

**La huella hídrica en el área urbana del municipio de Buenavista como un
indicador de presión sobre el recurso hídrico en el año 2020.**

**Diva Carolina Carrascal Seiza
Sary Aineth Londoño Villamarin**

**Trabajo de grado para optar por el título de Administrador en Salud: Gestión
Sanitaria y Ambiental.**

**Asesor
John Didier Martínez Dávila
Administrador en Salud: Gestión Sanitaria y Ambiental
Especialista en Gestión Ambiental**

**Universidad de Antioquia.
Facultad Nacional de Salud Pública.
“Héctor Abad Gómez”
Medellín.
2022.**

Tabla de contenido

Lista de cuadros.....	4
Lista de figuras.....	5
Glosario de siglas	6
Resumen	7
1. Introducción	8
2. Planteamiento del problema	9
2.1 Antecedentes.....	9
2.2 Descripción del problema	11
3. justificación	14
4. Objetivos.....	15
4.1 Objetivo general.....	15
4.2 Objetivos específicos	15
5. Marco referencial.....	16
5.1 Herramientas de gestión del recurso hídrico.	20
5.1.1 Sistema de Gestión de Recursos Hídricos (ASRH por sus siglas en inglés) 21	
5.1.2 Modelado Hidrológicos.....	21
5.1.3 Modelado Hidroeconómico.....	22
5.1.4 Modelado Hidrogeológico.....	23
5.1.5 Modelado Huella Hídrica.	23
6. Marco conceptual	¡Error! Marcador no definido.
6.1 Evaluación de la Huella hídrica.....	24
6.1.1 . Huella hídrica azul.....	25
6.1.2 . Huella hídrica verde	27
6.1.3 . Huella hídrica gris.....	27
7. Marco geográfico	28
8. Marco legal	30
9. Metodología	33
10. Resultados	36
10.1 Alcance del estudio de huella hídrica por el servicio de acueducto y alcantarillado del municipio de Buenavista.....	36

10.1.1	Aspectos legales.....	36
10.1.2	Sistema de acueducto de Buenavista Córdoba.	38
10.1.3	Sistema del alcantarillado del municipio de Buenavista:.....	41
10.1.4	Cambios en el sistema cultural de la población con el recurso hídrico. 44	
10.2	Huella hídrica por el servicio de acueducto y alcantarillado en el municipio de Buenavista Córdoba en el año 2020.	46
10.3	Sostenibilidad de la huella hídrica del municipio de Buenavista Córdoba. 55	
11.	Conclusiones.....	58
12.	Recomendaciones.	59
13.	Bibliografía	60

Lista de cuadros

Cuadro 1. Marco legal.....	30
Cuadro 2. Matriz de los objetivos específicos.....	33
Cuadro 3 Diferencias entre Art. 87 de la ley 142 de 1994 y la empresa de servicios públicos de Buenavista Córdoba	36
Cuadro 4 Comparativo entre los pozos profundos.....	39
Cuadro 5 Ventajas y desventajas de las lagunas de oxidación	42
Cuadro 6 Datos recolectados y resultados de la huella hídrica azul del municipio en el año 2020.....	47
Cuadro 7 Datos obtenidos y resultado de la huella hídrica gris en el municipio de Buenavista en el año 2020	51

Lista de figuras

Figura 1. Distribución del agua por los continentes y los sectores correspondientes a la agricultura, doméstico e industrial en el año 1998 (21).....	16
Figura 2 Hidrología general del municipio de Buenavista Córdoba (17).	20
Figura 3 La huella hídrica y sus tres componentes (18).	25
Figura 4. Mapa político de la zona urbana del municipio de Buenavista Córdoba (17).	29
Figura 5 Ubicación de las lagunas de oxidación del municipio de Buenavista Córdoba	43
Figura 6 Distribución por facturación y cartera recaudada entre los años 2017, 2018 y 2019 realizado por la empresa de servicios públicos de Buenavista Córdoba (65).	45
Figura 7 Distribución del recaudo realizado por la caja entre los años 2017, 2018 y 2019 por la empresa de servicios públicos de Buenavista Córdoba (65).	46
Figura 8 Estado en m ³ de la huella hídrica azul total de la zona urbana del municipio de Buenavista Córdoba en el año 2020.....	49
Figura 9 Comparación entre en consumo regulado por la RAS y el consumo estimado del área urbana del municipio de Buenavista por usuario, en el año 2020 (50) (55).	50
Figura 10 Distribución de la huella hídrica total generada en el área urbana en el municipio de Buenavista en el año 2020.	54

Glosario de siglas

CRA: Comisión de Regulación de agua Potable y Saneamiento Básico.

DBO: Demanda bioquímica de oxígeno.

DQO: Demanda química de oxígeno.

E.S.P: Empresa de servicios públicos.

IANC: Índice de agua no contabilizada.

IRCA: Índice de riesgo para la calidad de agua potable.

msnm: Metros sobre el nivel del mar.

RAS: Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico.

SST: Sólidos suspendidos totales.

Resumen

En la naturaleza el recurso hídrico es uno de los más afectados por el crecimiento poblacional y por ende, de la presión antrópica que estos ejercen, basados en la importancia que este tiene en cada aspecto de la vida, es necesario tener información veraz y oportuna para que se puedan tomar decisiones basadas en datos confiables al momento de tomar acciones con el objetivo de mejorar la relación que existe con el recurso, en este caso se estimó la huella hídrica por el servicio de acueducto y de alcantarillado del municipio de Buenavista, como un indicador de presión sobre el recurso en el área urbana por medio de la revisión bibliográfica de fuentes secundarias.

Durante el proceso de investigación se presentaron dificultades por la disponibilidad de la información, para la descripción de la huella se realizó con datos obtenidos del 2020 y la normatividad vigente, como resultado se encontró que el consumo Per Cápita del área es mayor al sugerido en la norma por un 3%, y en la huella hídrica gris existe una gran incertidumbre por la efectividad de las lagunas de oxidación y la afectación directa que tienen estos vertimiento frente a los cuerpos de agua donde desemboca, es importante mencionar que en cuanto a la normatividad se encontró un vacío de su implementación por parte de la E.S.P. Lo anterior indica que la gestión sobre el recurso puede aumentarse con el fin de controlar la contaminación y conservar el ecosistema.

1. Introducción

El crecimiento de la población mundial avanza rápidamente y con ello, las demandas por bienes y servicios requiriendo grandes cantidades del recurso hídrico para poder subsistir, exponiendo la necesidad de crear una relación con impactos positivos sobre el agua por medio de modelos sistémicos para gestionar el recurso, esto es de gran importancia debido a que todas las actividades humanas requieren en gran medida de los cuerpos de agua dulce.

Para poder determinar los impactos generados sobre el recurso hídrico fue necesario establecer la huella hídrica, un indicador que permite conocer la cantidad de agua dulce que se consume, cuándo y dónde se obtiene, una herramienta utilizada para generar conciencia de los impactos que tiene un grupo poblacional y así poder tomar las medidas adecuadas para gestionar de manera integrada las fuentes de agua.

En el municipio de Buenavista departamento de Córdoba es de gran importancia la implementación de estrategias como la determinación de la huella hídrica, ya que es una herramienta que permite realizar una gestión sostenible sobre recurso. En la comunidad es necesario tener en cuenta la cantidad de agua dulce disponible que existe para abastecer las necesidades básicas de los habitantes dándole entrada a la toma de conciencia del uso que le están dando y generar sostenibilidad urbana.

Con el presente trabajo se pretende realizar una identificación y análisis la huella hídrica del municipio de Buenavista- Córdoba como una herramienta de gestión del recurso hídrico del área urbana en el año 2020 debido a que en el municipio no se encontraron estudios o investigaciones que permitan conocer los impactos al recurso hídrico por la prestación de los servicios de acueducto y de alcantarillado en la zona urbana.

2. Planteamiento del problema

2.1 Antecedentes

El aumento poblacional es un factor importante que produce una presión muy fuerte sobre el volumen de agua disponible para las actividades humanas, una muestra de esto es China, siendo el país con mayores índices de consumo, con valores de 1368 Gm³/año, (en miles de millones), seguido de India, Estados Unidos (USA) y España, con 1145 Gm³/año, 841 Gm³/año y 100 Gm³/año respectivamente. La huella hídrica se puede medir y evaluar en diferentes dimensiones tales como la elaboración de un producto, la ejecución de un proceso, en el consumo cotidiano de las personas, en una empresa o área geográfica delimitada como puede ser un municipio, departamento, país incluso a nivel mundial. La huella hídrica anual a nivel mundial es de 9087 Gm³/año correspondiendo a un 74% a la huella hídrica verde, 15% a la gris y un 11% a la azul (1).

Los estudios de huella hídrica han tenido acogida en varios países del mundo, entre ellos tenemos a España que en los años 1996, 2001 y 2005 han utilizado este indicador para evaluar la intensidad del uso del agua y la cuantificación del recurso en cada uno de los sectores productivos, y se concluyó que la herramienta ofrece la capacidad de evaluar la intensidad del uso por sociedad, permitiendo comparar con otros países que lo hayan ejecutado el indicador y se encontró que entre 1996 y 2005 incrementó en un 23% y no se encuentra relacionado el desarrollo económico con el uso del agua (2).

En Argentina se calculó la huella hídrica azul, verde y gris en toda la cadena de producción del maní de Córdoba en sus dos etapas, la agrícola y la industrialización del producto, y se determinó que la industria manisera de Argentina presenta valores similares a otros países productores de maní al observar que el cultivo no necesita riego, ni fertilización y además se ve altamente beneficiado por el agua lluvia. En los resultados de análisis de la huella hídrica en la producción de maní en las dos economías más grandes del planeta, China y Estados Unidos, se determinó un mayor impacto sobre la huella hídrica verde con una presión del 95% del indicador, la huella hídrica azul obtuvo un valor del 2% en Argentina, China del 6% y USA del 20%, adicionalmente la huella hídrica gris asociada a la contaminación también alcanzó un valor del 2% en Argentina, en China un 19% y en USA un 15%, dejando como conclusión que al profundizar sobre este concepto de huella hídrica se podrá identificar áreas críticas en la gestión del recurso hídrico y así poder generar recomendaciones para optimizarlo en la cadena de producción (3).

Colombia, se ha venido cuestionando la relación de los seres humanos con el agua y sus impactos sobre el recurso, llevándolos a utilizar indicadores como la huella

hídrica en diferentes sectores y lugares del país. En uno de los sectores donde más se han realizado estudios de huella hídrica para generar conciencia de dónde y cuándo se utiliza y a su vez cuantificar la magnitud de agua utilizada, es en la agricultura donde se encuentran estudios como el de la Universidad de la Salle en la ciudad de Bogotá en el año 2015, se realizó una investigación sobre la evaluación de la huella hídrica para el cultivo de naranja en un predio del municipio de Puerto López- Meta donde se determinó que los cultivos cítricos no demandan gran cantidad de agua al comparar la huella hídrica que generan otros cultivos como lo son el café, maíz, arroz, plátano caña de azúcar, yuca, papa y cacao. Concluyendo que la huella hídrica del cultivo de naranja es menor que muchos de los otros cultivos en Colombia, no generando gran impacto a nivel departamental para el recurso hídrico (4).

En la Universidad Libre de la ciudad de Bogotá, se evaluó la huella hídrica generada por los sectores comerciales y de vivienda del barrio La Florida para establecer los factores de mayor presión sobre el recurso hídrico, donde se consolidó la huella hídrica de la siguiente manera, huella hídrica azul, verde, gris de las viviendas y gris en el sector comercial con valores 7%, 88%, 15% y 4%. Concluyendo que los residentes del barrio La Florida tienen una mayor tendencia al consumo de productos agrícolas básicos dependiendo si están en cosecha y el alto consumo de carne de res, estos datos se pudieron identificar a partir de la huella hídrica verde, permitiendo deducir que a mayor implementación del concepto de huella hídrica se puede llegar a hacer una economía local más dinámica y a su vez generar herramientas de apoyo a las decisiones de sostenibilidad urbana (5).

También en otros sectores, como se analizó en un estudio de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín que determinó la huella hídrica del sector doméstico en cuenca del río Porce desde el año 2005 hasta el 2012 queriendo identificar cuáles eran los municipios que consumían o extraían mayor cantidad de agua del río por medio de la metodología de huella hídrica azul, se encontró que en la cuenca del río Porce el 50% del agua captada se importaba desde el embalse La Fe con una huella hídrica azul de 135 millones de $m^3/año$ que al analizarse se identificó como un valor negativo debido a que la cantidad de agua importada es mayor a la captada; La huella hídrica azul positiva se encontró en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá con 28 millones de $m^3/año$. Los municipios que presentaron un mayor consumo de agua per cápita fueron Carolina del Príncipe y Gómez Plata, con huellas hídricas azules entre 10 y 16,5 $m^3 /habitante/año$ y los demás municipios con consumos per cápita menores a los 5 $m^3/habitante/año$, presentándose el menor consumo en el municipio de Entreríos (6).

Durante la revisión bibliográfica y recopilación de informes en la empresa de servicios públicos del municipio de Buenavista no se encontraron registros o documento con investigaciones como el Plan de de Saneamiento y Manejo de

Vertimientos, suelos, cauce, balance hídrico, consumo que aborden el tema de la Huella hídrica a nivel local.

2.2 Descripción del problema

El agua es uno de los recursos más importantes, esta puede albergar, generar y sustentar la vida humana y del ecosistema. En la actualidad se estima que existen en el mundo 1400 millones de km^3 , de los cuales 35 millones de km^3 son de agua dulce, representando tan solo el 2,5% del total del agua, en un planeta donde se ejerce mucha presión antrópica a causa del desarrollo demográfico y su modelo económico (7).

Los asentamientos humanos y su comportamiento natural como seres sociales conllevan la necesidad de utilizar el agua en prácticamente todas sus actividades, desde las domésticas, industriales, de agricultura, ganadería y minería. En la actualidad los grupos humanos constituidos en municipios, ciudades y países están creciendo a unos ritmos acelerados, en 1969 la población mundial alcanzó los 3600 millones y en la actualidad 2020 los 7700 millones de personas, un aumento de aproximadamente 4000 millones de habitantes en 50 años y según el informe de la situación demográfica en el mundo se estima que para 2050 la población habrá aumentado más de 2000 millones y estará cerca a los 9000 millones de seres humanos que están y estarán ejerciendo una presión sobre los recursos naturales del planeta (8)(9).

El crecimiento poblacional a nivel mundial es directamente proporcional con la demanda de los recursos como la producción de alimentos, mercado, industria, energía, entre otras utilizando gran cantidad de agua dulce en cada uno de estos sectores generando impactos sobre la calidad del ambiente y afectando la relación entre los grupos poblacionales y el medio (10). El agua dulce, aquella que no contiene sal, no es un recurso infinito, en cambio es fundamental e imprescindible para el ser humano y cada uno de los aspectos relacionados con su vida cotidiana.

Existen estudios que confirman que en cualquier territorio y en particular aquellas regiones que sufren de escasez de agua dulce, por medio de la toma de decisiones por parte de las personas competentes se puede encontrar una manera de gestionar de forma efectiva y generar proyectos, propuestas o alternativas para el uso razonable del recurso hídrico y crear una relación con mayor equilibrio. La evaluación y el control para este tipo de gestión se puede realizar por medio de indicadores sistémicos (6).

Uno de los indicadores utilizados para evaluar el impacto en el uso del agua dulce es la huella hídrica, una propuesta realizada por el profesor Hoekstra y Hung en el

año 2002, que permite identificar el volumen total de agua dulce que ha sido utilizada en la producción de bienes y servicios producidos en el sector industrial y consumidos en un grupo poblacional, y se divide en tres componentes: huella hídrica verde, azul y gris. La huella hídrica verde hace referencia al volumen de agua de lluvia que, en lugar de escurrirse o filtrarse en el agua subterránea, se almacena en el suelo o permanece temporalmente sobre ella, y se utiliza por la vegetación (evaporada o transpirada); la huella hídrica azul al volumen de agua dulce tomada de los acuíferos y no devuelta a la cuenca original, o devuelta en un periodo de tiempo diferente y por último la huella hídrica gris representando la cantidad de agua necesaria para diluir los contaminantes descargados al agua dulce. La metodología de la huella hídrica no solo se refiere al volumen, sino también a la alteración de la calidad y a la evolución del consumo del agua y además permite obtener información que promueve el uso eficiente del agua (11)(12).

Colombia es uno de los 10 países con mayor riqueza hídrica en el mundo, por su ubicación geográfica y condiciones del terreno, esta riqueza se puede observar en los extensos cuerpos de agua superficiales y subterráneos sin incluir los mares. Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia-IDEAM identifica que la mayor parte de la riqueza hídrica de Colombia se encuentra en las regiones de la Amazonía, Pacífica y Orinoquía en grandes reservorios como páramos, ríos, cuencas y otros; mientras, regiones como Andina y Caribe que a pesar de contar con fuentes hídricas como pozos, ríos, quebradas y lagunas la mayor parte del año sufren escasez (13)(14).

Buenavista, es uno de los 30 municipios del departamento de Córdoba de la región Caribe, ubicada en el centro de San Jorge y en la actualidad alberga aproximadamente 21628 habitantes con una extensión de 847 km². Su sistema hidrológico está conformado por diferentes ciénagas, caños, quebradas, arroyos y muy importante una parte del tramo del río San Jorge. Respecto a periodos de lluvias se presenta en dos de los cuatro ciclos en el año, el primero se observa de mayo a julio y el segundo de octubre a diciembre y los otros meses se considera periodos secos; en estos periodos se ve afectada el sector de la agricultura y ganadería (15). Estudios confirman que uno de los elementos por los cuales el agua se encuentra en una situación crítica es por la mala gestión y administración que se le hace al mismo (16), este a pesar de su importancia no se le ha dado un uso razonable y solo en las últimas décadas se ha tomado conciencia de crear una relación sostenible entre el hombre y las fuentes de agua dulce, haciendo necesario la generación e implementación de herramientas que permitan el manejo, planificación y gestión del recurso a mediano y largo plazo.

Cabe mencionar que el municipio de Buenavista en el plan de desarrollo 2020-2023, se plantean la necesidad de tomar acciones para proteger el medio ambiente y el recurso hídrico que están siendo contaminado por las malas prácticas agrícolas y por la mala disposición de los residuos sólidos, realizando campañas de conciencia en la comunidad y en gestión del cambio climático y empezar a formular

e implementar proyectos de educación ambiental en mira al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (17).

La ausencia de información, de herramientas de gestión y de conocimiento territorial sobre los destinos del recurso hídrico en el municipio de Buenavista, como ente político, son los elementos que motivan este estudio buscando responder a la pregunta ¿Cuál es la huella hídrica azul y la huella hídrica gris por el servicio de saneamiento básico prestado por la empresa de servicios públicos en el área urbana del municipio de Buenavista- Córdoba como indicador de presión sobre el recurso hídrico en el año 2020?, haciendo referencia a la huella hídrica azul por el consumo de agua por parte de los usuarios residenciales y la huella hídrica gris por los vertimientos generados por estos mismos usuarios.

Con el objetivo de brindar información que permita soportar la toma de decisiones en una eventual evaluación de la sostenibilidad entre los cuerpos de agua dulce desde las unidades de planificación del municipio de Buenavista Córdoba, se propone realizar una determinación de la huella hídrica del sistema de saneamiento básico proporcionados por la E.S.P en el área urbana, con el fin de identificar la cantidad de agua que utiliza el municipio y poder aportar información oportuna para la generación de estrategias de gestión del recurso hídrico.

3. justificación

En la tierra, un planeta donde el agua dulce escasea principalmente por el cambio climático y el aumento de la población, cada vez ejerciendo mayor presión sobre los recursos hídricos, se hace necesario la implementación de acciones o medidas para optimizar y gestionar de una mejor manera el recurso. Según Hoekstra la gestión de los recursos hídricos de forma sostenible y equitativa, se hace fundamental en cada aspecto de la vida, en la salud, en la dignidad de los pueblos, en desarrollo social y económico (18).

Partiendo de que el agua dulce es fuente de vida, recursos finitos, con un alto grado de escasez y un factor clave del equilibrio ecológico y de la vida humana, es conveniente conocer la huella hídrica del municipio de Buenavista en el año 2020 como herramienta de gestión del recurso hídrico y empezar a crear una relación sostenible con los cuerpos de agua dulce, es importante mencionar que es una de las herramientas que contribuye a mitigar los efectos del cambio climático se utiliza en la lucha contra el cambio climático, porque permite conocer los impactos que se generan en el ambiente y así poder tomar acciones para avanzar en el consumo eficiente del agua y su protección.

Teniendo en cuenta que todos los bienes que se emplean cotidianamente consumen de manera directa o indirecta cierto volumen de agua en su proceso, la huella hídrica como indicador ambiental proporciona la medición del impacto humano en los recursos del municipio, en este caso, el hídrico. De esta manera se puede obtener información valiosa sobre el consumo real del agua y los sectores del área urbana que más uso hacen del recurso en el municipio de Buenavista.

Este estudio se considera pertinente porque la información que se obtenga puede servir para soportar la toma de decisiones de los diferentes actores en el territorio donde se implementa herramientas de gestión sobre los destinos del recurso hídrico para uso doméstico y se puede ejecutar planes o proyectos donde se beneficia los habitantes de Buenavista; así desde las unidades de planificación se pueda generar sostenibilidad entre los cuerpos de agua dulce y disminuir los impactos generados, al identificar la cantidad de agua que utiliza el municipio y poder elaborar estrategias para gestionar dicho recurso. Es importante mencionar que la información que se obtenga de esta revisión bibliográfica puede servir de apoyo para futuros estudios en el área.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Determinar la huella hídrica azul por el servicio de acueducto y la huella hídrica gris por el servicio de alcantarillado en el área urbana del municipio de Buenavista, con el fin de propiciar un indicador de presión sobre el recurso hídrico en el año 2020

4.2 Objetivos específicos

- Determinar el alcance del estudio de huella hídrica por el servicio de acueducto y alcantarillado del municipio de Buenavista
- Calcular la huella hídrica azul por el servicio de acueducto y la huella hídrica gris por el servicio de alcantarillado en el municipio de Buenavista, Córdoba en el año 2020.
- Describir la sostenibilidad de la huella hídrica azul del municipio de Buenavista, Córdoba.

5. Marco referencial

5.1 Marco conceptual

El planeta azul, habitamos un mundo donde el 70% está cubierto por agua, siendo los océanos contenedores de cerca del 96.50% del agua del planeta esto indica que el agua dulce es 4%, que se encuentra en fuentes como ríos, arroyos, casquetes polares, lagos y en afluentes subterráneos (19), la vida en el planeta se ha desarrollado en función del agua y su consumo, lo que ha llevado a que las fuentes hídricas se vean afectadas por las acciones de los seres vivos, con mayor impacto los seres humanos, tanto así que las personas consumen al año aproximadamente el 54% de agua dulce que hay disponible (20).

La cantidad de agua dulce que se encuentra disponible en el planeta varia de un lugar a otro esto se debe a diferentes factores, uno de los factores de interés se asocia a los niveles de desarrollo de los países y el número de personas que lo habitan, esta agua en suma se destina a la agricultura, generación de energía y el sector industrial, donde América del Norte y central consume aproximadamente 1874 m³/hab/año, Europa 1290 m³/hab/año, Oceanía 887 m³/hab/año, Asia 529 m³/hab/año, América del Sur 485 m³/hab/año, África 250 m³/hab/año (20), ver figura 1 (21).

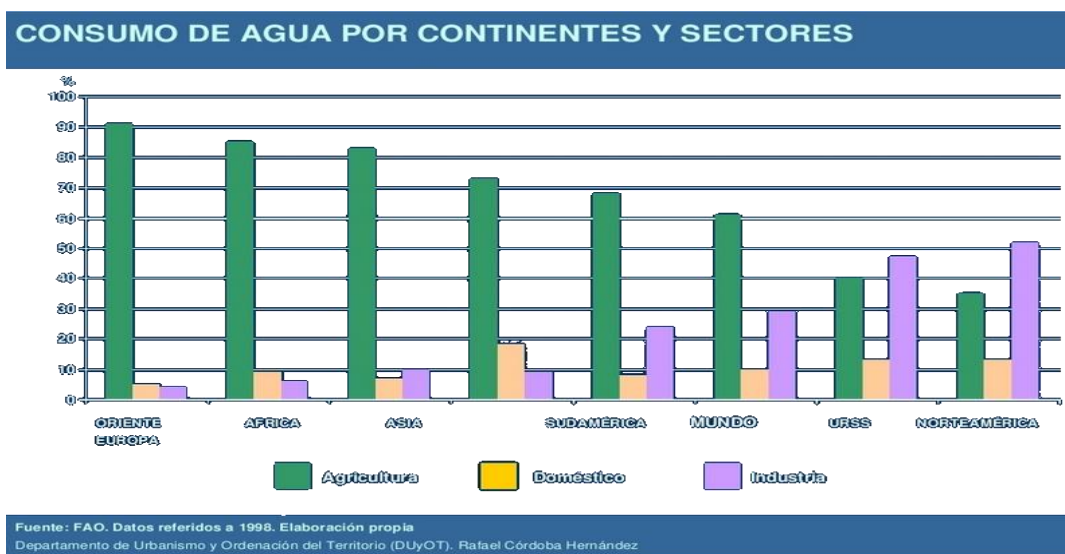


Figura 1. Distribución del agua por los continentes y los sectores correspondientes a la agricultura, doméstico e industrial en el año 1998 (21).

En el contexto mundial, América Latina y el Caribe frecuentemente es citada como una zona del planeta en la cual existe abundancia de recursos hídricos. En efecto,

la región, con una precipitación media anual de 1600 milímetros y una escorrentía media de 400 mil metros cúbicos por segundo, concentra casi un tercio de los recursos hídricos mundiales. Sin embargo, su población equivale al 6% y su superficie al 13% de los totales mundiales. Esto significa que mientras su disponibilidad media de agua por habitante alcanza aproximadamente a 22 mil metros cúbicos por habitante por año, a nivel mundial dicho valor es de sólo un poco más de 6 mil (22).

Sudamérica cuenta con un tercio del recurso hídrico que dispone la tierra entre ellos encontramos a Brasil con 8.646.700 m³/año, Colombia 2.360.000 m³/año y Perú 2.046.268 m³/año como los tres países con mayor disponibilidad del recurso en el continente, esto se debe a las condiciones geográficas, donde un 36% corresponde a la zona árida, escasez del recurso, y un 53% al agua que circula libremente sobre la superficie que se sitúa en un río, Río Amazonas, el cual juega un rol importante para el país de Colombia (22).

Colombia disfruta de una precipitación media anual de 3000 mm, que representa una riqueza importante de recursos, cuando es comparada con el promedio mundial de precipitación anual, existe una mayor certeza sobre las precipitaciones con relación a las fuentes hídricas de tipo subterráneo, es decir, se desconocen los valores asociados a la cantidad media de agua disponible en el país (23).

Se puede evaluar para Colombia la disposición, uso y estado del agua como recurso hídrico a partir del análisis de criterios de equidad o balance entre la superficie o tierra y el agua presente en estas zonas, esto se evalúa definiendo si una zona presenta déficit del balance hídrico, o dicho en otras palabras si el departamento cuenta con tierra húmeda, semiárida o árida. En consecuencia, Colombia divide en cinco grupos según la disponibilidad del recurso por departamentos y son los siguientes (23)

- Zonas altamente deficitarias de agua: Regiones donde predomina zonas muy secas muy poca disponibilidad de agua, con tendencia a la erosión y suelos con una mínima vegetación. Parte alta de la Guajira y desierto de la Tatacoa en el Huila. La superficie alcanza el 1% del territorio nacional (23).
- Zonas de disponibilidad de agua entre normal y deficitaria: En estas zonas se encuentran las cuencas de los ríos Magdalena-Cauca, Tomo y Vichada. La superficie alcanza el 26% del territorio nacional (23).
- Zonas de disponibilidad de agua normal: Regiones que cuenta con disponibilidad de agua durante casi todo el año: Cuencas de los ríos Nechí, Putumayo, parte media y baja del río Meta y Sierra Nevada de Santa Marta. Estas zonas constituyen aproximadamente el 25% del territorio colombiano (23).

- Zonas con excedentes de agua: Regiones con una gran disponibilidad de agua debido a que en ellas la precipitación sobrepasa los 3000 mm/año, estas regiones son la costa Pacífica y los ríos de la Amazonia: Caquetá, Vichada, Vaupés, Inírida y zona alta del río Arauca. El total de estas zonas cubre cerca del 44% del país (23).
- Zonas de disponibilidad de agua deficitaria: Regiones con déficit de agua durante gran parte del año. Estas regiones son la zona baja de la Guajira, sabanas de Córdoba y Sucre y cuencas del río Catatumbo y parte media y baja del río Chicamocha. Estas zonas representan el 5% de la superficie colombiana (23).

Las zonas que puede generar mayor interés son aquellas zonas de disponibilidad de agua deficitaria, es decir, las que se encuentran en el departamento de la Guajira, la zona del Catatumbo y en los departamentos de Córdoba y Sucre. El interés de georreferencia de este trabajo se centra en el departamento de Córdoba, municipio Buenavista que además de contar con diversas fuentes hídricas como pozos, ríos, quebradas y lagunas, la mayor parte del año sufre por el acceso y/o disponibilidad del agua, con panoramas donde los extremos son, escasez del recurso o inundaciones en algunos meses del año (23).

En el departamento de Córdoba las precipitaciones disminuyen de sur a norte a causa de las barreras orográficas de la zona sur del departamento, los valores máximos de precipitaciones están entre los 7000 mm/año y 7400 mm/años distribuidos en la región montañosa con aproximadamente 3000 mm/año; en límites con el departamento de Sucre presenta valores entre 1200 y 1300 mm/año, aumentando hacia el noroccidente (mar Caribe) con valores de 1400 mm/año. Hacia el centro del departamento en la zona de valles y colinas, se incrementa hasta alcanzar valores entre 1600 y 2000 mm/año (24).

La escorrentía promedio anual disminuye de Sur a Norte alcanzando valores de 2100 mm/año en los límites con el departamento de Antioquia y disminuyendo hasta 200 mm/año en dirección al litoral Caribe. El régimen para el área es monomodal, con un período de disponibilidad hídrica de mayo a octubre y otro de sequía de noviembre a abril (24).

Las fuentes hidrográficas superficiales están ligadas a la vertiente hidrográfica del Caribe con un aporte al recurso hídrico del departamento centrado en las cuencas hidrográficas del Río Sinú, Río San Jorge, Área costera y Área de estuarios, el primero con un área de cuenca de 13700 Km², de los cuales 1100 Km² corresponden al departamento de Antioquia y los 12.600 Km² restantes al departamento de Córdoba. La cuenca del río San Jorge recorre en su territorio 260 de sus 388 Km, en áreas costeras la franja litoral se extiende al noroccidente del

departamento con una extensión de 130 km de longitud, desde Punta Arboletes en límites con el departamento de Antioquia hasta Punta de Piedra en límites con el departamento de Sucre, con una amplitud promedio de 6.0 km. El área de estuario abarca una superficie aproximada de 130 Km² que incluyen el delta de Tinajones y la red de caños y ciénagas fluvio-marinas de Cispatá. Se localiza en jurisdicción los de municipios de San Antero, San Bernardo del Viento y Lorica (24).

El municipio de Buenavista cuenta con una serie de cuencas abastecedoras que conforman en un total un área de 1.285,72 hectáreas repartida en los diferentes cuerpos de agua constituidos por varios caños, arroyos, ciénegas, quebradas y muy importante, un tramo del río San Jorge; y numerosas subcuencas entre ellas encontramos la quebrada San Lorenzo, Los Zambos, Macho, Carate, caño Los Zambitos, la Ciénega los Cerpas, El Arcial, y El Porro; Estos cuerpos de agua solo son explotadas para el consumo humanos y en las zona pesqueras y agropecuarias (15). Las precipitaciones altas del municipio se encuentran entre 183 y 250mm mensuales y permanecen casi invariable durante los periodos del año que va del mes de mayo a septiembre, mientras que los periodos más secos presentan precipitaciones cercanas a 100mm mensuales y en ocasiones se ha registrado menores a 70 mm entre los meses de octubre a diciembre, ver figura 2 (17).

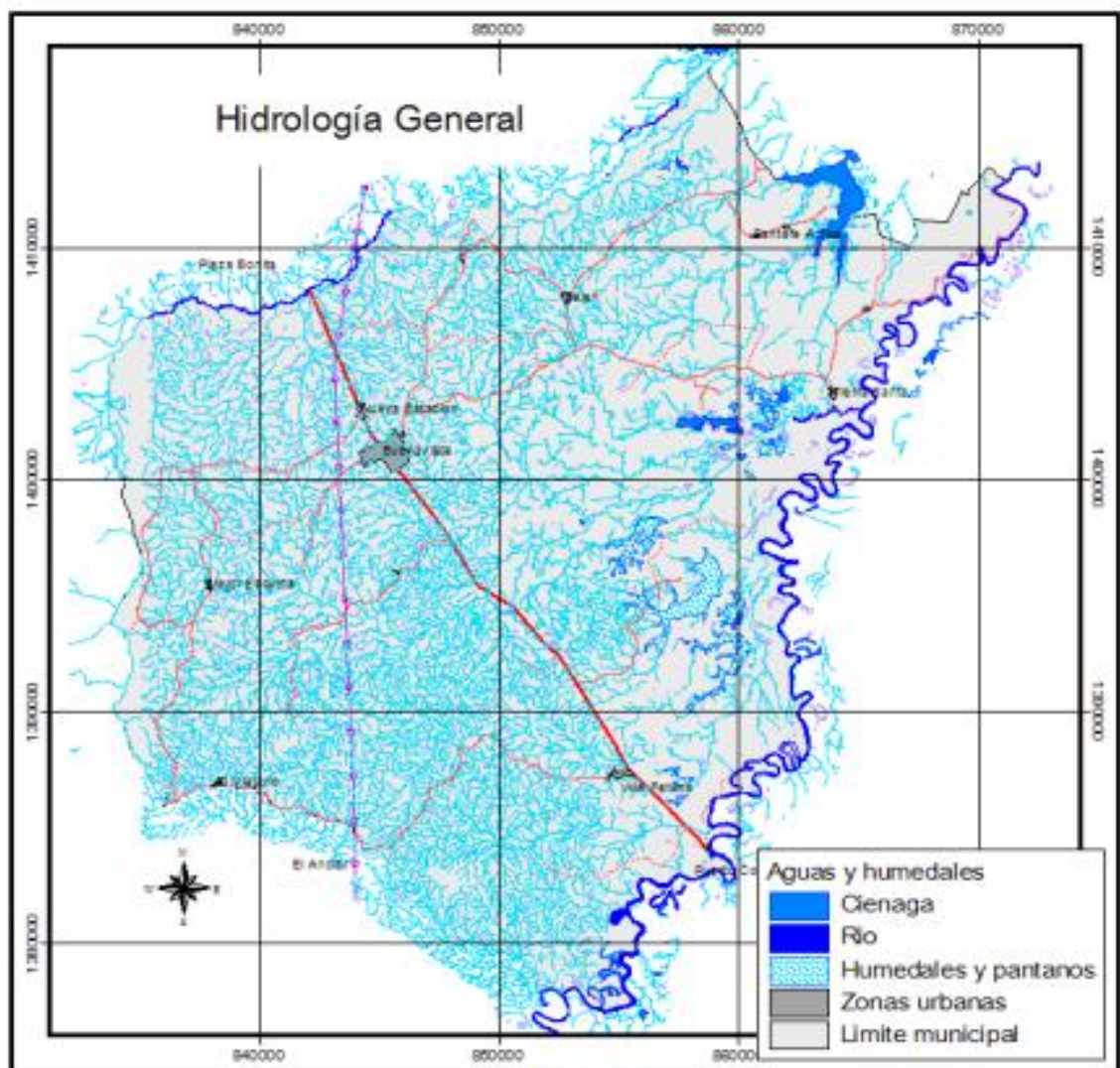


Figura 2 Hidrología general del municipio de Buenavista Córdoba (17).

El recurso hídrico en su estado y distribución natural posee la característica de autogestión, como parte viva de los ecosistemas y del ambiente. Cuando se refiere a entornos de interacción entre el ambiente y el ser humano la característica de autogestión se reconfigura en función de la capacidad humana de transformar la naturaleza para suplir sus necesidades, dando origen a nuevas necesidades de carácter práctico para la gestión del recurso hídrico, pensando en su aprovechamiento por encima de la calidad de buena o mala gestión, permitiendo así la concepción de herramientas de gestión para el recurso hídrico (25).

5.1.1 Herramientas de gestión del recurso hídrico.

La gestión del agua involucra la revisión de modelos sistémicos que interpretan los recursos hídricos como sistemas y parte de sistemas mayores, adicionalmente se exponen modelos matemáticos y lógicos que buscan explicar el comportamiento de los seres vivos en función del recurso hídrico.

5.1.1.1 Sistema de Gestión de Recursos Hídricos (ASRH por sus siglas en inglés)

Se refiere al estudio de los sistemas de recursos hídricos utilizando representaciones matemáticas de los procesos e interacciones del sistema, buscando la comprensión del mismo y apoyar la toma de decisiones lo más informado posible (26).

El ASRH requiere objetivos claramente definidos, unos tomadores de decisiones identificados, la toma de decisiones estructurales y no estructurales priorizando por las mejores por encima de las obvias y por último la evaluación de decisiones en función de los objetivos. El Sistema de gestión de recursos hídricos es expresable cómo un algoritmo, definido por su estructura de procesos y de priorización de las decisiones orientadas a objetivos (27).

Modelos matemáticos como herramienta de gestión del agua: Son la representación simplificada y seleccionada de un sistema real a través de variables y ecuaciones, estos se clasifican en dos, los modelos de simulación, que centran en representar matemáticamente las situaciones posibles y los modelos de optimización que evalúan las capacidades y optimización de la operación en gestión (27).

5.1.1.2 Modelado Hidrológicos.

Frente al modelado se identifican varias y distintas clasificaciones que dependen del ámbito geográfico y objeto del modelo, los modelos de cuenca que incluyen obligatoriamente el recurso hídrico subterráneo y modelos acuíferos o sistemas acuíferos propiamente dichos (28).

Modelos de cuenca: son esencialmente modelos de precipitación o escorrentía de cuencas, y se divide principalmente en dos modelos.

- *Modelos empíricos*, los cuales han sido desarrollados basados en correlaciones estadísticas, se concentran en medir magnitudes a nivel de cuenca, lo cual expone sus limitaciones a nivel holístico para explicar comportamientos (28).
- *Modelos de tipo conceptual*, que son modelos de simulación, tratan de simular el comportamiento hidrológico de una cuenca estableciendo ecuaciones de balance hídrico y de transferencia entre diferentes

compartimentos, su complejidad será mayor o menor dependiendo de la escala temporal utilizada y el fenómeno hidrológico a modelar (28).

Modelos de acuífero: representan el funcionamiento hidrológico de las formaciones geológicas permeables que tiene en cuenta los distintos mecanismos de circulación y almacenamiento, relaciones con masas de aguas superficiales entre otras, a partir de sus formulaciones físicas (29).

Los modelos hidrológicos más utilizados son (28):

- Modelos agregados.
- Modelos de distribución de parámetro agregados.
- Modelos Glover-Jenkins.
- Modelos pluricelulares englobados.
- Modelos distribuidos de parámetros distribuidos.
- El método de las diferencias finitas.
- El método de los elementos finitos.
- El modelo SIMPA (Sistema Integrado de Modelización Precipitación - Aportación).
- Modelos de flujo.
- Modelos de transporte de masa.
- Modelos de transporte de calor.
- Modelos Genéricos.
- Modelos predictivos.
- Modelos interpretativos.

5.1.1.3 Modelado Hidroeconómico

Permiten analizar los problemas de gestión del agua considerando de forma explícita las interrelaciones entre ingeniería, economía y medio ambiente para alcanzar un uso y gestión sostenible de los recursos hídricos y el medio ambiente, con el objetivo de ayudar a la toma de decisiones en sistemas de recursos hídricos con escasez de agua (30).

Los modelos hidroeconómicos más destacados son (30) :

- SIMGAMS, calcula los costos para cada uno de los usuarios tras determinar los repartos del agua (30).
- OPTIGAMS, distribuye el agua solamente en función de criterios económicos, sin tener en cuenta prioridades ni reglas de operación como el modelo anterior (30).
- ESPAT: Herramienta avanzada de programación estadística explícita (30).

5.1.1.4 Modelado Hidrogeológico.

Sintetiza las condiciones básicas del estado y dinámica de las aguas subterránea en el subsuelo y sus relaciones con los cuerpos de agua superficial y los aportes atmosféricos. Se realiza con base en el análisis e interpretación de información en geológica, hidrológica, hidráulica, hidro química e isotópica y permite tener una visión del comportamiento de los acuíferos o sistemas acuíferos de un área dada a la escala deseada (31).

Los modelos hidrogeológicos que se utilizan son (31)

- Modelo geológico básico
- Modelo hidrológico

5.1.1.5 Modelado Huella Hídrica.

Permite conocer la cantidad de agua que es consumida por una persona, en un proceso, en una empresa, en una cuenca, en un grupo poblacional o área delimitada, que toma en cuenta toda el agua que es utilizada para actividades humanas de una relación no sostenible, alterando el ciclo del agua en el planeta. La huella hídrica considera el lugar de donde proviene el agua y, en función de ello, la clasifica en tres componentes, y pueden utilizar uno o todos dependiendo lo que se desea analizar (11).

Los componentes de la huella hídrica son (11)

- Huella hídrica azul.
- Huella hídrica verde.
- Huella hídrica gris.

En el análisis de la huella hídrica también se debe tener en cuenta la norma internacional ISO - Organización Internacional de Normalización 14046, debido a que es una alternativa metodológica para determinar y/o evaluar los factibles impactos al agua que pueden ser producidos por organizaciones, servicios o productos, tomando en cuenta la calidad y la cantidad del agua con base en el ciclo de vida (32).

Actualmente, el planeta tierra presenta escasez sobre el agua dulce, debido al cambio climático, el aumento poblacional y mayor presión o estrés sobre el recurso hídrico, es necesario tomar medidas para gestionar el uso de este recurso vital y por ello se han estudiado y ejecutados modelos sistémicos nombrados anteriormente.

5.1.2 Evaluación de la Huella hídrica.

La huella hídrica es una herramienta de evaluación de sostenibilidad del recurso hídrico, éste se describe como el volumen total del agua dulce que fue destinada para los bienes, productos y servicios consumidos por una persona o grupo poblacional. Es un indicador de consumo y contaminación del agua dulce donde se identifica no solo el agua que es utilizada de forma directa si no también la forma indirecta. Según Hoekstra, La huella hídrica puede ser considerada como un indicador global de apropiación de los recursos de agua dulce, por encima de la medida tradicional y restringida por la extracción de agua (18)(33).

En la búsqueda del uso eficiente del agua y el control de su contaminación con el objetivo de generar sostenibilidad, el concepto de huella hídrica se formuló como propuesta a la conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente en Río de Janeiro en el año 1992, donde se diagnosticaron los principales males que acechaban al planeta y establecen los criterios para la protección de la calidad y el suministro del agua dulce. Proponiendo los siguientes programas de acción (34).

- Ordenación y aprovechamiento integrados de los recursos hídricos (34).
- Evaluación de los recursos hídricos (34).
- Protección de los recursos de agua dulce, la calidad del agua y de los ecosistemas acuáticos (34).
- Abastecimiento de agua potable y saneamiento (34).
- El agua y el desarrollo urbano sostenible (34).
- El agua para la producción de alimentos y el desarrollo rural sostenibles (34).

Pero no fue solo hasta el 2002 que el Dr. Arjen Hoekstra introduce por primera vez la metodología de la evaluación de la huella hídrica empleado para evaluar las dinámicas del agua como indicador de presión sobre el recurso hídrico, donde se describe la relación del agua consumida y los procesos de contaminación a través de los vertimientos, y desde entonces es difundido por la organización Water Footprint Network- WFN que también brinda soporte técnico para la evaluación de la misma (11).

España fue el primer país en aplicar la huella hídrica y que ha incluido el análisis en la formulación de políticas. Esta metodología fue ejecutada por Arjen Hoekstra, utilizada para evaluar la huella hídrica de todo el país. Teniendo en cuenta que los problemas de escasez del recurso hídrico a menudo son la consecuencia de la falta o inadecuada gestión de los cuerpos de agua dulce, el concepto de la huella hídrica también fue aplicado para evaluar los flujos del agua de unas cuencas hidrográficas importantes para el desarrollo del país y donde los usos del agua generan problemáticas de la vulnerabilidad de las cuencas hidrográficas tanto por los procesos de contaminación como por la disponibilidad del recurso (18).

La huella hídrica ha sido desarrollada como un método para cuantificar y localizar el uso del recurso por un producto, proceso, por un consumidor o varios consumidores, en una cuenca o área delimitada. Esta también expresa la apropiación humana del agua dulce en términos de volumen que se evidencia en los impactos de consumo y contaminación del agua por parte de los seres humanos, a evaluar la sostenibilidad ambiental, social, económica y formular una estrategia de respuesta. La huella hídrica está compuesta por tres componentes: Huella hídrica azul, verde y gris, dichos componentes pueden ser especificados de forma geográfica y temporal (18). Ver figura 3.



Figura 3 La huella hídrica y sus tres componentes (18).

5.1.2.1 Huella hídrica azul.

Esta huella hace referencia al consumo de las aguas superficiales, donde abarcan todos los cuerpos de agua que se encuentran en estado tranquilo o en corrientes que se localiza en la superficie del suelo como ríos, cuencas o lagos, y fuentes de aguas subterráneas o acuíferos, agua azul (11). Cabe decir que el agua azul se generó como concepto para complementar la definición del agua verde, esta se definió como el flujo horizontal del agua, es decir, el agua que se encuentra en

escorrentías, fuentes de aguas superficiales y fuentes de agua subterráneas, otra forma de definirlo y de manera más general en una sola idea es todo el recurso hídrico superficial y subterráneo y a su vez representa una visión sobre la Gestión Integral del Recurso Hídrico (35).

La huella hídrica azul es la cantidad de agua extraída de fuentes superficiales y subterráneas que no vuelve a la zona de captación, refiriéndose a la pérdida de agua disponible del suelo de la superficie del área, estas pérdidas se producen cuando el agua es evaporada, ha sido transferido a otra cuenca, al mar o se incorpora a un producto. Esta huella mide la cantidad de agua dulce disponible en un determinado periodo que no regresa a la misma captación, de esta manera se identifica la cantidad de agua azul disponible y el agua consumida por los seres humanos y el agua que no se consume para sostener la vida humana queda para sustentar los ecosistemas (12).

La extracción del agua azul se considera como la contabilidad principal del agua dulce, y se agrupa en dos: el uso consuntivo y no consuntivo. El uso consuntivo es cuando se utiliza el agua y no se devuelve al medio donde ha sido captado o no se devuelve de la misma manera y el uso no consuntivo es cuando el agua utilizada es devuelta al medio donde se extrajo. La huella hídrica se enfoca en el uso consuntivo (11).

Para calcular la huella hídrica azul de un área delimitada se utiliza la siguiente ecuación (11):

$$HH_{azul} = HH_{consumos} + HH_{IANC}.$$

Dónde:

HH_{azul} = Huella hídrica del municipio, en m³.

$HH_{consumos}$ = Huella hídrica de los consumos directos del agua

HH_{IANC} = Volúmenes anuales del agua, correspondientes al índice del agua no contabilizada.

Para aplicar la huella hídrica azul a nivel de un área geográfica delimitada esta se consigue a través de dos elementos. El primer elemento se basa en identificar el consumida de manera directa en un periodo determinado, el segundo se relaciona con los volúmenes de agua calculados a partir del índice del agua no contabilizada- IANC, reflejando el agua suministrada por la empresa de servicios públicos domiciliarios, pero no es registrada en el contador de un usuario; este índice se debe tomar en cuenta debido a que el volumen que no se calcularon por fugas o por conexiones ilegales de igual forma no regresan al cuerpo hídrico donde fue extraída y representa afectaciones directas al recurso (35).

5.1.2.2 Huella hídrica verde

La huella hídrica verde aporta la contabilidad del uso y consumo del agua verde, correspondiente al agua almacenada en el suelo como humedad, que tiene como origen la precipitación. El concepto de agua verde hace referencia al agua lluvia almacenada en el suelo como humedad y no se pierde por filtro de río abajo, fue presentada por primera vez en el año 1993 por la profesora Malin Falkenmart, con el objetivo de concientizar sobre el agua disponible, el crecimiento de la biomasa y la participación de la evapotranspiración, años después La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura, FAO por sus siglas en inglés, actualizo la definición del agua verde, esta vez considerándola como el flujo vertical del agua, haciendo la relación con el agua almacenada en el suelo que aporta a la vegetación en seco y se mantiene en el suelo, pero que no hace parte del proceso de recarga a fuentes de agua superficial o subterránea (36).

En este componente de la huella hídrica se incluye un recurso que hasta hace poco no se había tomado en cuenta en las cuantificaciones sobre el uso de los recursos hídricos y además es de gran importancia en la producción agrícola, ya que la mayor parte de los cultivos son cubiertos por el agua verde, el agua verde es esencial en el crecimiento de este porque es la cantidad de agua utilizada por la planta para sus procesos normales de desarrollo y crecimiento, pero no todo el agua verde es absorbida por los cultivos, porque siempre existirá la evaporación del suelo, esto debido a que no todos los periodos del año o áreas geográficas son adecuadas para los cultivos. El consumo de agua verde en la agricultura puede ser medido o estimado con un conjunto de fórmulas empíricas o con un modelo de cultivo adecuado para la estimación evapotranspiración sobre la base de los datos de entrada sobre las características del clima, del suelo y de los cultivos (4)(36).

La huella hídrica verde a pesar de tener una mayor magnitud en relación con la huella hídrica azul y gris, es la única de las tres que no necesariamente se intenta reducir porque no implica una competencia directa por el agua, pero es de gran importancia para el crecimiento de los cultivos. Por los motivos expresados anteriormente no se tendrá en cuenta para este estudio, porque estará centrado en la población urbana (12).

5.1.2.3 Huella hídrica gris

El agua gris representa los vertimientos generados a causa de procesos antrópicos que llegan a fuentes de agua naturales y se identifican como una amenaza que puede alterar la condición de calidad natural del cuerpo receptor y, por tanto, reducir la cantidad de agua para los usuarios (33).

En esta metodología se incorpora las concentraciones de los contaminantes, como puede ser DBO, DQO y SST con el objetivo de contrarrestar las descargas de los vertimientos y los valores naturales de los parámetros de calidad en el cuerpo de

agua. La estimación de la huella hídrica gris se tiene en cuenta los volúmenes de agua dulce requeridos para asimilar la carga de los contaminantes a donde están vertidos, por lo tanto, es un indicador del grado de contaminación del agua y expresa las cargas de contaminación en unidades de volúmenes de agua, al igual que las huellas hídricas azul y verde (11).

Para aplicar el concepto de huella hídrica gris se utiliza la siguiente ecuación (37)

$$HH_{Gris} = \frac{L}{C_{m\acute{a}x} - C}$$

Dónde:

L = Descarga del contaminante, Kg/s.

$C_{M\acute{a}x}$ = Concentración máxima permisible del contaminante, Kg/m³.

C = Concentración del contaminante medida, Kg/m³.

5.2 Marco geográfico

Buenavista es un municipio colombiano ubicado en el departamento de Córdoba, hace parte de los siete municipios que conforman la subregión del San Jorge. Buenavista se conformó como municipio el 13 de noviembre de 1969 cuando la Asamblea Departamental aprobó la ordenanza 010 por medio del cual se aprobó y se reconoció a Buenavista como municipio, separándose del municipio de Ayapel. Está localizado al oriente del departamento de Córdoba entre los 8°13'24"N 75°28'54"O, en el centro de la región del San Jorge con una extensión de 847 km², la altura de la cabecera municipal está registrada a 60 m.s.n.m. sobre terrenos planos y ondulados con un clima cálido, y cuenta con una temperatura promedio de 28°C (17).

Cuenta con una población total aproximada de 21628 habitantes y en la zona urbana con 7907 habitantes que corresponde al 40.2% de total de la población, actualmente limita al norte con el municipio de Planeta Rica, al noreste con el municipio de Pueblo Nuevo, al sureste con el municipio de Montelíbano y al suroeste con el municipio de Ayapel (15)(17).

Su economía está basada en la ganadería apoyándose en la cría, engorde y producción lechera para mercados locales y nacionales y en menor proporción la cría de cerdos, carneros, gallinas ponedoras y cachama; en la zona destinada para la agricultura cuenta con cultivos como el arroz, maíz, patilla, yuca, plátano, ñame y cítricos en pequeña proporción como es la piña y la naranja y en el sector de la piscicultura aún no se desarrolla, solo se da una pesca de subsistencia para auto consumo y algo para vender (38).

De acuerdo al Esquema de Ordenamiento Territorial 2016 -2027, el municipio está constituido por 11 corregimientos y 53 veredas. Buenavista, se encuentra dividido políticamente en 20 barrios en la zona Urbana y estos son: Tres de Enero, Siete de Julio, Diez de Julio, Bogotá, Buenavista, El Almendro, El Carmen, El Centro, El Porvenir, El Recreo, La Estrella, La Paz, La Esperanza, Las Delicias, María Auxiliadora, Minuto de Dios, Polideportivo, San José, San Martín y Urbanización La Esperanza (17). Es importante tener en cuenta que en el año 2007 se realizaron 4 ocupaciones ilegales por el fenómeno del desplazamiento forzado a causa de la violencia y por la falta de viviendas, estos barrios llevan los nombres de: Las Delicias, Siete de Julio, Diez de Julio y La Esperanza (15). Ver figura 4

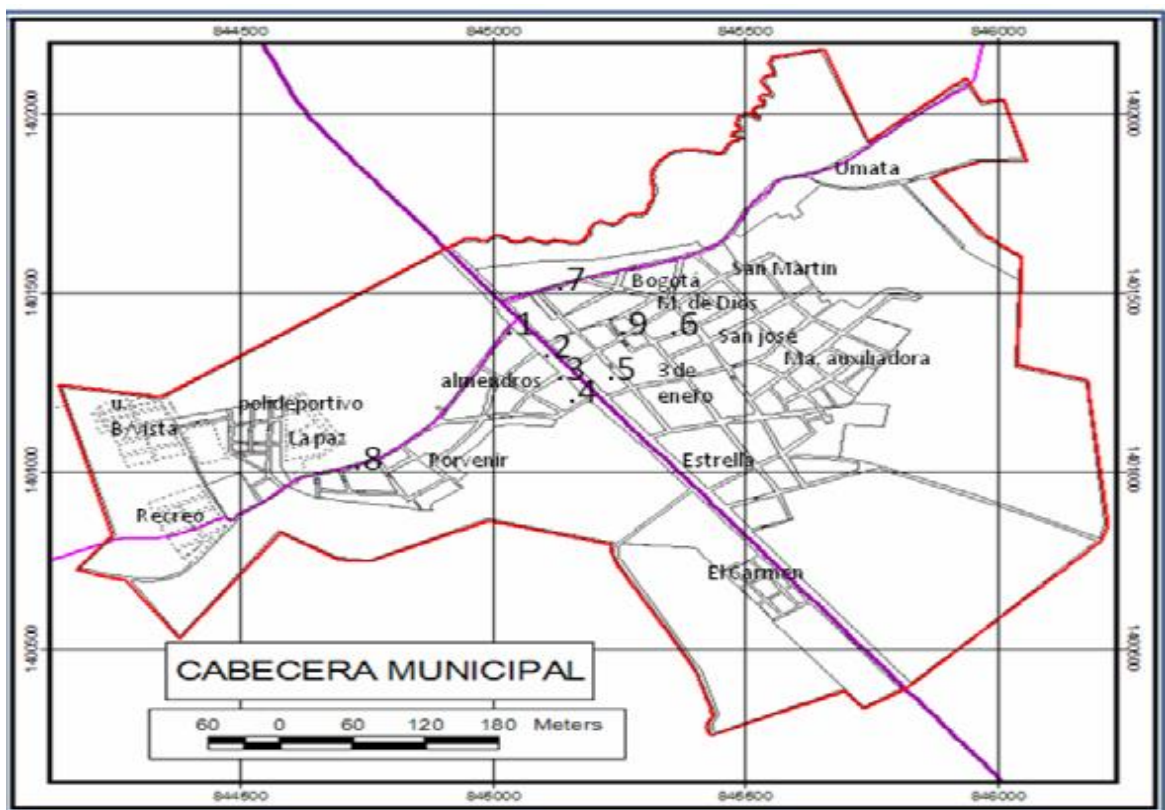


Figura 4. Mapa político de la zona urbana del municipio de Buenavista Córdoba (17).

En el año 2012, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), junto con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y otras entidades, ejecutaron un estudio sobre los conflictos relacionados con el uso del territorio colombiano para generar, corroborar y publicar los resultados. El estudio constituye una alerta sobre tierras con mayor riesgo a la degradación por usos actuales que superan las limitaciones y potencialidades impuestas por la naturaleza, configurando conflictos por

sobreutilización; también, se señalan y cuantifican las tierras que, teniendo mayor potencial productivo, se encuentran subutilizadas, también se define por el grado de armonía que existe entre la conservación de la oferta ambiental y el desarrollo sostenible del territorio (38).

De acuerdo con el estudio de IGAC en el año 2012, el municipio de Buenavista, presenta el 44% de su área bajo uso adecuado o sin conflicto en zonas ocupadas por pastizales y con vocación de uso para el pastoreo. Un 36% del área se encuentra en conflicto por subutilización y 17% en conflicto por sobreutilización en donde se destaca la sobreutilización moderada 15%, generalmente asociada a zonas con vocación para la protección y dedicadas a la ganadería (38).

5.3 Marco legal

A continuación, se enuncia en la siguiente tabla la normatividad que se tuvo presente en el estudio.

Cuadro 1. Marco legal

Norma	Objeto y descripción
Ley 99 de 1993	Por medio de la ley se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se organiza el Sistema Nacional Ambiental - SINA, se reorganiza el sector público encargado de la gestión y conservación del medio, y se dictan otras disposiciones (39).
Ley 142 de 1994	Con el fin de respaldar el sistema de pago por los servicios domiciliarios en conjunto con la facilidad de acceso a estos servicios, se crearon unos criterios para definir el régimen tarifario. El régimen tarifario estará orientado por los criterios de eficiencia económica, neutralidad, solidaridad, redistribución, suficiencia financiera, simplicidad y transparencia (40).
Ley 1450 de 2011	Por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo (41).
Decreto 1541 de 1978	Se estableció que las aguas servidas requieren de previo tratamiento para poder ser vertidas a las corrientes hídricas (42).

Norma	Objeto y descripción
Decreto 394 de 1987	Se definió una estructura única de tarifas para los servicios de acueducto y alcantarillado para todo el territorio nacional y así poder agilizar la administración. De esta forma, se han establecido dentro de la tarifa cuatro componentes: Cobro fijo, consumo básico, consumo complementario y consumo suntuario (43).
Decreto 1729 de 2002	Establece la implementación y ejecución de programas o proyectos dirigidos a conservar, preservar, proteger de las cuencas hidrográficas. Designa que todo plan de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas comprende las fases de diagnóstico, prospectiva, formulación ejecución, evaluación y seguimiento. Las entidades competentes deben establecer criterios de conservación y de protección de la cuenca, y, como consecuencia, restringir o modificar las prácticas de aprovechamiento y establecer límites a las actividades que se realicen en ella (44).
Decreto 3100 de 2003	Se establecen las autoridades ambientales las metas de reducción de los contaminantes, objeto de la tasa retributiva cada cinco años (45).
Decreto 3930 de 2010	Define el uso del agua y residuos líquidos (46).
Decreto 2667 de 2012	Define la tasa retributiva a los usuarios por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones (47).
Resolución CRA 151 de 2001	Define reglas, normas y principios para someter la conducta de las personas que prestan los servicios públicos (48).
Resolución 2115 de 2007	Por el cual se señala características, instrumentos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano (49).

Norma	Objeto y descripción
Resolución 631 de 2015	Establece parámetros y valores límites máximos permisibles para los vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público (50).
Resolución 0330 del 2017	Se adopta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básicos - RAS (51).
Resolución 1571 de 2017	Establece la tarifa mínima por utilización de aguas (52).

6. Metodología

El presente estudio se llevó a cabo mediante una metodología cuantitativa de alcance descriptivo, ya que permitió explicar el estado cuantificable de las variables y parámetros asociados entre el agua, según las dinámicas de este como indicador de presión en el municipio de Buenavista en el departamento de Córdoba, teniendo en cuenta que es un estudio retrospectivo porque se realizó con datos obtenidos del año 2020.

La población objeto del estudio fueron los usuarios urbanos de los servicios de acueducto y alcantarillado suministrados por la institución, y para el desarrollo de los objetivos específicos se utilizaron fuentes de información secundaria otorgadas por la empresa de servicios públicos de Buenavista Córdoba, informes geográficos y los documentos o investigaciones sobre la metodología de la huella hídrica.

En el cuadro 2, se describe el procedimiento que se realizó para lograr cada uno de los objetivos específicos del estudio realizado en el área urbana de Buenavista.

Cuadro 2. Matriz de los objetivos específicos.

Objetivo general:	Determinar la huella hídrica azul por el servicio de acueducto y la huella hídrica gris por el servicio de alcantarillado en el área urbana del municipio de Buenavista, con el fin de propiciar un indicador de presión sobre el recurso hídrico en el año 2020
Objetivos específicos:	Actividades:
Determinar el alcance del estudio de la huella hídrica por el servicio de acueducto y alcantarillado del municipio de Buenavista.	Se realizó una descripción de la ubicación geográfica, identificación de la población objetivo y a su vez la identificación de los usuarios del sistema de acueducto municipal.
	Para la descripción de los servicios públicos prestados por la empresa, se tuvo en cuenta algunos aspectos legales de la Ley 142 de 1994 y se dio claridad a las condiciones relacionadas con los servicios de acueducto y alcantarillado.
	Para la determinación de la huella hídrica se tuvo en cuenta lo siguiente en: -Huella hídrica azul: Descripción de las fuentes subterráneas utilizadas por la E.S.P. y detallar el consumo de agua por parte de los usuarios en la cabecera municipal.

	-Huella hídrica gris: Descripción de los residuos líquidos generados en el área urbana por los servicios residenciales
	Para el establecimiento del periodo a estudiar, se tuvo en cuenta el año con mayor disponibilidad de registros en la E.S.P. en este caso fue el año 2020.
Calcular la huella hídrica azul y gris por los servicios de acueducto y alcantarillado residenciales en el municipio de Buenavista Córdoba en el año 2020.	<p>En la identificación del estado del agua dulce a través de la E.S.P fue importante conocer el volumen del agua captada y suministrada por esta a los usuarios del municipio, el índice de agua no contabilizada y el consumo per cápita, es importante mencionar que solo se tuvieron en cuenta el consumo de la zona residencial, en este caso los estratos 1 y 2.</p> <p>Para la estimación del caudal se estimó a partir de la información de los usuarios.</p> <p>Cabe aclarar que para efectos de la huella hídrica azul no se tuvo en cuenta otras fuentes de abastecimiento como son los pozos artesanales, por falta de información.</p>
	<p>En la huella hídrica gris, la mayoría de los datos solicitados para el cálculo se obtuvieron a través de métodos estadísticos.</p> <p>Teniendo en cuenta la carga orgánica es la que prevalece en las aguas residuales domésticas, para este estudio se determinó como contaminante más representativo la DBO.</p>
Descripción de la sostenibilidad de la huella hídrica azul del municipio de Buenavista, Córdoba.	<p>Se identificaron y se describieron, los criterios de sostenibilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Ambiental. -Social. -Económico.

Durante el proceso de búsqueda de la información se presentaron dificultades con la disponibilidad de esta, debido a que las instituciones encargadas no contaban con los registros importantes para el desarrollo de este estudio.

Cabe mencionar, que para efecto de este estudio se consideró usuario y suscriptor como el mismo debido a que la ley 142 de 1994, define al usuario como el que se beneficia con la prestación de un servicio público, ya sea propietario o receptor directo del servicio y al suscriptor como aquel quien celebra un contrato de condiciones uniformes de servicios públicos (40).

Por otro lado, es importante aclarar que los modelos para determinar la huella hídrica se encuentran en estudio y su ejecución depende del contexto que se vaya

a analizar, en este caso, se realizó una estimación por medio de la información de fuentes secundarias como bases de datos para obtener una aproximación o acercamiento al valor de la huella.

7. Resultados

7.1 Alcance del estudio de huella hídrica azul y gris por el servicio de acueducto y alcantarillado del municipio de Buenavista

Buenavista es un municipio de Córdoba situado al norte del país y en el centro de la Subregión del San Jorge, y su perímetro urbano alcanza un área de 2.26 Km², en el 2020 la cabecera urbana contaba con una población aproximada de 7.907 habitantes, y según el Plan de Desarrollo Dejando Huellas, Comprometidos con Buenavista 2020 -2023 afirma que el 40.2% de la población de Buenavista vive en el centro urbano dejando más de la mitad en las zonas rurales (17).

Para la descripción del alcance se tuvieron en cuenta los siguientes componentes: Aspectos legales, sistema de acueducto en Buenavista, sistema de alcantarillado y cambios en el sistema cultural.

7.1.1 Aspectos legales

En Colombia la ley que regula los servicios públicos de acueducto y alcantarillado, es la ley 142 del año 1994 reglamentando lo establecido en la Constitución Política de 1991, lo cual permitió garantizar la calidad del servicio público asegurando así la calidad de vida de los usuarios, prestación eficiente, aumento de cobertura, otorgamiento de subsidios y régimen tarifario (40).

Basados en la revisión bibliográfica de los aspectos legales se realizó una comparación entre la ley 142 de 1994 y la realidad de la Empresa de Servicios Públicos de Buenavista E.S.P, específicamente del artículo 87 que define los criterios del Régimen Tarifario, los cuales se formularon con el objetivo de garantizar una estructura de pago por los servicios prestados, dentro de los criterios están eficiencia económica, neutralidad, suficiencia financiera, simplicidad, transparencia solidaridad y redistribución (40)(53). Ver cuadro 3

Cuadro 3 Diferencias entre Art. 87 de la ley 142 de 1994 y la empresa de servicios públicos de Buenavista Córdoba

Ley 142/1994, Artículo 87	E.S.P de Buenavista Córdoba
Eficiencia económica: La tarifa deben reflejar los costos de prestar el servicio.	Dada la inexistencia de micro medidores o de medición en los consumos se presenta una situación que impide cobrar una tarifa equitativa a los usuarios y como consecuencia el uso irracional del agua desmejorando así las condiciones técnicas del sistema. En el 2013 la CRA

Ley 142/1994, Artículo 87	E.S.P de Buenavista Córdoba
	aprobó esta metodología tarifaria de acueducto y alcantarillado presentada por la E.S.P y otorgó 5 años para realizar los ajustes necesarios.
Neutralidad: Todos los usuarios tienen el derecho de tener el mismo tratamiento tarifario, por lo tanto la empresa no puede realizar una clasificación tarifaria en el municipio.	No hay información que soporte el cumplimiento de este criterio.
<p>Solidaridad y redistribución: Se asignará recursos a fondos de solidaridad y redistribución, para ofrecer ayudas a los estratos bajos para que puedan acceder es estos servicios básicos.</p> <p>El concepto de solidaridad introduce la estratificación económica y se ha definido los siguientes estratos socio-económicos: Estrato 1: Bajo - Bajo, estrato 2: Bajo, estrato 3: Bajo- Medio, estrato 4: Medio, estrato 5: Alto y estrato 6: Muy alto. Según esto, los subsidios de acueducto y alcantarillado por estrato podrán ser otorgados hasta: Estrato 1: 70%, estrato 2: 40%, estrato 3: 15%, el estrato 4 es el único que debe pagar el consumo real del agua; por otro lado existe la contribución que realizan los estrato 5 y 6 para los estratos 1, 2 y 3, la contribución que hacen esto es: Estrato 5: 50%, el estrato 6: 60%.</p>	<p>En la zona urbana de Buenavista existe la siguiente estratificación con su respectivo porcentaje por usuarios:</p> <p>Estrato 1: 61%</p> <p>Estrato 2: 34%</p> <p>Uso Oficial: 1%</p> <p>Uso Comercial: 4%.</p>
Suficiencia financiera: Para permitir garantizar restablecer los costos y gastos que se realizaron durante la operación, con el objetivo de dar continuidad.	Por la falta de micro medidores este criterio no cumple
Simplicidad: Las tarifas se deben elaborar para facilitar el entendimiento, aplicación y el control.	
Transparencia: El régimen tarifario será público.	

El Departamento Nacional de Planeación - DNP por medio del decreto 394 de 1987 estableció el único sistema tarifario con el fin de agilizar este proceso para la administración y establecer un solo sistema de cobros para los servicios de acueducto y alcantarillado como cobro fijo, consumo básico, consumo complementario y consumo suntuario (44).

Cabe mencionar que la Corporación Autónoma Regional del Valle de Sinú no les cobra tasa por uso de agua a Buenavista, por lo tanto, se aplica la tarifa mínima por la tasa del uso del agua, esta tarifa se ajusta anualmente con base en la variación del índice de presión del consumidor - IPC determinado por el DANE, para el año 2020 no se encontró este dato actualizado, solo la resolución 1571 de 2017 donde afirma que la tarifa mínima 11.5 \$/m³ (52)(54).

Puede agregarse que en la ley 142 del año 1994 también se toca el tema sobre la restauración de las cuencas hidrográficas, que son empleadas para el abastecimiento, transporte y/o disposición final de las aguas residuales. Además, en la ley 99 de 1993 fue introducido el concepto de tasas retributivas con el fin de controlar los vertimientos generados por las actividades antrópicas y a su vez crear incentivos económicos para la descontaminación del agua a causas de los vertimientos; Comprender la tasa retributiva y la normatividad que la ampara permitió contextualizar los vertimientos y la huella hídrica gris del municipio (39)(40).

En ese mismo contexto, fue importante conocer los valores máximos permisibles condicionados en la resolución 631 del 2015, como las características DBO (50).

7.1.2 Sistema de acueducto de Buenavista Córdoba.

De acuerdo a los registros presentados por la E.S.P el municipio de Buenavista cuenta con un tipo de sistema de acueducto convencional, teniendo en cuenta que el sistema de abastecimiento se realiza por el bombeo de dos pozos profundos y la distribución de este se realiza por gravedad, durante el proceso se realiza desinfección por medio de la cloración. A pesar de que la empresa fue creada a mediados del 2002 no se evidenciaron registros que dieran cuenta de una gestión adecuada en los servicios prestados, esta afirmación se realiza a partir de la falta de micromedidores lo que impide el cobro real de los volúmenes de agua consumidos en el área, esto finalmente influye en el cálculo de la huella hídrica del municipio por el servicio de acueducto y de alcantarillado. A continuación, se presenta la descripción de los servicios domiciliarios (53)(55).

Sistema de abastecimiento del municipio:

la Empresa de Servicios Públicos de Buenavista Córdoba E.S.P es quien suministra el agua a el municipio de Buenavista, cuyo sistema de abastecimiento presenta las siguientes condiciones:

- ✓ El sistema de bombeo utilizado por la institución, extrae el agua desde los pozos profundos ubicados en las veredas de Campo Solo y El Paraíso (53).

- ✓ El sistema de macro medición que la empresa determina como caudal captado es: El Paraíso de 24 L/s y en Campo Solo de 13 L/s, cabe aclarar que las motobombas funcionan simultáneamente (53).
- ✓ Para el almacenamiento del agua se dispone de cuatro tanques elevados operativos y se estima que pueden contener 1265 m³ (53).
- ✓ La bomba eléctrica utilizada, opera de lunes a sábados de 6 de la mañana a 6 de la tarde (53).
- ✓ El bombeo de los pozos profundos suple la demanda en el sector urbano de los usuarios/mes con 16 m³ (53).
- ✓ La empresa informa que presta continuidad del servicio 12 horas día (53).
- ✓ La empresa suministra agua 2 horas/día por barrios, en la cabecera municipal (53).

Según el plan de contingencias y de riesgo realizado por la empresa prestadora del servicio de agua potable en el municipio en el año 2020, al obtener el recurso hídrico de pozos profundos se garantiza que se encuentra en el 90% de su potabilidad para el consumo humano, pero a su vez se tuvo en cuenta el aspecto bacteriológico exponiendo un riesgo alto de contaminación en el tanque de almacenamiento, en las tuberías y derivaciones domiciliarias, y como respuesta para minimizarlo, el sector urbano cuenta con el sistema de cloración, cloro gaseoso utilizado para la desinfección del agua, y se aplica 12 horas/día, es importante mencionar que este proceso de desinfección se ejecuta desde el año 2014 (53).

Al contrastar la información entre la potabilidad en la que se encuentra en agua extraída de los pozos profundos, donde la E.S.P asegura estar en un 90% de su potabilidad, y los resultados del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua - IRCA, registro de la última muestra realizada en el año 2018, arrojó un resultado de 18.4 % que a vez es clasificado por la resolución 2115 como riesgo medio (49)(53). Además, en el diagnóstico consolidado de los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico en el departamento de Córdoba, realizado entre el departamento de Córdoba y Ponce De León y Asociados S.A Ingenieros consultores califica la calidad del agua tratada como no apta para los habitantes de Buenavista (56).

En el cuadro 4 se muestra el sistema de abastecimiento de agua que utiliza la empresa de servicios públicos de Buenavista, acorde a los informes técnicos de perforación realizados a las fuentes subterráneas:

Cuadro 4 Comparativo entre los pozos profundos

Pozos profundos	El Paraíso	Campo Solo
Localización:	Se encuentra ubicado en una finca, en la vereda El Paraíso, a 8 Km de la de la	Se encuentra ubicado en una finca, en la vereda Campo Solo, a 7 Km de la cabecera

Pozos profundos	El Paraíso	Campo Solo
	cabecera municipal y su coordenada geográfica es: Latitud: 8,282809" N Longitud: -75,459694 W (57).	municipal y su coordenada geográfica es: Latitud: 8,276838" N Longitud: -75,465523 W (58).
Método de perforación:	Se utilizó un taladro tipo camión, con una capacidad de perforación de 350 m (57)(58).	
Profundidad:	157 m (57).	193 m (58).
Diámetros:	16" (57) (58).	
Caudal de bombeo - Qp:	En la prueba realizada en el año 2008 fue de 32 L/s (57).	En la prueba realizada en el año 2008 fue de 26 L/s (58).
Volumen bombeado - Qo:	En 24 horas fue de 2.764.800 L/día (57).	En 24 horas fue de 2.246.400 L/día (58).
Caudal máximo de explotación:	32 L/s en el 2008 (57) y 24 L/s en el 2020 (53).	26 L/s en el 2008 (58) y 18 L/s en el 2020 (53).

Fuente: Informe final del pozo profundo El Paraíso que abastece al municipio Buenavista-Córdoba, Informe técnico final de perforación y Plan de contingencia y riesgos en el sector de agua potable y saneamiento básico 2020 (53)(57)(58).

La totalidad de los usuarios del acueducto urbano se encuentra divididos en los 20 barrios que conforman la cabecera municipal de Buenavista: 10 de Julio, 3 de enero, 7 de Julio, Bogotá, El Almendro, El Carmen, El Centro, El Recreo, El Porvenir, La Esperanza, La Estrella, La Paz, Las Delicias, Buenavista, María Auxiliadora, Minuto de Dios, San José, San Martín, Urbanización La Esperanza y Polideportivo, la institución que presta el servicio de acueducto asegura tener una cobertura del 100% de las viviendas que se encuentran en el casco urbano (17)(53).

Según el Plan de Desarrollo de Buenavista 2020-2023 y el Plan de Contingencia y Riesgo en el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico realizado en el año 2020, afirman tener una cobertura del 100% por el servicio de acueducto en la zona urbana, sin embargo, el mismo documento emitido por la empresa indica que el número de domicilios era de 2150 y el número de usuarios era de 1943. Conforme a la ley 142 de 1994 un suscriptor es aquella persona natural o jurídica con la que se celebra un contrato de servicios públicos y un usuario es aquella persona que se beneficia del servicio público; si se hace la relación entre los dos conceptos domicilio y suscriptor, debería existir la misma cantidad, o sea un contrato por vivienda. Por lo mencionado anteriormente, se estima que la cobertura en la cabecera municipal era de 90.3% y no de un 100% (17)(40)(53).

Con el objetivo de conocer los caudales y volúmenes de agua en el sistema de acueducto, la empresa cuenta con cinco macro medidores los cuales se encuentran ubicados en zonas estratégicas como lo son los dos pozos profundos y tres en los tanques de almacenamiento localizados en el Carmen y en el Mercado, cabe

mencionar que los funcionarios llevan registros semanales de los valores obtenidos y oscilan entre 24 L/s en El Paraíso y 13 L/s en Campo Solo (53).

Por otro lado, se presenta la desventaja que la empresa expone con relación a los micro medidores, debido a que las viviendas que reciben el servicio no cuentan con este; con el apoyo de la administración municipal y el plan departamental de aguas, desde el año 2016 empezaron el proceso de instalación de medidores en la primera fase en el estrato 2, hasta el momento, en el informe entregado por la empresa en el año 2020 se tiene registro de 675 medidores instalados en el área urbana (53).

Y en el programa de control de índice de agua no contabilizada - IANC, índice que se utiliza para poder identificar la cantidad de agua potabilizada pero que a su vez no fue facturada representando así las pérdidas del agua que se tiene en el sistema de acueductos ya sea por conexiones ilegales, manipulación directa de los medidores, errores de medición y/o filtraciones. Adicionalmente la norma específica que las pérdidas deben contar con un valor máximo permitido del 30% y en caso de que ese valor pase los límites establecidos se deberá diseñar e implementar un programa con el objetivo de controlar el suministro del recurso por parte de la empresa disminuyendo los volúmenes de agua en el indicador (48)(51).

Al no contar con micro medidores en los domicilios la empresa no puede conocer la cantidad del recurso consumida por los usuarios, esto tampoco permite conocer las pérdidas en el sistema a partir de distribución de los cuatro tanques elevados operativos, por esto en el programa de control de pérdidas que realiza la institución toma el 30% del agua suministrada como proporción de agua no contabilizada y de pérdida (53). Estos datos se consideraron en la descripción de la huella hídrica azul del municipio, debido a que son fuentes subterráneas las que alimentan el sistema de abastecimiento de Buenavista - Córdoba (59).

7.1.3 Sistema del alcantarillado del municipio de Buenavista:

Al igual que el sistema de acueducto, el sistema de alcantarillado es operado por la Empresa de Servicios Públicos de Buenavista Córdoba E.S.P. En la actualidad esta empresa es la única que presta el servicio en el municipio, y presenta las siguientes condiciones (55):

- ✓ El sistema de alcantarillado es convencional, ya que funciona por gravedad (55).
- ✓ El sistema de recolección de aguas residuales cuenta con una sola línea para la concurrencia de aguas servidas generadas en la zona urbana (55).
- ✓ El conjunto de redes, tuberías y equipos que forman o hacen parte del sistema de alcantarillado es de propiedad municipal y cabe mencionar que estas tienen una edad promedio de 20 años (55).
- ✓ La cobertura de alcantarillado es del 97%, según la E.S.P (55).

- ✓ Las aguas residuales que son conducidas por la red de alcantarillado llegan a dos lagunas de oxidación y posteriormente pasan a un cuerpo de agua superficial del arroyo El Bagre, de esta fuente no se encontró información que ayudara a entender mejor el contexto sobre las implicaciones de la descarga de las lagunas de oxidación (55).
- ✓ La empresa no tiene los registros de los volúmenes de descarga de los vertimientos, ya que no cuenta con la infraestructura (55).

Con la información de cobertura por sistema de alcantarillado se contrastó con dos informes realizados en el mismo año, y en los dos afirmaban coberturas diferentes, según el Plan de Desarrollo 2020-2023 la cobertura era del 80% y según el Plan de Contingencias y de Riesgo era 97%, pero al realizar el cálculo con los datos del número de viviendas 2150 y el número de usuarios por alcantarillado 1312, encontrados en el informe de la E.S.P, resulta una cobertura de 61% (17)(55).

El servicio público de alcantarillado se compone por redes de evacuación y lagunas de oxidación, cabe mencionar que las lagunas son conocidas por ser uno de los métodos más simples para el tratamiento de aguas servidas, generalmente su forma es cuadrada o rectangular, las lagunas tienen como objetivo remover de las aguas residuales la materia orgánica que origina la contaminación a través de actividad bacteriana (60).

En el cuadro 5 se muestran las ventajas y desventajas que acompañan a las lagunas de oxidación como sistemas de tratamiento (60).

Cuadro 5 Ventajas y desventajas de las lagunas de oxidación

Ventajas	Desventajas
Bajo consumo energético	Altos requerimientos de terreno.
Bajos costos (equipo y accesorios simples, como tuberías y bombas)	Gran producción de lodos.
Baja complejidad.	Generación de malos olores.
Mantenimiento y operación simple, ya que no requiere equipos de alta tecnologías y a su vez funcionarios capacitados para la labor.	El funcionamiento depende de condiciones ambientales como lo es la irradiación solar y la temperatura.
Posibilidad de crear un sistema de cultivo de algas.	Proliferación de insectos.

Fuente: Diseño de las lagunas de estabilización (60)

Para conocer el área de las de las dos lagunas de oxidación se utilizó Google Earth Pro herramienta que ofrece datos geoespaciales y se encuentra disponible para el público, se utiliza por lo general para medir distancias aproximadas como se puede observar en la siguiente figura, el área de la laguna 1 es de 7.977 M2 y el de la laguna 2 es de 7.504 M2. Ver figura 5.

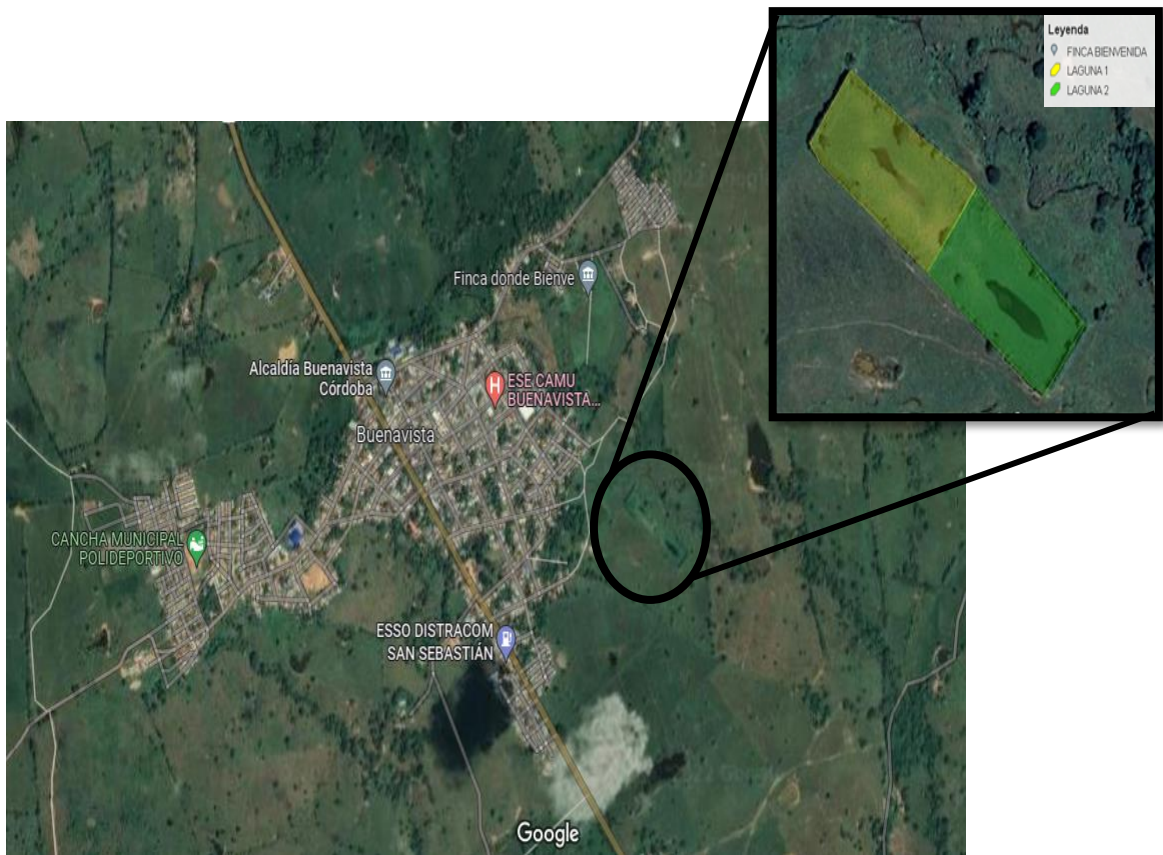


Figura 5 Ubicación de las lagunas de oxidación del municipio de Buenavista Córdoba

Fuente: Google Earth Pro

Con relación a los caudales de las dos lagunas ubicada al nororiente dentro del perímetro urbano, la empresa no ha implementado ningún método para conocer el caudal de entrada, ni el caudal de la salida de las lagunas, pero manifiestan sacar un promedio estimado por el número de viviendas, realizando la sumatoria logran obtener un caudal total aproximado. Por otro lado, la empresa no realiza toma de muestras para determinar el control de calidad de los vertimientos (55).

El conocimiento sobre las características de la red de alcantarillado de Buenavista y el sistema de tratamiento que se le realiza a las aguas servidas influyen en la medición de la huella hídrica gris. Puede agregarse que para el cálculo de esta huella se estimó la demanda bioquímica de oxígeno a partir de información secundaria y lo estipulado en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Teniendo en cuenta los elementos mencionados y la disponibilidad de la información secundaria utilizada en este estudio, se estimó la huella hídrica en el área urbana del municipio, solo para el año 2020. A partir de la información y datos suministrados

por la E.S.P; y debido a la inexistencia de datos y que el estudio está centrado en la zona urbana no se determinó la huella hídrica verde, la cual hace referencia al agua lluvia almacenada en el suelo como humedad, directamente relacionada la actividad de agricultura, además es la única de las tres que no se intenta controlar o reducir (36).

7.1.4 Cambios en el sistema cultural de la población con el recurso hídrico.

El agua es uno de los recursos más valiosos con los que cuenta la humanidad, este se utiliza para el incremento en la producción de bienes y servicios, ya sea en actividades domésticas, industriales y/o agrícolas, además, por la relación que existe entre la sociedad y el agua también se debe tener en cuenta los problemas asociados a las aguas contaminadas, debido a que estas pueden originar amenazas hacia la salud y calidad de vida, por lo que es necesario mejorar la relación entre el agua y la comunidad a través de diferentes estrategias optimas (61).

Ahora bien, los habitantes del centro urbano de Buenavista se han venido incorporando a este cambio lentamente, antes de la llegada de la E.S.P la cabecera municipal se abastecían con el agua de lluvia y por medios de pozos artesanales que hoy en día la empresa los identifican como fuentes alternativas de abastecimiento de agua, y fue solo hasta el 2002 que la empresa inicio el proceso de prestación de servicios domiciliarios de acueducto y alcantarillado, pero durante el tiempo de la prestación del servicio se ha presentado diferentes problemas en los siguientes aspectos (55)(62):

- **Mantenimiento y limpieza de los pozos profundos:** Debido a que la empresa no presupuestó estos elementos queda en manos del municipio, la limpieza la realizan en promedio cada dos años y los costos del proceso se encuentra, aproximadamente, \$70.000.000,00, y cada vez la capacidad financiera en el sector del agua es más reducida (55).
- **Consumo del agua:** Al no contar con micro medidores en las viviendas y debido a esto la empresa cobra por el estrato socioeconómico y no el consumo real, los usuarios malgastan el recurso ya que esto no les genera repercusiones económicas (55)(62).
- **Gestión financiera y comercial:** La empresa ha tenido contratiempos por la falta de cultura de pago de los usuarios, y esta situación ha generado un alto índice de pérdida a la E.S.P exponiendo un riesgo su viabilidad financiera y por ende la calidad de los servicios (55)(63).

La empresa para darle soluciones a estos problemas ha realizado diferentes acciones para ir corrigiendo y mejorando el servicio, entre ellos, ir mejorando la gestión entre la ESP y la alcaldía, instalación de micro medidores, sigue en proceso, y campañas integrales de pedagogía social sobre la cultura de ahorro y de pago.

Entre los problemas anteriormente mencionados, cabe resaltar la evolución de cultura de pago que se puede observar entre los años 2017, 2018 y 2019, como se puede evidenciar en las figuras 6 y 7, la demanda del agua ha ido incrementando en los años evaluados y en ese tiempo no se logró recaudar ni la mitad de las deudas que se generaron en la prestación del servicio (63).

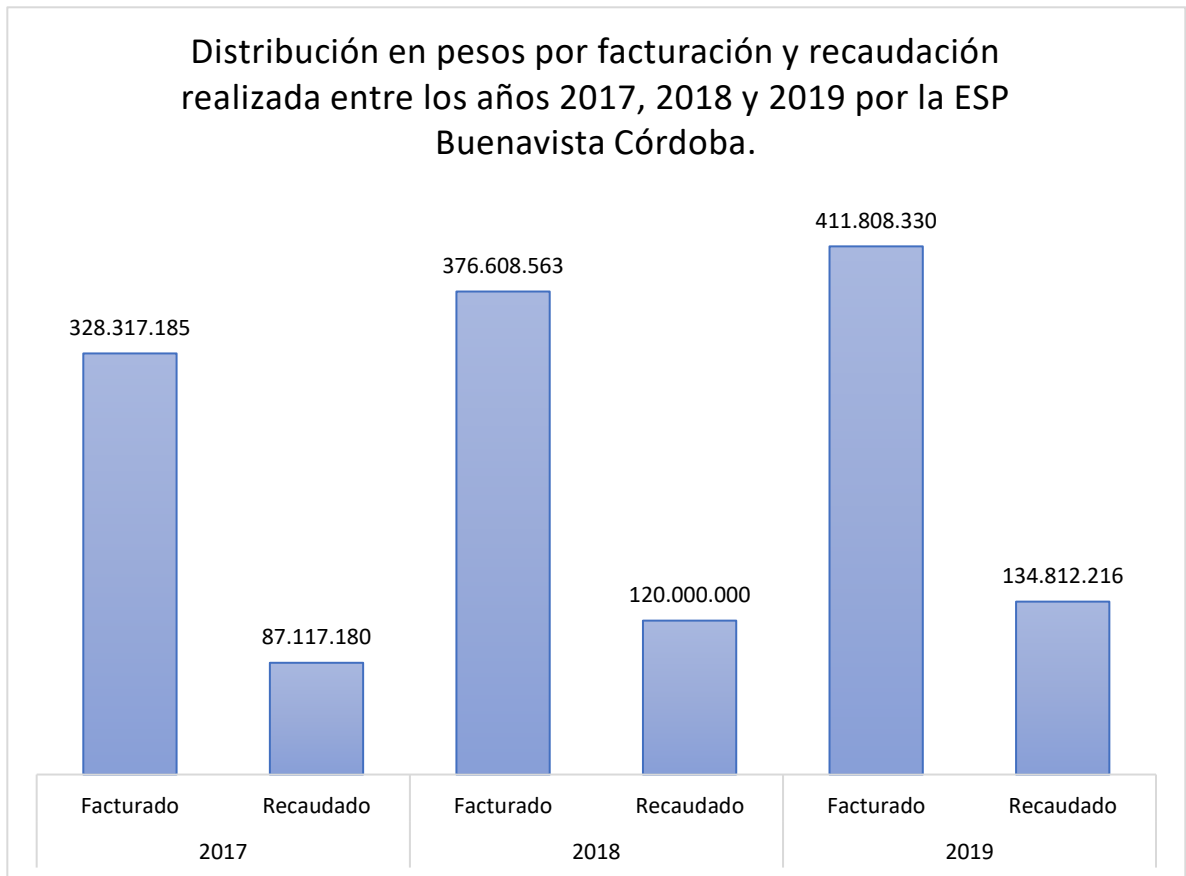


Figura 6 Distribución por facturación y cartera recaudada entre los años 2017, 2018 y 2019 realizado por la empresa de servicios públicos de Buenavista Córdoba (63).

Fuente: Informe de práctica empresarial, procesos de gestión comercial, normalización y seguimiento de usuarios en la reducción de pérdidas comerciales de la empresa de servicios públicos del municipio de Buenavista Córdoba (63).

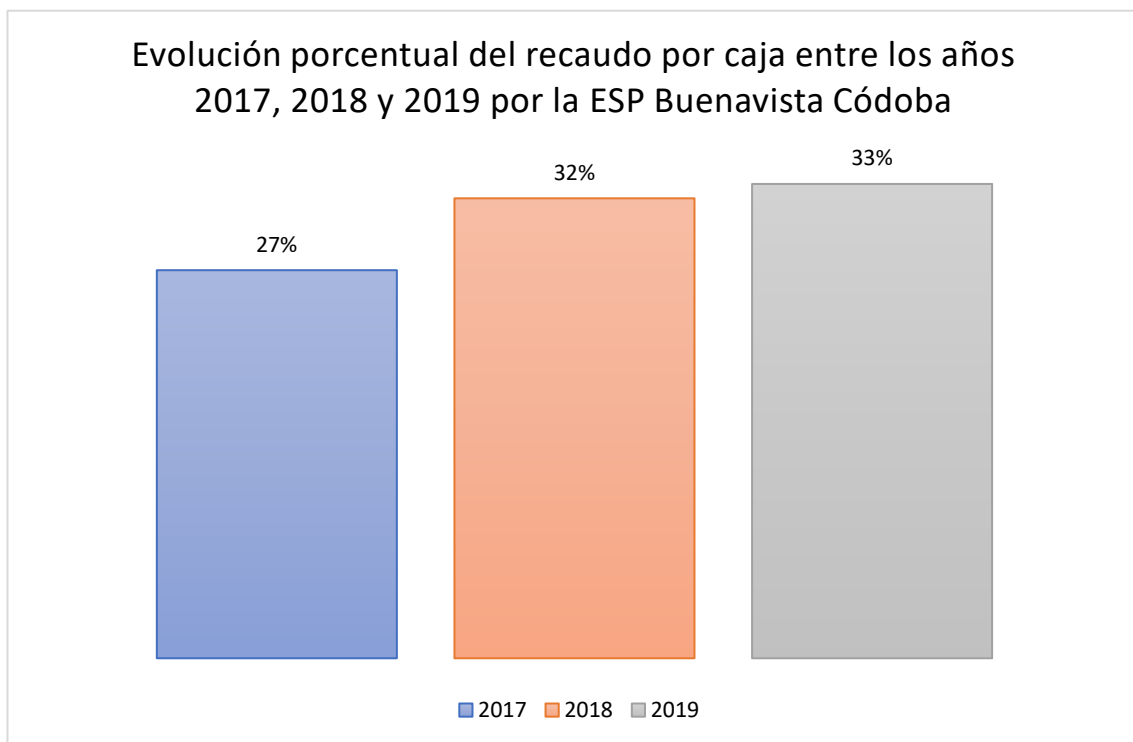


Figura 7 Distribución del recaudo realizado por la caja entre los años 2017, 2018 y 2019 por la empresa de servicios públicos de Buenavista Córdoba (63).

Fuente: Informe de práctica empresarial, procesos de gestión comercial, normalización y seguimiento de usuarios en la reducción de pérdidas comerciales de la empresa de servicios públicos del municipio de Buenavista Córdoba (63).

Por otro lado, en los casos de escasez la empresa afirma que los habitantes de Buenavista logran eludir entre 12 y 15 días la escasez del recurso debido al almacenamiento domiciliario, y en casos extremos los residentes acuden a pozos artesanales y la empresa a pozos profundos de diferentes familias del municipio, pero no hay información sobre los caudales captados de los otros pozos (55).

7.2 Huella hídrica por el servicio de acueducto y alcantarillado en el municipio de Buenavista Córdoba en el año 2020.

Al observar las características mencionadas de Buenavista, la información de fuentes secundarias y el marco normativo vigente, la metodología de la huella hídrica se realizó de la siguiente manera:

Huella hídrica azul:

La apreciación de la huella hídrica azul, como se mencionó en el marco conceptual, permite conocer la cantidad de agua dulce en determinado periodo que es utilizada para satisfacer diferentes necesidades en distintos sectores. Estudiando el concepto de la huella hídrica azul y aplicándolo en el municipio de Buenavista, se tiene en cuenta los siguientes elementos: a) Los datos del consumo de agua en el año 2020 facturados por la empresa y b) Los volúmenes de agua calculados por el índice del agua no contabilizada, esto se debe tener en cuenta a la hora de medir esta huella, ya que expresa una cantidad de agua captada del sistema hídrico representando una afectación directa. Lo mencionado anteriormente se puede representar en la siguiente ecuación para calcular la huella hídrica azul, todo expresado en m³ (11):

$$HH_{AZUL} = HH_{CONSUMOS} + HH_{IANC}$$

Lo primero que se realizó, fue conocer los volúmenes de agua extraída por la institución de los pozos profundos para abastecer al centro urbano, para conocer este dato fueron solicitados los registros de la empresa en el año 2020, pero por falta de ellos se realizó una estimación con los datos que si se tenían y el marco normativo vigente, ya que la huella hídrica azul corresponde a la captación anual del agua para el sistema de acueducto Buenavista.

La identificación de los volúmenes de agua extraídos en el año 2020 se tuvo en cuenta los siguientes datos presentados en el cuadro 6:

Cuadro 6 Datos recolectados y resultados de la huella hídrica azul del municipio en el año 2020.

Buenavista - zona urbana	2020
Volumen usuario/mes: *	16,47 m ³ /usuario/mes
Habitantes: *	7907
Habitantes con acceso al servicio de acueducto:*	7140
Usuarios – estrato 1 y 2: *	1943
Consumo anual real m ³ : *	384.014,52
Índice de agua no contabilizada IANC – RAS: *	30%
Volúmenes por IANC (m ³ / año):	115.204,35
Volumen anual (m ³)	268.810,164
Consumo per cápita:	53,78 m ³ hab/año

*: Plan de contingencias y de riesgo realizado por la empresa prestadora del servicio de agua potable en el municipio en el año 2020 (53).

Es importante aclarar que algunos de los datos presentados en el cuadro 6 fueron obtenidos a través de la información secundaria suministrada por la E.S.P y otros datos se obtuvieron de la siguiente manera:

- ✓ Para conocer el número de personas que tienen acceso al servicio de acueducto, se tuvo en cuenta la cobertura de 90,3%:

$$X = \frac{7907 \text{ hab} * 90,3\%}{100\%} = 7140 \text{ hab}$$

- ✓ Huella hídrica azul:

Según la E.S.P, la oferta de agua en la cabecera municipal de usuario/mes era de 16,47 m³, a partir de este dato se realizó la conversión de mes a año:

$$16,47 \frac{m^3}{mes} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 197,64 m^3/\text{usuario/año}$$

Después de haber obtenido el consumo de usuario/año, se pudo conocer el consumo anual real de la cabecera municipal a través del bombeo de los pozos profundos por medio de los usuarios:

$$X = 197,64 \text{ m}^3/\text{año} * 1943 \text{ usuarios} = 384014,52 \text{ m}^3/\text{año}$$

Por medio de la anterior formula se obtuvo la huella hídrica azul del año 2020 por el servicio de acueducto, pero para este estudio se buscó conocer los elementos de la ecuación presentada en el marco conceptual en el área urbana de Buenavista, $HH_{AZUL} = HH_{CONSUMOS} + HH_{IANC}$

- ✓ HH_{IANC} :

La E.S.P cuenta con un programa de control de pérdidas, pero al no contar con micro medidores toman el 30% del agua captada por medio de bombeo de los dos pozos profundos como la cantidad de agua no contabilizada y de perdida:

$$X = \frac{384014,52 \text{ m}^3 * 30\%}{100\%} = 115204,36 \text{ m}^3$$

- ✓ $HH_{CONSUMOS}$:

Al restar el índice de agua no contabilizada y de perdida a la cantidad de agua en m³ producida en el año 2020, se obtuvo el consumo directo de agua:

$$X = 384014,52 \text{ m}^3 - 115204,36 \text{ m}^3 = 268810,16 \text{ m}^3$$

Con los datos presentados anteriormente se puede desarrollar la fórmula de huella hídrica azul por el servicio de acueducto en la cabecera municipal en el año 2020:

$$X = 268810,16m^3 + 115204,36 m^3 = 384014,52 m^3$$

Y para obtener la huella hídrica per cápita en el municipio de Buenavista se dividió el resultado de metros cúbicos entre la cantidad de la población:

$$X = \frac{384014,52 m^3}{7140 \text{ hab}} = 53,78 m^3/\text{habitante/año}$$

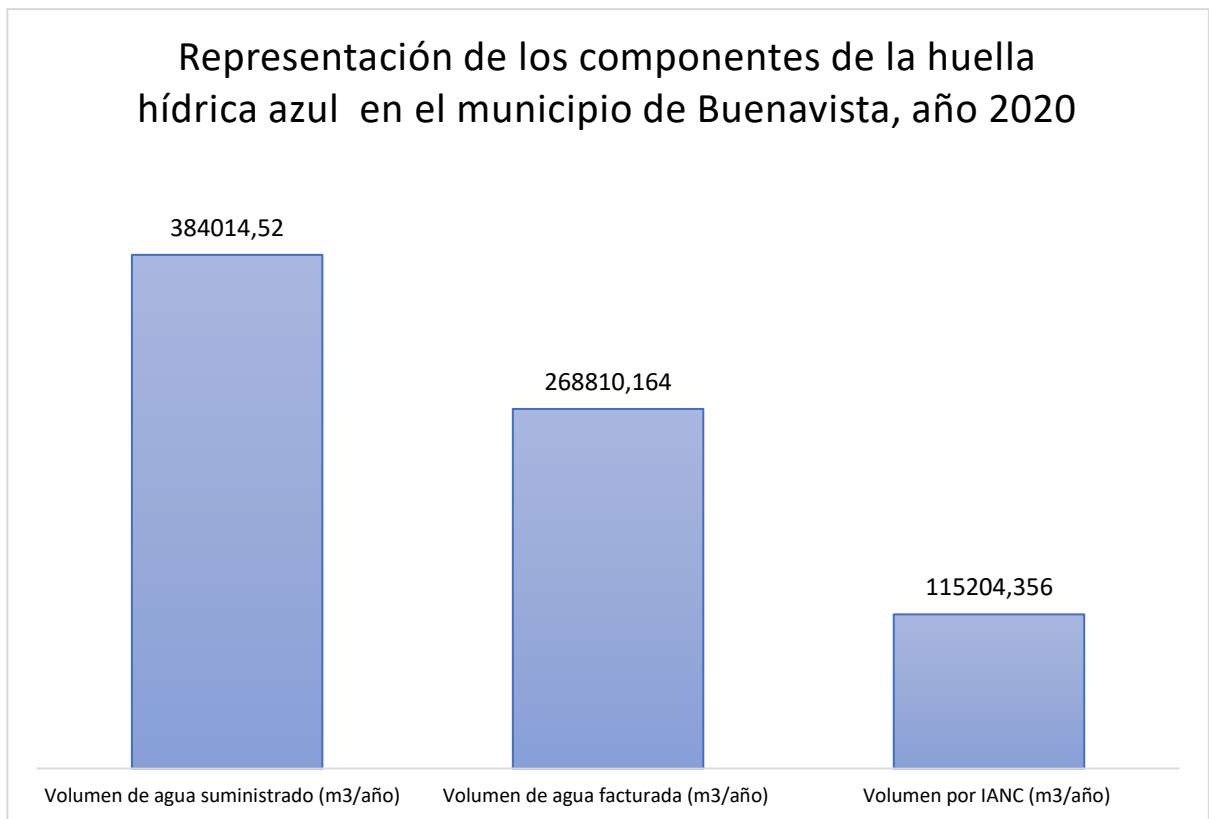


Figura 8 Estado en m³ de la huella hídrica azul total de la zona urbana del municipio de Buenavista Córdoba en el año 2020.

El volumen de agua suministrada, es la cantidad de agua producida y es distribuida por la red de acueducto; los volúmenes de agua facturada, es la cantidad de agua registrada que fue consumida por los usuarios y la diferencia entre estos consumos determina el Índice de Agua No Contabilizada - IANC, vinculado directamente a elementos tecnológicos del sistema y/o elementos ilegales (64). Según la información otorgada por la empresa no existen pérdidas de agua entre los pozos profundos y los tanques elevados operativos, y como se mencionó anteriormente la

empresa de servicios públicos domiciliarios tiene un programa de control de pérdidas, donde toman el 30% del agua captada como IANC y de pérdida, por lo tanto, se estima que el agua consumida por los usuarios fue de 268.810,164 m³ en el año 2020, como se puede observar en la figura 8 (51)(55).

Buenavista cuenta con una altitud de 60 msnm y se encuentra establecido que los municipios con una altitud promedio o menor de 1000 msnm deberá tener un consumo básico de 16 m³/usuario/mes y la E.S.P manifiesta cumplir con una demanda de 16,47 m³/usuario/mes, estos valores fueron calculados y presentados en la figura 9, lo que nos permite concluir que la diferencia entre lo sugerido y la realidad de Buenavista es de 913,21 m³ en el año 2020 (48)(53).

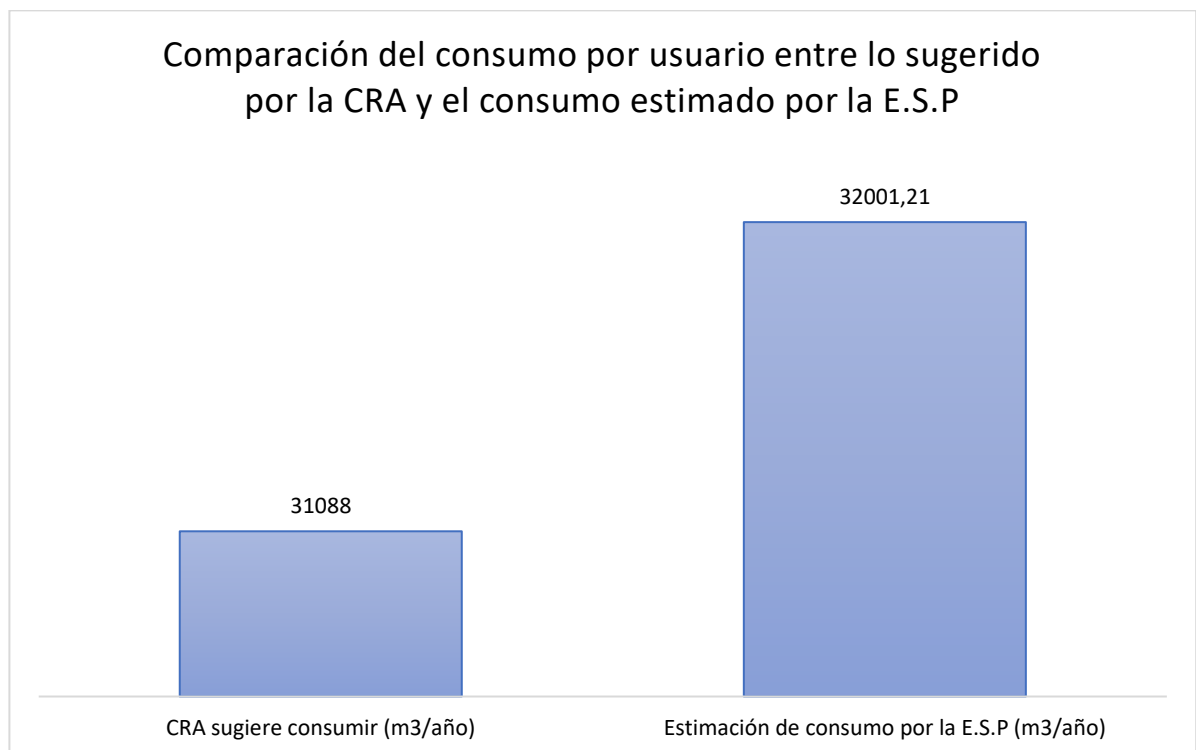


Figura 9 Comparación entre en consumo regulado por la RAS y el consumo estimado del área urbana del municipio de Buenavista por usuario, en el año 2020 (48)(53).

Algunos componentes como el registro anual facturado, suministrado e IANC se pueden regular a través de sistemas de inspección y control por parte de la empresa, con el objetivo de crear programas de disminución de volúmenes facturados y el programa de control de pérdidas y así poder realizar una adecuada gestión del recurso.

Huella hídrica gris:

Para la estimación de la huella hídrica gris, como también se mencionó en el marco conceptual, es la cantidad de agua dulce que se necesita para asimilar la carga de contaminantes, teniendo en cuenta que en este estudio las aguas residuales después de pasar por las lagunas de oxidación desembocan al arroyo El Bagre (11).

Al igual que la huella hídrica azul, la huella hídrica gris se realizó solamente para el periodo 2020 y la información requerida para el cálculo fue estimada con los datos recolectados y el marco normativo, como: los volúmenes de descarga en la zona urbana y la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno DBO.

Con respecto a lo anterior, se presenta la ecuación para calcular la huella hídrica gris en el municipio de Buenavista (11):

$$HH_{GRIS} = \frac{L}{C_{max} - C}$$

Dónde:

L: Carga de contaminantes de Buenavista, en Kg/día (11).

C_{max}: Concentración Máxima Permisible de la DBO, en Kg/m³ (11).

C: Concentración de DBO en la fuente receptora, en Kg/m³ (11).

Para el desarrollo de la expresión se tuvo en cuenta los siguientes datos presentados en el cuadro 7.

Cuadro 7 Datos obtenidos y resultado de la huella hídrica gris en el municipio de Buenavista en el año 2020

Buenavista – zona urbana	2020
Habitantes:	7907
Domicilios:	2150
Cobertura:	1312 usuarios
Habitantes con acceso al servicio de alcantarillado:	5248
Consumo:	16,47 m ³ /usuario/mes
Caudal:	21.608,64 m ³ /mes
Caudal real:	116,45 L/hab/día
Concentración sugerida DBO – RAS:	50gr/hab/día
Carga de contaminante DBO:	262,17 kg/día
Concentración máxima permisible DBO:	0.09 Kg/m ³
Concentración de DBO:	0.02 Kg/m ³
Huella hídrica gris anual:	1.367.029,28 m ³

Los datos presentados en el cuadro 7 se obtuvieron de la siguiente manera:

- ✓ Para conocer el número de habitantes que tienen acceso al servicio de alcantarillado, se tuvo en cuenta lo siguientes:

$$X = \frac{7907 \text{ hab}}{2150 \text{ viviendas}} = 3,67 \text{ hab/vivienda}$$

Se estima que el número de personas que habitan en un domicilio es 3,67 por lo tanto se puede decir que hay 4 personas por vivienda o por usuario.

$$X = 4 \text{ hab} * 1312 \text{ usuarios} = 5248$$

Por medio de la expresión se puede afirmar que 5248 personas tenían acceso al servicio de alcantarillado en el área urbana

- ✓ Como la E.S.P no disponía de un método para estimar el caudal de las lagunas de oxidación, el dato se obtuvo a través de las siguientes ecuaciones:

$$Q_{AR} = 16,47 \text{ m}^3/\text{usuario/mes} * 1312 \text{ usuarios} = 21608,64 \text{ m}^3/\text{mes}$$

$$X = \frac{21608,64 \text{ m}^3/\text{mes}}{5248 \text{ hab}} = 4,11 \text{ m}^3/\text{hab/mes}$$

Se realiza conversión de m³/hab/mes a litros/hab/día

$$4,11 \text{ m}^3/\text{hab/mes} = 4,11 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} * \frac{1000 \text{ L}}{\text{m}^3} = 137 \text{ L/hab/día}$$

Según el RAS el factor de no retorno es de 0,8 -0,9 y sugiere el 0,85.

$$Q_{REAL} = 137 \text{ L/hab/día} * 0,85 = 116,45 \text{ L/hab/día}$$

Por lo tanto, se puede afirmar que el caudal por habitante en el municipio es de 116,45 L/hab/día.

- ✓ Carga de contaminante:

Este dato debería ser el resultado de las mediciones o datos reales de muestreo realizado por el municipio, pero al no presentarse se toma lo establecido en la resolución 330 de 2017, donde la producción Per Cápita promedio de una persona es de 50 g/hab/día para DBO. Con esta información se realiza la siguiente formula (51):

$$L = \frac{50 \text{ gr}}{\text{hab/día}} * \frac{\text{hab/día}}{116,45 \text{ litros}} = 0,429 \text{ gr/litros}$$

$$= 0,429 \frac{gr}{litros} * \frac{1 kg}{1000 gr} = 0,000429 kg/litros$$

$$Q = 116,45 \frac{litros}{hab/día} * 5248 hab = 611.129,6 litros/día$$

$$L = 611.129,6 litros/día * 0,000429 Kg/litros = 262,17 Kg/día$$

$$L = 262,17 Kg/día$$

✓ Concentración máxima permisible de DBO

Los valores límites máximos permisibles se encuentra establecidos en la resolución 631 del año 2015, por lo tanto, el valor máximo permisible en los vertimientos de agua residuales de los prestadores del servicio público es de 90.00 mg/L para DBO (50).

Conversión de mg/L a Kg/m³:

$$90.00 \frac{mg}{l} = 90.00 \frac{mg}{l} * \frac{1 g}{1000 mg} * \frac{1 kg}{1000 g} * \frac{1000 l}{1 m^3} = 0.09 \frac{kg}{m^3}$$

✓ Concentración natural del DBO en el agua receptora:

El parámetro DBO se utiliza para medir el grado de contaminación del agua receptora. Al no contar con el dato real se toma el valor de 20 mg/L, que es el valor menor de referencia de agua poco contaminada (65).

Conversión de mg/L a Kg/m³:

$$20.00 \frac{mg}{l} = 20.00 \frac{mg}{l} * \frac{1 g}{1000 mg} * \frac{1 kg}{1000 g} * \frac{1000 l}{1 m^3} = 0.02 \frac{kg}{m^3}$$

✓ Huella hídrica gris:

Para conocer la huella hídrica gris por el servicio de alcantarillado para el año 2020, se ejecutó la formula con los datos anteriormente obtenidos:

$$HH_{GRIS} = \frac{262,17 Kg/día}{0.09 Kg/m^3 - 0.02 Kg/m^3} = 3.745 m^3/día$$

$$= 3.745 m^3/día * 365 días = 1.367.029,28 m^3$$

$$HH_{GRIS} = 1.367.029,28 m^3/año$$

Con los datos obtenidos por medio de las fórmulas anteriormente presentadas, se estima que la huella hídrica gris de la zona urbana del municipio de Buenavista Córdoba en el año 2020 era de 1.367.029,28 m³/año, volumen de agua que se necesita para asimilar las concentraciones del área. Según Hoekstra, mientras la huella hídrica gris no supere el caudal del afluente receptor, este podrá asimilar su carga, en los casos en donde el valor de la huella sea igual al caudal significa que la concentración es precisamente a la mencionada en la norma y en caso de ser superior al caudal significa que sobrepasa la capacidad del río o arroyo (11).

Con respecto al cálculo de la huella hídrica total, se realizó la sumatoria de los resultados estimados por métodos estadísticos para la huella hídrica azul y huella hídrica gris en el año 2020, arrojando un valor de 1.751.043,8 m³/ año, como se puede observar en la figura 10.

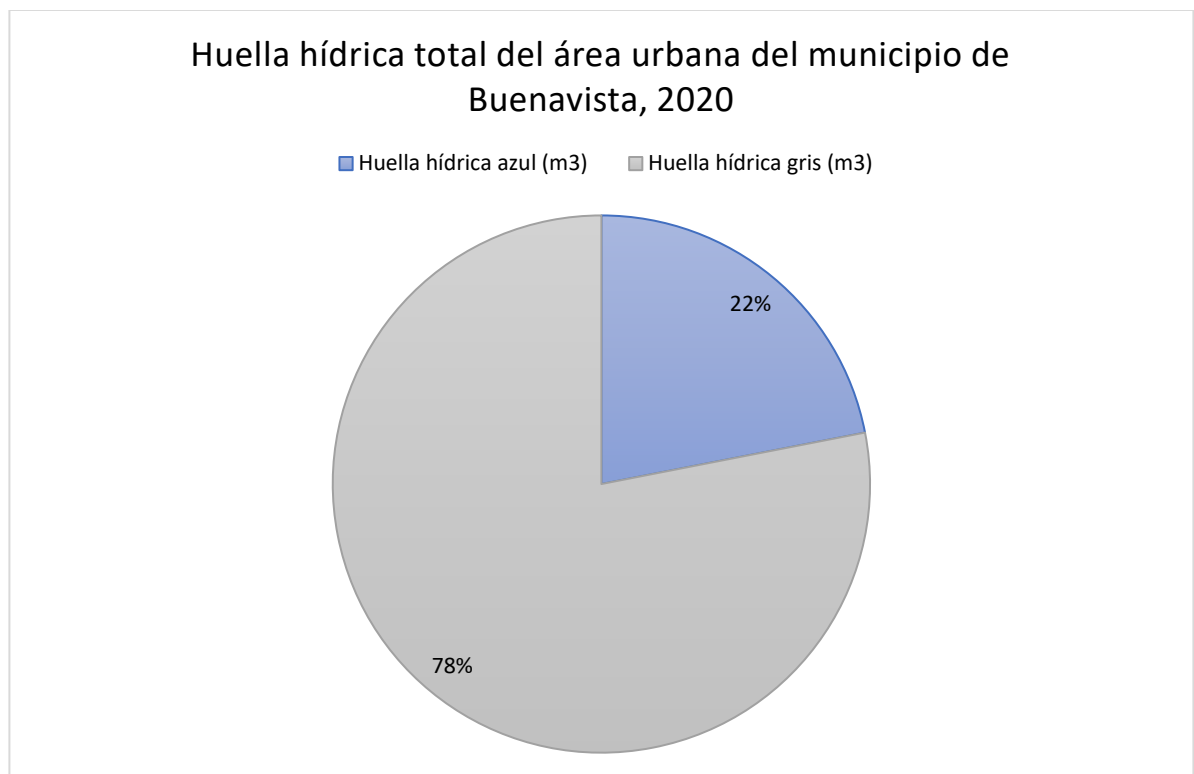


Figura 10 Distribución de la huella hídrica total generada en el área urbana en el municipio de Buenavista en el año 2020.

Más de la mitad de la huella hídrica total pertenece a la huella hídrica gris, cantidad de agua requerida para diluir la concentración de DBO, en este caso el 78%, es decir, que por cada 3m³ estimado como HH total, 2m³ pertenecía a la HH gris y el 22% lo representó la huella hídrica azul, valor que hace referencia a la cantidad distribuida por la E.S.P para el consumo humano en el año 2020.

7.3 Sostenibilidad de la huella hídrica del municipio de Buenavista Córdoba.

A partir de la revisión bibliográfica y de los resultados de cuantificación de la huella hídrica se abordó el tercer objetivo, bajo el contexto de las características del municipio de Buenavista Córdoba. Se detalló la sostenibilidad de la huella hídrica azul y de la huella hídrica gris en función de la capacidad operativa de la empresa de servicios públicos del municipio, encargada de suministrar el agua por medio el sistema de acueducto y recolección de las aguas residuales generadas a través del sistema de alcantarillado (66).

El análisis de la sostenibilidad de la huella hídrica cuenta con diferentes dimensiones, como lo son, las dimensiones ambientales, sociales y económicas y se puede realizar en una zona de captación o en una cuenca (66). Los criterios se pueden observar a continuación:

7.3.1 Sostenibilidad ambiental:

El primer criterio examina la calidad del agua a partir de los límites establecidos en la normatividad vigente y el flujo del agua con el objetivo de no poner en riesgo los ecosistemas que depende de ello (66).

En el caso de Buenavista, la E.S.P obtiene el agua a través del sistema de bombeo eléctrico de dos pozos profundos, esta debe tener presente el abatimiento de los pozos, ya que afectaciones son difícilmente reversibles y afectan directamente a la comunidad (53). Para este punto se tuvo en cuenta el diagnóstico consolidado de los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico en el departamento de Córdoba, ya que menciona, que el municipio tiene una demanda de agua insuficiente debido a la explotación de los pozos, y aclara que el desconocimiento de la oferta natural puede estar ocasionando efectos negativos sobre el recurso, por lo que la fragilidad por disponibilidad del recurso por medio de los pozos puede ser alta (56).

Por otro lado, el sistema de captación, aducción y distribución tiene falencias en cuanto a la fragilidad en el sistema eléctrico que provee y abastece los pozos de energía, y según la institución se realizaba escaso mantenimiento y/o limpieza a los pozos, red de aducción y conducción primaria (53).

Para la huella hídrica gris, es necesario realizar verificación y control operacional al sistema de aguas residuales, controles ambientales y realizar los respectivos

procesos en el sistema, ya que la empresa asegura que las lagunas de oxidación no están cumpliendo su cometido debido a que no se realiza una adecuada depuración de algunos elementos y los efluentes del arroyo el Bagre están altamente contaminados generando una afectación directa sobre la flora y la fauna. Cabe mencionar que cuando la huella hídrica gris supera la oferta del cuerpo de agua durante varios meses, se identifica el afluente como no sostenible en términos de calidad (53)(66).

A nivel ambiental es indispensable la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales para lograr una integración de los residuos orgánicos generados por la comunidad y que llegue con la menor carga contaminante con los vertimientos, teniendo en cuenta que la presencia de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua receptores, el cual presenta el riesgo de disminuir y provocar una mayor afectación tanto la fauna y la flora que existe a su alrededor.

7.3.2 Sostenibilidad Social:

Es indispensable asignar la suficiente cantidad de agua a la población para satisfacer las necesidades básicas, principalmente para uso doméstico, así mismo, para la producción preparación y consumo de los mismos. En el análisis social influye como la protección de la salud mental y la salud física, un trato justo para todos los grupos en el área y el suministro de los servicios esenciales (66).

Según el Plan de contingencia, en el año 2018 se realizó la última muestra de control de calidad del agua, este arrojó un resultado de 18,4% en el índice de riesgo de calidad del agua – IRCA siendo riesgo medio, dando así una respuesta positiva tras haberse implementado el proceso de cloración. Sin embargo, debe implementarse con puntualidad la normativa debido a que no cumple en su totalidad las condiciones para ser apta para el consumo de la población (49)(53). En este caso, para mitigar los impactos a la salud pública se requiere el tratamiento de agua para garantizar las condiciones las condiciones óptimas según la normativa para el consumo humano.

En los tiempos de escasez y/o en los casos donde existe emergencia ocasionadas por el sistema de bombeo y los usuarios quedan sin abastecimiento de agua la empresa se apoya en los pozos artesanales o con los pozos profundos de algunas familias del municipio (53).

Es importante mencionar que, según el plan de contingencia, el plan departamental de aguas adelanta la ejecución del Regional San Jorge para resolver las falencias en cuanto a sostenibilidad en el suministro de agua al nivel regional debido a que varios municipios utilizan pozos profundos como fuentes de abastecimiento y presentan una oferta insuficiente para atender la demanda actual de sus poblaciones (53).

7.3.3 Sostenibilidad Económica:

Es importante asignar y consumir el agua de una forma eficiente desde un punto de vista económico. Partiendo que en el municipio de Buenavista existen pérdidas por evaporación, derroche de agua en los diferentes usos en las viviendas, instituciones oficiales o comercio y por el mal estado de las instalaciones en el casco urbano, los pobladores en ocasiones se rehúsan a pagar su tarifa mínima y sólo al verse afectados por las decisiones que toma la E.S.P después de bajar la tarifa para mayor facilidad de pago, las personas realizan conexiones ilegales ocasionando más daños a la tubería y con esto, generando más pérdidas del recurso y también, al no contar con los micromedidores no se puede llevar un registro de lectura que permita llevar a cabo las estadísticas respectivas (53)(63), todo esto permite que este criterio de la huella hídrica es insostenible (66).

8. Conclusiones.

La relación entre la comunidad y el recurso hídrico no va a cambiar de forma positiva hasta que se realicen cambios en la infraestructura de los sistemas de acueducto y alcantarillado y la implementación de la normatividad frente al uso y manejo del recurso, debido a la importancia que este tiene en los diferentes aspectos de la comunidad y por ende de sus habitantes. Se tiene presente que estos cambios no se pueden abordar solo desde uno o dos elementos, si no todos los elementos que sean posibles a través del sistema cultural como son los componentes legislativos, institucionales, de conocimiento, entre otros, con el fin de dirigirse al cambio deseado.

Por medio de la huella hídrica gris también se puede percibir o analizar la eficiencia de las plantas de tratamientos de aguas residuales, en este caso las dos lagunas de oxidación, por la remoción de la concentración de DBO, pero, por la inexistencia de datos y registros históricos no se pudo realizar una evaluación anual, ni un análisis del comportamiento real entre los habitantes del área urbana y el medio ambiente, es pertinente mencionar que el cálculo de esta huella es sensible a los parámetros establecidos en la normatividad para DBO. Y a pesar de la inexistencia de datos reales para el cálculo de la huella hídrica gris, si se toma en cuenta afirmaciones realizadas por la empresa, por lo tanto, se puede concluir que los contaminantes determinan la calidad del agua debido a la falta de tratamientos adecuados para la carga de contaminantes y se debe tomar las medidas correctivas

Por otro lado, se realizó una descripción de la sostenibilidad con los datos cualitativos y cuantitativos obtenidos con la estimación de la huella hídrica azul por medio del servicio de acueducto, la huella hídrica gris por el servicio de alcantarillado y los datos revisados en la bibliografía que se encontró sobre la cabecera municipal de Buenavista, se pudo inferir que es insostenible ya que existe problemas desde la infraestructura, mantenimiento, vigilancia y control en los procesos de fuentes de abastecimiento y las aguas residuales generadas, y por ultimo están los problemas relacionados con la recaudación de cartera, debido a que la mayoría de los usuarios no realizan el pago de los servicios domiciliarios, llevando a la E.S.P a una inestabilidad económica.

9. Recomendaciones.

Con el fin de mejorar la relación entre la población ubicada en la cabecera municipal de Buenavista y el recurso hídrico se recomiendan las siguientes acciones que puede tomar la E.S.P como institución prestadora de los servicios de acueducto y alcantarillado para disminuir la huella hídrica del sector, se recomienda:

I Utilizar la huella hídrica como indicador de presión por los servicios prestados y evaluar el comportamiento en el tiempo, iniciando con el registro de la información por meses y anuales, con la descripción de los cambios culturales e incluyendo estudios de sus vertimientos

I Garantizar de manera permanente la medición y el registro de los consumos de agua en todo el sistema de acueducto, esto permitirá conocer los volúmenes de agua consumidos realmente por los usuarios, y por el sistema de alcantarillado se podrá conocer el caudal de las aguas residuales generadas por los habitantes del área urbana, como insumos para la valoración y evaluación de la huella hídrica.

I Evaluar la eficiencia de la remoción de contaminantes en las lagunas de oxidación, con la finalidad de promover acciones de mejora entorno al cumplimiento de las normatividad ambiental colombiana en materia de vertimientos a cuerpos de agua superficial.

10. Bibliografía

1. Oliveras J. La huella hídrica en el mundo [Internet]. Hidrojing. 2013 [cited 2022 Apr 2]. Available from: <https://www.hidrojing.com/la-huella-hidrica-en-el-mundo/>
2. Moratillo FE, Moreno MM, Barrena MF. La Huella Hídrica en España. Revista de Obras Públicas. 2010;157(3514):21–38.
3. Anschau RA, Bongiovanni);, Tuninetti);, Manazza. Huella Hídrica de la Cadena de Maní en Argentina. 2015.
4. Unisalle C. Evaluación de la huella hídrica para el cultivo de naranja en un predio del municipio de puerto López, Meta [Internet]. 2015 [cited 2020 Nov 16]. Available from: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria
5. García I, Toro J. Evaluación de la Huella Hídrica generada por los sectores comerciales y de vivienda del barrio La Florida. Universidad de Bogota [Internet]. 2013;108. Available from: [https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11221/Proyecto de grado Isabel Garcia S. y Jennifer Toro M.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11221/Proyecto_de_grado_Isabel_Garcia_S_y_Jennifer_Toro_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
6. Ochoa JA. Determinación de la Huella Hídrica del Sector Doméstico en la Cuenca del Río Porce. Universidad Pontificia Bolivariana [Internet]. 2013;84(december):487–92. Available from: <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1396/1.>
¿TRABAJO DE GRADO - Determinación de la huella hídrica del sector doméstico en la cuenca del río.pdf?sequence=1.
7. AQUAE FUNDACIÓN. ¿Cuál es la Cantidad de Agua Potable en la Tierra? [Internet]. Aquae. [cited 2020 Nov 16]. Available from: <https://www.fundacionaquae.org/cantidad-de-agua-potable-fuente-de-vida/>
8. Bernstein S, Mogelgaard K, Edmeades J, Luchsinger G, Ryan WA, Starrs AM, et al. Un Asunto Pendiente: La Defensa de los Derechos y la Libertad de Decidir de Todas las Personas. Unfpa [Internet]. 2019;1–180. Available from: www.unfpa.org/es
9. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. La Situación Demográfica en el Mundo [Internet]. Nueva York; 2014 [cited 2020 Nov 16]. Available from: [https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/trends/ Concise Report on the World Population Situation 2014/es.pdf](https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/trends/Concise_Report_on_the_World_Population_Situation_2014/es.pdf)
10. SEMARNAT. Población y Medio Ambiente. México. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México Compendio de Estadísticas Ambientales Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental [Internet]. 2012; Pp. 1-38. Available from: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/00_intros/pdf.html
11. WFN. Manual para la Evaluación de Huella Hídrica. Water Footprint NETWORK [Internet]. 2002;44. Available from: <http://waterfootprint.org/media/downloads/ManualEvaluacionHH.pdf>
12. Camacho WA, Uribe DA. Estimación De La Huella Hídrica Azul Y Verde De La Producción Cafetera En Ocho Cuencas En El Sur Del De Partamento Del

- Huila Tt - Estimation of the Blue and Green Water Footprint of Coffee Production in Eight Basins in the South of the Department of Huila. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* [Internet]. 2018;9(2):337. Available from: https://www.google.com/search?ei=8KbBX9STO-Ww5NoPnpab6A0&q=calcular+la+huella+hidrica+azul+pdf&oq=calcular+la+huella+hidrica+azul+pdf&gs_lcp=CgZwc3ktYWlQAzlICCEQFhAdEB46BwgAEEcQsAM6BggAEBYQHICyJFiSK2DMMmgBcAB4AIAB2QOIAYQLkgEJMC4xLjAuMS4ymAEAoAEBqgEHZ3dzLX
13. Ideam Recursos Hídricos Colombia ENA. Colombia: Uno de los más ricos en recursos hídricos [Internet]. *El Universal*. 2011 [cited 2020 Nov 16]. Available from: <https://www.eluniversal.com.co/ambiente/colombia-uno-de-los-mas-ricos-en-recursos-hidricos-18471-FPEU96564>
 14. Garzón D. Colombia es el Sexto País con Mayor Riqueza Hídrica [Internet]. *Canal 1*. 2018 [cited 2020 Nov 16]. Available from: <https://noticias.canal1.com.co/noticias/colombia-sexto-pais-mayor-riqueza-hidrica/>
 15. Municipio Buenavista Córdoba. Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Buenavista, Córdoba 2004 - 2012. *Trabajando Juntos por Buenavista* [Internet]. Buenavista Cordoba; 2012 [cited 2022 Apr 3]. Available from: <https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/123456789/23687/28176-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 16. Ramírez MF, Yépes MJ. Geopolítica de los Recursos Estratégicos: Conflictos por Agua en América latina [Internet]. *Scielo*. 2011 [cited 2020 Nov 16]. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-30632011000100008
 17. Gutiérrez F. Dejando Huellas, Comprometidos con Buenavista. *Plan de Desarrollo Territorial 2020-2023* Alcaldía de Buenavista [Internet]. 2020; 2020:269. Available from: https://buenavistacordoba.micolombiadigital.gov.co/sites/buenavistacordoba/content/files/000433/21625_plan-de-desarrollo-municipal-buenavistacomprimido.pdf
 18. Becerra AT, Bolívar X, Bravo L, José V, Membrive F. Huella Hídrica y Sostenibilidad del Uso de los Recursos Hídricos. *Revista Electrónica de Medioambiente UCM* [Internet]. 2013 May 13 [cited 2020 Nov 24];2013:4–28. Available from: http://dx.doi.org/10.5209/rev_MARE.2013.v14.n1.42123
 19. Campos F. ¿Cuánta agua hay en la Tierra? | *Cosmo Noticias* [Internet]. *Cosmo Noticias*. 2012 [cited 2020 Mar 22]. Available from: <https://www.cosmonoticias.org/cuanta-agua-hay-en-la-tierra/>
 20. Grupo de Tratamiento de Aguas Residuales, Escuela Universitaria Politécnica, Universidad de Sevilla. El consumo de agua en porcentajes [Internet]. *Ambientum - El Portal Profesional del Medio Ambiente*. [cited 2020 Mar 22]. Available from:

- https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/el-consumo-de-agua-en-porcentajes.asp
21. UNESCO WWAP. No Dejar a Nadie Atrás, Informe Mundial de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019 [Internet]. 2019th ed. Naciones Unidas; 2019 [cited 2020 Mar 22]. 39–171 p. Available from: <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>
 22. Proceso Regional de las Américas. Informe Regional América Latina y el Caribe [Internet]. 2018 [cited 2020 Mar 23]. Available from: https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/informe_regional_america_latina_y_caribe.pdf
 23. Ojeda EO, Arias R. Informe Nacional sobre la Gestión del Agua en Colombia [Internet]. 2020 [cited 2020 Mar 23]. Available from: <https://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23345/InCo00200.pdf>
 24. Instituto Nacional de Minas Colombia. Mapa hidrogeológico del departamento de Córdoba [Internet]. Bogotá; 2004 Feb. Available from: <http://recordcenter.sgc.gov.co/B3/12006025002784/documento/pdf/0101027841101000.pdf>
 25. Ortiz Blanco AM. La Relación Hombre Naturaleza. Tendencias de su Filosofar en Cuba. *Revista de Ciencias Sociales (CI)* [Internet]. 2014;32(CI):63–76. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/708/70831715004.pdf>
 26. Rogers PP, Firing MB. Use of Systems Analysis in Water Management. *Water Resource Research* [Internet]. 1986;22:146s–58s. Available from: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118782088.ch13>
 27. Olivares Alveal M. Análisis de Sistemas de Recursos Hídricos: Herramientas Para la Toma de Decisiones en Torno al Agua [Internet]. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Universidad de Chile. Universidad de Chile; 2012. Available from: http://www.forestal.uchile.cl/documentos/presentacion-marcelo-olivares_123468_5_0842.pdf
 28. Cruces de Abía J, Martínez Cortina L. Modelos Matemáticos en Hidrogeología. In: EOI Escuela de Negocios, editor. *Master en Ingeniería Medioambiental y Gestión del Agua 2006/2007* [Internet]. Primera. Madrid: EOI Escuela de Negocios; 2007. p. 2–15. Available from: <https://static.eoi.es/savia/documents/componente45453.pdf>
 29. Estrella T. Evaluación de los recursos y el libro blanco. Metodología utilizada en cuanto a la aguas subterráneas. In: Ediciones mundi prensa, editor. *Las aguas subterráneas en el plan hidrológico nacional* [Internet]. Primera. Madrid; 1993. p. 27–33. Available from: https://www.researchgate.net/publication/39430009_La_evaluacion_de_los_recursos_hidricos_en_el_Libro_Blanco_del_Agua_en_Espana
 30. Iagua. Nuevas Herramientas para la Gestión de Recursos Hídricos Basadas en Modelos Hidroeconómicos. [Internet]. *Connecting Waterpeople*. 2017 [cited 2020 Nov 27]. Available from:

- <https://www.iagua.es/noticias/espana/iinama/17/02/27/nuevas-herramientas-gestion-recursos-hidricos-basadas-modelos>
31. IDEAM. Modelación Hidrogeológica [Internet]. Minambiente. [cited 2020 Nov 27]. Available from: <http://www.ideam.gov.co/web/agua/modelacion-hidrogeologica>
 32. ISO 14046. Huella Agua ISO 14046 America Latina. Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable. :10–90.
 33. Seguí Amórtegui LA, García Vega D, Guerrero García Rojas H. Huella Hídrica: Análisis Como Instrumento Estratégico de Gestión Para el Aprovechamiento Eficiente de los Recursos Hídricos. Revista Ciencia Nicolaita [Internet]. 2016;(December). Available from: <https://www.cic.cn.umich.mx/index.php/cn/index>
 34. FUNDACIÓNMAPFRE. Huella Hídrica, Desarrollo y Sostenibilidad en España [Internet]. Vol. 66, 39–37 .2012 עלון הנוטע p. Available from: <http://www.comunidadism.es/wp-content/uploads/downloads/2013/03/informe-huella-hidrica-y-desarrollo-sostenible.pdf>
 35. Arévalo Uríbe D, Zárate Torres É, Fernández Poulussen A, Kuiper D. Guía Metodológica para la Evaluación de la Huella Hídrica en una Cuenca Hidrográfica 2017 [Internet]. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA. 2017. 80 p. Available from: <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2996/BVE17068913e.pdf;jsessionid=867CD2E1E352FEA373B6CEDC0590D8D4?sequence=1>
 36. Islam MA, Alam F, Solayman M, Khalil MI, Kamal MA, Gan SH, et al. Cálculo de la Huella Hídrica Corporativa de la Empresa Sarco Como Insumo para la Formulación de Buenas Prácticas Operativa. Isbn [Internet]. 2018;4(1):121–38. Available from: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/13984/1/MoralesRodriguezSandraAngelica2018.pdf>
 37. Ivanova Y. Evaluación de la Huella Hídrica de la Ciudad de Bogotá Como una Herramienta de Gestión del Recurso Hídrico en el Área Urbana. [Bogotá]: Pontificia Universidad Javeriana; 2013.
 38. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Sistema de Información Geografica Municipal 2013. Oferta Agropecuaria [Internet]. 2013; 2013:5–18. Available from: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11438/8023/1/SIG-MUNICIPALES BUENAVISTA_CÓRDOBA.pdf
 39. Congreso de Colombia. Ley 99 de 1993. Función Pública [Internet]. 1993 Dec 22;1993(22 de diciembre). Available from: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0099_1993.html
 40. Congreso de Colombia. Ley 142 de 1994 [Internet]. Función Pública . 1994 [cited 2020 Mar 24]. Available from: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0142_1994.html
 41. Congreso de la República. ley 1450 de 2011. El Congreso de Colombia [Internet]. 2011 [cited 2022 Mar 29];1–198. Available from:

- https://www.procuraduria.gov.co/portal/media/file/docs/ddr/CompiladoNormativo_Parte3.pdf
42. Ministerio de Ambiente. Decreto 1541 de 1978. República de Colombia. 1978 jul 16;1978(Julio 26).
 43. Sistema único de información Normativa. Decreto 394 de 1987 [Internet]. Juriscol. 1987 [cited 2020 Nov 16]. Available from: <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1088443>
 44. Ministerio de Medio Ambiente. Decreto 1729 de 2002 [Internet]. Función Pública. 2002 [cited 2022 Apr 24]. Available from: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=5534>
 45. Ministerio del Medio Ambiente. Decreto 3100 de 2003 [Internet]. Función Pública. 2003 [cited 2022 Apr 24]. Available from: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=15073>
 46. Gestor Normativo. Decreto 3930 de 2010. Función Pública [Internet]. 2010 [cited 2022 Mar 30]; Available from: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=40620
 47. Congreso de Colombia. Decreto 2667 de 2012 [Internet]. Función Pública. 2012 [cited 2020 Nov 16]. Available from: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=51042>
 48. la Comisión de Regulación de agua Potable y Saneamiento Básico. Resolución CRA 151 de 2001 [Internet]. Colombia; 2001 Jan [cited 2022 Feb 28]. Available from: <https://eaaay.gov.co/media/makfnur4/resolucion-cra-151-de-2001.pdf>
 49. Ministerio de Ambiente Vivienda y Protección Social. Resolución 2115 de 2007. República de Colombia [Internet]. 2007 jun 22 [cited 2022 Mar 3]; Available from: https://laboratoriodeanalisys.lasalle.edu.co/wcm/connect/LIAC/d951c109-a227-44a3-8a42-1d1f87db2b43/Resoluci%C3%B3n_2115-2007.pdf?MOD=AJPERES&CVID=IMo0SFe
 50. Ministerio de Ambiente Y Desarrollo Sostenible. Resolución 631 de 2015 [Internet]. 2015 [cited 2022 Mar 24]. Available from: <http://www.emserchia.gov.co/PDF/Resolucion631.pdf>
 51. Ministerio de Vivienda Ciudad Y Territorio. Resolución 0330 de 2017. República de Colombia [Internet]. 2017 [cited 2022 Mar 9];1–182. Available from: <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/0330-2017.pdf>
 52. Ministerio de Ambiente y Desarrollo. Resolución 1571 de 2017. Alcaldía Mayor de Bogotá [Internet]. 2017 Aug 2 [cited 2022 Mar 3]; Available from: <https://www.sdp.gov.co/transparencia/normatividad/actos-administrativos/resolucion-1571-de-14-de-septiembre-de-2017>
 53. Empresa de Servicios Públicos de Buenavista Córdoba ESP. Plan de Contingencia y de Riesgos en el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico 2020 [Internet]. Buenavista Córdoba; 2020 [cited 2022 Mar 2]. Available from:

- <https://mail.google.com/mail/u/2/#search/didier.martinez%40udea.edu.co/QgrcJHsBsbqGrtpBIRJrhjbbtdBHkKSBWVB?projector=1&messagePartId=0.6>
54. Gutierrez Cordoba F, Acosta Ramos O. Acuerdo N° 002 Plan Tarifario. Municipio de Buenavista Córdoba [Internet]. 2013 Feb 11 [cited 2022 Feb 7];1–30. Available from: <https://drive.google.com/file/d/1uSwe-Q0KUXlwV9MhoSoiUNvrRbN42UZP/view>
 55. Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres CMGRD. Plan Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres PMGRD. Municipio de Buenavista. 2012 Sep 3;4–93.
 56. Ponce de Leon y Asociados S.A Ingenieros Consultores. Diagnostico Consolidado de los Servicios Públicos de Agua Potable y Saneamiento Básico en el Departamento de Córdoba. Departamento de Córdoba [Internet]. [cited 2022 Mar 3];9–163. Available from: https://www.aguasdecordobasaesp.com/pdf/DIAGNOSTICO_PONCE_DE_LEON_DOCUMENTO_DEFINITIVO_8_Febrero_2009.pdf
 57. Serpa Charry LJ. Informe técnico final del poo profundo El Paraíso. Buenavista Córdoba; 2008 Apr.
 58. Charry Serpa LJ. Informe técnico final del poo profundo Campo Solo. Buenavista Córdoba; 2008 Feb.
 59. Santacruz ML, Palacios SM. Régimen de Caudal Ecológico, Herramienta de Gestión para Conservar la Biota Acuática. Ciencia e Ingeniería Neogranadina [Internet]. 2013 Dec 1 [cited 2022 Apr 3];23(2):77–94. Available from: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/224/1858>
 60. Comisión Nacional del Agua. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. CNA [Internet]. 2007 [cited 2022 Apr 3];2007(ISBN: 978-968-817-880-5). Available from: www.cna.gob.mx
 61. Universidad San Martín de Porres. Importancia del Agua [Internet]. USMP. [cited 2022 Apr 3]. Available from: <https://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgua.html>
 62. López J. Diagnostico Municipio de Buenavista [Internet]. Aguas de Córdoba. 2020 [cited 2022 Apr 3]. Available from: <https://docplayer.es/218268721-Diagnostico-municipio-de-buenavista.html>
 63. Soto Acevedo SM. Procesos de Gestión Comercial, Normalización y Seguimiento de Usuarios para la Reducción de Pérdidas Comerciales de la Empresa de Servicios Públicos del Municipio de Buenavista Córdoba. Montería Córdoba; 2020.
 64. Muruaga Garzón FJ, Muruaga Garzón M del P. Protocolo para la Obtención del Volumen Suministrado de una Unidad Hidráulica de Servicio para la EAAV ESP, Tomando como Ejemplo los Datos Crudos de la Macro Medición Disponibles en el Sector La Esperanza [Internet]. Corporación Universitaria Minuto de Dios. 2017 [cited 2022 Apr 3]. p. 8–99. Available from: <https://1library.co/document/yd78k3ly-protocolo-obtencion-suministrado-hidraulica-servicio-medicion-disponibles-esperanza.html>

65. Nihon Kasetsu Europe. DBO y DQO Para Caracterizar Aguas Residuales [Internet]. Nihon Kasetsu. 2020 [cited 2022 Apr 29]. Available from: <https://nihonkasetu.com/es/dbo-y-dqo-para-caracterizar-aguas-residuales/>
66. Hoekstra A, Chapagain A, Aldaya M, Mekonnen M. Water Footprint Assessment Manual. WFA [Internet]. 2021 [cited 2022 Mar 3];21–244. Available from: https://waterfootprint.org/media/downloads/Water_Footprint_Assessment_Manual_Spanish.pdf