperatura</b>
CAUDAL		-0,1806 (88)	0,2469 (88)	-0,4088 (88)
		0,0921	0,0204	0,0001
BRILLO	-0,1806 (88)		-0,7042 (88)	0,4513 (88)
		0,0921	0,0000	0,0000
PRECIPITACION	0,2469 (88)	-0,7042 (88)		-0,7760 (88)
		0,0204	0,0000	0,0000
TEMPERATURA	-0,4088 (88)	0,4513 (88)	-0,7760 (88)	
		0,0001	0,0000	0,0000

Tabla 27: Correlaciones entre variables ambientales

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

A partir de los datos analizados se procede a realizar el proceso de Regresión múltiple.

<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<b>Error</b>		<b>Estadístico</b>	
		<i>Estándar</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>	
CONSTANTE	1487,02	334,765	4,44198	0,0000	
BRILLO	-0,205594	0,23909	-0,859899	0,3923	
PRECIPITACION	-0,21819	0,153476	-1,42166	0,1588	
TEMPERATURA	-39,0347	10,835	-3,60264	0,0005	

Tabla 28: Datos de regresión multivariable de caudal en función de variables climáticas

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Modelo	32920,8	3	10973,6	6,43	0,0006
Residuo	143379,	84	1706,9		
Total (Corr.)	176300,	87			

Tabla 29: Análisis de varianza del modelo multivariable del caudal

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

R-cuadrada = 18,6731 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 15,7686 por ciento

Error estándar del est. = 41,3146

Error absoluto medio = 29,1415

Estadístico Durbin-Watson = 0,67867 (P=0,0000)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,652602

A partir del de los parámetros generados en este primer modelo lineal se puede concluir que la estimación la estimación del modelo generado no es de alta predicción dado que presenta un grado de significación del 15%, por lo cual en este primer paso de desestima y se procede a continuación a generar una estimación de un modelo doble logarítmico.

	<i>L brillo</i>	<i>L caudal</i>	<i>L precipitación</i>	<i>L temperatura</i>
Recuento	88	88	88	88
Promedio	2,26307	2,48919	1,95517	1,45438
Desviación Estándar	0,0609706	0,0752308	0,355113	0,0100386
Coefficiente de Variación	2,69415%	3,0223%	18,1628%	0,690234%
Mínimo	2,16064	2,18184	1,07813	1,44222
Máximo	2,39011	2,53148	2,3005	1,47302
Rango	0,229473	0,349635	1,22237	0,0307969
Sesgo Estandarizado	1,38442	-8,90798	-5,10845	2,62159
Curtosis Estandarizada	-0,442161	10,3758	1,70573	-1,71973

Tabla 30: Resumen Estadístico del modelo doble logarítmico del caudal en función multivariable

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

	<b>L Brillo</b>	<b>L Caudal</b>	<b>L Precipitación</b>	<b>L Temperatura</b>
L Brillo	-0,1902 (88)	-0,7665 (88)	0,4437 (88)	
		0,0758	0,0000	0,0000
L Caudal	-0,1902 (88)		0,2104 (88)	-0,4052 (88)
		0,0758	0,0491	0,0001
L Precipitación	-0,7665 (88)	0,2104 (88)		-0,7410 (88)
		0,0000	0,0491	0,0000
L Temperatura	0,4437 (88)	-0,4052 (88)	-0,7410 (88)	
		0,0000	0,0001	0,0000

Tabla 31: Correlaciones del modelo doble logarítmico del caudal en función multivariable

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<b>Error</b>		<b>Estadístico</b>	
		<i>Estándar</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>	
CONSTANTE	10,1964	1,89421	5,38292	0,0000	
L BRILLO	-0,318526	0,194903	-1,63428	0,1059	
L PRECIPITACION	-0,0952774	0,0446574	-2,13352	0,0358	
L TEMPERATURA	-4,67555	1,13211	-4,12996	0,0001	

Tabla 32: Parámetros de regresión del modelo doble logarítmico del caudal en función multivariable.

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Modelo	0,10206	3	0,03402	7,32	0,0002
Residuo	0,390332	84	0,00464681		
Total (Corr.)	0,492392	87			

Tabla 33: Análisis de Varianza del modelo doble logarítmico

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

R-cuadrada = 20,7274 porciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 17,8962 porciento

Error estándar del est. = 0,0681675

Error absoluto medio = 0,0462125

Estadístico Durbin-Watson = 0,681774 (P=0,0000)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,655481

El modelo doble logarítmico generado de acuerdo a los parámetros resulta presentar baja capacidad de explicar el comportamiento del caudal, dado que su eje cuadrado pese a que mejoró levemente respecto al modelo lineal este resulta ser muy bajo indicando una significancia global del modelo del 17%, por lo cual se desecha el modelo como predictor de la variable de análisis.

A continuación se realiza un análisis de los componentes principales para el modelo para las variables Brillo solar y precipitaciones para 88 datos con eliminación Listwise estandarizado fusionando dos variables representadas por brillo solar y precipitación.

<b>Componente</b>	<b>Porcentaje de</b>		<b>Porcentaje</b>
<i>Número</i>	<i>Eigenvalor</i>	<i>Varianza</i>	<i>Acumulado</i>
1	1,7665	88,325	88,325
2	0,233497	11,675	100,000

Tabla 34: Análisis de componentes principales para el modelo doble logarítmico

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

Posteriormente se analiza el componente principal extraído representado por la fusión de las variables generando el modelo por componentes principales quedaría estructurado como se explica a continuación.

<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<b>Error</b>	<b>Estadístico</b>	
		<i>Estándar</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
CONSTANTE	7,38666	1,38965	5,31547	0,0000
PCOMP_1	0,00396463	0,00721671	0,549369	0,5842
L TEMPERATURA	-3,36739	0,95548	-3,52429	0,0007

Tabla 35: Análisis de componente Principal respecto a la temperatura

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Modelo	0,0822971	2	0,0411486	8,53	0,0004
Residuo	0,410095	85	0,00482465		
Total (Corr.)	0,492392	87			

Tabla 36: Análisis de varianzas del modelo de componentes principales

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

R-cuadrada = 16,7137 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 14,7541 por ciento

Error estándar del est. = 0,0694597

Error absoluto medio = 0,0472876

Estadístico Durbin-Watson = 0,656461 (P=0,0000)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,664942

Al tratar de ajustar el modelo por medio del análisis e componentes principales se observa que el modelo no muestra mejoráis. Con una significación global. del 12,7% se desestima este modelo.

Frete a este resultado y teniendo en cuenta las dos predicciones anteriores se plantea la necesidad de definir una estimación de la oferta de agua potable a partir de un modelo básico inicial de los metros cúbicos netos producidos en función del caudal, para posteriormente a partir de pronósticos de los caudales en el tiempo se proyecte el caudal esperado y con base a estos resultados poder establecer la capacidad de demanda esperada a 2050 para el municipio de Aguachica Cesa. A continuación se presenta la estimación.

### Estimación de modelo ajustado de oferta de Agua potable

Teniendo en cuenta los resultados anteriores se define finalmente establecer la relación entre los metros producidos netos como variable representante de la oferta hídrica local en función del caudal de entrada a la planta de tratamiento, partiendo del supuesto que esta última comporta los efectos de las variables climáticas de influencia y que sus efectos cíclicos se tienden a repetir de manera periódica por lo cual se podría pronosticar su comportamiento futuro.

A continuación se presenta el método de regresión el sistema de modelación a partir de una regresion simple, siendo la Variable dependiente los m<sup>3</sup> netos producidos de agua potable (Y) y la variable independiente caudal de entra en L/s (X).

$$\text{Lineal: } Y = a + b * X$$

Al correr el modelo en el respectivo software se obtiene:

	Mínimos Cuadrados	Estándar	Estadístico	
Parámetro	Estimado	Error	T	Valor-P
Intercepto	35085,6	23076,1	1,52043	0,1321
Pendiente	2418,02	73,095	33,0805	0,0000

Tabla 36: Parámetros del modelo lineal simple

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	1,03079E12	1	1,03079E12	1094,32	0,0000
Residuo	8,10077E10	86	9,4195E8		
Total (Corr.)	1,1118E12	87			

Tabla 37: Análisis de varianza del modelo de regresión lineal simple

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

Coeficiente de Correlación = 0,96288  
 R-cuadrada = 92,7138 porciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 92,6291 porciento  
 Error estándar del est. = 30691,2  
 Error absoluto medio = 24887,4  
 Estadístico Durbin-Watson = 2,13441 (P=0,7121)  
 Autocorrelación de residuos en retraso 1 = -0,0778095

En estos datos se puede observar que los resultados de ajustar un modelo lineal para describir la relación entre m<sup>3</sup> netos producidos y Caudal entrada l/s. La ecuación del modelo ajustado es m<sup>3</sup> netos producidos = 35085,6 + 2418,02\*Caudal entrada l/s. Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0,05, existe una relación estadísticamente significativa entre m<sup>3</sup> netos producidos y Caudal entrada l/s con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico R-Cuadrado indica que el modelo ajustado explica 92,7138% de la variabilidad en m<sup>3</sup> netos producidos. El coeficiente de correlación es igual a 0,96288, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 30691,2. Este valor puede usarse para construir límites de predicción para nuevas observaciones, seleccionando la opción de Pronósticos del menú de texto.

El error absoluto medio (MAE) de 24887,4 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es mayor que 0,05, no hay indicación de una autocorrelación serial en los residuos con un nivel de confianza del 95,0%.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	1,03079E12	1	1,03079E12	1094,32	0,0000
Residuo	8,10077E10	86	9,4195E8		
Carencia de Ajuste	4,49081E10	37	1,21373E9	1,65	0,0509
Error Puro	3,60996E10	49	7,36726E8		
Total (Corr.)	1,1118E12	87			

Tabla 38: Análisis de Varianza con carencia de ajuste para modelo de regresión simple de oferta de agua potable

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

La prueba de Falta de Ajuste está diseñada para determinar si el modelo seleccionado es adecuado para describir los datos observados, ó si se debería utilizar un modelo más complicado. La prueba se realiza comparando la variabilidad de los residuos del modelo actual con la variabilidad entre observaciones hechas en valores repetidos de la variable independiente X. Puesto que el valor-P para la carencia de ajuste en la tabla ANOVA es mayor que 0,05, el modelo parece ser adecuado para los datos observados con un nivel de confianza del 95,0%.

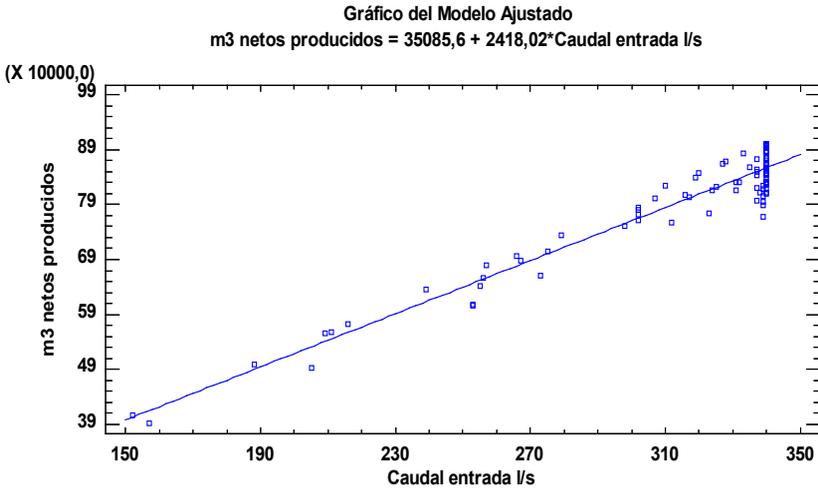


Figura 22. Modelo de oferta de agua ajustado

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

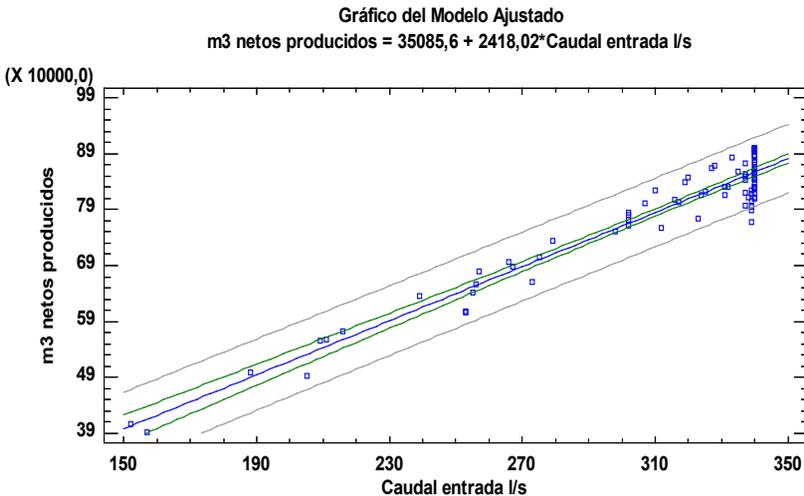


Figura 23. Modelo de oferta de agua potable ajustado

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

Las bandas internas que se observan en el gráfico representan los intervalos o límites de confianza, estos intervalos nos describen que tan adecuadamente ha sido estimada la ubicación de la línea de predicción dada la muestra disponible. Las bandas externas de color gris que observamos en el gráfico representan los límites de predicción para nuevas observaciones y nos ayudan a describir que tan exacta sería una predicción de un nuevo valor. Es decir, sin importar el tamaño de la muestra, las observaciones nuevas variarían alrededor de la línea verdadera con una desviación estándar contenida en estos límites.

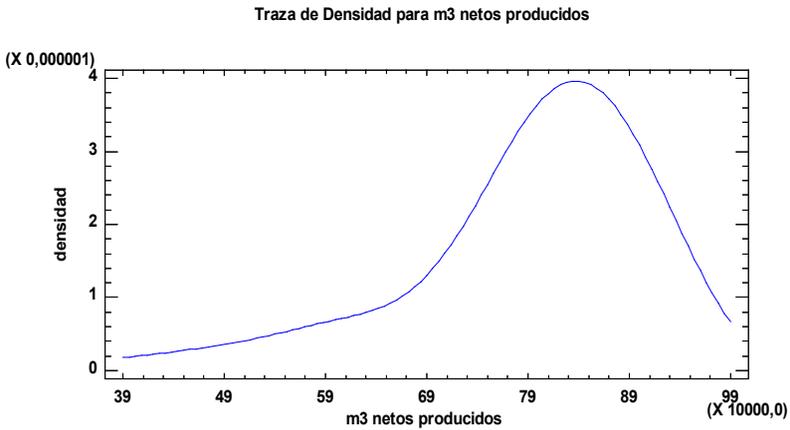


Figura 24. Traza de densidad para m3 netos producidos

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

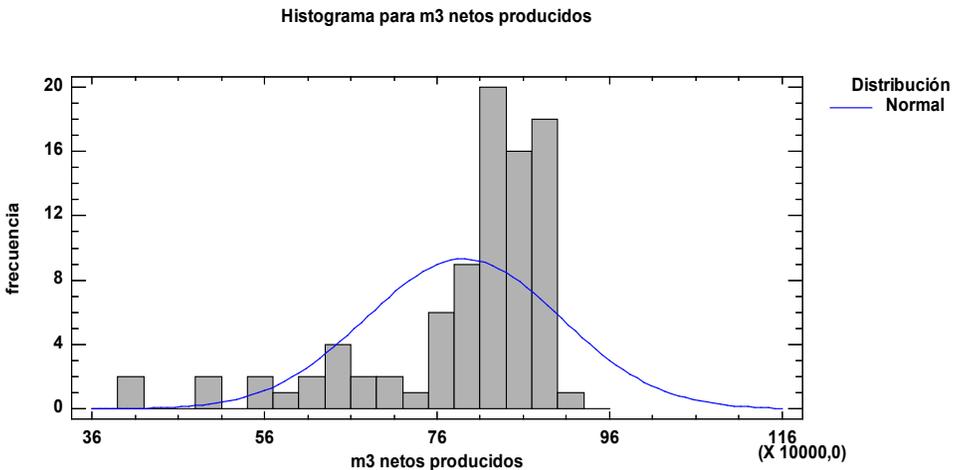


Figura 25. Histograma para m3 neto producidos

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

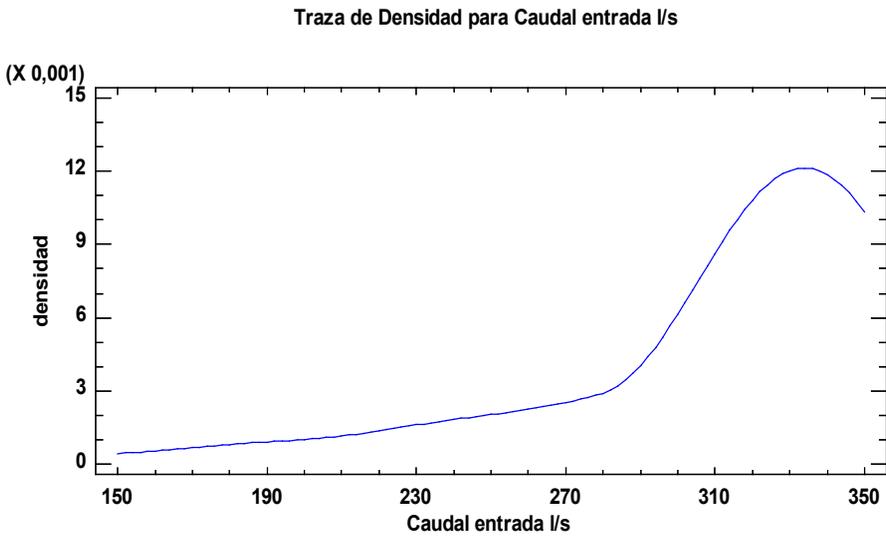


Figura 26. Traza de densidad para caudal de entrada l/s

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

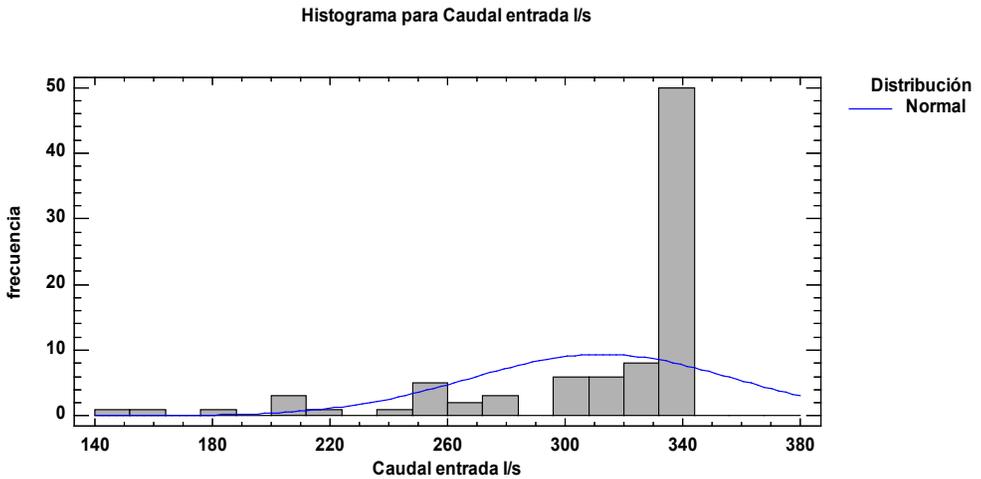


Figura 27. Histograma para caudal entrada l/s

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

## Pronóstico del Caudal

A partir de los datos históricos del caudal de entrada L/S, registrado en las series de

tiempo suministradas por la empresa de agua potable del municipio de Aguachica Cesar, se procedió a realizar el pronóstico de esta variable a fin de garantizar los elementos de base para realizar las proyecciones respectivas de oferta de agua potable.

Para tal fin se analizaron 84 observaciones comprendidas entre el mes de enero de 2012 y el mes de abril de 2019, con un índice inicial de 1/12 y un intervalo de muestra de 1,0 mes (es) con longitud estacional de 12 meses.

El resumen de pronóstico esta dado mediante los siguientes criterios.

Ajuste estacional: Multiplicativo

Modelo de pronóstico seleccionado: Media constante = 313,561

Número de pronósticos generados: 384

Número de periodos retenidos para validación: 0

<i>Estadístico</i>	<i>Periodo de Estimación</i>	<i>Periodo de Validación</i>
RMSE	42,5089	
MAE	28,7937	
MAPE	10,757	
ME	-0,609025	
MPE	-2,31912	

Tabla 39: Resumen de indicadores estadísticos de pronósticos del caudal de agua en L/S

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estd.</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
Constante	313,561	4,82032	65,05	0,000000

Tabla 40: Resumen de modelo de tendencia del pronóstico del caudal en L/S

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

Este procedimiento pronostica futuros valores de CAUDAL ENTRADA L/S\_1. Los datos cubren 84 periodos de tiempo. Actualmente, se ha seleccionado el modelo de una media. Este modelo asume que el mejor pronóstico disponible para datos futuros está dado por el promedio de todos los datos anteriores. Cada valor de CAUDAL ENTRADA L/S\_1 ha sido ajustado de la siguiente forma, antes de ajustar el modelo:

(1) Se aplicó un ajuste estacional multiplicativo.

La salida resume la significancia estadística de los términos en el modelo de pronósticos. Términos con valores-P menores que 0,05 son estadísticamente diferentes

de cero con un nivel de confianza del 95,0%. En este caso, el valor-P para la media es menor que 0,05, de modo que es estadísticamente diferente de 0.

Esta tabla también resume el desempeño del modelo actualmente seleccionado en ajustar datos históricos. Se muestra:

- (1) la raíz del error cuadrado medio (RMSE)
- (2) el error absoluto medio (MAE)
- (3) el porcentaje de error absoluto medio (MAPE)
- (4) el error medio (ME)
- (5) el porcentaje de error medio (MPE)

Cada uno de los estadísticos está basado en los errores de pronóstico uno-adelante, los cuales son las diferencias entre los datos al tiempo  $t$  y el valor pronosticado al tiempo  $t-1$ . Los primeros tres estadísticos miden la magnitud de los errores. Un mejor modelo daría un valor más pequeño. Los últimos dos estadísticos miden el bias. Un mejor modelo daría un valor más cercano a 0.

A continuación se presenta grafico de tendencias de pronóstico, incluyendo el periodo histórico, como análisis comparativo de la tendencia.

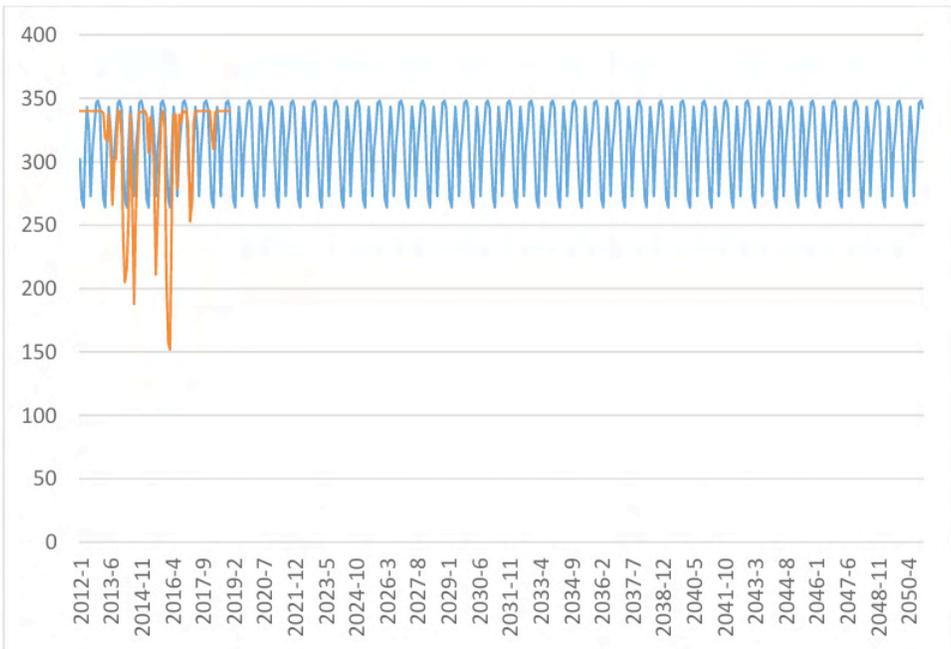


Figura 28. Pronóstico del caudal en L/S mensuales

Fuente: Elaboración propia con base a estadísticas históricas y de pronóstico econométrico

Los Datos de pronósticos muestran que los datos proyectados se moverán entre un mínimo de 264 L/S y un máximo, pronosticando que a 2050 el caudal estará alrededor de los 342 L/S. A partir de estas estimaciones se procede a pronosticar la oferta esperada para el periodo predeterminado en el siguiente aparte.

### Pronóstico de agua producida neta a partir de pronósticos de caudal en L/S

Dadas las estimaciones de los pronósticos del caudal al año 2050 estimados a partir de las series de tiempo suministradas por la empresa de agua potable del municipio de Aguachica Cesar se determinan los valores esperados de la oferta de agua potable, medida como m<sup>3</sup> netos producidos, para lo cual se emplea la ecuación estimada de mara preliminar en el modelo de estimación simple, que se reescribe a continuación.

$$\text{m}^3 \text{ netos producidos} = 35085,6 + 2418,02 \cdot \text{Caudal entrada l/s}$$

Al realizar los respectivos procesos de estimación se genera el siguiente gráfico de pronóstico de proyección de oferta de agua potable esperado.

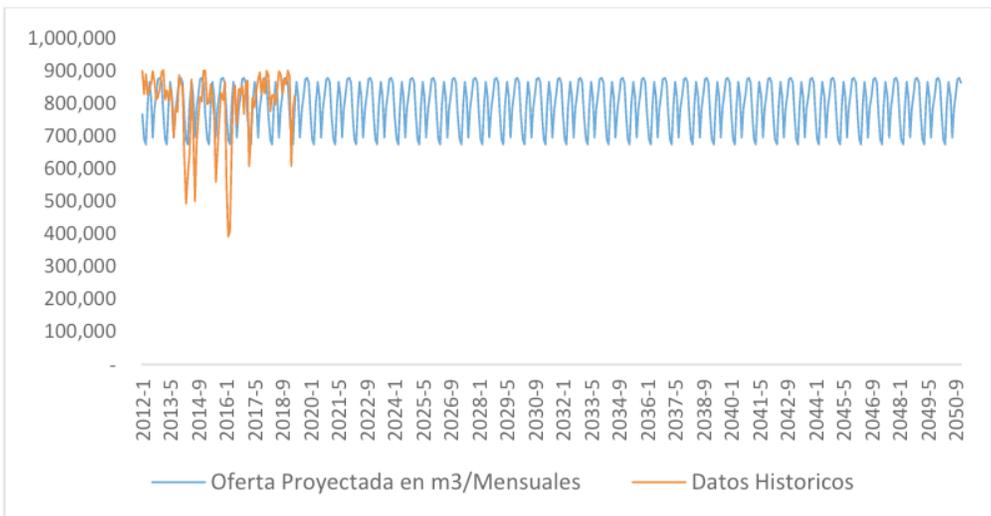


Figura 29. Proyección de oferta de agua en m<sup>3</sup> netos mensuales a partir de pronósticos de caudal.

Fuente: Elaboración propia a partir de estadísticas suministradas por empresa de servicios públicos.

De acuerdo al pronóstico se espera una oferta mínimo mensual de 673.535 metros cúbicos, un máximo de 876.837 metros cúbicos y un promedio de 793.284.

Al anualizar el pronóstico, siguiendo el siguiente patrón de estimación.

$$Oa_t = \sum_{i=1}^{12} Om_i$$

Donde:

$O_{at}$ : representa la oferta anual en metros cúbicos para cada año t (2012 ≤ t ≤ 2050)

$O_{mi}$ : Representa la oferta de agua mensual en metros cúbicos pronosticada para cada mes i

De esta manera el pronóstico anualizado estaría dado por los datos que se ilustran a través del siguiente gráfico.

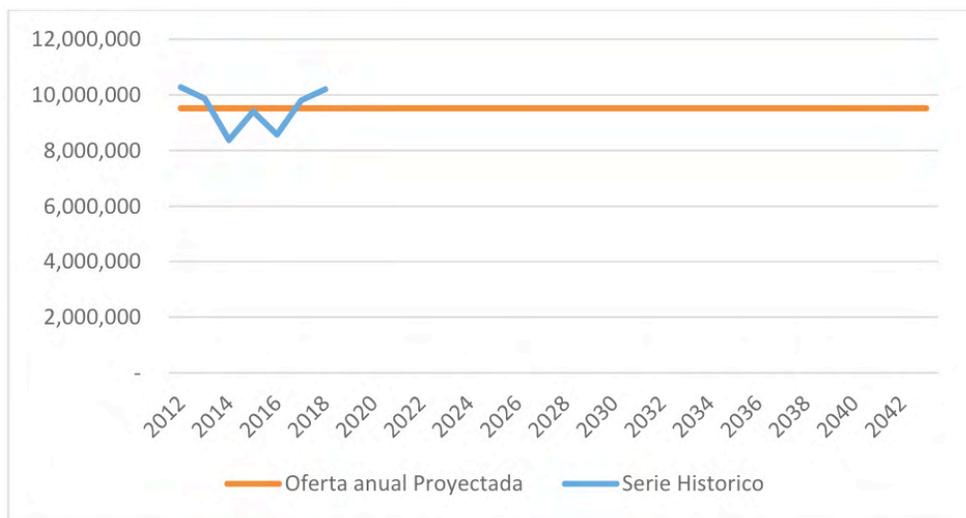


Figura 30. Pronóstico de oferta de agua anual en m3.

Fuente: Elaboración propia con apoyo de equipo especializado

De acuerdo a los pronósticos se encontró que la oferta de agua potable tiende a ser fija con un capacidad constante de 9.159.403 litros anuales, esta tendencia puede obedecer a que los movimientos estacionarios tienden finalmente a concentrar una tendencia anual, generando una Convergencia a esta media. En el siguiente parte de contrasta las pronóstico de oferta con los de demanda generados.

### Análisis del equilibrio del mercado

Dadas las estimaciones de la oferta resultante que por efectos ciclos genera una tendencia media anual constante, y teniendo en cuenta la estimación de la demanda

previamente establecida en este parte se pretende contrastar los dos resúltalos, pero antes de adelantar este paso se requiere previamente realizar un ajuste a los pronósticos de demanda, dado que las estimaciones iniciales estaban centradas en el consumo por hogar y por habitantes.

El ajuste a las proyecciones de demanda obedece a la necesidad de estimar un efecto expansivo en la misma, dado que los consumos tenidos en cuenta se limitan a los realizados en el entorno del hogar, dejando de lado la estimación del sector empresarial a nivel local, para tal fin se contempla un factor de expansión definido a partir del estudio estimación de la demanda de Agua, IDEAM (2010, p.176), los sectores productivos representan aproximadamente 13 veces el consumo de los hogares.

Partiendo de la premisa anterior y teniendo en cuenta la estimación del consumo total anual para el municipio teniendo en cuenta el consumo promedio por habitante  $D_{i/d}^a$ , la expansión de los sectores económicos y el crecimiento poblacional, el consumo en metros cúbicos anuales estaría dado mediante la siguiente formula:

$$DT_{i/d}^a = \left( 13 * D_{i/d}^a * \frac{365}{1000} \right) * Pf_t$$

Donde:

$DT_{i/d}^a$ : Demanda total expandida para el consumo promedio actual productivo

$D_{i/d}^a$ : Demanda en litros diarios por persona en hogares

$Pf_t$ : Población proyectada para cada año t

Así mismo se proyecta y estima ajustando los parámetros a la demanda optima de acuerdo con los requerimientos de suministro diario mínimos establecidos por el RAS de 120 L/Diarios-persona, para lo cual se considera un factor de expansión sectorial de 15 veces a criterio de los investigadores, para efectos de un ajuste mayor a las condiciones ideales de operación, de esta manera la estimación demanda optima anualizada estaría determinada así:

$$DT_{i/d}^a = \left( 15 * 120 * \frac{365}{1000} \right) * Pf_t$$

De esta manera se determina la estimación de demanda total anualizada de agua en metros cúbicos anuales para todo el municipio bajo los parámetros antes establecidos, y se muestra así mimos el comportamiento que debería tener la curva de ajuste entre la demanda actual y la demanda optima establecida y así cerrar la brecha entre la demanda real y efectiva que permitan al municipio alcanzar mejores indicadores de desarrollo social, económicos y ambientales.

El siguiente gráfico muestra los resultados de los ajustes antes descrito a fin de expandir y determinar las tendencias de demandas actuales y óptimas esperadas para el municipio.

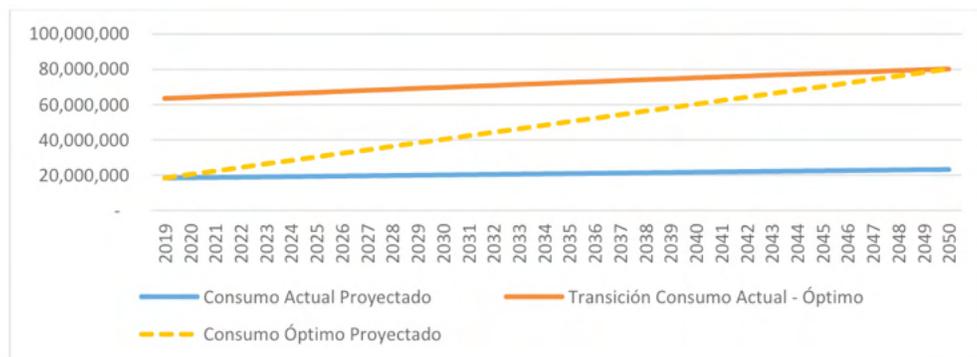


Figura 31. Proyección de demanda expandida a nivel sectorial en el municipio e Aguachica Cesar

Fuente: elaboración propia con base en estimación de estudio de campo y parámetros de estudios del sector.

De acuerdo a los resultados reflejados en la proyección de demanda se observa que el consumo en el periodo proyectado puede estar entre un mínimo de 18.345.685.688 metros cúbicos anuales de agua y un máximo de 23.174.729, cabe destacar que estas cifras están presentando la tendencia con las condiciones históricas a las que se ve sometida la población con altos periodo de racionamiento del suministro.

La curva de demanda optima por su parte refleja que la demanda esperada para el periodo puede estar entre un mínimo de 63.504.306 metros cúbicos anuales con tendencia creciente a un máximo de 80.220.215 metros cúbicos anuales.

Lo anterior implica que para cerrar la brecha entre la tendencia histórica y el estado de una demanda óptima o efectiva para la población implicaría ir incrementando en promedio anual en 1.996.415 metros cúbico.

Al contrastar la curva de oferta con la demanda el gráfico anterior se modifica de la forma en la que se muestra a continuación.

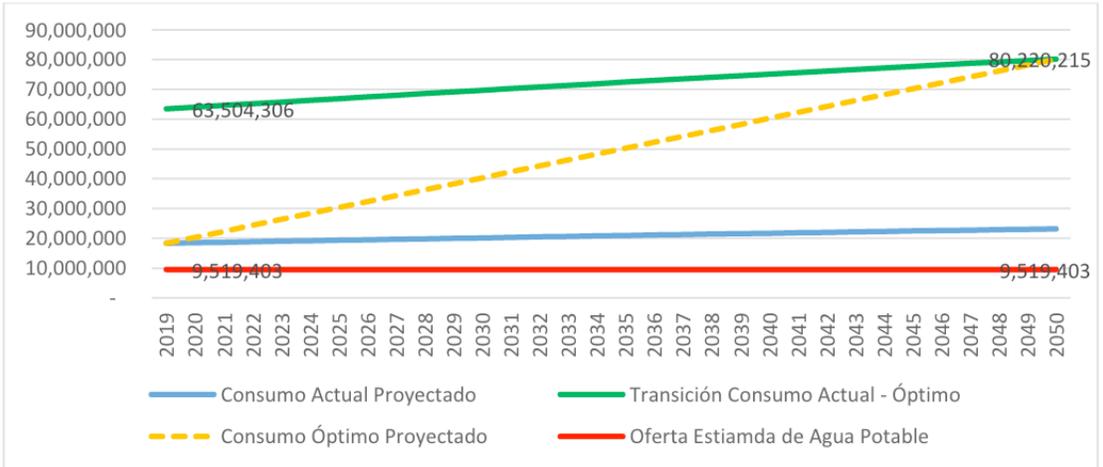


Figura 32. Oferta y Demanda Potable Proyectadas

Fuente: elaboración propia con base en estimación de estudio de campo y parámetros de estudios del sector.

De acuerdo a los resultados finales de este objetivo y del estudio, la tendencia grafica nos muestra que la capacidad de oferta actual del municipio de Aguachica Cesar es totalmente inefectiva, dado que no alcanza a cubrir la tendencia de demanda histórica actual, la cual es bajo frente a los criterios de la OMS o de las normativas técnicas nacionales, evidenciando una brecha actual bastante profunda entre la de demanda y la oferta.

Lo anterior implica que históricamente esta diferencia viene siendo asumida por el suministro de agua informal o autoabastecimientos por aguas subterráneas en las viviendas, implicando que estas fuentes de aprovisionamiento tendrían que estar suministrando entre 8.826.285 metros cúbicos y un máximo de 13.655.326 metros cúbicos sobrepasando incluso la capacidad instalada del mismo sistema de acueducto local, lo anterior implicaría que para cerrar esta brecha la empresa municipal debería incrementar anualmente en el periodo de proyección un incremento promedio de 1.241.393 metros cúbicos anuales.

Lo anteriormente descrito solo es el escenario que representa las condiciones estructurales actuales y los hábitos y costumbres de consumo generados a partir de las misma, mas sin embargo debe aclararse que las condiciones técnicas son aún mucho más exigentes, mostrando una brecha aún más fuerte, según la cual el municipio en el periodo de estimación el municipio presentaría una capacidad mínima de demanda optima insatisfecha de 53.984.903 de metros cúbicos anuales y alcanzara una máxima de

70.700.812, cerrar esta brecha le implicaría al acueducto municipal generar un incremento promedio sostenido de mínimo anual de 2.280.671 metros.

Contratando estos resultados y las iniciativas actuales por la mejora de las condiciones de la prestación de servicio, dentro de las que se destaca el proyecto “Ampliación Y Optimización De Las Redes De Distribución Del Sistema De Acueducto Urbano (Fase I) En El Municipio De Aguachica – Cesar”. Con financiación del gobierno departamental, el cual contempla el mejoramiento de las redes del sistema de acueducto, instalación de 12.000 micromedidores y 22 macromedidores. Adicionalmente, contempla un componente institucional, interventoría de obra civil, suministro y consultoría, Plan de Manejo de Tránsito y Plan de Manejo Ambiental, en donde se encuentra proyectada una inversión de \$17.689.331.052. Este proyecto fue viabilizado por parte del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio – MVCT, el cual se encuentra en alto nivel de avance (Informe Ejecutivo ESPA, 2018. (P.13); con el cual se visiona que se mejoraría la eficiencia en el control de fugas, pero no se estaría garantizando la continuidad y efectividad del servicio dado que se evidencia un problema estructural en la capacidad de generar un fuente de abastecimiento que garantice la alta demanda que tiene el municipio.

Por otra parte, también debe considerarse que la carencia de mecanismos de medición de las variables ambientales asociadas al área de influencia de la zona de captación de agua mediante el caudal del quebrada Buturuma dificulta sustancialmente adelantar pronósticos a partir de los servicios ambientales y sus efectos más próximos a la oferta hídrica local, pese a ello se trató en el presente estudio adelantar una medición empírica que permitiera tener un acercamiento a esta medición, de lo cual se concluyó que las variables disponibles no garantizan la explicación de los efectos climáticos sobre el caudal del agua, frente a lo cual se optó por utilizar las variables disponibles a fin de no acudir a referentes como algunos lo hicieron a través de la experiencia de FINDETER, partiendo de la premisa de que el caudal lleva implícito los efectos climáticos de la zona, por lo cual se definió un pronóstico de esta variable que a su vez explica en alto grado la variable de estimación de la oferta representada por los metros cúbicos tratados con lo que se pudo establecer una demanda máxima que de acuerdo a datos históricos se puede encontrar entre un mínimo de 8.377.586 y un máximo de 10.276.111 con un promedio de 9.499.037 con datos de pronóstico constante del año 2019 al 2050 de 9.519.403 metros cúbicos anuales.

Los indicadores estadísticos muestran que el caudal histórico de la quebrada Buturuma tiene una mayor frecuencia de concentración entre los 310 y 350 litros por segundo, mientras que los litros tratados se encuentran entre los 76.000.000 y 96.0000 metros cúbicos mensuales de agua producida neta.

Al incluir el análisis de expansión generados por los efectos de los sectores productivos a los pronósticos se evidencia que con las tendencias de consumo actual la capacidad de oferta del municipio actualmente no garantizan la satisfacción efectiva de la demanda, pese a que los hábitos de consumo se han ajustado a un nivel per cápita por debajo de lo esperado de cualquier organismo internacional o por los mismo organismos reguladores, evidenciando una fuerte brecha entre la oferta y la demanda efectiva histórica y la óptima, implicando que le desabastecimiento que padece la población es suministrado en gran medida por los comercializadores de agua informales en el municipio y en casos particulares por las fuentes de aguas subterráneas que les implica a los hogares altos niveles de inversión en las respectivas adecuaciones.

La gran brecha de desabastecimiento de agua generada al momento de expandir los datos al consumo sectorial que viene a representar un insumo para el sector productivo, se intuye que las empresas del municipio o por lo menos la mayoría deben garantizar una fuente de abastecimiento diferente a la del acueducto local para poder darle sostenibilidad a sus operaciones, por lo cual se evidencia un fuerte problema estructural para la expansión y desarrollo de un sector empresarial sólido en el municipio.

Las obras de ampliación que actualmente se adelantan se espera mejoren el servicio, pero no podrán garantizar una oferta efectiva dado que estas obras no están contemplando cambios estructurales en el sistema de abastecimiento el cual no garantiza la capacidad necesaria para garantizar en volumen y en continuidad el abastecimiento requerido por la población.

## CONCLUSIONES FINALES

- Al realizar un análisis de los componentes estructurales de la empresa de servicios públicos se concluye insuficiencia en la estructura operativa en cuanto al recurso humano asociado a las operaciones que realiza la empresa a nivel local, así mismo se evidencia una capacidad instalada estructural que no garantiza la eficiencia en la prestación del servicio dado que presenta deterioro parcial de sus instalaciones, e incumplimiento de parámetros técnicos estandarizados, pese a que se adelantan proyectos de mejoramiento parcial de los sistemas de redes distribución se prevé que estos no garantizaran un nivel de solución significativa en su oferta institucional y que además no se cuentan con proyectos concretos a corto plazo a fin de subsanar las deficiencias estructurales de la empresa.
- Respecto al manejo financiero de la empresa de servicios de agua y alcantarillado del municipio de Aguachica se concluye que presenta serios problemas de liquidez a corto plazo, con manejo ineficiente de su estructura de costo, aunque vale resaltar que en periodos particulares a presentado reducciones muy significativas en este sentido, pero no ha sido sostenible, también se observa que pese a no tener endeudamientos con bancos presenta un manejo ineficientes en el cumplimiento de sus obligaciones fiscales, en particular en lo relacionada con los pagos de las tasas retributivas, por otra parte evidenció que la empresa puede operar generando utilidades, esto se evidencia en la mejora sustancial de los dos últimos periodos, pero se requiere mayor eficiencia en el manejo operativo de la empresa.
- De los efectos coyunturales que presenta la empresa también se debe resaltar que finalmente algunos tienden a presentarse de manera cíclica, lo que lleva a concluir que su recurrencia obedece a que las fallas estructurales del sistema de operativo empresarial en algunos periodos del año no estén en capacidad de afrontar efectos ambientales o fenómenos climáticos que agudizan las deficiencias del servicio prestado.
- Respecto a los hábitos de consumo de agua potable actuales del municipio denotan una tendencia de 40 litros días, lo que ubica a la comunidad del municipio como una población austera en el consumo del agua, ubicándolas por debajo de la OMS (100 l/habitante-día) o por debajo de los parámetros del RAS (120 L/habitante-día).
- Dada la tendencia de crecimiento población del municipio se observa un incremento sostenido de la demanda de agua potable, si el abastecimiento del municipio solo estuviese direccionado al consumo de los hogares, la generación

actual de agua podría garantizar este suministro, pero al expandir la demanda de agua insumida por sector productivo la oferta actual es totalmente insuficiente en corto y largo plazo.

- Los habitantes del municipio de Aguachica Cesar deben pagar realmente un metro cúbico muy costoso debido a que por el desabastecimiento deben recurrir a la compra periódica de agua a proveedores informales lo cual incrementa sustancialmente el costo del metro cubico en los hogares.
- La expansión de la demanda total de agua de corto y largo plazo muestran que para el caso del sector empresarial en la actualidad están operando con suministro de agua autónomo a través de tanque pozos subterráneo y abastecimiento a través de proveedores informales, aspecto que encarece los procesos productivos a nivel local y afecta el desarrollo de la estructura empresarial instalada y dificulta la factibilidad para nuevas empresas que se quieran instalar a nivel local.
- Del presente estudio se concluye en términos generales que la oferta actual de agua de la empresa de servicios públicos del municipio de Aguachica Cesar, no es efectiva frente a la demanda histórica ni futura del municipio ni se ajusta a los parámetros técnicos del RAS para el municipio dado que la capacidad de captación, procesamiento, acumulación y suministro no garantiza la cantidad necesaria, encontrándose muy por debajo de las expectativas generadas por los hábitos de consumo actuales y de los parámetros técnicos requeridos, para lo cual tendrían casi que triplicar la capacidad de producción actual y en cumplimiento de los parámetros técnicos del RAS, se tendría que incrementarla aproximadamente ocho veces.
- Con todo la anterior se concluye que la Oferta de agua potable del municipio de Aguachica no es efectiva en el corto y largo plazo frente a la demanda potencial del municipio dado unas reformas estructurales que se ajusten a las tendencias del mercado local”, de esto se genera como consecuencia un alto grado de subdesarrollo a nivel local que ha desacelerado el potencial de crecimiento de la industria local y por ende el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la empresa de servicios públicos adelantar un estudio de optimización de costos operacionales, dado que su peso ha generado un gran deterioro en la capacidad de sostenibilidad de la empresa, así mismo se les recomienda revisar sus políticas de manejo de liquidez dado que se divisa ineficiencia en la capacidad de garantizar un flujo de efectivo consistente y coherente con la naturaleza de esta empresa y definir políticas de manejo de pasivos más eficiente dado que pese a no poseer compromisos bancarios presenta carteras de naturaleza fiscal significativas que pueden comprometer aún más la liquidez de la empresa y afectar inclusive su operatividad producto de sanciones e intervenciones de las instituciones acreedoras, las cuales tienen facultades para adelantar este tipo de acciones.
- Respecto al manejo de información estadística se recomienda una evaluación de los métodos de estimación, dado que, al adelantar ciertos cruces de variables, las correlaciones respectivas, en particular las asociadas a la estimación de agua producida y agua producida total en relación a su disposición final.
- Se hace necesario y fundamental la instalación de una estación meteorológica en la zona donde se encuentra ubicada la cuenca Butururama, específicamente en el Bocatoma, para de esta manera analizar y evaluar de manera precisa los efectos de los variables ambientales en el caudal y por ende en la producción de agua de la empresa de servicios públicos de Aguachica.
- Se propone la opción de adelantar estudios de viabilidad para la creación de un dique o embalse alimentado por la quebrada Buturama a fin de establecer si generaría la capacidad suficiente para la demanda futura esperada, con un proyecto alternativo de tanque de almacenamiento distribuidos de manera estratégica en diferentes partes del municipio que se convertirían en fuentes de redistribución del flujo de agua potable a fin de generar capacidades mayores de acumulación y poder garantizar la permanencia del suministro del servicio.
- Frente al problema de descapitalización y capacidad de autofinanciar la empresa de agua potable para proyectos de ampliación se recomienda evaluar la posibilidad de emitir acciones de venta a la comunidad y un plan alternativo de cofinanciación con emisión de bonos de deuda de largo plazo que permitan generar la liquidez necesaria para autogestionar la expansión de la entidad.
- Teniendo en cuenta la disponibilidad de pago real a nivel local se recomienda realizar un estudio tarifario orientados hacia la viabilidad de la empresa en miras a garantizar la permanencia del servicio a través de proyectos de expansión

que se hagan auto sostenible con mejoras en los sistemas de tarifas y cultura de pago.

- Para futuros estudios que se adelantan respecto a las estimaciones de las variables de oferta se recomienda adelantar estimaciones con variables asociadas a la naturaleza de este fenómeno a nivel local a fin de garantizar una mayor proximidad a la realidad local.

## REFERENCIAS

- Barco Mates, J. M. (1999). La conquista del agua. Historia económica del abastecimiento urbano, Universidad de Jaén, Jaén.
- Barco Mates, J. M. (2001). El servicio de abastecimiento de agua potable: estado de la cuestión, Universidad de Jaén.
- Baumol, W y W. Oates, (1982). La teoría de la política económica del ambiente, Antoni Bosch
- Blazquez, I.M., (1977). La administración del agua en la Hispania romana”, Symposium Segovia y la Arqueología romana. Barcelona, pp. 147-161; Rodriguez, N., IF., op. cit .• pp. 244 Y ss.
- Boiteux, M., (1996). “La tarificación de las demandas de punta: aplicación teoría de la venta al costo marginal”, Electrónica, Argentina.
- Brigham, E.y Houston, J. (2006). Fundamentos de Administración Financiera (10ª ed.). México. Cengage Learning Editores. Pp. 831.
- Cal Bouzada M. I. y Verdugo Matés M. V. (2014), Guía de Introducción a la econometría utilizando Gretl, Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso, 978-84-16036-47-9, pp. 1- 166.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 1990). Impacto Ambiental De La Contaminación Hidrica Producida Por La Refinería Estatal Esmeraldas. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/29824/S9000506\\_es.pdf%0Ahttps://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/29824/S9000506\\_es.pdf?sequence=1](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/29824/S9000506_es.pdf%0Ahttps://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/29824/S9000506_es.pdf?sequence=1)
- Chicane (1986). En Galindo, L. M., Montesillo, J.L. (1999). La demanda de agua potable en México: Estimaciones preliminares [The demand for drinking water in Mexico: Preliminary estimations]. Investigación Económica, 59(227), 27-43. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ineco/v59n227/0185-1667-ineco-59-227-27.pdf> 21-04-2020
- Cropper, M. L. y W. E. (1992). Oates, “Environmental Economics: a Survey”, Journal of Economic Literature, vol. XXX.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE, 2016). Proyecciones de población. Disponible en <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- De Pablo López, A. (1977), En: Anales del Instituto de Actuarios Españoles: Colegio Profesional. Madrid: Instituto de Actuarios Españoles, 1943-. - 01/01/1977 Número 18 - 2ª Época - 1977, p. 31-50.
- Deaton, A. y Muellbauer, J. (1980) Muellbauer, Economics and Consumers Behavior, Cambridge University Press
- Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2014). Política para el suministro de agua potable y saneamiento básico en la zona rural. 1–46. <http://www.minvivienda.gov.co/conpesagua/3810-2014.pdf>
- Domínguez Calle, E.A., H.G. Rivera, R. Vanegas Sarmiento, P. Moreno: (2008) Relaciones demanda-oferta de agua y el índice de escasez de agua como herramientas de evaluación del recurso hídrico colombiano. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 32(123): 195-212. ISSN 0370-3908.

Donald (1996). Modelos dinámicos. En Galindo, L. M., Montesillo, J.L. (1999). La demanda de agua potable en México: Estimaciones preliminares [The demand for drinking water in Mexico: Preliminary estimations]. *Investigación Económica*, 59(227), 27-43. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ineco/v59n227/0185-1667-ineco-59-227-27.pdf> 21-04-2020

Empresa de servicio Públicos de Aguachica E:S.P. (2018). Informe ejecutivo de seguimiento y evaluación de las metas del plan de desarrollo 2016 – 2019 “por un nuevo aguachica, incluyendo y en paz” primer trimestre 01 de julio al 30 de septiembre de 2018, p. 13. Recuperado 10/06/2020 [http://esp-aguachica.micolombiadigital.gov.co/sites/esp-aguachica/content/files/000107/5302\\_informe-de-gestion-metas-del-plan-de-desarrollo-2016--2019-julio-a-septiembre-de-2018.pdf](http://esp-aguachica.micolombiadigital.gov.co/sites/esp-aguachica/content/files/000107/5302_informe-de-gestion-metas-del-plan-de-desarrollo-2016--2019-julio-a-septiembre-de-2018.pdf)

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Cultura (FAO, 2013). Afrontar la escasez de agua. Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. In Informe Sobre Temas Hídricos no. 38. <http://www.fao.org/3/a-i3015s.pdf>

Findeter. (2016). Estudios para la Actualización del Plan Maestro de Acueducto y el Catastro de Redes y diseños de Detalle para la Optimización del Acueducto de la Cabecera Municipal de Aguachica, Cesar, P. 1-665.

Galindo, L. M., Montesillo, J.L. (1999). La demanda de agua potable en México: Estimaciones preliminares [The demand for drinking water in Mexico: Preliminary estimations]. *Investigación Económica*, 59(227), 27-43. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ineco/v59n227/0185-1667-ineco-59-227-27.pdf> 21-04-2020

Gramsci, A. (1972). Notas sobre Maquiavelo, sobre la política y sobre el Estado moderno. Buenos Aires: Nueva Visión.

Granger y Newbold (1994). Modelos econométricos. Disponible en <https://www.usc.gal/economet/aeadepdf/aeade61.pdf>

Ibarra Prado, G., Guerrero Rodríguez, A., Laguna, A., Santana Suárez, M. del C., Granados, L., Guzmán, N., Sacananvoy, P. A., Gómez, M., & Figueroa, M. (2018). Diagnóstico e identificación de problemas y objetivos , evaluación y selección de la mejor alternativa. 127.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2014) Estudio Nacional del Agua; IDEAM Colombia

Denham-Steuart , J. (1767). Principios de Economía Política.

Jaramillo, L. (2005). Evaluación econométrica de la demanda de agua de uso residencial en México. *El Trimestre Económico* 72 (2): 367- 390.

Johansen, S., (1988). “Statistical Analysis of Cointegrating Vectors”, *Journal of Economics Dynamics and Control*, número 12, pp. 231 – 254

Lacort Navarro, P. (1991). Acueducto Romano en el término de Fuente Obejuna (Córdoba). *Abastecimiento de Agua a Mellaria*. AAC 2, pp. 363-370.

López, A. y Gómez Alviar, R. M. (2001). Elementos teóricos para el análisis empírico de la demanda. *Revista Lecturas de Economía*, Volumen 54, Universidad de Antioquia, P. 101-114. Recuperado 08/06/2020. Disponible en file:///C:/Users/Hp/Downloads/Dialnet-ElementosTeoricosParaElAnalisisEmpiricoDeLaDemanda-4833992.pdf.

Lvovitch, M. I. (1970). World water balance (General Report). Symposium on the world water balance. Wallingford International Association of Hydrological Sciences, Pub. No 93, Vol. II, pp. 401-415.

Marshall, A. (1948): Principios de Economía, Aguilar, Madrid

Ministerio de Agricultura y Riego de Lima (MINAGRI, 2015). Manual N° 5 Medición de agua. Ministerio de Agricultura y Riego de Lima, 2da Ed.(Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego), 32. <http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual5.pdf>

Ministerio del Ambiente de Colombia (MINAMBIENTE, 2014). Guía técnica para la Formulación de los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas. In Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Vol. 1). [http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/cuencas-hidrograficas/GUIA\\_DE\\_POMCAS.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/cuencas-hidrograficas/GUIA_DE_POMCAS.pdf)

Ministerio de Vivienda. (2019). Plan Ambiental Del Pap-Pda Del 2016 – 2019. 6.

Ministerio de la Protección Social - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2007). Calidad del agua. Disponible en [https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Plan\\_Accio%CC%81n\\_Institucional\\_2010.pdf](https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Plan_Accio%CC%81n_Institucional_2010.pdf)

Miraval, G. (2019). Proyecto hidrogeológico para dar cumplimiento al objetivo de desarrollo sostenible seis en el municipio de Aguachica, cesar.

Montesillo (1996). ecuaciones simultaneas. En Galindo, L. M., Montesillo, J.L. (1999). La demanda de agua potable en México: Estimaciones preliminares [The demand for drinking water in México: Preliminary estimations]. Investigación Económica, 59(227), 27-43. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ineco/v59n227/0185-1667-ineco-59-227-27.pdf> 21-04-2020

Nariño, T. (2013). Sistema de información geográfica municipal.

Nieswiadomy (1989).En Galindo, L. M., Montesillo, J.L. (1999). La demanda de agua potable en México: Estimaciones preliminares [The demand for drinking water in Mexico: Preliminary estimations]. Investigación Económica, 59(227), 27-43. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ineco/v59n227/0185-1667-ineco-59-227-27.pdf> 21-04-2020

Nieswiadomy (1991). En Galindo, L. M., Montesillo, J.L. (1999). La demanda de agua potable en México: Estimaciones preliminares [The demand for drinking water in Mexico: Preliminary estimations]. Investigación Económica, 59(227), 27-43. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ineco/v59n227/0185-1667-ineco-59-227-27.pdf> 21-04-2020

Ordóñez, J. (2011). ¿ Qué Es Cuenca Hidrológica ? Sociedad Geológica de Lima, 1, 1–44. [http://www.gwp.org/Global/GWP-SAM\\_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca\\_hidrologica.pdf](http://www.gwp.org/Global/GWP-SAM_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf)

Organización Mundial de la Salud (2008). **Métodos** utilizados para garantizar la inocuidad microbiana. Disponible en [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43634/9789243594637\\_spa.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43634/9789243594637_spa.pdf)

Pinto, M. y Martín, L.(2014). Origen, Evolución y Estado Actual del Derecho al agua en América Latina. Revista Bioderecho.es, Vol. 1, núm. 1.

Rincón Páez, R. (2019). Apuntaciones monográficas sobre Aguachica.

Ruiz Espejo (2015). Estimación insesgada objetiva para no respuesta, *Revista Estadística Española*, Volumen 57, 287 -290.

Salazar Adams, A., & Pineda Pablos, N. (2010). Factores que afectan la demanda de agua para uso doméstico en México. *Región y sociedad*, 22(49), 3-16. Recuperado en 13 de junio de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-39252010000300001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252010000300001&lng=es&tlng=es).

Secretaría Jurídica Distrital de Colombia (2022). Normativa jurídica de Colombia. Disponible en <https://intranet.secretariajuridica.gov.co/transparencia/marco-legal/normatividad/ley-142-1994#:~:text=Descripci%C3%B3n%3A,y%20se%20dictan%20otras%20disposiciones%22.&text=Este%20documento%20es%20de%20tipo,Marco%20Legal%20de%20la%20Entidad>.

Smith A. (1776). *Naturaleza y Causa de las Riquezas de las Naciones*; Tomo I; Fondo Latinoamericano de Cultura.

Superintendencia de Servicios Públicos (2017). Diagnóstico de la calidad del agua suministrada por las empresas prestadoras del servicio de acueducto en el país, de acuerdo con la información reportada al Sistema Único de Información (SUI), 2014. Recuperado de: <http://www.superservicios.gov.co/content/download/8251/70107>

UNESCO-WWAP. (2003). Agua para todos, agua para la vida. United Nations, 36. <http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>

Villanueva, C., Sepúlveda, C., & Ibrahim, M. (2011). Manejo agroecológico como ruta para lograr la sostenibilidad de fincas con café y ganadería. In *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE*. Disponible en <https://doi.org/http://www.tandfonline.com/full/10.1080/14747730802057688#>. UxCt8eN5OGM <http://www.tandfonline.com/action/doSearch?quickLinkJournal=&journalText=&quickLink=true&stemming=yes&searchText=coffee+systems+Gliessman%2C+SR>

Yepes -Mayorga, A. y Ringskig (2012). Cambio Climático: estrategias de gestión con el tiempo en contra.... *Orinoquia*, 16(1), 77–92. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89625076008>

**IMPORTANTE:** Toda la normativa referida en el texto se encuentra disponible en la Secretaría Jurídica Distrital de Colombia (2022). Disponible en <https://intranet.secretariajuridica.gov.co/transparencia/marco-legal/normatividad/ley-142-1994#:~:text=Descripci%C3%B3n%3A,y%20se%20dictan%20otras%20disposiciones%22.&text=Este%20documento%20es%20de%20tipo,Marco%20Legal%20de%20la%20Entidad>.

## SOBRE LOS AUTORES

**ALEJANDRO ACEVEDO AMOROCHO** Administrador de Empresas, PhD en Currículum y Profesorado UGRA, Mg en Finanzas UDES, Mg en Ciencia y Tecnología U Sevilla, Especialista en Alta Gerencia, Estudiante de PhD. En Gestión de Proyectos. Líder Grupo de Investigación GIA-UPB e INDERCON-USTA. Investigador Asociado Minciencias. Correo electrónico: alejandro.acevedoa@upb.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6715-2832>

**LUIS HERNANDO RESTREPO SIERRA** Economista; magíster en Finanzas; Estudiante primer año de Doctorado en Economía y Finanzas; director de Departamento de Ciencias Económicas Universidad Popular del Cesar Aguachica; Docente Ad-Honorem Programa de Economía Universidad Popular del Cesar Aguachica; investigador del Grupo de Investigación de Economía Contabilidad y Finanzas (ECONFI), Aguachica, Cesar (Colombia). Correo electrónico: luisrestrepo@unicesar.edu.co ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4985-896X>

**HÉCTOR CAMILO ALVERNIA VERJEL** Especialista en gestión ambiental de la fundación universitaria del área andina. Director del departamento de ciencias agroindustriales de la universidad popular del César, César Colombia [hcamiloalvernia@unicesar.edu.co](mailto:hcamiloalvernia@unicesar.edu.co) CC 16934929

**YINA PAOLA ORTEGA SANTIAGO** Magister en Diseño de Procesos y Productos, Universidad de los Andes. Docente Asistente de la Universidad Popular del Cesar, Cesar-Colombia. Grupo de investigación Gestión en investigación, producción y transformación Agroindustrial (GIPTA) Correo electrónico: [yportega@unicesar.edu.co](mailto:yportega@unicesar.edu.co) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2718-0374>

**DAGOBERTO LOZANO RIVERA** Magister en Gerencia Empresarial, Universidad Rafael Belloso Chacín, URBE. Docente Asistente de la Universidad Popular del Cesar, Cesar-Colombia. Grupo de investigación Gestión en investigación, producción y transformación Agroindustrial (GIPTA) Correo electrónico: [dlozanor@unicesar.edu.co](mailto:dlozanor@unicesar.edu.co) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1294-196X>

**JACQUELINE CHÁVEZ GALVIS** Magister en Desarrollo empresarial, Universidad del Magdalena. Directora Académica de la Universidad Popular del Cesar, Cesar-Colombia. Correo electrónico: [jchavez@unicesar.edu.co](mailto:jchavez@unicesar.edu.co) ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9343-6983>

**MARÍA ANA MARTINA CHÍA SUÁREZ** Contadora Publica. Especialista en Gerencia Tributaria, Maestría en Comercio internacional, Estudiante de Doctorado en Ciencias Contables, Decana Facultad Contaduría pública Universidad Santo Tomás, Correo electrónico: [dconta@ustabuca.edu.co](mailto:dconta@ustabuca.edu.co) ORCID <http://orcid.org/0000-0003-2845-7056>



# LA OFERTA Y DEMANDA DE AGUA POTABLE

en el Municipio de

**Aguachica Cesar:** Una estimación desde los postulados  
econométricos y un análisis desde  
la generación de valor compartido

 [www.arenaeditora.com.br](http://www.arenaeditora.com.br)

 [contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.com.br)

 @arenaeditora

 [www.facebook.com/arenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/arenaeditora.com.br)



# LA OFERTA Y DEMANDA DE AGUA POTABLE

en el Municipio de

**Aguachica Cesar:**

Una estimación desde los postulados  
econométricos y un análisis desde  
la generación de valor compartido

 [www.arenaeditora.com.br](http://www.arenaeditora.com.br)

 [contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.com.br)

 @arenaeditora

 [www.facebook.com/arenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/arenaeditora.com.br)