

Evaluación de la sostenibilidad ambiental en relación con el factor agua en la población y las empresas de las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca del área urbana de la ciudad de Popayán

**Tesis para optar el título de Doctor
en Desarrollo Sostenible**

Rafael Padilla Moreno

Director

Carlos Alberto Ospina Parra

Universidad de Manizales
Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas
Doctorado en Desarrollo sostenible
Manizales, 2021

Dedicatoria

*Dedico mi Tesis Doctoral a mi esposa
Yessica Adriana Bravo Enríquez
y a mi hijo Juan Sebastián Padilla Bravo,
por su confianza y apoyo incondicional.*

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme el conocimiento y la capacidad para entender y comprender los conocimientos adquiridos y poderlos poner en práctica a favor de la comunidad.

Expreso también mi agradecimiento a la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca, por el apoyo académico y administrativo para realizar la presente tesis doctoral. En especial al doctor Héctor Sánchez Collazos, Rector, Paola Umaña Aedo, Vicerrectora y a Ricardo Riomalo Rivera, Decano de la Facultad Ciencias Sociales y de la Administración. Desde el inicio hasta el final, el acompañamiento fue incondicional e incansable para lograr sacar adelante la tesis doctoral.

Igualmente, estoy muy agradecido con la Universidad de Manizales por abrimme las puertas de la academia para generar nuevo conocimiento en beneficio del desarrollo sostenible para la ciudad de Popayán. Al doctor Ciro Alfonso Serna Mendoza, Director Programa Doctoral, por su incansable desempeño y compromiso institucional; a todos los profesores, profesoras que me enseñaron nuevos conocimientos para el desarrollo de la investigación.

Mis más sinceros agradecimientos y especial reconocimiento a mi tutor, doctor Carlos Alberto Ospina Parra, que con su paciencia, conocimiento, experiencia académica y su calidad humana, supo direccionarme hacia el alcance de mi sueño que deseaba alcanzar.

Y agradezco profundamente a mis padres Jaime Padilla Ramírez y María Aurora Moreno de Padilla, quienes desde el cielo comparten conmigo este logro tan maravilloso.

Contenido

Introducción	11
I. Diseño Marco teórico	14
1.1. Título del trabajo.....	144
1.2. Pregunta o preguntas de investigación.....	144
1.3. Descripción del área problemática.....	144
1.4. Antecedentes investigativos.....	188
1.4.1. Aspectos ambientales del municipio de Popayán	188
1.4.2. Antecedentes.....	199
1.5. Justificación de la investigación.....	288
1.6. Objetivos.....	322
1.6.1. Objetivo general	322
1.6.2. Objetivos específicos.....	322
1.7. Supuestos y categorías de análisis.....	322
1.7.1. Supuestos	322
1.7.2. Categorías y variables	322
II. Fundamentación teórica	355
2.1. Teoría general de Sistemas (TGS).....	399
2.2. Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico (Gallopín, 2003).....	40
2.3. La huella hídrica.....	455
2.4. El lugar de la naturaleza y la naturaleza del lugar. ¿Globalización o Posdesarrollo?.....	46
2.5. La era del desarrollo sostenible (Sach 2015).....	488
2.6. Descolonizar el saber y reinventar el poder De Sousa (2010).....	49
III. Diseño metodológico	510
3.1. Tipo de Investigación.....	511

4.2.1. Dimensión social.....	79
4.2.1.1. Introducción dimensión social.....	79
4.2.1.2. Análisis dimensión social.....	79
4.2.1.2.1. Hogares.....	79
4.2.1.2.2. Conjuntos residenciales cerrados.....	94
4.3. Dimensión económica.....	103
4.3.1. Introducción dimensión económica.....	103
4.3.2. Análisis dimensión económica de empresas.....	104
4.4. Dimensión ambiental.....	113
4.4.1. Introducción dimensión ambiental.....	113
4.4.2. Análisis Dimensión Ambiental.....	114
4.4.2.1. Proceso de Observación.....	114
4.4.2.2. Pruebas biológicas y físico-químicas.....	117
4.4.2.2.1. Estructura y composición de macroinvertebrados.....	118
4.4.2.2.2. Bioindicación de la calidad del agua.....	120
4.4.2.2.3 Variables físico-químicas.....	121
4.5. Dimensión política.....	127
4.5.1. Introducción dimensión política.....	127
4.5.2. Análisis dimensión Política.....	127
4.6. Análisis de la sostenibilidad ambiental en relación con el factor agua.....	132
V. Líneas de acción para la sostenibilidad ambiental.....	1376
5.1. Introducciones líneas de acción.....	1376
5.2. Matriz desde una sostenibilidad del sistema humano únicamente.....	1376
5.3. Líneas de Acción Ambiental.....	141
5.3.1. Matriz desde una perspectiva de sostenibilidad del sistema socio-ecológico total.....	1432
5.3.2. Líneas de acción ambiental para la sostenibilidad ambiental en relación con el factor agua en la población y empresas ubicadas en la ribera de los ríos Ejido, Molino y Cauca del área urbana de Popayán.....	1476
5.3.3. Línea de acción de sostenibilidad ambiental –vinculación sociedad y naturaleza componente: Agua potable y saneamiento básico.....	146
5.3.4. Línea de acción de sostenibilidad ambiental: capacidad social y ecológica factor agua componente: agua potable y saneamiento básico.....	149
5.3.5. Línea de acción sostenibilidad ambiental: Infraestructura para la sostenibilidad hídrica urbana.....	153

5.3.6. Línea de acción ambiental: diversificación fuentes de financiamiento.....	159
5.4. Enfoque sistémico.....	1620
5.5. Sostenibilidad ambiental en el factor agua en relación con la población y empresas de la ribera de los ríos del área urbana de la ciudad de Popayán - enfoque sistémico.....	1621
Conclusiones	1732
Aportes de la investigación	173
Recomendaciones	1765
Referencias	1787
Anexos	1887

Lista de tablas

Tabla 1. Antecedentes.....	20
Tabla 2. Categorías y variables.....	33
Tabla 3. Despliegue general.....	54
Tabla 4. Despliegue objetivo específico 1.....	54
Tabla 5. Despliegue objetivo específico 2.....	54
Tabla 6. Objetivo específico 3.....	57
Tabla 7. La muestra se distribuye de acuerdo con el porcentaje de participación poblacional de cada uno de los barrios.....	61
Tabla 8. Georreferenciación de los Puntos de muestreo de los ríos.....	65
Tabla 9. Calificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICOS.....	67
Tabla 10. Análisis institucionalidad ambiental.....	78
Tabla 11. Nivel educación por población ríos Ejido, Molino y Cauca.....	80
Tabla 12. Rango de ingresos y estrato social.....	81
Tabla 13. Hogares que destinan porcentaje de uso de agua a la semana.....	82
Tabla 14. Porcentaje de percepción residuos arenosos en el agua.....	83
Tabla 15. Porcentaje de percepción de hogares sobre la calidad propiedades del olor por río.....	83
Tabla 16. Porcentaje de apreciación de hogares sobre la calidad propiedades Sabor por río.....	84
Tabla 17. Porcentaje de apreciación de hogares sobre la calidad propiedades Color por río.....	84
Tabla 18. Frecuencia de las propiedades del agua – Residuos Arenosos.....	85
Tabla 19. Frecuencia de las propiedades del agua-Olor.....	85
Tabla 20. Frecuencia de las propiedades del agua – Sabor.....	85
Tabla 21. Frecuencia de las propiedades del agua – Color.....	86
Tabla 22. Frecuencia servicio de agua.....	86
Tabla 23. Nivel educativo – actividades ahorro de agua.....	87
Tabla 24. Presencia contaminantes ríos Ejido, Molino y Cauca.....	88
Tabla 25. Relación presencia de contaminantes vs presencia animales.....	89
Tabla 26. Porcentaje promedio de hogares que perciben residuos sobre ribera de los ríos Ejido, Molino y Cauca.....	90
Tabla 27. Nivel educativo – Basuras y Residuos.....	90
Tabla 28. Nivel de afectación del río por vertimientos aguas residuales.....	91

Tabla 29. Nivel de afectación por vertimientos de aguas residuales de los ríos Ejido, Molino y Cauca.....	91
Tabla 30. Presencia Institucional.....	93
Tabla 31. Distribución porcentual uso de agua (semana).....	95
Tabla 32. Porcentaje percepción gerentes conjuntos residenciales cerrados contaminantes ríos.....	97
Tabla 33. Porcentaje de percepción conjunto residencial sobre residuos en la ribera del río Cauca.....	99
Tabla 34. Porcentaje de percepción conjuntos cerrados sobre nivel presencia de instituciones en ribera río Molino y Cauca.....	100
Tabla 35. Relación basuras, desechos y presencia de animales.....	101
Tabla 36. Nivel educativo – Basuras y Residuos.....	102
Tabla 37. Porcentaje participación según actividad económica empresa por río.....	105
Tabla 38. Listado taxonómico de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presentes en los puntos de muestreos.....	119
Tabla 39. Listado taxonómico de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos presentes en los puntos de muestreos.....	120
Tabla 40. Resultados de los parámetros físicos y químicos determinados por el Laboratorio Ambiental.....	124
Tabla 41. Resultados promedio de los parámetros físicos y químicos, tomados In situ.....	125
Tabla 42. Valores de los índices de contaminación acuática.....	126
Tabla 43. Análisis de la dimensión política.....	132
Tabla 44. Dimensión Social: Hogares y Conjuntos Residenciales Cerrados.....	136
Tabla 45. Dimensión Económica – empresas.....	138
Tabla 46. Dimensión ambiental.....	139
Tabla 47. Dimensión Política.....	140
Tabla 48. Dimensión Social.....	142
Tabla 49. Dimensión Económica.....	143
Tabla 50. Dimensión ambiental.....	143
Tabla 51. Dimensión Política.....	144
Tabla 52. Línea de acción que vinculan sociedad y naturaleza.....	149
Tabla 53. Capacidad social y ecológica.....	152
Tabla 54. Línea de acción, infraestructura para la sostenibilidad hídrica urbana.....	158
Tabla 55. Línea de acción, diversificación fuentes de financiamiento.....	160
Tabla 56. Huella Hídrica Azul Sector Doméstico.....	164
Tabla 57: Variables HHGris Doméstico.....	165
Tabla 58. Huella Hídrica sin tratamiento.....	167
Tabla 59. Consumo de agua en m ³ sector industria.....	168
Tabla 60. Consumo de agua por m ³ año.....	168
Tabla 61. Cantidad toneladas consumo por año.....	170

Listado de figuras

Figura 1. Condiciones del clima ciudad de Popayán.....	19
Figura 2. Sistema abierto.....	41
Figura 3. Representación del desarrollo, la sostenibilidad.....	44
Figura 4. Proceso de investigación.....	54
Figura 5. puntos pruebas fisicoquímicas.....	64

Figura 6. Presencia animales, residuos y deterioro flora en los ríos Ejido, Molino y Cauca.....	116
Figura 7. Enfoque sistémico - factor agua.....	161
Figura 8. Sostenibilidad ambiental factor agua – enfoque sistémico.....	163

Resumen

La sostenibilidad del agua bajo el enfoque sistémico se convierte en el recurso natural y fundamental para la subsistencia del hombre y la preservación de la naturaleza. Sin embargo, en la ciudad de Popayán, Colombia, los asentamientos de pobladores y empresas del sector de la producción ubicadas en las riberas de los ríos del municipio han contaminado la fuente hídrica, debido al vertimiento de residuos orgánicos y no orgánicos convirtiéndola en amenaza para la estabilidad del sistema. La presente investigación tiene como objetivo primordial evaluar la sostenibilidad ambiental del factor agua para el desarrollo sostenible desde el enfoque sistémico en relación con la población y empresas ubicadas en las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca del área urbana de la ciudad de Popayán. La investigación se fundamenta sobre el modelo epistémico del positivismo, el método hipotético deductivo, tipo de investigación evaluativa con un enfoque mixto y diseño no experimental. Para ello, se analizó la institucionalidad del factor agua, se aplicaron entrevistas semiestructurada a la población objeto de estudio, se realizó la observación no participativa sobre las riberas de los ríos, se determinaron los indicadores biológicos y las muestras físico-químicas y se examinó la planificación local. Los resultados indicaron que la legislación ambiental se expresa desde un enfoque sistémico, la población cuenta con un servicio de agua potable de calidad, pero el consumo por hogar se aproxima al límite máximo recomendado por la Organización Mundial de la Salud, evidenciado en el indicador de la huella hídrica. También se halló que los ríos han sido afectados a causa de vertimientos biológicos en el área urbana de la ciudad de Popayán; así mismo, se encontró una planificación aislada de la sostenibilidad desde un enfoque sistémico. Una de las conclusiones del presente

estudio consiste en que la planificación del gobierno carece de líneas de acción ambiental que contribuya a la sostenibilidad del factor agua para el desarrollo sostenible desde un enfoque sistémico orientadas a mejorar la calidad de vida de la población, las condiciones económicas de las empresas y la calidad del agua de los ríos, para ello se proponen 13 proyectos inmersos en cuatro líneas de acción para la sostenibilidad ambiental del factor agua de manera integral.

Palabras clave: Sostenibilidad ambiental; Factor agua; Desarrollo sostenible, Enfoque sistémico, Líneas de acción.

Abstract

The sustainability of water under the systemic approach becomes the natural and fundamental resource for the subsistence of man and the preservation of nature. However, in Popayán, Colombia, settlements of residents and companies in the production sector located on the banks of the rivers of the municipality have contaminated the water source, due to the dumping of organic waste, making it a threat to the stability of the system. The main objective of this research is to evaluate the environmental sustainability of the water factor for sustainable development in relation to the population and companies located on the banks of the rivers: Ejido, Molino, and Cauca in the urban area of the city of Popayán. The research is based on the epistemic model of positivism, the hypothetical deductive method, a type of evaluative research with a mixed approach and non-experimental design. For this, the institutionality of the water factor was analyzed, semi-structured interviews were applied to the population under study, non-participatory observation was carried out on the banks of the rivers, the biological indicators and the physical – chemical samples were determined and the local planning. The results indicated that environmental legislation is expressed from a systemic approach, the population has a quality drinking water service, but consumption per household is close to the maximum limit

recommended by the World Health Organization evidenced in the indicator of the Water footprint. It was also found that rivers have been affected by biological discharges in the urban area of the city of Popayán, likewise, an isolated planning of sustainability from a systemic approach was found. One of the conclusions of this study is that government planning lacks lines of environmental action that contribute to the sustainability of the water factor for sustainable development from a systemic approach aimed at improving the quality of life of the population, economic conditions of the companies and the quality of the water of the rivers, for this, 15 projects immersed in five lines of action are proposed for the environmental sustainability of the water factor in an integral way.

Keywords: Environmental sustainability; Water factor; Sustainable development; Systemic approach, Lines of action.

Introducción

El informe de Brundtland sobre el medio ambiente y desarrollo hizo alusión a la importancia del recurso hídrico para la sostenibilidad del planeta. Esto se referencia como uno de los elementos esenciales para el objetivo 6 de la Agenda 2030 de los objetivos para el desarrollo sostenible; ello, teniendo en cuenta la problemática y sugerencias previstas en la conferencia sobre el agua realizada en Dublin en el año 1992. Así mismo, las ciudades comenzaron a optar el programa de ciudad sostenible promovido por el Banco Interamericano de Desarrollo, que tiene como uno de los propósitos el aprovechamiento del factor agua para el desarrollo sostenible. De este modo, en el ámbito mundial las administraciones locales han incluido en la planificación del territorio estrategias encaminadas a recuperar la calidad del factor agua doméstica y de los ríos urbanos para mejorar la cobertura del servicio y las condiciones

ambientales para prevenir la contaminación de las aguas superficiales y el aprovechamiento de los corredores ecológicos orientados al bienestar social y económico.

Para el caso de los ríos Ejido, Molino y Cauca que atraviesan el área urbana de la ciudad de Popayán se han visto afectados por vertimientos generados por pobladores y empresas instaladas en la ribera de la fuente hídrica; igualmente, la administración local ha tenido que ampliar la red de acueducto y alcantarillado para beneficiar del servicio de agua potable a los asentamientos establecidos en los ríos.

Las últimas administraciones han incluido en la planificación territorial estrategias de sostenibilidad para mejorar las condiciones ambientales de la ciudad; pero en relación con el factor agua estos esfuerzos se esfuman, pues se evidencia, en la ribera de los ríos, un número mayor de hogares de escasos recursos económicos y microempresas que aún permanecen establecidas en el área de protección y conservación. Se suma a lo anterior las acciones antropogénicas, presencia de habitantes de la calle, animales y residuos sólidos que aumenta el estrés hídrico; de igual manera, la administración ha tenido que implementar políticas para: regular el consumo de agua para uso doméstico que ha incrementado acercándose al límite máximo permitido por hogar por la Organización Mundial de la Salud, reducir los problemas de filtración o fuga de agua debido a deterioro de la red de acueducto y reducir la brecha de agua no contabilizada debido a escasez de contadores y acciones de vandalismo. En conclusión, la planificación aislada de la sostenibilidad ambiental para el desarrollo sostenible desde un enfoque sistémico compromete la calidad de vida, el bienestar y la prosperidad de la población, las empresas y la estabilidad ambiental de la fuente hídrica. Debido a lo anterior, surge la siguiente pregunta: ¿Cómo evaluar la sostenibilidad ambiental del factor agua para el desarrollo sostenible desde el enfoque sistémico en relación con la población y empresas ubicadas en las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca del área urbana de la ciudad de Popayán?

Por lo anterior, la presente investigación se propone evaluar la sostenibilidad ambiental del factor agua para el desarrollo sostenible desde un enfoque sistémico en relación con la población y hogares ubicados en las riberas de los ríos del área urbana de la ciudad de Popayán. Para ello, la investigación se fundamentó en la metodología de un modelo epistémico, la teoría de sistemas, método hipotético deductivo descrito por Kerlinger, tipo de investigación evaluativa, enfoque mixto y diseño no experimental.

La investigación condujo al desarrollo de los siguientes objetivos específicos: primero en describir el marco institucional del factor agua, el segundo objetivo específico en determina el estado actual en relación con el factor agua de la dimensión social representada en hogares y conjuntos residenciales cerrados asentados en la ribera de los ríos, la dimensión económica en relación con las microempresas instaladas en el área de conservación y protección de la fuente hídrica, la dimensión ambiental respecto a la calidad del agua superficial, la dimensión política en alusión a la planificación institucional. El desarrollo del primer y segundo objetivo condujo a una revisión de la legislación ambiental, la realización de entrevista semiestructurada y proceso de observación, la toma de muestras para establecer a través de parámetros biológicos y fisicoquímicos la calidad del agua superficial, y la revisión de los planes institucionales; todo ello permitió establecer el estado actual y la interacción de las dimensiones de la sostenibilidad ambiental en relación con el factor agua para el desarrollo sostenible, desde el enfoque sistémico y en relación con la población y las empresas establecidas en las riberas de los ríos del área urbana de la ciudad de Popayán. Luego del análisis, el tercer objetivo específico propone líneas de acción para la sostenibilidad ambiental del factor agua para el desarrollo sostenible bajo un enfoque sistémico, convirtiendo así la presente investigación en un aporte a la ciencia y al conocimiento, con una metodología centrada en el desarrollo sostenible desde el enfoque sistémico y lo práctico, a través del aporte de una nueva forma de planificación sistémica. Como

conclusión se obtienen 13 proyectos inmersos en cuatro líneas para la sostenibilidad ambiental para el desarrollo sostenible desde un enfoque sistémico.

El documento se presenta de la siguiente manera. Primero, se describe el estado de arte de la investigación; luego se desarrolla cada uno de los objetivos específicos iniciando con la descripción actual de la institucionalidad ambiental, seguido con la medición de las dimensiones sociales, económicas y ambientales, representada en hogares y conjuntos residenciales, microempresas, pruebas biológicas y fisicoquímicas, respectivamente, y como dimensión política la descripción de la planificación local, cada una con su análisis sistémico. Por último, se presenta la propuesta centrada en cuatro líneas para la sostenibilidad ambiental del factor agua para el desarrollo sostenible desde el enfoque sistémico. Así mismo y como complemento se calcula la huella hídrica como indicador en relación con el consumo óptimo de agua seguida de las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

1. Diseño marco teórico

1.1. Título del trabajo

Evaluación de la sostenibilidad ambiental del factor agua para el desarrollo sostenible desde el enfoque sistémico en relación con la población y empresas ubicadas en las riberas de los ríos del área urbana de la ciudad de Popayán.

1.2. Pregunta o preguntas de investigación

¿Cómo evaluar la sostenibilidad ambiental del factor agua para el desarrollo sostenible desde el enfoque sistémico en relación con la población y empresas ubicadas en las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca del área urbana de la ciudad de Popayán?

1.3. Descripción del área problemática

La problemática de la sostenibilidad del factor agua en la población y empresas ubicadas en la ribera de los ríos: Ejido, Molino y Cauca del área urbana de la ciudad de Popayán, se delimita y argumenta en cuatro dimensiones:

Social: los hogares que aprovecharon la oportunidad de construir las viviendas aledañas al río sin tener en cuenta las restricciones de parte del gobierno o que por desconocimiento de la normatividad ambiental utilizan el recurso hídrico para uso doméstico y vertimiento de residuos.

Económica: hace referencia a las micro-empresas instaladas sobre el área de protección y conservación de la fuente hídrica, las cuales se benefician del agua de río para incorporar a los procesos de producción y de servicios; así mismo, las aguas residuales se depositan en la red de alcantarillado que carece de una planta de tratamiento de aguas residuales PTAR o la vierten de manera directa al río.

Política: la gobernanza debe velar por la cobertura de servicio de agua potable para la población, y la conservación y protección de la reserva hídrica.

Aunque la cobertura urbana del servicio potable de agua es de 96% se presentan serios problemas de presión, debido a la obsolescencia de las redes que ya cumplieron su vida útil y a las fugas que alcanzan el 44%; esta situación tiene como consecuencia que algunos barrios, especialmente del Sur Occidente de la ciudad, solo reciban el servicio algunas horas del día (Gobernación del Cauca y Alcaldía de Popayán, 2012).

Con fundamento en la línea base del año 2015, el gobierno municipal propuso, en el marco del programa “Plan de saneamiento y manejo de vertimientos”, la meta para el año 2019 orientada a cumplir con los siguientes aspectos: ampliar la cobertura del servicio de alcantarillado del 94% al 96%, mejorar la continuidad en el servicio del alcantarillado del 94% al 98%, aumentar la terminación de obras del 5% al 80%, construcción de la planta de tratamiento de aguas

residuales etapa I el 100%, la cobertura del servicio del acueducto pasaría del 99% al 100%, el índice de riesgo de la calidad de agua para consumo humano se mantendrá en 0%, el déficit de vivienda cualitativa y cuantitativa se reduciría anualmente a partir del año 2016 al 2019 de 14% al 13%, y 23% al 22%, respectivamente (Concejo Municipal de Popayán, 2016).

Para el año 2019, la cobertura del servicio en el área urbana alcanzó el 99,9%, respecto a la planta de tratamiento de agua residual PTAR, la primera etapa se encuentra a la fecha en espera de la viabilidad técnica y financiera de la primera fase, mientras tanto se continua con el plan de saneamiento y manejo de vertimiento PSMV con el fin de contruir la infraestructura de recolección y transporte del sistema de alcantarillado que genera mayor impacto de contaminación en las fuentes hídricas (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán, 2020), por parte la reducción de porcentaje del deficit de vivienda cualitativa y cuantitativa no se presenta la evaluación actualiza del plan de desarrollo en ninguno de los periodos 2016,2017, 2018 ni 2019 (Alcadía de Popayán, 2019).

Sin embargo, la administración actual considera reducir de 12.550 viviendas de deficit cuantitativo a 2.663, y reubicar a 5.356 hogares por encontrarse en situación de riesgo por amenazas de inundación o deslizamiento, y por condiciones antrópicas. El deficit cualitativo se estima que en el municipio hay 3.844 viviendas de las cuales 880 están ubicadas en el área urbana, para reducir el deficit cualitativo y cuantitativo de vivienda la administración local cuenta con programas para la construcción de viviendas de interés prioritario, VIP, con el concurso y la participación de la comunidad, reubicación de la vivienda enfocados al mejoramiento de la calidad de vida (Alcaldia de Popayán, 2020). Los programas señalados no tienen cobertura en la zona de las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca. La ciudad de Popayán cuenta con las plantas de tratamiento de agua potable que suministran el servicio a la población: Tablazo (72%), Tulcán (10%) y Palacé (13%). Las plantas de tratamiento de agua potable evidencian deterioro

en las bocatomas y captación de fondo que afecta la calidad del agua (Superintendencia de Servicios, 2018).

Aunque el servicio de agua potable es considerada de bajo riesgo para el municipio de Popayán. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2019), la administración local actual se compromete para el año 2023 a ampliar la cobertura del servicio de acueducto al 100%, a dar continuidad del servicio 98,38%, aumentar la cobertura del servicio de acueducto y alcantarillado al 94%, avanzar en la etapa I de la planta de tratamiento de agua residual en 100%, realizar estudios de ampliación de la planta de tratamiento de agua potable Palacé al 40%.

En cuanto a la conservación y protección del recurso hídrico le corresponde al gobierno velar por el cumplimiento de la Ley; esto, porque los asentamientos de viviendas y empresas incumplen con las normas ambientales en las zonas de protección de los ríos superando la franja entre los 30 y 200 metros mínimo, permitido en el Decreto 2811 de 1974 (Ministerio del Medio Ambiente, 1974). Además, debe vigilar los comportamientos contrarios a la integridad urbanística, la evidencia de conductas indebidas de la población en zonas consideradas de amenaza por deslizamiento e inundación contempladas en la Ley 1801 de 2016 (Congreso de Colombia, 2016), prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente, según la Ley 23 de 1973, en esa área considerada de importancia estratégica que surte el acueducto municipal (Decreto 0953, 2013) (Ministerio del Medio Ambiente, 2013), pues la contaminación supera los valores máximos permisibles generados por aguas residuales domésticas e industriales de acuerdo con la Resolución 631 de 2015 (Ministerio del Medio Ambiente, 2015) fundamentada en la Ley 99 de 1993 (Congreso de Colombia, 1993).

La empresa de acueducto y alcantarillado de Popayán, establece que en el periodo de 2011-2016, los indicadores de gestión en relación con la huella hídrica tuvieron el siguiente comportamiento: el agua tratada a partir del año 2013 obtuvo un crecimiento promedio de 3,5%, lo que representó para el año 2016 el consumo de agua de 28,244 (miles m³); respecto al agua

suministrada presenta un incremento anual promedio de 3,8%, superando para el año 2016 los 23,000 (miles m³); esto guarda relación con la política de ampliación de las redes del servicio de acueducto y alcantarillado de Popayán obteniendo un consumo facturado en promedio de los 13,269 (miles m³) (Rámirez, 2019).

En el mismo periodo de tiempo establecido, el índice de pérdidas por usuario facturado (IPUF) es de 11,8 m³/suscriptor/mes, presentándose un leve incremento en los últimos años. Lo anterior se debe en su mayoría a las tarifas altas impuestas por EAAP y a prácticas de ahorro de agua realizadas por la población que aún se aproxima al nivel de consumo máximo sugerido por hogar de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (3,8 m³ mes). El índice de agua no contabilizada, IANC, fue notable en el año 2013 (40,5%) con una reducción leve para los años 2015 y 2016 con el 36% y 34%, respectivamente; ello significa pérdida de agua bien sea por filtraciones subterránea, errores de medición, fraude por usuarios, conexiones clandestinas entre otros, o viviendas que aún no poseen instalación de contadores de servicio de agua, el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano, IRCA, mantiene por norma sanitaria en 0% el nivel de contaminación del recurso hídrico, el índice de riesgo municipal por abastecimiento de agua para consumo humano, IRABA, se mantiene en promedio en nivel bajo (13%) en los últimos años ubicándose para el año 2016(e) en 10% (BRC, 2014).

Ambiental: la amenaza del medio ambiente por acciones antropogénicas compromete la calidad del agua, el medio ambiente y el bienestar de los habitantes (Gobernación del Cauca y Alcaldía de Popayán, 2012). La carencia de líneas de acción para la sostenibilidad ambiental en relación con el factor agua enmarcadas dentro de un enfoque sistémico integral hace que las dimensiones sociales, económicas, políticas y ecológicas se encaminen de manera aislada y desarticulada comprometiendo la sostenibilidad del recurso hídrico para las presentes y futuras generaciones.

1.4. Antecedentes investigativos

1.4.1. Aspectos ambientales del municipio de Popayán

Popayán es la capital del Departamento del Cauca en la República de Colombia. Se encuentra a una altitud de 1.738 msnm, localización 2°27' norte y 76°37'18" de longitud oeste del meridiano de Greenwich; extensión territorial 512 km² (Alcaldía de Popayán, 2019). La población es de 277.270 habitantes (Departamento Nacional de Estadística [DANE], 2019). Se observan las condiciones de clima: temperatura media de 18°C a 19°C anual y máximas en julio, agosto y septiembre hasta 29°C. Clima templado-húmedo; promedio de lluvia anual 2121 mm. Temporada seca en junio, julio y agosto; lluvias en septiembre, octubre, noviembre y diciembre; enero a mayo menor intensidad de lluvias. El sol brilla 4 horas diarias en periodos lluviosos; en los meses secos, la insolación es inferior a 6 horas diarias/día. Humedad entre 70% y 83% que es mayor en la época lluviosa (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2018) (Figura 1).

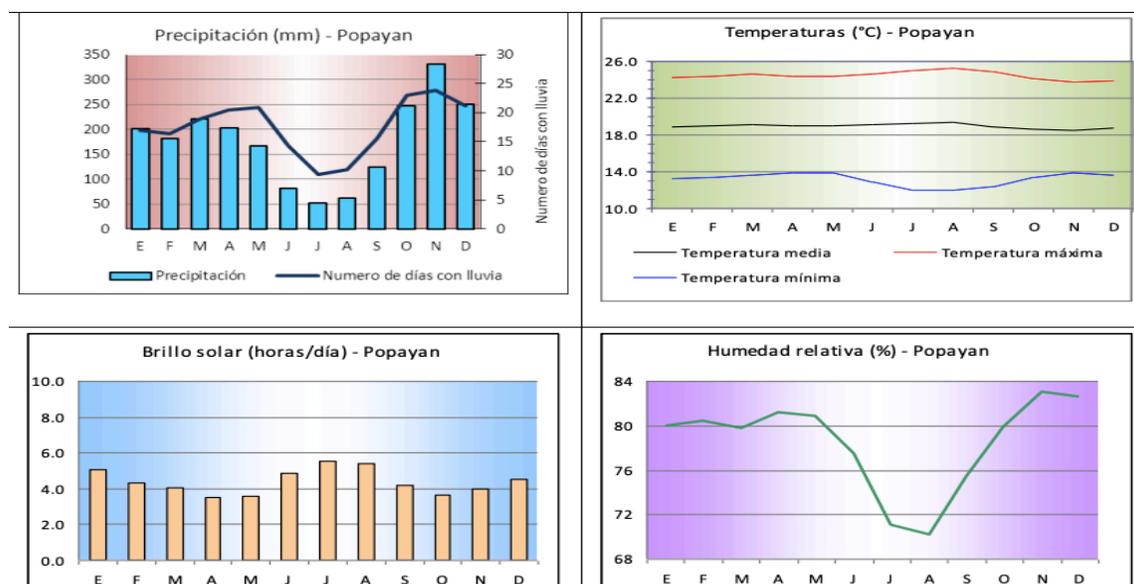


Figura 1. Condiciones del clima ciudad de Popayán
Fuente: IDEAM (2018)

1.4.2. Antecedentes

Los estudios en relación con el asunto de esta investigación se consultaron en diversas bases de datos científicas con alto nivel de posicionamiento como Scopus, Science direct, Redalyc, Scielo, Gogle Scholar, tesis doctorales Xarxa, Dialnet y repositorios nacionales; en estas fuentes se encontraron trabajos sobre sostenibilidad ambiental del factor agua relacionadas con las poblaciones y empresas ubicadas en las riberas de los ríos respecto al tema de investigación y los más relevantes encontrados en el ámbito internacional, nacional y regional. Los antecedentes generales enmarcan el factor agua como un recurso natural que debe ser pensado desde lo sostenible.

Las investigaciones encontradas sobre las dimensiones sociales establecen que las comunidades aledañas a los ríos desde luego contaminan las aguas superficiales debido a acciones antropogénicas; también se evidencian soluciones tales como mejoramiento de los comportamiento y conductas de las personas respecto al consumo y uso del agua, procesos de adaptación y hasta reubicación de la población, pero tales soluciones tan solo se concentran desde una perspectiva social (hogares), articulada a lo político y ecológico, excluyendo lo económico (empresa).

Desde lo económico, se observa supuestamente que la actividad económica empresarial se argumenta en la norma ISO 14000 y la normatividad nacional pero aún persiste la presencia de residuos sólidos y compuestos químicos que contaminan el agua; por otro lado, poco se evidencia su interacción e integración a soluciones sociales (hogares). Lo político se fundamenta en la Ley para sancionar a quienes la incumplen e impone los derechos y deberes sobre la protección y conservación de los ríos, su fragil estructura administrativa y de planificación de las empresas compromete aún más la estabilidad y existencia de la fuente hídrica. Sobre lo ecológico se resaltan los diversos métodos para determinar la calidad del agua a través de parámetros fisicoquímicos y biológicos que conducen a mitigar y mejorar las condiciones de

calidad del agua. En los antecedentes se observa desde cada una de las dimensiones de la sostenibilidad aportes aislados y particulares como solución a la problemática del factor agua, pero no se evidencia desde un enfoque sistémico y equilibrado que involucre y beneficie al corto, mediano y largo plazo los hogares, las empresas y el gobierno (tabla 1):

Tabla 1. Antecedentes

Título	Hallazgos
Mundiales	
Gobernanza multidimensional del agua/Calidad Sanitaria	La norma europea Saldivar (2013), adaptar el conocimiento científico, ej. los PVC produce arsénico y plomo (Gómez. A, et al., 2016).
Panorama regional del desarrollo sostenible en América	En Colombia existe divergencia entre las condiciones sociales, económicas y ambientales (Castro, 2015)
Restauración del río Besós/ El Derecho humano al agua	La gestión del agua debe inspirarse en participación de los usuarios (Martín, 2015) y planificadores (Valdés, 2016)
City Clusters in China: air and surface water pollution	La expansión del Territorio promueve ciudades con economías interdependientes que compiten por el recurso agua (Shao et al., 2006)
El río como eje de vertebración territorial y urbana	La habitabilidad de un emplazamiento, es la cercanía de una fuente hídrica (Durán, 2014)
Wake makes decisions about urban water infrastructure forward looking?	Liderazgo político emprendedor permite capacidad analítica organizacional para efectos de inversión urbana (Pot et al., 2019).
ICA en cuerpos de agua superficiales en la planificación del recurso hídrico	Los países de Latinoamérica adoptan la metodología de los índices de calidad del agua en aguas superficiales (Rodríguez (Rodríguez, Serna y Sánchez, 2016).
Agua para un mundo sostenible / Informe ONU. No dejar a nadie atrás / Guía Metodológica iniciativa ciudades emergentes y sostenible	Insostenibilidad mundial en el recurso hídrico, déficit del 40% para el año 2030 (Franek et al., 2015). Incrementó la demanda 1% desde 1980 (Naciones Unidas, 2019), se extrae 290 mil millones de m ³ al año (Banco Interamericano de Desarrollo, 2016)
Monitoreo Social Derecho Humano al agua / Percepción social servicio de agua potable Xalapa Veracruz	En México, los autores promueven el servicio básico de agua que sea de calidad y en condiciones de equidad, justicia y espacial (Domínguez et al., 2013) porque es de regular calidad (Márquez y Ortega, 2017)
Speeding the transition towards integrated groundwater and surface	En Australia y Perú, la gestión conjunta del agua (subterráneas y superficiales), los resultados se logran a través de una consideración sistemática e integradora sobre el uso y

water management in Australia / de contaminación del río Rimac - Perú	almacenamiento del agua (Ross, 2018). las comunidades deben hacerse responsables de la distribución de los residuos sólidos (Sánchez, 2019)
Waster treatment for reuse in urban agriculture	En Moshi -Tanzanía, la población pobre utiliza aguas residuales tratada para cultivos urbanos (Kihila, Mtei y Njau, 2014)
The role of evidence based information in regional water management in the Netherlands	En Holanda, el tipo de información para la gestión del agua: datos de medición, conocimiento del sistema, pronósticos meteorológicos, modelos hidrológicos y legislación (Pezij et al., 2019)
Programa para la descontaminación de los ríos Quito /Selección de tecnología para tratamiento de aguas residuales municipales	En Ecuador señala que la creación de la PTAR debe construirse acorde a la realidad y acuerdo político (Gómez et al., 2014), uso de tecnologías apropiadas que generen confiabilidad, viabilidad, análisis controles de procesos (Rodríguez, García y Pardo, 2015)
Gobernanza: una mirada desde América Latina	Trascendencia del concepto de Gobernanza diferente el europeo al latinoamericano. El Estado con problemas para el control eficaz del territorio (Zurbriggen, 2010)
Análisis de la sostenibilidad mediante huella hídrica de la microcuenca del río Pita, Ecuador.	Microcuenca como espacio económico- social promueve iniciativas de desarrollo territorial e inversión desde un enfoque participativo incluyente, lo que demuestra una sostenibilidad de la microcuenca (Lala y Fernández, 2020)
Living in uncertainty due to floods and pollution: the health status and quality of life of people living on an unhealthy riverbank	El estudio resalta la importancia de trasladar la población vulnerable asentada en el río a cambio de mejores condiciones de vida pero pero no la salud debido a los ingresos económicos (Dermawan, et al 2018)
Los efectos de la urbanización en los ecosistemas acuáticos de las áreas protegidas periurbanas de la ciudad de México: el discurso contradictorio de conservación en medio de la expansión de los asentamientos informales	Falta de claridad en las directrices de las autoridades locales para restringir el crecimiento poblacional y asentamientos de comunidades y empresas sobre las áreas de protección y conservación hídrica afectando desde luego la calidad del agua. (Caro et al, 2021)
The relative and joint effect of rivers and urban area on a squall line in the Central Amazonia	La ciudad y los ríos están influenciados por su conectividad, el crecimiento y desarrollo de la ciudad depende del río y la existencia de la fuente hídrica depende la intervención del hombre. (Sátyro et al. 2020)
Influence of land use on the riparian zone condition along an urban – rural gradient on the Sabinal river, Mexico	La vegetación ribereña la afecta la expansión urbana, reduce la riqueza y diversidad de especies (Díaz et al. 2018)
Effects of antropogenic activities on microplastics in deposit – feeders	Un indicador importante para determinar la calidad del agua además de los parámetros fisicoquímicos y biológicos tiene que ver con la presencia de larvas del mosquito (Diptera: Chironomidae)

(Diptera: Chironomidae) in an urban river of Taiwan	evidencia alta concentración de microplástico en sistemas fluviales (Ting, Chih & Hwa, 2021)
Evaluation of urban water ecological civilization: A case study of three urban agglomerations in the Yangtze river economic Belt, China	El estudio establece 20 indicadores organizados en 6 grupos de evaluación en relación con el recurso hídrico, doméstico y público, control de inundaciones, calidad del medio ambiente, salud del ecosistema, cultura, sistema de gestión. (Tian et al 2021)
Methane levels of a river Network in Wuxi city, China and response to water Governance	Señala que la gobernanza extensa e intensificada del agua es necesaria para tener una restauración ecológica del agua positiva. (Li & Xue, 2020)
An interdisciplinary and catchment approach to enhancing urban flood resilience: a Melbourne case	El estudio demuestra que la adaptación exitosa para garantizar la resiliencia de una ciudad a las inundaciones y a largo plazo implica una serie de medidas técnicas de diseño urbano, políticas y sociales para retirarse de acomodar y proteger contra las inundaciones (Rogers et al. 2019)
Systematic treatment of urban river pollution	Propone un marco de gobernanza fluvial urbana desde la perspectiva de la gobernanza sistemática. Considera que la regulación debe centrarse en la gestión sostenible de la fuente de los ríos (Fang et al., 2019)
Is our urban water system still sustainable? A simple statistical test with complexity science insight	Propone formas de monitorear los insumos que ingresan al sistema para la sostenibilidad del agua previo a salidas del sistema que convierte los vertimientos en contaminante del río (Ziafati (2021)
A participatory system dynamics model to investigate sustainable urban water management in Ebbsfleet Garden City	Gestión del agua, modelo de dinámica de desarrollo colaborativo la comprensión de las partes interesadas permite la exploración de la estructura de las interdependencias dentro del sistema (Pluchinotta, 2021)
Nacionales	
Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano	El monitoreo para uno o un grupo de patógenos pueden dar una falsa impresión de seguridad, si otros patógenos no identificados están presentes (Ríos, Agudelo y Gutiérrez, 2017).
Aproximación al concepto de gobernanza en Colombia y algunos apuntes su importancia en el derecho ambiental	Estudio sobre la recepción del concepto de Gobernanza en Colombia, su uso en la política ambiental/ en la práctica se privilegia el sector productivo (Castro, 2011)
Determinación de la calidad del agua río Frayle / Análisis de flujos de agua en el área metropolitana/ Economía regional / Multiplying factors of Tunjuelo River	La calidad del agua del río Frayle se afecta al pasar por el casco urbano (Ríos y Puerta, 2018), río Otún (García, Morales y Guerrero, 2014), Cauca (Pérez, Arrieta y Contreras, 2015) y Tunjuelo (Múnera et al., 2018)

Tres ensayos sobre eficiencia, acceso al agua potable y política de control de la contaminación de los recursos hídricos	La política ambiental para el control de contaminación hídrica es menos efectiva en los países en desarrollo por restricciones de tipo institucional, deficiencia en la gobernabilidad, rezago tecnológico y falta de educación ambiental (Gómez, 2016)
Cuenca urbana como unidad territorial para la planificación del desarrollo sostenible en ciudades de media montaña del trópico andino / Fundamentación del derecho al agua en Colombia	Protección y conservación del agua a través de la normatividad, (Agredo, 2013) pero olvida el deber de solidaridad de las personas (Sutorius y Rodríguez, 2015)
Contaminantes emergentes en aguas efectos y posibles soluciones	Los CE compuestos de distinto origen y naturaleza química ocasionan problemas ambientales y riesgo para la salud (Gil et al., 2012)
Agua para el Siglo XXI para América del Sur. De la visión a la acción	Colombia sin servicios: acueducto 25%, alcantarillado 40%, de 750 planta de tratamiento 50% mal estado, consumo por usuario 30% mayor al estándar de 20 m ³ vivienda mes equivalente a 133 litros/habitante día, cifra que supera de 80 litros mínimo para la calidad de vida, 52% agua suministrada no se contabiliza y el 28% se recauda (Ojeda y Árias, 2018)
Sustainable Orientation of Management Capability and Innovative Performance: The Mediating Effect of Knowledge Management	La innovación permite a las organizaciones alcanzar un nivel deseable de sostenibilidad (Acosta-Prado et al. (2020)
la oferta natural y la demanda social: un espacio de posibilidades para el desarrollo sostenible. Un estudio de caso	explora y analizar de una manera crítica la oferta natural y la demanda social para la cuenca del río Porce, municipio de Amalfi-Antioquia; caso de estudio vereda Mangos Calentura, Serna (2016)
La huella hídrica en la estructura urbana. EL centro tradicional de Bogotá	El centro de Bogotá muestra sistema hídrico en deterioro debido a la fragmentación espacial y el abandono de antiguos recorridos hídricos. Propone revalorar el tejido hídrico (Valdemar, 2018)
Evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia	La importancia del estudio radica en la metodología utilizada para el cálculo de la HH por subzonas y la estructura de ecuaciones para determinar el índice de HH en Colombia (IDEAM, 2015)
Las redes de política pública: un análisis de la gestión del riesgo ante inundaciones en el Valle del río Cauca, Colombia	El estudio identifica que las redes tienen dificultad de intervención articulada y coherente entre los diversos actores sociales, públicos y privados que intervienen en la gestión del riesgo en el área del corredor del río Cauca y las tensiones que se generan entre ellos desde la colisión o convergencia de intereses particulares (Quintero, 2018)
Microbial indicators and molecular markers used to differentiate the	Los microorganismos patógenos intestinales se introducen en el agua por medio de la contaminación fecal, creando así una

source of faecal pollution in the Bogotá river (Colombia)	amenaza para la salud pública y el medio ambiente. (Sánchez et al, 2020).
Conserving the Amazon river basin: the case study of the Yahuaraca Lakes System in Colombia	El estudio destaca la importancia de la participación de las autoridades internacionales y locales en conjunto con las comunidades indígenas para comprender las amenazas y desarrollar estrategias de mitigación exitosas. (Henao, Cantera & Rzymiski, 2020)
Influencia de la actividad tectónica y volcánica reciente en la dinámica fluvial del río Anaime (Cajamarca, Cordillera Central de Colombia)	Una de las conclusiones relevantes que aporta a la presente investigación consiste en que los procesos volcánicos influyen demasiado sobre la dinámica fluvial que migra a través de las quebradas a los ríos (García & Machuca, 2019). El estudio permite relacionar Volcán Puracé–río las Piedras, posteriormente río Cauca.
Macro invertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia)	Determina que los parámetros físicoquímicos más influyentes sobre el desarrollo de las familias de macroinvertebrados fue el oxígeno disuelto. (López., et al, 2019)
Los planes de ordenamiento territorial departamental: beneficios y riesgos de un instrumento clave para la ordenación del territorio en Colombia	Señala que el panorama del ordenamiento territorial no está despejado debido a la ausencia de un régimen legal adecuado que se preocupe por delinear los perfiles del OT para una mayor capacidad de descentralización, planeación, gestión y administración. (Santaella, 2018)
Regionales	
Informe 2018 Acueducto y Alcantarillado de Popayán/ Articulación POT al Plan de Desarrollo Municipal de Popayán.	Popayán alto consumo de agua (Gobernación del Cauca y Alcaldía de Popayán, 2012), áreas construidas ilegalmente hace más de 20 años, consumidores de agua que utilizan el sistema de alcantarillado (Huetía, 2018), no cuenta con el servicio de PTAR, (Superintendencia de Superservicios, 2018)
Estructura de macroinvertebrados /microcuenca río Ejido	Los autores señalan que las aguas del río Ejido están fuertemente contaminadas (Morales, Urrea y Salazar, 2016), por vertimientos, (Urrea, 2012)
Condiciones naturales y antrópicas que generan riesgo inundación río Molino	Las condiciones antrópicas contaminan el río Molino (Villaquirán, 2017)
Análisis jurídico situacional sobre uso y conservación agua en Popayán	Comportamiento ciudadano consumo de agua y falencias por las empresas prestadoras del servicio de agua (Paredes et al., 2017).
La determinación del Caudal ambiental y su relación con variables indicadores de calidad del recurso hídrico	Evalúa la integridad biótica del río la Piedras que abastece al río Cauca resultó más consistente en el periodo del fenómeno de la niña y el niño y no por años (Casanova y Figueroa, 2015)

Indicadores de calidad y contaminación del agua determinación oferta hídrica	Río Hondo mantiene los niveles de calidad y contaminación se mantienen en rangos buenos en la parte del alto Cauca (Samboni et al., 2011)
De la degradación hídrica y las innovaciones institucionales, a la sociedad civil ambientalizada	Inocuidad de instrumentos económicos-tasas retributivas para atacar la contaminación junto a organizaciones para gestionar procesos en defensa calidad del agua (Cortés, 2017)
Análisis de la huella hídrica como indicador de sostenibilidad en sistemas de tratamiento de agua potable no convencionales	El análisis de sostenibilidad HH, permite identificar los aspectos críticos en las áreas ambientales, técnicas y socioculturales de la cuenta de abastecimiento. Referencias: Mondomo en Cauca y Golondrina en Valle del Cauca. Demuestra incremento consumo agua por la demanda social (Cerón, et al., 2020)
Factores determinantes en el consumo residencial de agua potable en acueductos urbanos caso estudio ciudad de Popayán, Colombia	El estudio determina que la población a través de hábitos y conductas busca el ahorro de agua, pero el consumo promedio de 13.23 m ³ alcanzará el nivel máximo permitido por hogar en la OMS (Rámirez & Guerrero, 2019).

Fuente: elaboración propia

Los enfoques internacionales encontrados se encaminan hacia la normatividad del recurso hídrico, la recuperación ambiental, gobernanza y planificación del territorio, la prospectiva, los derechos humanos al agua, la valoración social, el desarrollo agrícola urbano, la civilización ecológica. En el ámbito nacional se concentra en la gestión integral de la calidad, el concepto de gobernanza, los estudios biológicos y fisicoquímicos de los ríos, los factores multiplicadores de la fuente superficial, los efectos de cambio en la regulación hídrica y la protección del agua, los contaminantes emergentes, el sistema hídrico, la red de la política pública, la geomorfología y la planificación territorial; en lo regional, se enfoca en estudios de desarrollo sostenible, la sostenibilidad del agua, integridad biótica, la institucionalidad y sostenibilidad, la huella hídrica, el consumo doméstico de agua.

Los aportes encontrados hacen alusión a: la educación ambiental como elemento esencial para la recuperación de la fuente hídrica, el reconocimiento del derecho al agua, la necesidad de implementar planes sociales y económicos a mediano y largo plazo, articulación de la política

con la planificación del territorio, la vinculación social en los procesos de planificación pública, la gestión del agua promovida por agentes de cambio, la esencia de tratar el agua residual, la integración informativa de los procesos operativos del agua como forma de mitigar el impacto ambiental, la metodología con base en aspectos técnicos antes de implementar una planta de tratamiento de agua residual, la metodología par implementar la huella hídrica, la comprensión sobre la existencia de asentamientos en la ribera de los ríos y los efectos de la urbanización en la fauna y flora, la comprensión sobre el desarrollo urbano y desarrollo económico, el desarrollo de medidas de adaptación al cambio, la importancia de los indicadores para evaluación del agua e indicadores sociales, económicos, medioambientales y cambio climático, la influencia del derecho administrativo ambiental a partir de ordenamiento jurídicos, la importancia de una visión municipal hacia el futuro en torno al recurso hídrico, integración de la industria, el consumo doméstico y la agricultura en la normatividad del agua, los estándares de gestión y la sostenibilidad del agua mediante la aplicación de instrumentos económicos, la comprensión sobre el consumo de agua desde el punto de vista socioeconómico y sociocultural.

Los vacíos hallados en algunos estudios se refieren a la forma como se aborda el problema del factor agua de manera aislada a la sostenibilidad y al desarrollo sostenible desde un enfoque sistémico; aunque las intenciones de proponer soluciones integrales entre las dimensiones sociales, económicas, políticas y ambientales estas no conducen a solucionar de manera armónica la calidad de vida de los actores inmersos en el problema y poco a poco compromete la prosperidad de hogares y empresas en torno al factor agua.

Las propuestas presentadas en las investigaciones tales como: medidas de retención de agua y eficiencia hídrica, la aplicación de la norma, la restauración de los ríos, el aseguramiento del acceso al recurso hídrico, el reconocimiento del recurso de agua, la planificación sustentable y el monitoreo permanente, estrategias para calidad del agua, la educación, iniciativas de desarrollo territorial, el conocimiento sobre la influencia de la ciudad y la presión sobre el factor

agua, la comprensión sobre diversas metodologías para determinar la calidad del agua, la necesidad de tomar conciencia y comenzar a realizar aportes económicos para aliviar la contaminación del recurso hídrico, el fortalecimiento de las prácticas ambientales, el monitoreo y evaluación permanente del agua superficial, los retos sociales, económicos y políticos sobre el factor agua y la influencia sobre los mismo permitieron aportar a la presente tesis elementos esenciales e indispensables para el desarrollo de la investigación: entender que existe intención social y empresarial por mitigar la contaminación ambiental, pero estos requieren del apoyo del gobierno a través de procesos de planificación sistémica que conduzcan a la sostenibilidad del factor agua para el desarrollo sostenible orientado a mejorar el bienestar y la calidad de vida de la población afectada y que se convierta como apoyo a soluciones a otros sistemas articulados con el factor agua. Las metodologías empleadas en los estudios sirvieron para complementar y fortalecer la metodología utilizada en la presente investigación así mismo se tomaron elementos estructurales necesarios para el diseño de los procesos de recolección de información.

Las investigaciones puntuales sobre sostenibilidad del agua y similares a la presente investigación hacen alusión hacia un mayor monitoreo de los insumos de entrada al sistema para mitigar el impacto que genera los vertimientos en los ríos, como también la creación de un modelo de dinámica para investigar la gestión sostenible del agua urbana explorando la estructura de las interdependencias del sistema e involucrar a las partes interesadas en la sostenibilidad del factor agua, otro estudio similar propone la interacción interdisciplinar entre la comunidad científica como apoyo y aporte a las decisiones de una gobernanza para el desarrollo de sistemas sociológicos resilientes, los estudios señalados no incorporan a la los hogares ni empresas inmersa en el problema de la sostenibilidad del agua como posibles actores y contribuyentes al desarrollo sostenible de la ribera de los ríos.

1.5. Justificación de la investigación

La evaluación de la incidencia de la sostenibilidad ambiental en relación con el factor agua en la población y empresas ubicadas en las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca del área urbana de la ciudad de Popayán evidencia el uso inadecuado de agua como amenaza para la subsistencia de los ríos y el compromiso con generaciones futuras. A partir de la evaluación se proponen líneas de acción sostenibles para el factor agua desde las siguientes dimensiones:

Social: genera conciencia en los pobladores asentados en las riberas de los ríos sobre la necesidad de conservar y proteger las fuentes hídricas, así como el adecuado consumo y uso del agua; además, comprender que la naturaleza necesita de su espacio apropiado, que no puede ser intervenido por acciones antropogénicas que comprometan la sostenibilidad del recurso hídrico. Entender también que la contaminación es nociva para la salud humana y que genera un impacto negativo en otras zonas de la ciudad y regiones por donde recorre cauce del río. El aprendizaje y la enseñanza sobre la importancia del agua y su aporte a la vida del hombre y la naturaleza lo convierten en un recurso esencial para la salud de la población y la sostenibilidad ambiental.

Económica: para las empresas, la línea de acción sostenible del factor agua permitirá: crear conciencia en los funcionarios de la Organización empresarial sobre el uso adecuado del agua, fortalecer las políticas de reciclaje de residuos, mitigar el impacto ambiental a través del uso de tecnología, procesos de producción y servicios, generar propuestas sostenibles en la interacción empresa-factor agua.

Política: le corresponde al gobierno conservar y proteger el medio ambiente, mejorar los mecanismos de planificación y control sobre el aprovechamiento sostenible del factor agua en cuanto a: consumo y ahorro de agua, reestablecer, reubicar o adecuar los asentamientos a las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca. También le corresponde reconocer el área como zona de protección ambiental, evitando posibles asentamientos de pobladores y empresas que utilicen

estos espacios para beneficios particulares y, desde luego, el deterioro del medio ambiente; además, incrementar la cobertura de conexión domiciliaria para las poblaciones aledañas a los ríos, mejorar la eficiencia en el servicio de acueducto respecto a la calidad del servicio de agua, crear mecanismos de mayor control sobre agua no contabilizada, mejorar las redes de acueducto y alcantarillado, adecuar las redes de drenaje para evitar inundaciones y el montaje de una planta de tratamiento de aguas residuales como herramienta para reutilizar el uso del agua destinada a diversas actividades domésticas y de producción.

De esta manera, se permite una mayor vinculación y compromiso del municipio con la iniciativa de ciudades emergentes sostenibles, mejorando las condiciones sociales y económicas de la población vulnerable en la ribera de los ríos a través de propuesta de generación de empleo articuladas a las líneas de acción de sostenibilidad ambiental.

Ambiental: esta dimensión se verá beneficiada con la evaluación sostenible del factor agua y la conservación de la fauna y flora del corredor verde de cada uno de los ríos. Las líneas de acción para la sostenibilidad ambiental del factor agua responden a las necesidades actuales de la población sin comprometer el futuro del recurso hídrico. Los alentadores indicadores de gestión del agua apta para el consumo humano presentados por la empresa de acueducto de Popayán se verán fortalecidos en cuanto a la calidad del agua de las fuentes hídricas y el aprovechamiento de los ríos; ello, fortalece el bienestar social y la conservación del medio ambiente para el beneficio social, económico y político a través de actividades económicas eficientes sin comprometer la estabilidad y la seguridad del factor agua como elemento esencial para preservar la biodiversidad, la seguridad del aire, la salud y la seguridad física de la población.

Ahora, frente a las nuevas líneas de acción sobre las formas y maneras de usar el agua, la población y las empresas tendrán que someterse a procesos de adaptación encaminados a conservar la fuente hídrica. El desarrollo sostenible se refleja en términos de conocimiento que

contribuye con el factor agua a través de acciones de sostenibilidad ambiental desde un enfoque sistémico e integral. Los aportes se concretan en lo teórico, en el cual se vincula el enfoque de sistemas abiertos Bertalanffy (1989) en el que los subsistemas son esenciales para mantener el equilibrio del sistema; en lo práctico, a través del trabajo de campo soportado en entrevistas semiestructuradas a los hogares y las pruebas biológicas y fisicoquímicas de los ríos; esto permite el acercamiento con la problemática real sobre la sostenibilidad del factor agua y, en el ámbito metodológico, la investigación se fundamenta en el modelo epistémico del positivismo retomando el desarrollo sostenible desde el enfoque de sistemas abiertos con una perspectiva integral.

La investigación resalta la importancia de involucrar a los hogares, las empresas y el gobierno ubicados en la ribera de los ríos, como actores principales, para resolver la insostenibilidad del agua según el enfoque sistémico, donde la participación ciudadana, la intencionalidad de los empresarios y la planificación institucional se convierte en los elementos esenciales para resolver el problema planteado. De Sousa (2010), invita a de-construir y des-aprender para entender la realidad social y su interacción con la naturaleza; de esta manera, abre el debate para valorar la sostenibilidad del factor agua desde un enfoque sistémico y su contribución a ciudades sostenibles. La presente investigación aporta a la ciencia y al conocimiento porque identifica las características sociales y económicas de la población asentada en las riberas de los ríos, determina la percepción sobre el servicio de agua de uso doméstico, empresarial y evalúa la planificación local encaminada a la sostenibilidad del factor agua para el desarrollo sostenible desde el enfoque sistémico. El aporte metodológico establece la posibilidad de que la planeación municipal diseñe, de acuerdo con un enfoque sistémico, líneas de acción que permitan incluir en los componentes y proyectos a los hogares, empresas y la administración local para que trabajen de manera conjunta y responsable sobre la promoción de la sostenibilidad ambiental del agua para el desarrollo sostenible.

En cuanto al aporte en lo práctico, la investigación es útil porque aporta y adopta una nueva forma de planificación que, desde un enfoque sistémico, articula el Plan de Desarrollo municipal con los diversos planes municipales: el Plan de Ordenamiento del Territorio y la Gestión institucional de organizaciones comprometidas con la sostenibilidad del factor agua para el desarrollo sostenible en relación con la población de las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca. La investigación además propicia un espacio de interacción entre la comunidad, las empresas y el gobierno para abordar, a través de 13 proyectos enmarcados en 4 líneas de acción, la promoción de la sostenibilidad del factor agua para el desarrollo sostenible con base en un enfoque sistémico. La investigación anima a promover la planificación local con un enfoque sistémico que involucre a los actores inmersos en el problema de la sostenibilidad del factor agua y no continuar planeando de manera particular y aislada al concepto de sostenibilidad. Como resultado se obtiene apropiación del conocimiento de la sostenibilidad del factor agua según un enfoque sistémico en el cual, el agua como recurso limitado, debe aprovecharse de manera sostenible sin afectar su agotamiento para generaciones futuras, también permite identificar la huella hídrica como indicador de consumo de agua y elemento esencial para la planificación local.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar la sostenibilidad ambiental del factor agua para el desarrollo sostenible desde el enfoque sistémico en relación con la población y empresas ubicadas en la ribera de los ríos Ejido, Molino y Cauca en el área urbana de la ciudad de Popayán, Colombia.

1.6.2. Objetivos específicos

Describir el estado actual institucional de la sostenibilidad ambiental del factor agua para el desarrollo sostenible desde un enfoque sistémico en relación con la población y empresas ubicadas en las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca en el área urbana de la de Popayán, Colombia.

Medir la sostenibilidad ambiental del factor agua para el desarrollo sostenible desde un enfoque sistémico en relación con la población y empresas ubicadas en la ribera de los ríos Ejido, Molino y Cauca en el área urbana de la de Popayán, Colombia.

Proponer líneas de acción de sostenibilidad ambiental del factor agua para el desarrollo sostenible desde un enfoque sistémico en relación con la población y empresas ubicadas en la ribera de los ríos Ejido, Molino y Cauca en el área urbana de la de Popayán, Colombia.

1.7. Supuestos y categorías de análisis

1.7.1. Supuestos

La hipótesis de investigación se predice teniendo en cuenta el planteamiento del problema la teoría en la cual se soporta la tesis doctoral; en ese sentido, aquí se presume que:

La sostenibilidad ambiental del factor agua para el desarrollo sostenible desde el enfoque sistémico evalúa de manera negativa en relación con la población y empresas ubicadas las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca del área urbana de la ciudad de Popayán.

1.7.2. Categorías y variables

Las categorías y variables se observan en la tabla 2.

Tabla 2. Categorías y variables

Dimensión	Tipo de variable	Variable	Indicador
Sociales (Hogar)			
Características socioeconómicas población (Hogar)	Cuantitativa	Discreta	Edad
	Cualitativa	Nominal	Género
	Cualitativa	Ordinal	Nivel educativo
	Cuantitativa	Continua	Ingresos económicos
	Cuantitativa	Discreta	Número integrantes hogar
	Cualitativa	Ordinal	Estrato social
Factor agua domiciliaria	Cualitativa	Nominal	Servicio público de agua
	Cuantitativa	Continua	Consumo de agua m ³ /mes
	Cuantitativa	Continua	Consumo de agua por actividad
Calidad del agua domiciliaria	Cualitativa	Ordinal	Propiedad del agua
	Cualitativa	Ordinal	Frecuencia servicio
	Cualitativa	Ordinal	Suministro servicio
	Cualitativa	Nominal	Enfermedad
	Cualitativa	Nominal	Tipo de enfermedad

Ahorro de agua domiciliaria	Cualitativa	Nominal	Ahorro agua
	Cualitativa	Nominal	Actividad ahorro agua
	Cualitativa	Nominal	Método adquiere agua
Relación hogar fuente hídrica agua superficial	Cualitativa	Nominal	Tratamiento agua vertida
Contaminación fuente hídrica	Cualitativa	Ordinal	Presencia de contaminantes
	Cualitativa	Ordinal	Presencia animales
	Cualitativa	Ordinal	Porcentaje de residuos río
	Cualitativa	Ordinal	Nivel de afectación río
	Cualitativa	Nominal	Consumo agua río
	Cualitativa	Nominal	Enfermedad
	Cualitativa	Nominal	Tipo de enfermedad
	Cualitativa	Ordinal	Actividad cuidado del río
Estrategia de sostenibilidad	Cualitativa	Nominal	Social
	Cualitativa	Nominal	Económica
	Cualitativa	Nominal	Política
Conjunto Residencial Cerrado - CRC (Hogares)	Tipo de variable	Variable	Indicador
Características sociales y económicas administrador del CRC.	Cuantitativa	Discreta	Edad
	Cualitativa	Nominal	Género
	Cualitativa	Ordinal	Nivel educativo
Características conjunto - CRC	Cuantitativa	Discreta	Número de hogares
	Cualitativa	Ordinal	Estrato social
	Cuantitativa	Discreta	Periodo de establecido
Factor agua domiciliaria	Cualitativa	Nominal	Servicio público de agua
	Cuantitativa	Continua	Consumo de agua domiciliaria m ³ mes
	Cuantitativa	Continua	Porcentaje consumo de agua por actividad
Calidad agua domiciliaria	Cualitativa	Ordinal	Propiedad del agua
	Cualitativa	Ordinal	Frecuencia del servicio
	Cualitativa	Ordinal	Suministro del servicio
	Cualitativa	Nominal	Enfermedad
	Cualitativa	Nominal	Tipo de enfermedad
	Cuantitativa	Discreta	Periodo de mantenimiento
Ahorro agua domiciliaria	Cualitativa	Nominal	Ahorro de agua
	Cualitativa	Nominal	Actividades ahorro de agua
	Cualitativa	Nominal	Método adquiere agua
Relación CRC – Fuente hídrica	Cualitativa	Nominal	Permiso de vertimiento río
	Cualitativa	Nominal	Tipo de tratamiento de agua
Contaminación Fuente hídrica	Cualitativa	Ordinal	Presencia contaminante
	Cualitativa	Ordinal	Presencia animales
	Cualitativa	Ordinal	Porcentaje residuos río
	Cualitativa	Ordinal	Nivel de afectación
	Cualitativa	Nominal	Consumo humano agua río
	Cualitativa	Nominal	Enfermedad por consumo humano agua río
	Cualitativa	Nominal	Actividad de la administración CRC para cuidado del río
Estrategia de sostenibilidad	Cualitativa	Ordinal	Presencia instituciones cuidado del río
	Cualitativa	Nominal	Social
	Cualitativa	Nominal	Económica

	Cualitativa	Nominal	Política
Dimensión Económica (Empresas)	Tipo de variable	Variable	Indicador
Características socio-económicas gerente	Cuantitativa	Discreta	Edad
	Cualitativa	Nominal	Género
	Cualitativa	Ordinal	Nivel educativo
Información empresa			Sector de la producción
			Actividad económica
	Cuantitativa	Discreta	Número de tratbajadores
	Cualitativa	Ordinal	Estrato social
	Cuantitativa	Discreta	Tiempo establecido la empresa
Relación servicio agua	Cualitativa	Nominal	Servicio público d agua
Consumo agua	Cuantitativa	Continua	Consumo promedio de agua
	Cuantitativa	Continua	Porcentaje uso de agua por actividad
Calidad Agua	Cualitativa	Ordinal	Propieda del agua
	Cualitativa	Ordinal	Frecuencia del agua
	Cualitativa	Ordinal	Suministro de agua
	Cualitativa	Nominal	Toma agua de llave
	Cualitativa	Nominal	Enfermedades
	Cualitativa	Nominal	Mantenimiento redes internas
Ahorro agua	Cualitativa	Nominal	Periodo de mantenimiento
	Cualitativa	Nominal	Ahorro de agua
	Cualitativa	Nominal	Actividades ahorro de agua
Relación empresa fuente hídrica	Cualitativa	Nominal	Método adquiere agua
	Cualitativa	Nominal	Permiso de vertimiento
Contaminación fuente hídrica	Cualitativa	Nominal	Tipo de tratamiento agua residual
	Cualitativa	Ordinal	Presencia contaminantes
	Cualitativa	Ordinal	Presencia de aniamels
	Cualitativa	Ordinal	Presencia de residuos
	Cualitativa	Ordinal	Nivel de afectación de la fuente hídrica
	Cualitativa	Nominal	Consumo agua río
	Cualitativa	Nominal	Enfermedad relación fuente hídrica
	Cualitativa	Nominal	Actividades cuidado del río
Estrategias de sostenibilidad	Cualitativa	Ordinal	Nivel de presencia institucional cuidado del río
	Cualitativa	Nominal	Social
Estrategias de sostenibilidad	Cualitativa	Nominal	Económica
	Cualitativa	Nominal	Política
Dimensión Ecológica	Tipo de variable	Variable	Indicador
Parámetros fisicoquímicos	Cuantitativa	Continua	pH DO DBO T ICOMO ICOMI ICOSUS
Pruebas Biologicas	Cualitativa		BMWP/Col
Observación no participativa Hogares	Cualitativa		Percepción sobre: (Hallazgos encontrados) Hogares Condiciones del río Presencia residuos sólidos Acciones favorables o desfavorables Presencia animales Vegetación

Observación no participativa Hogares Empresas	Cualitativa		Percepción sobre: (Hallazgos encontrados) Empresas Condiciones del río Presencia residuos sólidos Acciones favorables o desfavorables Presencia animales Vegetación
Dimensión Política	Tipo de variable	Variable	Indicador
Planificación local	Cualitativa		Plan con líneas de sostenibilidad desde enfoque sistémico: Plan de desarrollo del municipio Plan de gestión regional del Cauca Plan de ordenamiento del territorio – POT Plan de gestión de la Secretaría de desarrollo agroambiental y fomento económico Plan de gestión EAAP Plan de gestión integral de residuos sólidos Plan de gestión Parques Naturales PPNN Código de Policía

Fuente: elaboración propia

II. Fundamentación teórica

Para el desarrollo de la presente tesis doctoral se tiene en cuenta el concepto de desarrollo sostenible enunciado en el informe *brundtlan* sobre el medio ambiente y el desarrollo como problemática mundial, las cuáles hicieron énfasis en las siguientes preocupaciones: el futuro amenazado, el desarrollo duradero y el papel de la economía internacional. Entre las tareas comunes se determinó sobre la población y los recursos humanos, la seguridad alimentaria, las especies y ecosistemas como recursos para el desarrollo, la energía, la industria, el desafío humano respecto al crecimiento de las ciudades. El informe señala el desafío urbano resaltando que pocas autoridades urbanas del mundo en desarrollo tienen el poder, los recursos y el personal capacitado para suministrar a las poblaciones en rápido aumento las tierras, los servicios y las instalaciones necesarias para llevar una vida humana adecuada: agua pura entre otros. Sobre la pobreza señala que carece del servicio de agua y de desagües y por ello están expuestos a enfermedades provocadas por estas carencias. Hoy día las acciones antropogénicas del hombre han cambiado el caudal y alterado la calidad del agua de los ríos; debido a lo anterior propone controlar aún más la contaminación del agua y reducir la tensión sobre el recurso hídrico (Brundtlan, 1987).

La Agenda 2030, Objetivos del Desarrollo Sostenible; la Asamblea General de la ONU adoptó un plan de acción para el desarrollo de la Agenda 2030 a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, la nueva estrategia rige en los programas de desarrollo mundial hasta los próximos 9 años, la cual comprometió a los Estados a movilizar los medios necesarios para su implementación mediante alianzas centradas especialmente en las necesidades de los más pobres y vulnerables, motivo por el cual se establecieron 17 objetivos entre los cuales el tema de Agua y saneamiento está inmerso en la presente investigación, la cual considera fundamental ampliar el acceso de agua potable a poblaciones que carecen de este servicio básico. La pandemia promovida por el COVID-19, ha puesto de manifiesto la importancia vital del saneamiento, la higiene y un acceso adecuado para agua limpia, con el fin de prevenir y contener enfermedades (ONU, 2018).

La conferencia internacional sobre el agua realizada en Dublín, Irlanda, en 1992, establece que la escasez y el uso abusivo del agua dulce plantea una creciente y seria amenaza para el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente. La salud y el bienestar humanos, la seguridad alimentaria, el crecimiento industrial y el ecosistema de que dependen se hallan en peligro, a no ser la gestión de recursos hídricos y del suelo se efectuó de forma más eficaz. Considera dentro de los principios rectores que el agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para el sostén de la vida, el desarrollo y el medio ambiente; el aprovechamiento y la gestión del agua deben basarse en un planteamiento participativo, en el que intervengan los usuarios, los planificadores y los encargados de tomar decisiones a todos los niveles, el agua tiene un valor económico en los diversos usos a los que destina y debería reconocércele como un bien económico y la mujer desempeña un papel importante en el suministro, la gestión y la preservación del agua.

Dentro de los programas de acción del agua propone que el desarrollo urbano sostenible se ve amenazado por la reducción de un abastecimiento copioso de agua barata, como resultado

del agotamiento y deterioro causado por la prodigalidad del pasado. Como la escasez de agua y la contaminación obligan a explorar fuentes cada vez más distantes, los costos marginales de las nuevas demandas van creciendo de manera exponencial. Los futuros suministros garantizados han de basarse en gravámenes apropiados sobre el agua y en controles adecuados de los caudales. Es necesario comprender el sistema climático mundial como los efectos potenciales sobre los recursos hídricos. (ONU, 1992).

La falsa convicción de que somos propietarios del planeta, o tan siquiera sus administradores, permite seguir platicando de políticas ecologistas con la boca pequeña mientras continuaremos nuestras actividades hacia el crecimiento y el desarrollo, celebrando el descubrimiento de yacimientos de petróleo o gas y contemplamos la actual subida de los precios del barril de crudo como desastre y no como un incentivo para reducir el consumo y la contaminación. ¿Cómo recuperar un instinto que reconozca no sólo la presencia del gran sistema Tierra sino también su estado de salud?. Los pensamientos e ideas de los verdes son muy diversos, los totalitarios a veces llamados ecofascistas, querrían ver a la mayoría de los demás humanos exterminados en un genocidio y quedarse una Tierra para ellos solos, en otro extremo están los que querrían que los derechos humanos y el estado de bienestar se extendiera a todo el mundo y de alguna manera esperan que el desarrollo sostenible permita que ese sueño se convierta en realidad. El gobierno y los grupos de presión deben dedicarse a la gente y sus problemas pensando en la Tierra siempre y cuando seamos capaces de aceptar la disciplina de la Tierra para la supervivencia del hombre (Lovelock, 2007).

Los modelos de crecimiento económico imperantes a nivel mundial, conducen inevitablemente al agotamiento paulatino de los recursos naturales del planeta, a la degradación ambiental y al aumento de la pobreza, reforzando la idea de falta de solidaridad intergeneracional, motivo por el cual es importante analizar el crecimiento demográfico y su vínculo con la disponibilidad de recursos naturales y los requerimientos de agua para satisfacer

necesidades elementales de trabajo, alimentación, energía y sanidad sin dejar de conservar ni reforzar la base propia de la naturaleza (Gómez, 2014).

Lo señalado anteriormente conduce a que la problemática del factor agua continua presentándose en el planeta como elemento ilimitado que debe replantarse de manera inmediata la forma de gestionar y planificar el recurso hídrico, motivo por el cual la presente investigación se fundamenta en Gallopín (2003) inmerso en la teoría de sistemas de Bertalanffy (1989), quien argumenta el desarrollo sostenible y la sostenibilidad desde una perspectiva de sistemas abiertos e integrando las dimensiones económica, social, política y ecológica.

Como suplemento se tienen en cuenta los siguientes referentes: la investigación se relaciona con Hoekstra (2011), debido a su aporte a la sostenibilidad desde el punto de vista de la Huella Hídrica. Siguiendo a Escobar (2000), se resalta la importancia del concepto “lugar” abordado desde la relación con el entendimiento básico de ser y conocer hasta su destino bajo la globalización económica y en la medida en que sigue siendo una ayuda o un impedimento para pensar en cultura. Sach (2014), indica su atención en las interconexiones entre los cambios económicos, sociales y ambientales combinando el desarrollo económico, la inclusión social y la sostenibilidad ambiental, bajo el enfoque de ciudad resiliente y, como expresa Sousa (2010), recomienda la necesidad de descolonizar el saber para reinventar el poder como respuesta a la destrucción de conocimientos propios de los pueblos causados por el colonialismo. Lo anterior contribuye a la propuesta de líneas de acción ambiental para la sostenibilidad del factor agua para el desarrollo sostenible en relación con la población y empresas ubicadas en la ribera del área urbana de la ciudad de Popayán.

2.1. Teoría general de Sistemas (TGS)

Bertalanffy (1989), señala que la TGS es una ciencia de la totalidad, la cual pone de manifiesto las principales metas: hay una tendencia general hacia la integración en las varias ciencias, naturales y sociales; la integración parece girar en torno a una teoría general de

sistemas. Esta concepción es un recurso importante para buscar una teoría exacta en los campos no físicos de la ciencia, al elaborar principios unificadores que corren verticalmente por el universo de las ciencias; de esa manera, la teoría TGS nos acerca a la meta de la unidad de la ciencia y, ello, puede conducir a la integración, que hace mucha falta, en la instrucción científica. Además, define el sistema como un conjunto de elementos interrelacionados entre sí y con el medio circundante.

Desde el punto de vista de Organización, señala que las características según la perspectiva social son nociones de totalidad, crecimiento, diferenciación, orden jerárquico, dominancia, control, competencia, entre otras. La TGS también se define como complejo de componentes interactuantes, conceptos característicos de totalidades organizadas, tales como interacción suma, mecanización, centralización, competencias, finalidad. Un elemento esencial en la TGS es la homeostasia o lo que tiene que ver con el mantenimiento en equilibrio del sistema conservando su estabilidad y capacidad de adaptación (Bertalanffy, 1989). En este contexto, Gallopín (2003) se sumerge en la TGS para tratar los conceptos de sostenibilidad y desarrollo sostenible desde una configuración sistémica.

Las líneas de acción para la sostenibilidad del factor agua que sugiere la presente tesis desde un enfoque sistémico, requiere comprender y entender que los hogares (Dimensión social), las empresas (Dimensión económica), al administración gobierno (Dimensión política) y el factor agua (Dimensión ambiental), hacen parte de un sistema, por lo tanto la degradación de alguna de sus partes desequilibra el sistema las cuáles deberá ser intervenida con el apoyo entre las las mismas partes para volver a equilibrar el sistema. Lo anterior conlleva a entender la funcionalidad interna de cada una de las partes del sistema de manera sostenible, respecto a los hogares como están conformados, su relación con el uso doméstico e hidrico del agua, las empresas y su interacion operativa con el factor agua, la correspondencia de la planificación

integral local con el recurso agua y las condiciones de calidad del agua de las fuentes hídricas, necesarias para que el sistema del recurso agua funcione en armonía.

Ahora bien, la sostenibilidad se desarrolla desde una perspectiva sistémica a partir de Gallopín (2003), referenciado en la teoría de sistemas, a continuación se presenta lo anunciado por el autor y su relación con la tesis doctoral.

2.2. Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico (Gallopín, 2003)

Esta tesis doctoral toma como referente lo enunciado por Gallopín (2003) pensador contemporáneo inmerso en la TGS, debido a su orientación hacia la sostenibilidad y que se relaciona con el objetivo general del presente estudio. Gallopín (2003), señala que los conceptos de sostenibilidad y desarrollo sostenible deben examinarse desde una perspectiva sistémica. El enfoque sistémico proporciona una perspectiva más útil que otros métodos analíticos, debido a que es una manera de reflexionar en función de conexiones, relaciones y contexto, considerando el sistema como un conjunto de elementos (o subsistemas) relacionados entre sí. El comportamiento de un sistema no sólo depende del sistema mismo sino también de los factores, elementos o variables provenientes del ambiente del sistema y que ejercen influencia como se demuestra en la figura 2.

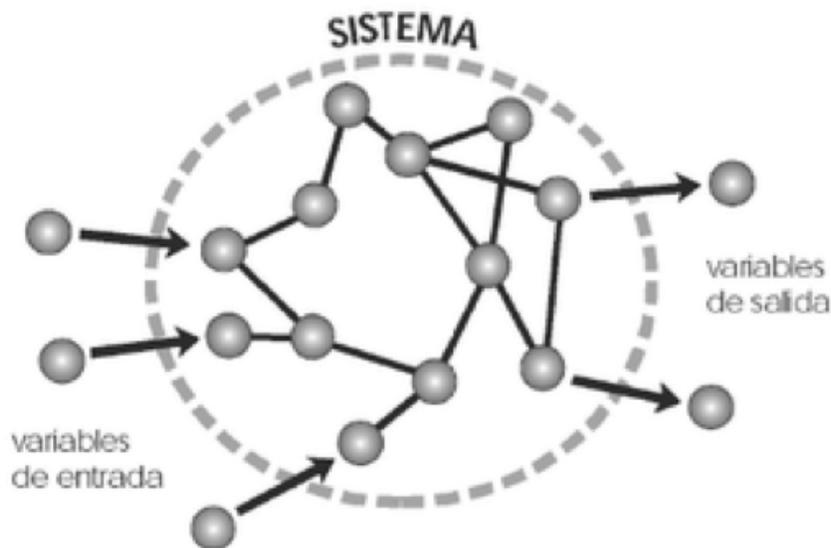


Figura 2. Sistema abierto

Fuente: Gallopin (2003)

Un sistema es sostenible cuando el valor neto del producto obtenido no necesariamente en términos económicos no disminuye en el tiempo. El desarrollo sostenible implica cambios, en ocasiones se desea mejorar el sistema mismo o cambiar el sistema para mejorar algunos productos. La sostenibilidad y el desarrollo sostenible exigen integrar factores económicos, sociales, culturales, políticos y ecológicos teniendo en cuenta los aspectos locales y globales y su relación recíproca ampliando el horizonte espacial y temporal para adaptarse a la necesidad de equidad intergeneracional así como intrageneracional, abordado en el enfoque sistémico que proporciona una perspectiva útil debido a la manera de reflexionar en funciones de conexiones, relaciones y contexto.

Sobre la sostenibilidad (Gallopin, 2003), señala que existen tres puntos de vista: Sostenibilidad del sistema humano, únicamente considera que el hombre puede convertir la tierra en planeta artificial, Sostenibilidad del sistema ecológico, desplaza el componente humano remplazado por una posición verde a ultranza en contraposición a la antropocéntrica extrema, Sostenibilidad del sistema socio ecológico total, conformado por un componente social en interacción con un componente ecológico. Un sistema socio ecológico sostenible requiere de disponibilidad de recursos, adaptabilidad y flexibilidad, homeóstasis general (estabilidad, resiliencia y robustez), capacidad de respuesta, auto dependencia y empoderamiento.

Los sistemas vivos son cambiantes y lo fundamental no es eliminar los cambios sino evitar la destrucción de las fuentes de renovación, a partir de la cuales el sistema puede recuperarse de las inevitables tensiones y perturbaciones a que está expuesto debido a su condición de sistema abierto. Para avanzar hacia el desarrollo sostenible se necesita eliminar las rigideces y obstáculos, identificar y proteger la base de conocimientos y experiencia acumulados que son

importantes como los cimientos para avanzar, sostener las bases sociales y naturales de adaptación y renovación, e identificar y acrecentar la capacidad necesaria de renovación que se ha perdido y por último la innovación, la experimentación y la creatividad social.

Ahora, el desarrollo sostenible se fundamenta en los siguientes conceptos básicos: las bases éticas del desarrollo sostenible, el dinamismo (no puede existir como un estado de equilibrio estático), el concepto (de acuerdo con la Comisión Brundtland en 1987 se define como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las propias”, lo anterior conlleva a reconciliar las metas sociales, económicas y ecológicas), la implementación (comprender previamente las vinculaciones entre lo social, ecológico y económico, su evaluación requiere de indicadores tradicionales del mercado complementados con los indicadores de sostenibilidad articulados con metas alcanzables). Desde luego que el desarrollo tiene que ver con la calidad de vida del ser humano y no necesariamente con el incremento de la producción de un país. La combinación de la calidad de vida cada vez mejor con crecimiento económico material es lo que generalmente se concibe como desarrollo.

Existen dos tipos fundamentales de situaciones de desarrollo verdaderamente sostenible: el mejoramiento de la calidad de vida con crecimiento económico no material y las economías de crecimiento cero. El desarrollo sostenible no necesariamente implica el cese de crecimiento económico: la implicancia lógica del desarrollo sostenible es una economía material de crecimiento cero combinada con una economía no material de crecimiento positivo. Mientras que el crecimiento demográfico y el crecimiento económico material deberán estabilizarse con el tiempo, el crecimiento cultural, psicológico y espiritual no tiene límites físicos.

Las relaciones básicas entre desarrollo, crecimiento económico y crecimiento económico material son importantes por que en principio, la sostenibilidad aumenta a lo largo del eje de crecimiento económico material, el Crecimiento económico no material y cero crecimientos

económicos; podría decirse, entonces, que hay no-desarrollo cuando la calidad de vida no mejora ni hay crecimiento económico. Cuando hay crecimiento económico material, pero no mejora la calidad de vida, puede decirse que hay desarrollo viciado. La combinación de una calidad de vida cada vez mejor con crecimiento económico material es lo que generalmente se concibe como desarrollo. Figura 3.

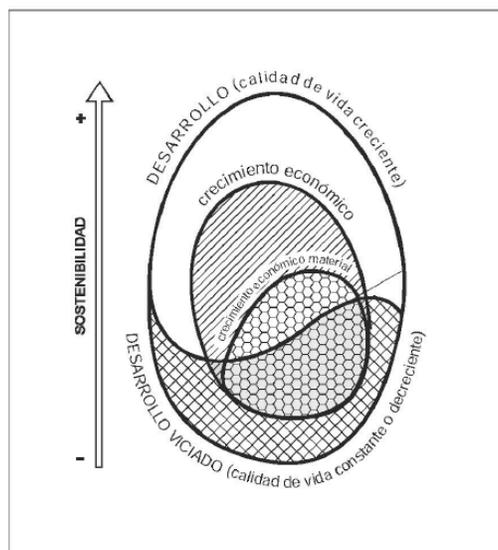


Figura 3. Representación del desarrollo, la sostenibilidad.
El crecimiento económico y la calidad de vida
Fuente: Gallopin (2003)

El aporte del autor para el desarrollo de la presente tesis consiste en que la sostenibilidad ambiental desde el enfoque sistémico se convierte en una manera de considerar que los hogares, las empresas, la planificación del gobierno local y lo ecológico se consideran elementos que se relacionan entre sí y depende de ellos mismos, así como de variables provenientes del ambiente del sistema en relación con el factor agua. Ahora bien, la sostenibilidad desde el enfoque sistémico se convierte en una forma más de aportar al desarrollo sostenible obligando a realizar cambios encaminados a la mejora del sistema de una manera integral. Lo anterior significa que la problemática sobre la insostenibilidad del factor agua depende de como hacer para que la interacción entre los hogares, las empresas, el gobierno prospere en relación al recurso hídrico, las líneas para la sostenibilidad ambiental proponen proyectos alcanzables alineado al plan de

desarrollo municipal, lo que conduce a que el sistema considerado dinámico conlleve al crecimiento económico y al mejoramiento de la calidad de vida. La prosperidad de la población irá de la mano con el mejoramiento de las condiciones económicas de las empresas y de la intervención del gobierno a través de una planificación sistémica en relación con el recurso hídrico.

Dentro de la sostenibilidad del factor agua en relación con la población y empresas de la ribera del río es necesario conocer la huella hídrica como indicador indispensable para evaluar el consumo de agua en la ciudad y que se convierte también en elemento indispensable del sistema, a continuación se resalta la importancia de la HH para la propuesta presentada en la presente tesis. Los aportes de Gallopín contribuye al modelo epistémico de la investigación desde los sistemas abiertos. Por su influencia de la teoría de sistemas de Bertalanffy está inmerso en el modelo epistémico del Positivismo (Augusto Comte). El positivismo no se preocupa por la creación de las teorías de donde se derivan las hipótesis, sino de la verificación de estas últimas (Hurtado, 2010).

2.3. La huella hídrica

Hoekstra et al. (2011) expresan que las actividades humanas consumen y contaminan bastante agua en su mayoría debido a la producción agrícola, el sector industrial y doméstico. La producción y la cadena de suministro influyen fuertemente en los volúmenes del consumo de agua y la contaminación que puede estar asociada con un producto de consumo final. Señala que el agua dulce se está convirtiendo cada vez más en un recurso mundial, impulsado por el comercio internacional de productos básicos de uso intensivo de agua. Entonces, la huella hídrica de un producto es el volumen de agua dulce utilizada para producir el producto, medido en toda la cadena de suministro.

Hoekstra et al. (2011) especifican la huella hídrica en tres colores: azul, se relaciona con el consumo de los recursos de aguas superficiales y subterráneas a lo largo de la cadena de

suministro de un producto. Indican que el consumo se refiere a la pérdida de agua de la superficie del suelo disponible cuerpo de agua en una zona de captación, las pérdidas ocurren cuando el agua se evapora y vuelve a otra zona de captación o se incorpora en un producto. Color verde, se refiere al consumo de recursos hídricos verdes tales como el agua de lluvia que queda almacenada en el suelo como humedad. Color gris, consiste en el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes dadas las concentraciones de fondo natural y agua ambiental existente, establece normas de calidad para el control de este proceso. La huella hídrica ofrece una perspectiva mejor y más amplia de cómo un consumidor o productor se relaciona con el uso del sistema de sistemas de agua dulce. Una evaluación de una huella consta de cuatro fases, primero el establecimiento de objetivos y alcance, conocer la sostenibilidad del uso del agua en las zonas de importación intensiva del agua, segundo, la contabilidad de la huella hídrica es cuando los datos se recaudan y se desarrollan las cuentas, tercero la evaluación de la huella hídrica, consiste en valorar la sostenibilidad desde el punto de vista ambiental, económica y social y cuarto la formulación de respuesta, estrategias o políticas encaminadas a mejorar las condiciones de la huella hídrica. El consumo identificado en los hogares y empresas se aproxima al máximo permitido por la Organización Mundial de la Salud, lo que significa que el uso intensivo del agua para actividades domésticas y operativas incide en la sostenibilidad del factor agua desde un enfoque sistémico.

El consumo facturado y no facturado recae sobre el proceso de planificación el cual o ha sido integro ni valorado como recurso limitado. La necesidad de establecer el indicador de HH conlleva a interpretar además del suministro de agua por parte de la empresa de acueducto y alcantarillado de Popayán el consumo total de agua incorporado en los productos y alimentos, lo que conduce a establecer si verdaderamente el factor agua es o no sostenible. Las teorías de sistemas y desarrollo sostenible deben tener en cuenta que reposan en unos cimientos que para el caso de la presente tesis hacen alusión al “Lugar”, como espacio de interacción entre el hombre

y la natural; por tal motivo se toma como referente a Escobar (200), de quien a continuación se expone su aporte investigativo.

2.4. El lugar de la naturaleza y la naturaleza del lugar. ¿Globalización o postdesarrollo?

Escobar (2000) es otro apoyo para la presente investigación por la manera de aludir al concepto lugar como espacio de interacción social, económico, político y ecológico. En este trabajo funciona como elemento teórico que permite entender y comprender las relaciones entre el desarrollo y la naturaleza. Este autor afirma que el lugar es como la experiencia de una localidad específica con algún grado de enraizamiento, linderos y conexión con la vida diaria, aunque su identidad sea construida y nunca fija, continúa siendo importante en la vida de la mayoría de las personas. La desterritorialización, el desplazamiento, la diáspora, la migración, los viajes, el cruce de fronteras, la monadología, etc., nos ha hecho conscientes de que la dinámica principal de la cultura y la economía ha sido alterada significativamente por procesos globales inéditos. El lugar, en otras palabras, ha desaparecido en el frenesí de la globalización de los últimos años y este desdibujamiento del lugar tiene consecuencias profundas en nuestra comprensión de lectura, el conocimiento, la naturaleza y la economía. Es el momento de revertir algunas de estas asimetrías al enfocar de nuevo la constante importancia del lugar y de la creación del lugar, para la cultura, la naturaleza y la economía desde la perspectiva de lugar ofrecida por los críticos mismos. Una reafirmación de lugar, el no capitalismo, y la cultura local opuestos al dominio del espacio, el capital y la modernidad, los cuales son centrales al discurso de la globalización, debe resultar en teorías que hagan viables las posibilidades para reconcebir y reconstruir el mundo desde una perspectiva de prácticas basadas en el lugar.

Un aspecto de la persistente marginalización del lugar en la teoría occidental es el de las consecuencias que ha tenido en el pensar de las realidades sometidas históricamente al colonialismo occidental. Los lugares están siendo progresivamente sometidos a las operaciones de capital global, más aún en la era del neoliberalismo y la degradación de Estado-nación. Sin

embargo, esto sólo le otorga más urgencia a la cuestión de las regiones y las localidades. Los modelos de la naturaleza basados en el lugar y la economía, por un lado, y la teorización de racionalidades productivas, por el otro, donde podremos encontrar un marco de referencia más amplio en el situar de los debates sobre la sustentabilidad cultural y ecológica (Escobar, 2000).

La problemática de la insostenibilidad del factor agua en relación con los hogares, las empresas y la planificación del gobierno reposa sobre un espacio denominado Lugar en donde fluye e interactúan diversas culturas que hay que comprender, y que permite entender las relaciones entre las actividades económicas del hombre y las fuentes hídricas.

Por eso, la interacción del enfoque sistémico y la sostenibilidad con el lugar contribuyen a identificar elementos que le propician una identidad única al lugar, para el caso de la tesis los pobladores asentados en las riberas de los ríos y los efectos de las acciones antropogénicas sobre el factor agua. Respecto al lugar se propicia el desarrollo sostenible; por ello se referencia a Sach (2015) para entender el desarrollo sostenible y dónde está inmersa la sostenibilidad desde un enfoque sistémico.

2.5. La era del desarrollo sostenible (Sach 2015)

Se referencia este autor por su contribución a la comprensión de ciudad resiliente y su relación con la sostenibilidad; señala Sach (2015) que el desarrollo sostenible es una forma de entender el mundo como un método para resolver los problemas globales. Además, pretende comprender la interacción entre los sistemas: economía mundial, la sociedad global y el medio ambiente físico de la tierra, desde una normativa que enmarca una sociedad que además de ser económicamente próspera también sea socialmente inclusiva, ambientalmente sostenible y bien gobernada.

Las ciudades tienen ciertos aspectos distintivos: contienen grandes concentraciones de población, se distinguen de acuerdo con su actividad económica y son áreas especialmente productivas; son un foco de innovación, ya sea a través de sus universidades, de sus laboratorios

de investigación, o de sus grandes empresas creadoras de nuevos productos. Las ciudades son centros de comercio y gran parte de su actividad tiene que ver con el intercambio de bienes; por ejemplo las ciudades costeras son lugares de rápido crecimiento demográfico, a menudo existen desigualdades sociales, cuentan con grandes ventajas en términos de economías de gama y de escala, presentan problemas de externalidades urbanas derivados de la elevada densidad de población y actividades económicas.

Hoy, las ciudades deben prepararse para un futuro de trastornos ecológicos que vienen del cambio climático y otros cambios ambientales inducidos por el hombre. Los nuevos retos de las ciudades conducen a una nueva forma de adopción encaminada al cumplimiento de indicadores orientados a acelerar el proceso de transición hacia el desarrollo sostenible; la población tendrá que adaptarse a los ajustes de los determinantes de la sostenibilidad del factor agua. Si no se genera el cambio o transformación social, económica y política sobre la manera de gestionar los recursos naturales y el medio ambiente, lo que podría suceder con las fuentes hídricas es que una economía en crecimiento presione los límites planetarios afectando la calidad del agua y la biodiversidad (Sachs, 2015).

La importancia de la tesis en referenciar el desarrollo sostenible tiene que ver con que el DS con la resiliencia de una ciudad y la relación con la sostenibilidad, así como la forma de entender y comprender la interacción que debe tener los componentes del sistema: hogar, empresa, gobierno y la fuente hídrica. Resalta que la buena gobernanza centrada en la planificación sistémica es necesaria para la sostenibilidad del factor agua. Una sociedad inclusiva, una economía próspera y una buena gobernanza conduce a que el factor agua sea ambientalmente sostenible. Lo anterior, conduce a que la ciudad debe prepararse para los procesos de adaptación para mitigar el impacto ambiental que genera las acciones antropogénicas sobre la calidad ni agote las existencias del factor agua, ni comprometa las reservas hídricas en el futuro. El conocimiento y la apropiación del conocimiento de la

sostenibilidad desde un enfoque sistémico articulado a la huella hídrica, el lugar y el desarrollo sostenible no es viable sino iniciamos el proceso de desaprender para aprender nuevas formas de adaptación al cambio que permita un crecimiento económico sostenible y mejores condiciones de vida, por ello el autor De Sousa (2010), se incorpora al desarrollo de la presente tesis.

2.6. Descolonizar el saber y reinventar el poder De Sousa (2010)

La propuesta del autor contribuye a la presente investigación con el asunto sobre la necesidad de descolonizar los conceptos inculcados por occidente como aporte a la problemática ambiental; reitera aspectos socioculturales donde es necesario des-construir los conceptos que indujo el colonialismo en la región para poder entender y comprender la realidad de la sociedad y su interacción con la naturaleza, así como lo señala el autor

La importancia radica en des-pensar para poder pensar; la epistemología occidental dominante fue construida a partir de las necesidades de la dominación capitalista y colonial y se asienta en lo que designo pensamiento abismal. Este pensamiento opera por la definición unilateral de líneas radicales que dividen las experiencias, los actores y los saberes sociales entre los que son visibles, inteligibles o útiles (los que quedan de este lado de la línea) y los que son invisibles, ininteligibles, olvidados o peligrosos (los que quedan del otro lado de la línea) (De Sousa, 2010, p. 8).

El pensamiento pos-abismal, comienza desde el reconocimiento de que la exclusión social en su sentido más amplio adopta diferentes formas según si esta es determinada por una línea abismal o no abismal y que, mientras persista la exclusión abismalmente definida, no es posible una alternativa pos-capitalista realmente progresiva. Durante un largo periodo de transición, confrontar la exclusión abismal será una precondition para localizar de un modo efectivo las muchas formas de exclusión no abismal que han dividido el mundo moderno a este lado de la línea. Una concepción pos-abismal del marxismo (en sí mismo, un buen ejemplo de pensamiento abismal) reclamará que la emancipación de los trabajadores se debe luchar junto con la

emancipación de todas las poblaciones descartables del Sur global, las cuales son oprimidas pero no directamente explotadas por el capitalismo global. También reclamará que los derechos de los ciudadanos no estarán asegurados mientras que los no ciudadanos continúen siendo tratados como subhumanos.

La primera condición para un pensamiento pos-abismal es una co-presencia radical. Y una co-presencia radical significa que las prácticas y los agentes de ambos lados de la línea son contemporáneos en términos iguales. Como una ecología de saberes, el pensamiento pos-abismal se presupone sobre la idea de una diversidad epistemológica del mundo, el reconocimiento de la existencia de una pluralidad de conocimientos más allá del conocimiento científico. Esto implica renunciar a cualquier epistemología general. A lo largo del mundo, no solo hay muy diversas formas de conocimiento de la materia, la sociedad, la vida y el espíritu, sino también muchos y muy diversos conceptos de lo que cuenta como conocimiento y de los criterios que pueden ser usados para validarlo (De Sousa, 2010). Entonces, incorporar a De Sousa (2010) en la tesis fue necesario para poder implementar en los proyectos articulados a las líneas de sostenibilidad ambiental del factor agua nuevas formas de adaptación al cambio. Desaprender para aprender la importancia de la sostenibilidad desde un enfoque sistémico, la incidencia de la huella hídrica, el desarrollo sostenible y su importancia en el Lugar como espacio de interacción entre los hogares, las empresas, el gobierno y las fuentes hídricas. Reflexionar sobre el pensamiento impuesto de denominación capitalista y colonial sobre la manera equivocada de uso del factor agua como recurso natural ilimitado hace que las personas comiencen a replantear sus actuaciones a favor de la protección, conservación y el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico.

III. Diseño metodológico

3.1. Tipo de Investigación

La presente investigación se fundamentó en un modelo epistémico positivista, método hipotético deductivo (Kerlinger, 1973); es un tipo de investigación evaluativa con enfoque mixto

y el diseño no experimental; la investigación es evaluativa, puesto que valora la incidencia de la sostenibilidad ambiental en relación con el factor agua en la población y empresas ubicadas en las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca de Popayán; el Método, es el hipotético deductivo descrito por Kerlinger (1973), por tener fundamento en el problema, la hipótesis y la deducción, como consecuencia de estar fundamentado en las ciencias naturales. El enfoque es mixto por que recoge la información de manera cualitativa a través de la observación, entrevista semi-estructurada que se relaciona con la calidad del factor agua domiciliar e hídrica y, cuantitativo, porque a través de la recolección de la información se prueba la hipótesis con base en el análisis estadístico; el Diseño es no experimental porque las variables no son manipuladas ni controladas y se limita a observar los hechos tal y como ocurren en su ambiente natural. Se obtienen los datos de manera directa y se estudian posteriormente.

3.2. Población y Unidad de trabajo

3.2.1. Población y Muestra

La población se determina de la siguiente manera: Población (hogares: hombre o mujer cabeza de hogar), administradores de conjuntos residenciales cerrados (CRC) y gerentes de empresas establecidas en las riberas de los ríos: Ejido, Molino y Cauca.

Población de hogares: 28200 habitantes para un total de 7050 hogares ubicados en los 34 barrios de la ribera de los ríos, para una muestra estimada de 364 hogares, teniendo como referente 3,8 personas por hogar lo cual se aproxima a 4 personas/hogar , distribuidos de la siguientes manera: río Ejido 225, río Molino 128 y río Cauca 11 (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia [MinTIC], 2019).

Administradores Conjuntos Residenciales Cerrados:

Se escogió a los administradores de la totalidad de los 15 CRC ubicados en las riberas de los ríos

Empresas: se escogieron a los gerentes o delegados de la totalidad de 47 microempresas establecidas en las riberas de los ríos dedicadas a las actividades de educación, recreación y deporte, seguridad, mecánica, restaurantes, graneros y salud.

3.2.2. Unidad de trabajo y análisis

La investigación analiza la institucionalidad ambiental respecto a la normatividad orientada a la preservación, el cuidado y el uso o aprovechamiento sostenible del factor agua; para ello, se determina el estado actual de las dimensiones sociales representada en los hogares; económicas, que hace alusión en las microempresas ubicadas sobre la ribera de los ríos Ejido, Molino y Cauca; políticas, en relación con la planificación de la administración local en especial el Plan de Desarrollo del Municipio de Popayán y la dimensión ambiental, para determinar la calidad del agua.

Se analiza la sostenibilidad ambiental del factor agua para el desarrollo sostenible desde un enfoque sistémico en relación con la población y empresas ubicadas en las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca.

3.3. Procedimiento de la investigación

El proceso metodológico inicia con el despliegue de los objetivos los cuales presentan la actividad metodológica, las variables de trabajo, las técnicas e instrumentos de información y los resultados esperados de cada una de las actividades realizadas en la presente investigación; posteriormente se explica de manera breve lo realizado en cada una de las actividades desarrolladas.

3.3.1. Descripción procedimiento de la investigación

La descripción del proceso de investigación realizado para el desarrollo de la presente investigación se presenta en la figura 4.

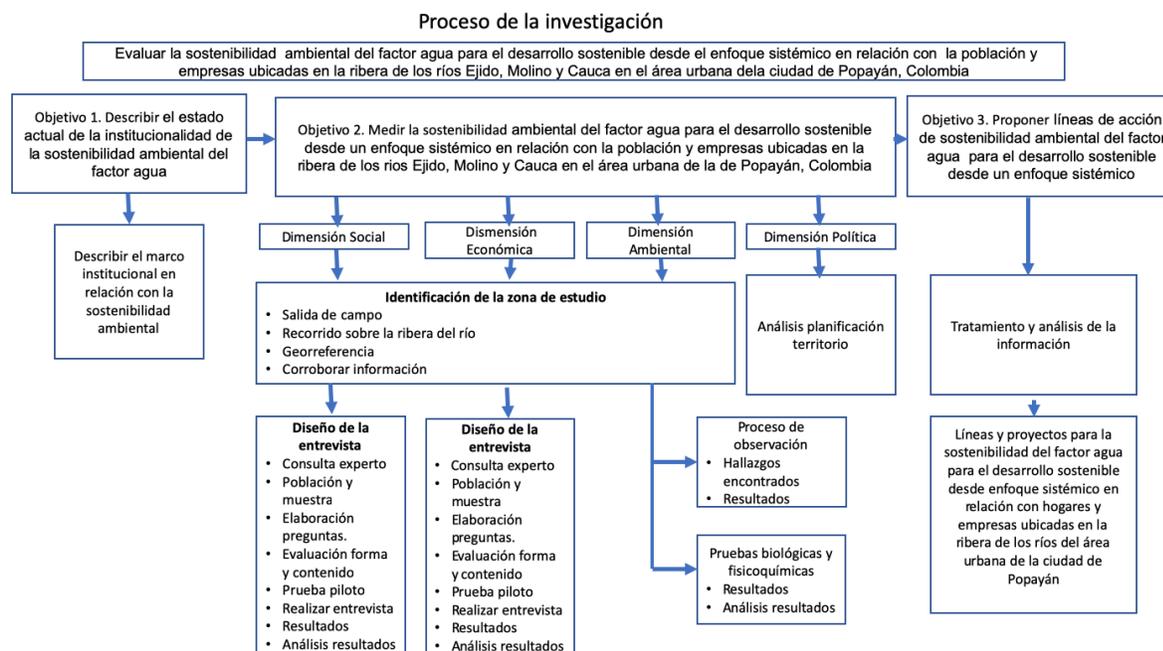


Figura 4. Proceso de investigación

Fuente: elaboración propia

El procedimiento de la investigación se explica de acuerdo a los objetivos en la tabla 3,4,5 y 6.

Tabla 3. Despliegue general

Objetivo General de la investigación	Diseño Metodológico	Delimitación y tiempo de aplicación
Evaluar la sostenibilidad ambiental del factor agua para el desarrollo sostenible en relación con la población y empresas ubicadas en la ribera de los ríos Ejido, Molino y Cauca en el área urbana de la ciudad de Popayán.	Modelo: Epistémico positivismo Método: hipotético deductivo Tipo de investigación: Evaluativa Enfoque: Mixto Diseño: No experimental	El ámbito de aplicación se encuentra hogares y empresas ubicadas en la ribera de los ríos Ejido, Molino y Cauca que atraviesan el área urbana de la ciudad de Popayán

Fuente: elaboración propia

Objetivo específico 1. Describir el marco institucional de la sostenibilidad ambiental del factor agua para el desarrollo sostenible en relación con la población y empresas ubicadas en las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca en relación con el factor agua en el área urbana de la ciudad de Popayán. El despliegue del objetivo específico 1, se evidencia en la tabla 4

Tabla 4. Despliegue objetivo específico 1.

Actividades metodológica	Variables de trabajo	Técnicas de tratamiento de la información	Resultados esperados
Búsqueda de información sobre normatividad del recurso hídrico en Colombia	Ley Decretos Resoluciones	Consulta de normatividad nacional y local	Describir el marco institucional de sostenibilidad ambiental desde un enfoque sistémico

Objetivo 2. Medir la sostenibilidad ambiental del factor agua para el desarrollo sostenible desde el enfoque sistémico en relación con la población y empresas ubicadas en la ribera de los ríos Ejido, Molino y Cauca del área urbana de la ciudad de Popayán.

Las actividades desarrolladas en el objetivo 2 se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Despliegue objetivo específico 2.

Actividades metodológica	Variables de trabajo	Técnicas de la información	Resultados esperados
Análisis cartográfico de la población objeto de estudio	Georreferencia de los ríos Identificación de hogares y empresas sobre ribera de los ríos	Recorrido por los ríos Ejido, Molino y Cauca Mapa de la ciudad de Popayán Georreferencia de la fuente hídrica	Identificación de los ríos Ejido, Molino y Cauca Identificación de hogares y empresas asentadas en la ribera de los ríos
Diseño entrevista estructurada a hogares ubicados en la ribera de los ríos	Características sociales y económicas hogares Relación hogar factor agua docmiliaria Relación hogar fuente hídrica Estrategias de sostenibilidad	Revisión y evaluación Confiabilidad y validez. Forma y contenido Prueba piloto entrevista Ajuste de preguntas entrevista	Diseño instrumento entrevista semiestructurada
Diseño entrevista Administrador de Conjunto residencial Cerrado ubicado en la ribera de los ríos	Características sociales y económicas hogar Relación hogar factor agua docmiliaria Relación hogar fuente hídrica Estrategias de sostenibilidad	Revisión y evaluación Confiabilidad y validez. Forma y contenido Prueba piloto entrevista Ajuste de preguntas entrevista	Diseño instrumento entrevista semiestructurada
Diseño entrevista gerente o delegado de empresa ubicado en la ribera de los ríos	Características sociales y económicas gerente o delegado Relación empresa factor agua suministrada Relación emresa fuente hídrica Estrategias de sostenibilidad	Revisión y evaluación Confiabilidad y validez. Forma y contenido Prueba piloto entrevista Ajuste de preguntas entrevista	Diseño instrumento entrevista semiestructurada
Identificar zonas para señalar Estaciones para tomar muestras Biológicas	Identificar zona Georreferencia	Dos Estaciones al inicio y final del río	Reconocimiento Estaciones de muestreo biológico
Identificar zonas para señalar Estaciones para tomar parámetros fisicoquímicos	Identificar zona Georreferencia	Dos Estaciones al inicio y final del río	Reconocimiento Estaciones de parámetros fisicoquímicos

<p>Aplicación entrevistas semiestructurada hogar</p>	<p>Caracterización socio económica hogar Relación hogar- factor agua domicilio</p> <p>Relación hogar- fuente hídrica</p> <p>Estrategia sostenibilidad</p>	<p>Entrevista semiestructura</p>	<p>Edad, Género, Nivel educativo, Ingresos económicos, Número integrantes hogar, Estrato social, Servicio público de agua, Consumo de agua, Consumo agua por actividad, Propiedad del agua, Frecuencia del servicio, Suministro del servicio, Enfermedad, Tipo de enfermedad, Ahorro de agua, Actividad ahorro de agua, Método adquiere agua Tratamiento agua vertida Presencia de contaminantes Presencia de animales Porcentaje de residuos río Nivel de afectación río Consumo agua río Enfermedad, Tipo de enfermedad, Actividad cuidado del río, Presencia de instituciones cuidado del río,, E. Social, E. Económica E. Política</p>
<p>Aplicación entrevista administrador conjunto residencial cerrado</p>	<p>Caracterización socio económica CRC Relación CRC- factor agua domicilio</p> <p>Relación CRC- fuente hídrica</p> <p>Estrategia sostenibilidad</p>	<p>Entrevista semiestructurada</p>	<p>Edad, Género, Nivel educativo, Número de hogares, Estrato social Periodo establecido Servicio público de agua Consumo de agua Porcentaje consumo agua por actividad, Propiedad del agua, Frecuencia del servicio Suministro del servicio Enfermedad, Tipo de enfermedad, Mantenimiento red interna, Periodo de mantenimiento, Ahorro de agua, Actividad ahorro de agua, Método adquiere agua Permiso vertimiento Tratamiento agua vertida Presencia de contaminantes Presencia de animales Porcentaje de residuos río Nivel de afectación río Consumo agua río Enfermedad, Tipo de enfermedad, Actividad cuidado del río Presencia de instituciones cuidado del río, E. Social E. Económica, E. Política</p>

<p>Aplicación entrevista Gerente empresa</p>	<p>Características socioeconómica gerente</p> <p>Relación empresas fuente hídrica</p> <p>Relación empresa – fuente hídrica</p>		<p>Edad, Género</p> <p>Nivel educativo, Sector de la producción, Número de trabajadores, Estrato social</p> <p>Tiempo establecida la empresa, Servicio público de agua, Consumo de agua m³/mes, Consumo de agua por actividad, Propiedad del agua, Frecuencia servicio</p> <p>Suministro servicio</p> <p>Toma agua de llave</p> <p>Tipo de enfermedad</p> <p>Mantenimiento redes internas, Periodo de mantenimiento</p> <p>Ahorro agua, Actividad ahorro agua, Método adquiere agua, Permiso de vertimiento, Tratamiento agua vertida, Presencia de contaminantes, Presencia animales, Porcentaje de residuos río, Nivel de afectación río, Consumo agua río, Enfermedad, Tipo de enfermedad, Actividad cuidado del río, Presencia instituciones cuidado del río.</p> <p>Social, Económica, Política</p>
<p>Analizar la planificación local</p>	<p>Plan de desarrollo del municipio</p> <p>Plan de gestión regional del Cauca</p> <p>Plan de ordenamiento del territorio – POT</p> <p>Plan de gestión de la Secretaría de desarrollo agroambiental y fomento económico</p> <p>Plan de gestión EAAP</p> <p>Plan de gestión integral de residuos sólidos</p> <p>Plan de gestión Parques Naturales PPNN</p> <p>Código de Policía</p>	<p>Consulta documento planificación local</p>	<p>Análisis de la planificación local de líneas de acción de sostenibilidad desde enfoque sistémico</p>
<p>Realizar pruebas fisicoquímicas</p>	<p>Ácidoz - Alcalinidad</p> <p>Oxígeno disuelto</p> <p>Demanda biológica de oxígeno</p> <p>Temperatura</p>	<p>Dos estaciones inicio y final del río área urbana</p> <p>Tomas In situ</p> <p>Referenciado IDEAM</p> <p>Conducidos laboratorio</p>	<p>pH</p> <p>DO</p> <p>DBO</p> <p>T</p> <p>ICOMO</p> <p>ICOMI</p> <p>ICOSUS</p>
<p>Realizar pruebas biológicas</p>		<p>Dos estaciones inicio y final del río área urbana</p> <p>Tomas In situ</p> <p>Referenciado en BMWP/ Col</p> <p>Resultados Laboratorio</p>	<p>BMWP/Col</p>

Observar las condiciones actuales de la fuente hídrica (Social)	Percepción sobre: Viviendas Condiciones sociales Condiciones del río Presencia residuos Presencia animales Percibe intervención población favorable río	Observación no participante Recorrido caminata por la ribera de los ríos Anotaciones y fotografías	Percepción condiciones de la ribera del río
Observar las condiciones actuales de la fuente hídrica (Económico - empresa)	Percepción sobre: Empresas Condiciones del río Presencia residuos sólidos Acciones favorables o desfavorables Presencia animales Vegetación	Observación no participante Recorrido caminata por la ribera de los ríos Anotaciones y fotografías	Percepción condiciones de la ribera del río

Fuente: elaboración propia

El desarrollo del objetivo 3 se demuestra en la tabla 6.

Tabla 6. Objetivo específico 3.

Objetivo específico 3. Proponer líneas de acción para la sostenibilidad ambiental del factor agua para el desarrollo sostenible desde un enfoque sistémico en relación con la población y empresas ubicadas en las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca del área urbana de la ciudad de Popayán			
Actividades Metodológicas	VARIABLES DE TRABAJO O ELEMENTOS DE ESTUDIO	Técnicas de tratamiento de la información	Resultados esperados
Sistematización de la información cuantitativa	Nivel de medición: Descriptiva Inferencia Escalas de medición: Nominal Ordinal Intervalo Razón	SPSS Distribución de frecuencias: histogramas Medidas de tendencia central: Media, Mediana, Moda Coeficiente de correlación Pearson Varianza Desviación típica Covarianza Índice (R)	Análisis de la información sistematizada
Sistematización información cualitativa	Población, viviendas, empresas, fuentes hídricas flora y fauna	Transcripción hallazgos encontrados	Análisis y conclusiones transcripción de hallazgos encontrados
Análisis laboratorio muestras biológicas y pruebas fisicoquímicas	Macroinvertebrados Temperatura Oxígeno Disuelto Conductividad Distribución Biológica Oxígeno DBO ICOMO ICOMI ICOSUS	Laboratorio	Informe de laboratorio sobre calidad del agua con base en elementos mínimos para su determinación
Diseñar las líneas de acción y proyectos para la sostenibilidad ambiental del factor agua en la población y empresas ubicadas en la ribera de los ríos del área urbana de la ciudad de Popayán	Diseño líneas de acción para la sostenibilidad ambiental del factor agua en la población y empresas ubicadas en la ribera de los ríos del área urbana de la ciudad de Popayán	Aplicación de la línea de acción para la sostenibilidad a la población y empresas objeto de estudio. Proceso sistémico	Líneas de acción para sostenibilidad ambiental en relación con el factor agua en la población y empresas ubicadas en las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca del área urbana de la ciudad de Popayán

Fuente: elaboración propia

Objetivo específico 1. Describir el estado actual institucional de la sostenibilidad ambiental del factor agua para el desarrollo sostenible desde un enfoque sistémico en relación con la población y empresas ubicadas en las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca en el área urbana de la ciudad de Popayán: El objetivo consiste en analizar la normatividad encontrada en relación con el factor agua, para ello se examinó la Ley, los Decretos y su relación con la sostenibilidad ambiental desde un enfoque sistémico. Así mismo la revisión de la normatividad institucional permite que la propuesta de las cuatro líneas para la sostenibilidad ambiental se articule al plan de desarrollo institucional de manera directa y coherente con la política de gobierno local. **Objetivo específico 2.** Medir la sostenibilidad ambiental del factor agua para el desarrollo sostenible desde un enfoque sistémico en relación con la población y empresas ubicadas en las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca del área urbana de la ciudad de Popayán.

3.3.2. Identificación zona de estudio

- Salida de campo para verificar los puntos de referencia que delimitará el estudio dentro del área urbana de la ciudad de Popayán. La salida de campo se realiza teniendo en cuenta los mapas suministrados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi y la consulta en la Plataforma Google Earth.
- Recorrido sobre la ribera de cada río desde su ingreso hasta la salida del área urbana de la ciudad, para identificar la complejidad del estudio respecto a los asentamientos de

hogares, empresas sobre la ribera de los ríos y las condiciones ambientales de la fuente hídrica. Lo anterior permitió identificar que los ríos Ejido, Molino y Cauca ingresan al municipio por los barrios Maria Oriente, Pueblillo y Gonzáles respectivamente y termina su recorrido por los barrios Junin, Junín Bajo y Valle del Ortigal respectivamente.

- Posteriormente se establece la georreferencia en el terreno para determinar los puntos o estaciones -In Situ- para la toma de muestras biológicas y fisicoquímicas de acuerdo con la experticia de los biólogos profesionales.
- El recorrido permitió corroborar la ubicación de los barrios para identificar la población y la estimación de la muestra.

3.3.3. Diseño de la entrevista semi-estructurada

La entrevista semiestructurada se elaboró para identificar el estado actual de cada una de las dimensiones sociales (hogares) y económicas (empresas) de la sostenibilidad y luego adicionar los resultados con los resultados de las dimensiones políticas (planificación) y ecológicas (Parámetros fisicoquímicos y biológicos de los ríos). El diseño de la entrevista se argumentó con base en los referentes teóricos de la sostenibilidad las cuales permitieron, en conjunto con expertos sobre el tema, elaborar las preguntas dirigidas a los hogares, administradores de conjuntos residenciales cerrados y gerentes de empresas con el propósito de identificar la caracterización de la población, su relación con el factor agua doméstica, con la

fuentes hídricas y la perspectiva social, económica y política desde el punto de vista de la sostenibilidad.

Las preguntas de la entrevista semi-estructurada se sometieron a revisión de forma y contenido y fueron evaluadas por doctores expertos en el tema.

Luego de la prueba piloto se ajustaron las preguntas para la persona cabeza de hogar, el administrador del conjunto residencial cerrado y el gerente de empresa.

Para el desarrollo del proceso de entrevista semi-estructurada se capacitó al personal sobre el tema y la preparación de las preguntas y la forma de comunicarse con población en su mayoría vulnerable de escasos ingresos económicos.

Las preguntas para hogares se clasificaron en cuatro grupos: **primero** información general sobre el hogar respecto a las características sociales y económicas, **el segundo**, preguntas orientadas a determinar la calidad de suministro de agua potable, consumo y uso doméstico, **tercero**, la percepción de los hogares sobre la ribera y la fuente hídrica, y **cuarto**, preguntas sobre estrategias de sostenibilidad social, económica y política en relación con la contaminación del río propuestas por el entrevistado. El número de preguntas fueron 6, 11, 9 y 3 respectivamente para el total de 29. La totalidad de las preguntas se reflejan en el ítem categoría y variables.

Las preguntas para los administradores de conjuntos residenciales cerrados se clasificaron en cinco grupos: primero, información general sobre las condiciones sociales y económicas del administrador, **segundo**, caracterización del conjunto residencial cerrado, **tercero**, Calidad suministro de agua, consumo y uso doméstico, **cuarto**, percepción contaminación sobre la ribera y la fuente hídrica, y **quinto**, preguntas sobre estrategias de sostenibilidad social, económica y política en relación con la contaminación del río propuestas

por el entrevistado. El número de preguntas fueron 3,3,13,10,3 respectivamente para un total de 32. La totalidad de las preguntas se reflejan en el ítem categoría y variables.

Las interrogantes para los gerentes o delegados se clasificaron en cinco grupos: **primero**, información general sobre las condiciones sociales y económicas del gerente, **segundo**, caracterización de la empresa, **tercero**, Calidad suministro de agua, consumo y uso administrativo y operativo o de servicios, **cuarto**, percepción contaminación sobre la ribera y la fuente hídrica, y **quinto**, preguntas sobre estrategias de sostenibilidad social, económica y política en relación con la contaminación del río propuestas por el entrevistado. El número de preguntas fueron 4,5,13,10,3 respectivamente para un total de 35. La totalidad de las pregunta se reflejan en el ítem categoría y variables. La totalidad de las preguntas se reflejan en el ítem categoría y variables.

3.3.4. Selección de la población y cálculo de la muestra

A través de los mapas suministrados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, la consulta sobre territorio y mapas de la ciudad la plataforma institucional de la alcaldía municipal, y en Google Earth se identificaron 34 barrios sobre la ribera de los ríos Ejido (17), Molino (12) y Cauca (5) para una población de 28.200 habitantes lo que corresponde a 7050 hogares. Una vez identificados los barrios se procedió a determinar la muestra para población finita que arrojó como resultado 364 hogares. Para el cálculo de la muestra se utilizó el nivel de confianza de 95%, con probabilidad de éxito/positiva 50%, probabilidad de fracaso/negativa 50% y margen de error 5%.

$$n = \frac{Z^2 \cdot P \cdot Q \cdot N}{E^2 \cdot (N-1) + Z^2 \cdot P \cdot Q} = \frac{1,96^2 \times 50\% \times 50\% \times 7050}{5\% \times (7050-1) + 1,96^2 \times 50\% \times 50\%} = 364$$

Tabla 7. La muestra se distribuye de acuerdo con el porcentaje de participación poblacional de cada uno de los barrios

Rio	Barrio	Estrato	Habitantes	Hogares	%Participación	Muestra
Cauca	Valle Ortigal	NA	348	87	1%	4
	Asentamiento los Lagos	1 BB	66	17	0%	1
	La Cabaña	5 MA	220	55	1%	3
	Campamento	5 MA	191	48	1%	2
	Gabriela	NA	40	10	0%	1
Ejido	Pajonal	3MB	174	44	1%	2
	Minuto de Dios	1 BB	327	82	1%	4
	Santa Fé	3 MB	713	178	3%	9
	Retiro Bajo	1 BB	1512	378	5%	20
	Santa Helena	3 MB	976	244	3%	13
	San José	2 B	172	43	1%	2
	Eden	2 B	405	101	1%	5
	Mirador	2 B	1978	495	7%	26
	Canada	2 B	425	106	2%	5
	La Sombrilla	2B	1067	267	4%	14
	Junín	2 B	1823	456	6%	24
	San Rafael	3 MB	558	140	2%	7
	Alfonso López	2 B	1658	415	6%	21
	Avelino	1 BB	399	100	1%	5
	María Oriente	1 BB	3628	907	13%	47
	EL lago	1 BB	844	211	3%	11
	Popular	2 B	736	184	3%	10
Molino	Junín Bajo	2 B	1740	435	6%	22
	La lisa	1 BB	144	36	1%	2
	El triunfo	1 BB	234	59	1%	3
	El Cadillal	3MB	3354	839	12%	43
	Antiguo Liceo	4M	353	88	1%	5
	Bosques de Pomona	5MA	426	107	2%	5
	Rincón de la Estancia	3MB	426	107	2%	5
	Yanaconas	3MB	899	225	3%	12
	La Colina	3 MB	837	209	3%	11
	Pueblillo	2 B	1204	301	4%	16
	Invasión la Isla 1 Camilo Torres	1 BB	144	36	1%	2
	Invasión Isla Pandiguando	1 BB	179	45	1%	2
				28200	7050	

Fuente: elaboración propia

3.3.5. Aplicación entrevista semiestructurada

La entrevista semiestructurada se realizó en colaboración con estudiantes de décimo semestre de la Institución Univeritaria Colegio Mayor del Cauca, previamente capacitados sobre el conocimiento y significado de cada pregunta, la forma y la manera de abordar al entrevistado; se procede a la entrega de los materiales útiles: cuestionario, soporte plantilla, lapiceros. Los grupos se conformaron y distribuyeron de acuerdo con el tamaño de la muestra estratificada, el nivel de inseguridad del sector (en ocasiones se requiere presencia y acompañamiento de la autoridad policial) y clasifican en grupos que realizan la entrevista a hogares y otros a los gerentes o delegados de empresas.

El trabajo de campo inicia desde las primeras viviendas establecidas en las riberas de los ríos y luego continúa hacia la parte interior del barrio(s) hasta agotar la muestra seleccionada para determinada zona.

3.3.6. Proceso de observación

El proceso de observación estableció para determinar el estado actual de las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca considerados en la dimensión ambiental. Se utilizó el proceso de observación no participativa con base en preguntas previamente formuladas sobre las condiciones de la fuente hídrica respecto a los hallazgos encontrados en cuanto a la presencia de animales, habitantes de la calle, características de los ríos, residuos sólidos, presencia de viviendas y empresas, posibles acciones a favor del mejoramiento y conservación de los ríos; durante el recorrido a pie se tomaron apuntes y registro fotográfico de lo percibido. El recorrido se realizó a lo largo del curso de los ríos por el área urbana de la ciudad teniendo en cuenta los

puntos de georreferencia; el primer recorrido se realizó durante dos semanas y el segundo recorrido, luego de un mes, por otras dos semanas.

El proceso de observación no participativa sirvió como complemento a las pruebas fisicoquímicas y biológicas, en ningún momento se realiza o cálcula el ínicador de biodiversidad ni de vegetación.

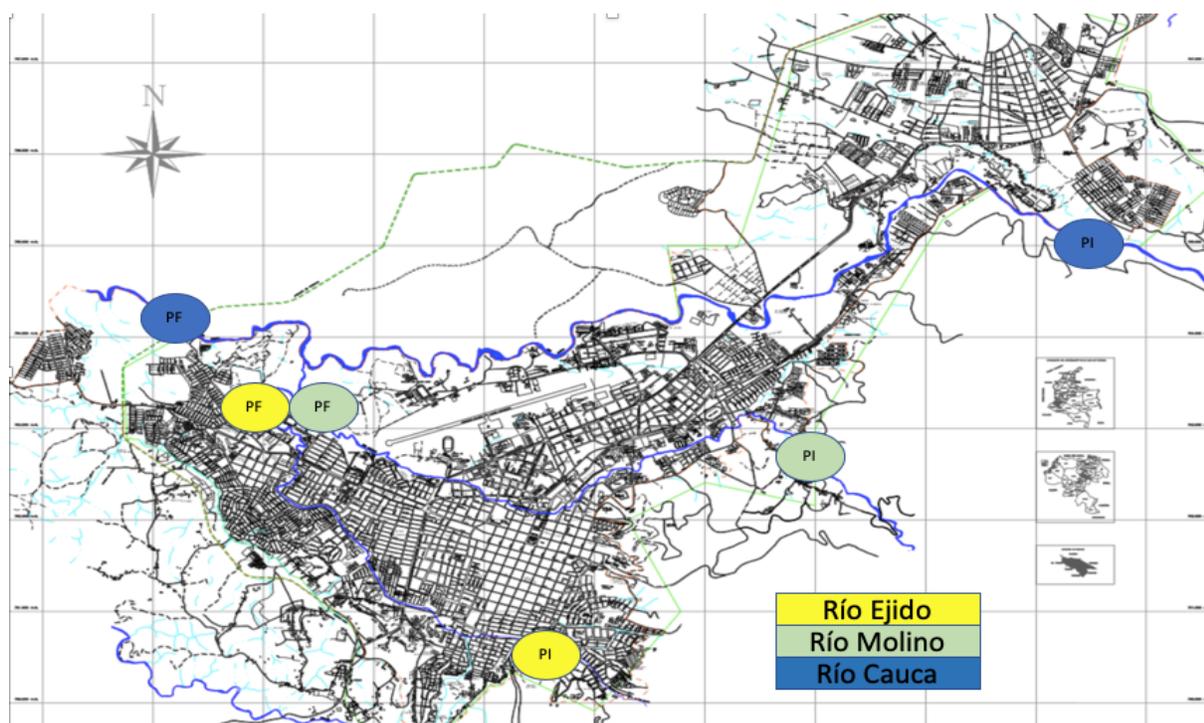
3.3.7. Pruebas biológicas y fisicoquímicas

La experticia de los biólogos determinó que de acuerdo con el objeto de la investigación y el interés del autor del estudio por identificar si el agua del río está o no contaminada solo requiere de los elementos mínimos para su determinación. Debido a las condiciones del río, su diámetro urbano, el caudal y la presencia de hogares y microempresas del sector servicios sobre la ribera del río se establecen dos puntos o estaciones para realizar In Situ las muestras biológicas y fisicoquímicas. Lo anterior se debe a que el diámetro de los ríos no supera los 10 kilómetros, sobre la ribera de los ríos, no existen empresas de producción industrial sino

microempresas de servicios y el objeto del estudio es determinar si la fuente hídrica contiene contaminantes en los

Figura 5: puntos pruebas físicoquímicas

Fuente: elaboración propia



cuerpos de agua; por lo tanto, no requiere de tres muestras como tampoco de tomar muestras en la fuente. La primera estación se ubica en los barrios María Oriente, Pueblillo y González por donde ingresan los ríos Ejido, Molino y Cauca al área urbana de la ciudad respectivamente, y finaliza su recorrido en los barrios Junín, Junín bajo y Valle el Ortigal.

Las pruebas biológicas se realizaron en las épocas consideradas de sequía en los meses de junio, julio, agosto y épocas de lluvia los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero. Se tomó una muestra en tres repeticiones para calcular el promedio por estación. La figura 5 señala los puntos de referencia donde se tomaron las muestras biológicas y físicoquímicas.

Los puntos de georreferencia se presentan en la tabla 8.

Tabla 8. Georreferenciación de los Puntos de muestreo de los ríos

Ríos	Punto 1	Punto 2
Molino	22°26'39.45" N	2°27'19.42"N
	76° 34' 39.49" O	76°37'38.75"O
Cauca	2°28'22.15" N	2°27'48.44"N
	76°33'46.10" O	76°38'4.68'O'
Ejido	2°25'33.99"N	2°27'19.52"N
	76°35'51.78"O	76°37'40.06"O

Fuente: Locus map

3.3.8. Estructura y composición de macroinvertebrados

El método de recolección y tratamiento de las muestras en campo se realizó de acuerdo con las metodologías establecidas por Roldan (2008), para el análisis biológico basado en macroinvertebrados acuáticos. Con el fin de recolectar la mayor cantidad posible de individuos, se buscaron en cada uno de los hábitats posibles para los puntos de muestreo de cada río. La recolección se realizó con el método de flotación en donde se utilizó una red de pantalla (de un metro cuadrado aproximadamente), puesta en contra corriente, el sustrato se removió durante un período de 5 a 10 minutos, muestreando en los microhabitats del sitio; los individuos colectados se depositaron en frascos con alcohol al 70%. Las muestras se revisaron en el laboratorio; para la identificación se utilizaron las guías taxonómica de Roldán (2008) y identificación se extendió hasta familia para poder calcular el índice de calidad del agua. En este proceso se tuvo en uso como referente el Biological Monitoring Working Party -BMWP/Col para Colombia.

3.3.9. Variables fisicoquímicas

Se recorrieron los 2 puntos de muestreo de cada río; en cada punto se realizaron 3 repeticiones y se midieron únicamente los parámetros necesarios para realizar el cálculo promedio de Índices de Contaminación (ICO) propuestos por Ramírez y Viña (1998) en su libro

Limnología colombiana y que fueron concebidos para ser aplicados en Colombia. In situ, se tomaron los parámetros de pH, Oxígeno disuelto, conductividad y temperatura; con una Sonda Multiparamétrica; los otros parámetros fisicoquímicos como Alcalinidad Total (ALKT), Dureza Total (DURT), Fósforo Total (P_TOT), Sólidos Suspendidos Totales (SST), DBO5 (DBO) y Coliformes totales (COLT), se midieron en el laboratorio.

3.4. Análisis de la dimensión política.

Consiste en la revisión de la planificación institucional en relación con las sostenibilidad del factor agua desde un enfoque sistémico, su análisis condujo a explorar el plan de desarrollo del municipio (Alcaldía de Popayán), el Plan de gestión regional del Cauca de la Gobernación del Cauca, el Plan de ordenamiento del territorio -POT, el Plan de gestión de la Secretaría de desarrollo agroambiental y fomento económico (anteriormente UMATA), el Plan de gestión EAAP, el Plan de gestión integral de residuos sólidos, el Plan de gestión Parques Naturales PPNN y el Código de Policía; ello, con el propósito de analizar los componentes del plan con sus respectivas líneas encaminadas a la sostenibilidad ambiental desde un enfoque sistémico.

Objetivo específico 3. Proponer líneas de acción de sostenibilidad ambiental del factor agua para el desarrollo sostenible desde un enfoque sistémico en relación con la población y empresas ubicadas en las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca del área urbana de la ciudad de Popayán

Para el desarrollo del presente objetivo se tuvo en cuenta el siguiente proceso: análisis y tratamiento de la información y la elaboración de la propuesta líneas de acción para la sostenibilidad del factor agua.

3.5. Análisis y tratamiento de la información.

La sistematización de la información realizada a los hogares, administradores de Conjuntos Residenciales Cerrados, se realizó con base en los resultados que arroja el

SPSS; esto, permitió establecer la distribución de frecuencia, histogramas, medidas de tendencia central: Media, Mediana, Moda; el coeficiente de correlación Pearson, la varianza, desviación típica, covarianza y el índice -R. Para el proceso de observación no participativa se tuvo en cuenta la transcripción de los hallazgos encontrados y el registro fotográfico y, para las pruebas biológicas y fisicoquímicas, las muestras fueron enviadas al Laboratorio, con cuyo análisis y resultados se identificaron los índices que permiten cuantificar el grado de contaminación de las aguas respecto a su condición general y no a contaminantes específicos; se conjugan también las propiedades fundamentales de las aguas y, por esto, son variables que regularmente se determinan en cualquier estudio limnológicos o ambiental, muy a pesar de que la mayoría de ellas no están siquiera contempladas en la legislación nacional, razón por la cual cobran especial interés (Ramírez, Restrepo y Cardeñosa, 1999). La calificación de agua se hará según la tabla 9.

Tabla 9. Calificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICOS

ICO	Grado de contaminación	Escala de color
>0,8 – 1,0	Muy Alta	
>0,6 – 0,8	Alta	
>0,4 – 0,6	Media	
>0,2 - 0,4	Baja	
0 – 0,2	Ninguna	

Fuente: Ramírez et al. (1999).

Se empleó el programa ICATEST V 1.0 (Fernández et al., 2003) para cuantificar el grado de contaminación de las aguas de cada río por medio de los índices propuestos por Ramírez y Viña (1998): ICOMI índice de contaminación por minerales que incluye

las variables (conductividad, dureza total y alcalinidad); ICOSUS índice de contaminación por sólidos suspendidos que incorpora la variable (sólidos suspendidos) y el ICOMO índice de contaminación por materia orgánica que involucra las variables (DBO, coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno).

3.6. Propuesta líneas de acción para la sostenibilidad del factor agua

Con base en los resultados se halló que las pruebas biológicas, los parámetros fisicoquímicos y el proceso de observación determina el estado actual de cada una de las dimensiones; posteriormente, por cada dimensión social, económica, política y ecológica de la sostenibilidad se hace un listado de variables que desde un enfoque sistémico contribuye a la solución del problema de sostenibilidad del factor agua articulado al desarrollo sostenible, el lugar, la huella hídrica y el pensamiento abismal.

Luego de obtener el listado de variables se integran a través de líneas de acción para la sostenibilidad bajo un enfoque sistémico articulado al componente de agua potable y el saneamiento básico en el Plan de desarrollo del municipio; así, se propicia generación de nuevo conocimiento a través de cuatro líneas y 13 proyectos como aporte a la problemática de sostenibilidad del factor agua en la ciudad del Popayán, representado también mediante una gráfica de interacción de las variables involucradas dentro de un enfoque sistémico que promueve el crecimiento económico sostenible, el progreso social y la calidad de vida, preservando la fuente hídrica sin comprometer el factor agua para futuras generaciones.

Adicional a las cuatro líneas y 13 proyectos para la sostenibilidad del factor agua desde un enfoque sistémico se calcula la huella hídrica de Popayán como indicador para analizar el consumo de agua de la ciudad. Para ello se obtuvo información de la empresa de acueducto y alcantarillado de Popayán sobre el consumo de agua, el volumen de agua después de su utilización, la carga de contaminantes, la concentración máxima permitida, los niveles altos entre sólidos suspendidos y demanda biológica de oxígeno, el volumen de agua no facturado y

suministrada, la cantidad de alimentos suministrados por las plazas o centros de acopio más representativos de la ciudad, para calcular la venta en toneladas y consumo de agua en metros cúbicos al año.

3.7. Huella hídrica

La presente propuesta se adapta a partir del estudio realizado por Castillo et al (2014) quien se fundamenta en Hoekstra et al (2011), como creador de la Huella Hídrica, y propuso medir el gasto de agua que contienen los productos de consumo; entonces, utiliza las fórmulas para calcular la HHAzul y HHGris de consumo del sector doméstico e industrial; posteriormente, realiza un análisis de sostenibilidad de la HH en la ciudad de Bogotá para el año 2014. La anterior investigación permitió adaptar las fórmulas y calcular la HH para la ciudad de Popayán.

Para el cálculo de la huella hídrica se tuvo en cuenta la siguiente formula:

$WFDAzul = \text{afluente} - \text{efluente}$

Donde:

WFDAzul: huella hídrica azul del sector doméstico

Afluente: es el volumen de agua usada en la actividad evaluada, como aparece en la factura de servicios de agua potable.

Efluente: es el volumen de agua calculada. Equivale a cero, porque las cuencas abastecedoras y de recepción de vertimientos no son las mismas.

$WFDAzul \text{ afluente} = VFEAAP + VNF + VAB + GPPTAP + VSC$

Donde:

VFEAAP= Volumen de agua facturada por la empresa de acueducto y alcantarillado de Popayán (EAAB + Aguas en bloque).

VNF= Volumen de agua no facturado.

$VNF = \text{Volumen de agua suministrado a Popayán por EAAP} - \text{Volumen facturado EAAP.}$

VAB= Volumen vendido de agua en bloque en Popayán

GPPTAP= Gasto de potabilización en las plantas de tratamiento de aguas potables. (Volumen de agua utilizada en plantas de tratamientos para el mantenimiento y funcionamiento de la planta, principalmente lavado de filtros y de los drenajes de los sedimentadores y floculadores).

VSC= Volumen de agua subterránea.

WFDAzul afluyente= $VFEAAP+VNF+VAB+GPPTAP+VSC$

Fórmula WFDGRIS:

$WFDGRIS = ((V_{olefIST} * C_{efIST}) + (V_{olefPTAR} * C_{efPTAR}) - (V_{olafl} * C_{afl})) / (C_{m\acute{a}x} - C_{nat})$

Donde:

- *Volaft*: Volumen de agua vertida por los habitantes de la ciudad (85% del agua potable consumida de uso doméstico – Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico – SUI reporta 89%).

-*VolefIST*: Volumen de agua vertido sin tratamiento a la cuenca del río

-*CefIST*: Concentración de los vertimientos domésticos en el río Cauca de los parámetros que se van a evaluar (DBO5, SST), reportados.

-*VolefPTAR*: Volumen de vertimientos en la cuenca del río, después de pasar por la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) equivale (30% del *Volafl*). La ciudad de Popayán no tiene PTAR; por lo tanto, se asume el valor de cero.

-*CelfPTAR*: Concentración de los vertimientos que salen de PTAR después de su tratamiento en los parámetros DBO5, SST reportados por EAAP. La ciudad de Popayán no posee PTAR por lo tanto la concentración de vertimiento asumen el valor de cero.

-CafI: Concentración de parámetros DBO5 y SST del agua potable consumida por los habitantes de la ciudad. De acuerdo con informe de la empresa de acueducto y alcantarillado no reporta el presente indicador. (Ver anexo 20).

- C_{máx}: Los estándares calidad máximos permitidos por la autoridad ambiental. Río Cauca

- C_{nat}: Concentración natural del río Cauca en los parámetros DBO5 y SST

El resultado de la ecuación se expresa en volumen/tiempo.

3.8. Huella hídrica azul del sector industrial de Popayán

WFAzul= afluente - efluente

Donde:

Afluente: Volumen de agua destinada a las actividades industriales o productivas de la ciudad (suministro proveniente de fuentes superficiales y subterráneas).

Efluente: Volumen de agua descargada posteriormente a su utilización.

3.9. Huella hídrica gris sector industrial

La huella hídrica gris evalúa la capacidad de asimilación de la cuenca frente a la carga contaminante aportada:

Capacidad de asimilación de la cuenca frente a la carga contaminante aportada.

WFGris= L/(C_{máx} – C_{nat})

Donde:

L: carga contaminante aportada por el sector industrial

C_{máx}: Concentración máxima permitida para la Cuenca del río Cauca como meta para el año 2020, con base en los objetivos de calidad del agua expedidos por la CRC.

Cnat: Parámetros fisicoquímicos del recurso hídrico, en caso de que no existan perturbaciones humanas en la cuenca. En caso de que no se cuente con los parámetros naturales, que se cree que son bajos, es posible asumir este valor como cero. (Se toma muestra de empresas con parámetros de DBO5 y SST con el propósito de estandarizar los parámetros en la estimación de la huella).

Fórmula: $WF_{Ind} = WFAzul + WFGris$

Sector de alimentos

El consumo del recurso hídrico del sector de alimentos se cuantifica mediante la huella hídrica indirecta de los productos consumidos en el área de estudio. La información se obtuvo de los principales centros de abastecimiento existentes en la ciudad de Popayán: Plaza de mercados Alfonso López, Barrio Bolívar y Barrio Bello Horizonte, así mismo el principal centro de distribución de granos y cereales.

Fórmula:

$$WFA_{alimentos} = \sum p(C_p * EqH_{prod})$$

Donde:

C_p= Cantidad de productos consumidos. EqH_{prod}= Huella hídrica equivalente del producto

La huella hídrica gris de la producción agrícola y sus derivados se basa en un indicador del volumen de la contaminación de agua dulce, que se estima con base en la cuantificación del volumen de agua necesario para asimilar los nutrientes que alcanzan fuentes de hídricas superficiales o subterráneas.

Disposición de residuos sólidos

La Huella hídrica gris que genera los lixiviados producidos por descomposición de residuos sólidos en el relleno sanitario Los Picachos se calcula de la siguiente manera:

$$WPPTL_{Gris} = L / (C_{max} - C_{nat})$$

Donde:

L: Concentración mensual de grasa y aceites, DBO5 y Fenles de los lixiviados tratados. El caudal reportado por EAAP.

C_{max}: Concentración máxima permitida por la autoridad ambiental para los parámetros de calidad evaluados.

C_{nat}: Concentración natural del río Cauca

3.10. Técnicas e instrumentos

Para el desarrollo de la investigación se necesitaron técnicas orientadas a extraer información de los hogares asentados en las riberas de los ríos y el uso de pruebas biológicas y físico-químicas que permitieran corroborar la calidad del agua de la fuente hídrica.

3.10.1. Técnicas de investigación

Análisis documental, observación no participativa, entrevista semi-estructurada, las pruebas biológicas se realizaron con base en la metodología establecida por Roldán (2008) para el análisis biológico basado en macroinvertebrados y las muestras físicoquímicas se fundamentaron en los índices de contaminación ICOS propuestos por Ramirez y Viña (1998).

3.10.2. Instrumentos

Computadora, Cuadro de registro, cámara fotográfica, instrumento de entrevista, mapa cartográfico, bitácoras y anotaciones de campo, SPSS, Locus map free. Para obtener muestras biológicas y físicoquímicas se utilizaron los siguientes instrumentos: red de pantalla, alcohol, frascos de vidrio, pinzas, pinceles. Las muestras físicoquímicas se tomaron con base una sonda multiparamétrica.

IV. Análisis de resultados o análisis de información

4.1. Marco institucional

4.1.1. Introducción al marco institucional.

La valoración del factor agua se realiza mediante los procesos de gobernanzas de los entes territoriales argumentados en la Constitución Política de Colombia, la normatividad del recurso hídrico y el sistema de gestión ambiental. Igualmente, con base en la planificación de las instituciones públicas del gobierno: Alcaldía del municipio de Popayán, Corporación Autónoma Regional del Cauca, Parques Nacionales, Empresa de acueducto y alcantarillado de Popayán y la empresa Serviaseo (en convenio con la Alcaldía del municipio de Popayán), son las organizaciones más allegadas a la valoración del factor agua.

4.1.2. Análisis marco institucional del factor agua

La valoración del factor agua inicia desde la gobernanza del territorio, se soporta en el Sistema Nacional Ambiental que involucra desde la Rama ejecutiva o administrativa (Fuerza pública, Policía Nacional, Departamento Nacional de Planeación y Ministerios), el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible que tiene a cargo las Corporaciones Autónomas Regionales y las Unidades Administrativas Especiales; también las Autoridades Científicas: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt – IIRB, el Instituto de investigaciones Marinas y Costeras – José Benito Vives de Andreis–INVEMAR, Instituciones ambientales del Pacífico Jhon Von Newman–IIAP y el Instituto Amazónico de investigaciones científicas –SINCHI. Seguido de la Rama Ejecutiva, se encuentra la Rama Legislativa con las Comisiones de Senado y Cámara de Representantes, la Rama Judicial y los Órganos independientes como la Contraloría General de la República y Ministerios Públicos.

El despliegue de la normatividad ambiental se realizó teniendo en cuenta el marco normativo de la legislación ambiental iniciando desde la Constitución Política de 1991 como marco jurídico, democrático y participativo que garantiza un orden político, económico y social justo, las leyes, los Decretos y las Ordenanzas. Lo anterior, evidencia una amplia gama de

normas que privilegia el recurso hídrico, pero el problema recae en la formulación de los planes de desarrollo y de gestión de los entes territoriales y administrativos, así como se demuestra en el Plan de desarrollo del municipio y los diversos planes de gestión y acción en que están inmersos las dependencias administrativas de la Alcaldía del municipio de Popayán.

Además, la normatividad se fundamenta en Tratados Internacionales orientados a regular el Sistema Nacional Ambiental a través de una normativa sobre el factor agua, entre las más representativas aparecen: la Ley 99 de 1993 y sus Decretos reglamentarios, Uso eficiente y ahorro de agua (Ley 0373/97), Código Nacional de recursos renovables naturales y de protección al medio ambiente (Decreto 2811/74), el sistema nacional ambiental SINA (Decreto 1600/94), Concepto de Cuencas Hidrográficas (Decreto 1729/2012), el servicio público (Decreto 1713/02), acotamiento de fuentes hídricas (Decreto 2245/17), áreas protegidas (Decreto 2372/10), el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano (Decreto 1575/07), el control y la vigilancia del recurso hídrico (Resolución 2115/07), el uso de agua y los residuos líquidos (Decreto 3930/10), los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales (Resolución 631/15), biosólidos generados en plantas de tratamiento residual (Decreto 1287/14), plan usuarios a los que no se les puede otorgar permiso de vertimiento (Decreto 4728/10), el reuso de aguas tratadas y residuales (Resolución 1267/14), el sector ambiente y desarrollo sostenible (Decreto 1076/15), reglamento técnico de agua potable (Resolución 0330/17), tasa retributiva (Decreto 2667/12), el registro único de Usuarios del recurso hídrico (Decreto 1324/07), intervención cuencas hidrográficas (Decreto 1480/07), Vertimiento puntual alcantarillado (Res 075/11), índice escasez aguas superficiales (Res 872/06), otros planes de relevancia con el factor agua son: Planes de Saneamiento (Res 2145/05), la disposición final de residuos sólidos (Decreto 838/05), el control de plaguicidas y desechos (Decreto 1443/04), el Código de Policía (Ley 1801/16), el comparendo

ambiental (Ley 1259/08), y el Plan de Ordenamiento del Territorio; así mismo la norma ISO 14046 no se encuentra enmarcada dentro de un enfoque sistémico en la planificación territorial.

El marco institucional incorpora la sostenibilidad desde un enfoque sistémico soportada en el sistema nacional ambiental, lo que significa que integra diversas funcionalidades institucionales que permiten el desarrollo de los principios generales ambientales a través de normas, actividades, recursos, programas institucionales orientados a gestionar, proteger, conservar y velar por el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. La integración y articulación de la institucionalidad desde un enfoque sistémico permite entender que la gestión de los recursos ambientales desde los entes territoriales y la administración municipal incluye a los actores sociales, económicos y políticos en la problemática del factor agua en relación con los hogares y empresas asentadas en las riberas de los ríos del área urbana de la ciudad.

La promoción del desarrollo sostenible se refleja en la legislación ambiental porque considera que el aprovechamiento sostenible del factor agua permite mejorar las condiciones sociales y económicas de la región. Una población con mejoras en la calidad de vida a través de un trabajo digno en relación con el recurso hídrico y la intervención del gobierno fundamentado en la normatividad ambiental nacional y garantizar la existencia de agua para futuras generaciones. La legislación ambiental hace entender que el Estado comprende y valora el lugar como aquel espacio que el hombre utiliza para el desarrollo de las actividades sociales y económicas enmarcado dentro de la normatividad ambiental como área de respeto, protección y cuidado del recurso hídrico. El lugar del recurso hídrico lo confirman diversos elementos protegidos también por la normatividad ambiental: el paisaje, el suelo, el aire, la flora y fauna.

El sistema de gestión ambiental pone en manifiesto que la población debe involucrarse en un proceso de adaptación debido al cambio climático; esto requiere desde luego una nueva mirada o forma de pensar sobre el uso y aprovechamiento del recurso hídrico; por tal razón, se debe comenzar desde los hogares, empresas y la política a desaprender para aprender los

nuevos conceptos de sostenibilidad ambiental desde un enfoque sistémico y su impacto positivo en la gestión ambiental del factor agua que permite el uso y aprovechamiento sostenible del recurso hídrico para el beneficio integral y armónico en lo social, económico, político y ecológico. De este modo, le corresponde a la administración local y a las organizaciones encargadas de proteger y conservar el recurso hídrico articular los planes de desarrollo con la normatividad nacional y regional; así mismo, ajustar los procesos de gestión acorde con las necesidades del municipio de Popayán. La planificación desde el enfoque sistémico conlleva a que los procesos de gestión diseñados para mitigar los impactos ambientales generados por el hombre sobre el factor agua se aprovechen de forma sostenible.

En la dimensión política se encuentra la información de los planes y proyectos formulados desde la administración municipal, los cuales carecen de una visión organizacional enmarcada dentro de los principios de sostenibilidad ambiental sistémica, lo que permite que el consumo de agua y la presencia de residuos en las fuentes hídricas continúen en aumento y sin control en contra del bienestar de los recursos hídricos y de la comunidad. La descripción de la institucionalidad desde la argumentación teórica de la investigación se presenta en la tabla 10:

Tabla 10. Análisis institucionalidad ambiental

Institucionalidad	Sostenibilidad	Desarrollo Sostenible	Enfoque sistémico	Socio-cultural	Lugar
-------------------	----------------	-----------------------	-------------------	----------------	-------

<p>La norma reconoce y valora la importancia del factor agua como recurso natural Promueve la sostenibilidad y el desarrollo sostenible Enfoca la normatividad desde un enfoque sistémico en relación con el recurso hídrico Promueve la participación ciudadana para contribuir a soluciones de problemas relacionados con el factor agua</p>	<p>Promueve la integridad entre sociedad y naturaleza. Dimensión social (Hogares), Dimensión Económica (Empresas) , Gobierno (Planificación), y Ambiental (Factor agua) Atribuye el sistema abierto (factor agua) y su interacción con su mundo externo</p>	<p>Disponibilidad del Derecho al agua como recurso natural vital para el consumo humano y productivo, bajo el compromiso y responsabilidad de la población y empresas sobre el cuidado, conservación y protección del recurso hídrico. Evita las fuentes de renovación Cambio gradual y direccional. Desarrollo como despliegue cualitativo (Potencialidades de complejidad creciente) que puede entrañar crecimiento económico Mejora la condición humana Bases: ética, dinamismo, concepto (Desarrollo económico y preservación del medio ambiente) Vinculación social, económico y ambiental. Desarrollo calidad de vida creciente El sistema mejora a través del tiempo Huella hídrica Empresas implementar norma ISO 14046</p>	<p>Política pública relacionada entre sí a través de los ministerios y entes administrativos. Homeóstasis del sistema: estabilidad, resiliencia, robustez. Capacidad de respuesta Adaptabilidad</p>	<p>Promueve la adaptabilidad al cambio, preparar a la sociedad a los ajustes de la sostenibilidad Capacidad de entender la integridad de un sistema sostenible Des-aprender para aprender Des-pensar para pensar Inclusión social y mayor participación de los hogares en soluciones de problemática social, económica y política</p>	<p>Resalta el lugar como espacio de interacción entre los hogares, las empresas y la planificación con el factor agua Establece limitaciones entre lo social con la conservación y cuidado del recurso hídrico</p>
--	---	---	---	---	--

Fuente: elaboración propia

4.2. Análisis dimensión social, económica, ecológica y política

El análisis de la investigación se realizó sobre los hogares y conjuntos residenciales cerrados ubicados en las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca enmarcados en la dimensión social. Las empresas del área de protección y reserva hídrica se establecen en la dimensión económica; las pruebas biológicas y físico-químicas pertenecen a la dimensión ecológica y la planificación de la gestión hídrica de instituciones públicas a las que le corresponde el cuidado y la protección de los ríos, hace alusión a la dimensión política.

4.2.1. Dimensión social

4.2.1.1. Introducción dimensión social

El crecimiento y desarrollo social de la ciudad de Popayán se enmarca a partir del centro histórico de la ciudad. Gran parte de los pobladores se asentaron en los ríos como elemento natural y esencial para la convivencia humana; en algunos casos como espacios de invasión de asentamientos y viviendas, pues debido a la ausencia del Estado en la zona pudieron establecerse sobre la ribera.

La dimensión social se fundamenta en la entrevista semiestructurada a personas cabeza de hogar de las familias permitió caracterizar los hogares de asentamientos, viviendas, y a los administradores de conjuntos residenciales cerrados con el propósito de analizar la valoración de la sostenibilidad ambiental en relación con el factor agua en la población ubicada en las riberas de los ríos del área urbana de Popayán. Ahora bien, con base en los siguientes factores se hizo la identificación de la composición del hogar: género, ingresos, número de personas que conforman el núcleo familiar, estrato social; la identificación en cuanto a la relación agua-hogar: servicio público, consumo de agua de llave, actividades y porcentaje de uso de agua; en cuanto a propiedades del agua: residuos arenosos, olor, sabor y color, suministro del agua, enfermedades generadas por consumo de agua, estrategias de ahorro de agua, métodos para suministro de agua; respecto a la relación hogar-fuente hídrica: tratamiento de aguas negras residuales, presencia contaminantes y animales, así como las características de los residuos sólidos, enfermedades por consumo de agua de río, intervención de instituciones públicas y privadas y acciones de sostenibilidad sugeridas por la comunidad para la preservación y el cuidado del factor agua.

4.2.1.2. Análisis Dimensión Social

4.2.1.2.1. Hogares

De 364 personas cabeza de hogar, el 62% están ubicados en el río Ejido, seguido del río Molino 35% y río Cauca 3% 155 personas que representan al 42% individuos cabeza de hogar pertenecen al género femenino del cual el 52% está asentado en la ribera del río Ejido, 43% en

río Molino y 5% en río Cauca. Además, el 97% de la población oscila entre 25 y 50 años, concentrada en la ribera de los ríos Ejido y Molino y tan solo el 3% en el río Cauca.

Desde el punto de vista de educación formal, 164 personas tienen formación primaria (45%) y 160 secundaria (44%), lo que representa el 89% de la población cabeza de hogar con conocimiento básico de estudios y tan solo el 11% son universitarios. El 77% de la población con estudios de primaria se concentra en el río Ejido, el 51% con nivel de secundaria en el río Molino y 49% universitario en el río Cauca. Lo anterior se muestra en la tabla 11, en la cual se presenta el nivel educativo de primaria, secundaria y universitario, por número de hogares que están establecidos en la ribera de los ríos Ejido, Molino y Cauca.

Tabla 11. Nivel educación por población ríos Ejido, Molino y Cauca

Río	Población (Cabeza hogar)	Primaria	Secundaria	Universidad
Ejido	225	126	79	20
Molino	128	29	81	18
Cauca	11	8	0	3
Total	364	164	160	41

Fuente: elaboración propia

En el río Ejido se ubica el mayor número de hogares con ingresos inferiores a \$1.000.000 (69%), seguido del río Cauca (59%) la cual el 63% y luego el río Molino (45%), lo que significa una población altamente vulnerable: apenas el 33% de los hogares establecidos en el río Cauca supera ingresos entre 2 y 3 millones, como lo evidencia la tabla 12:

Tabla 12. Rango de ingresos y estrato social

Río	Ingresos		
	Inferior \$1.000.000	Entre \$1.000.000 \$2.000.000	Entre \$2.000.000 \$3.000.000
Ejido	69%	29%	2%
Molino	45%	48%	7%
Cauca	59%	8%	33%

Fuente: elaboración propia

Los hogares conformados por 4 y 6 miembros tienen la mayor participación representada en 63%, 54% y 50% que se ubican en los ríos Molino, Ejido y Cauca, respectivamente. Así mismo, la mayor concentración de los hogares se ubica en el estrato bajo con una participación en promedio de los tres ríos del 45%, 20% en medio bajo, 17% medio, alto 14% y bajo-bajo 4%. El 100% de las viviendas cuentan con el servicio de agua. El 54% de la población consume un promedio mensual de agua para uso doméstico entre 5 y 10 m³, representado de la siguiente manera: río Ejido 46%, río Molino 69% y río Cauca (50%), manteniéndose por debajo del índice establecido por la OMS (15,2^{m3} mes/hogar), mientras que en promedio el 11% de los hogares ubicados en la ribera del río Ejido (24%) y río Molino (10%) el consumo oscila entre 11 y 15 m³, muy por debajo del nivel promedio exigido por la OMS.

En promedio el 85% del total de la población destina el 10% de agua a la semana para tomar agua de llave, el 20% para preparar alimentos. Para bañarse del cuerpo el 74% de los hogares usa el 20% de agua; en lavado de ropa el 65%, del 90% de hogares el 10% utiliza agua para lavar utensilios de cocina; para el cepillado de dientes el 95% señala que utiliza el 10% de agua a la semana; las actividades de riego de jardín, baño al perro y lavar el vehículo el 97%, 89% y 91% de la población, respectivamente, no destinan agua para esta labor. El promedio de hogares entre los ríos Ejido, Molino y Cauca que destinan agua a la semana según actividad y porcentaje de consumo: 0%,10%,20% y 30%, se evidencia en la tabla 13.

Tabla 13. Hogares que destinan porcentaje de uso de agua a la semana

	0%	10%	20%	30%
Toma agua de Llave	0%	85%	15%	0%
Preparación de alimentos	0%	20%	69%	11%
Bañarse el cuerpo	0%	19%	74%	7%
Lavar ropa	0%	16%	65%	18%
Lavar utensilios de cocina	0%	90%	10%	0%
Cepillarse los dientes	0%	95%	5%	0%
Regar Jardín	97%	3%	0%	0%
Bañar al perro	89%	11%	0%	0%
Lavar vehículo de transporte	91%	9%	0%	0%

Fuente: elaboración propia

La percepción sobre presencia de residuos arenosos, olor, sabor y color como elementos esenciales para determinar la calidad del agua en los hogares se evidencia en las tablas: 11 y 14. Con base en los resultados se observa que el 51% de los hogares ubicados en la ribera del río Ejido ingresa agua a su vivienda con bajo nivel de residuos arenosos, seguido de las viviendas del río Molino (6%), mientras que el 100% es muy bajo en el río Cauca. El nivel de percepción de los hogares respecto a la presencia de residuos arenosos que podrían encontrarse en el agua de la vivienda se evidencia en la tabla 14.

Tabla 14. Porcentaje de percepción residuos arenosos en el agua

Ríos	Percepción residuos arenosos				
	Muy Alto	Alto	Regularmente	Bajo	Muy Bajo
R. Ejido	0%	0%	7%	51%	42%
R. Molino	0%	0%	0%	6%	94%
R. Cauca	0%	0%	0%	0%	100%

Fuente: elaboración propia

El nivel de olor que podría tener el agua de la vivienda, clasificado como un olor desagradable, regularmente desagradable, agradable y muy agradable se presenta en la tabla.

Los resultados sobre la calidad del agua respecto al olor son: el 45% río Ejido señala que es agradable, el 77% río Molino y el 100% en el río Cauca. Tabla 15.

Tabla 15. Porcentaje de percepción de hogares sobre la calidad propiedades del olor por río

Ríos	Olor				
	Muy Desagradable	Desagradable	Regularmente	Agradable	Muy Agradable
R. Ejido	0%	0%	9%	45%	46%
R. Molino	0%	0%	0%	77%	23%
R. Cauca	0%	0%	0%	0%	100%

Fuente: elaboración propia

El sabor se evalúa como sabor muy extraño, sabor extraño, sabor regularmente extraño, poco extraño y no tiene sabor extraño. Los resultados respecto a la calidad del agua en cuanto al sabor señalan que el 3% de los hogares ubicados en el río Ejido percibe que tiene un sabor regularmente extraño, mientras que el 92% en promedio de los entrevistados menciona que el agua no tiene sabor extraño. Lo anterior se evidencia en la tabla 16.

Tabla 16. Porcentaje de apreciación de hogares sobre la calidad propiedades Sabor por río

Río	Sabor				
	Sabor Extraño	Muy Extraño	Regularmente	Sabor Poco Extraño	No tiene Sabor Extraño
R. Ejido	0%	0%	3%	39%	58%
R. Molino	0%	0%	0%	88%	92%
R. Cauca	0%	0%	0%	8%	92%

Fuente: elaboración propia

El porcentaje de percepción que tienen los hogares sobre el color del agua en la vivienda, categorizado como ligeramente oscura, levemente oscura, regularmente oscura, levemente incolora y ligeramente incolora. Los resultados respecto a la calidad del agua desde el punto de vista del color que percibe cada uno de los entrevistados, el río Ejido, el 9% de la población evidencia un color regularmente extraño, mientras que el 17% lo percibe el río Cauca (tabla 17):

Tabla 17. Porcentaje de apreciación de hogares sobre la calidad propiedades Color por río

Río	Color				
	Ligeramente Oscura	Levemente Oscura	Regularmente	Levemente Incolora	Ligeramente Incolora
R. Ejido	0%	0%	9%	30%	61%
R. Molino	0%	0%	0%	14%	86%
R. Cauca	0%	0%	17%	8%	75%

Fuente: elaboración propia

El porcentaje de hogares que perciben con frecuencia la presencia de residuos arenosos en la vivienda. Los resultados establecen que respecto a residuos arenosos casi nunca el río Ejido (34%) y el río Molino (15%) se percibe en el agua con frecuencia (tabla 18):

Tabla 18. Frecuencia de las propiedades del agua – Residuos Arenosos

Río	Residuos Arenosos				
	Nunca	Casi Nunca	Regularmente	Casi Siempre	Siempre
R. Ejido	66%	34%	0%	0%	0%
R. Molino	85%	15%	0%	0%	0%
R. Cauca	0%	0%	0%	0%	0%

Fuente: elaboración propia

El porcentaje de hogares que perciben con frecuencia olores en el agua de la vivienda se evidencia en la tabla 16. Los resultados de la entrevista respecto a la frecuencia con que el agua llega con olor extraño a la vivienda: Casi nunca llega con olor extraño, río Ejido 36%, Molino 16% y Cauca 25% (tabla 19):

Tabla 19. Frecuencia de las propiedades del agua-Olor

Río	Olor				
	Nunca	Casi Nunca	Regularmente	Casi Siempre	Siempre
R. Ejido	64%	36%	0%	0%	0%
R. Molino	84%	16%	0%	0%	0%
R. Cauca	75%	25%	0%	0%	0%

Fuente: elaboración propia

La frecuencia en que los hogares perciben diferente sabor de lo normal respecto al agua de la vivienda. Los resultados establecen que tan solo el 1% de los hogares ubicados en el río Ejido perciben un sabor regular, y el 17% de cada uno de los ríos Molino y Cauca casi nunca presienten un sabor diferente al normal (tabla 20):

Tabla 20. Frecuencia de las propiedades del agua - Sabor

Río	Sabor				
	Nunca	Casi Nunca	Regularmente	Casi Siempre	Siempre
R. Ejido	60%	39%	1%	0%	0%
R. Molino	83%	17%	0%	0%	0%
R. Cauca	83%	17%	0%	0%	0%

Fuente: elaboración propia

El porcentaje de percepción que tienen los hogares sobre la frecuencia de cambio de color del agua de la vivienda. Los resultados establecen que el 6% de los hogares ubicados en el río Ejido observa cambios de manera regular en el color del agua de la vivienda, mientras que casi nunca los hogares del río Ejido (50%), río Molino (15%) el río Cauca (17%); ver tabla 21:

Tabla 21. Frecuencia de las propiedades del agua – Color

Río	Color				
	Nunca	Casi Nunca	Regularmente	Casi Siempre	Siempre
R. Ejido	44%	50%	6%	0%	0%
R. Molino	85%	15%	0%	0%	0%
R. Cauca	83%	17%	0%	0%	0%

Fuente: elaboración propia

La evaluación sobre la percepción que tiene el hogar respecto a la frecuencia de suministro de agua respecto al servicio suficiente, permanente y presión se clasifica de la siguiente manera: nunca (N), Casi Nunca (CN), Regularmente (R), Casi Siempre (CS), y Siempre (S). Permanente: Nunca (N), Poco Frecuente (PF), Regularmente (R), Frecuente (F), y Muy Frecuente (MF). Presión: Muy Baja (MB), Baja (B), Regularmente (R), Alta (A), y Muy Alta (MA). Las viviendas cuentan con suministro de agua, pero la calidad de la frecuencia del servicio no es la misma. El 58% de los hogares de estrato social bajo asentado en la ribera del río Ejido son vulnerables al servicio de suficiencia, permanencia y presión de agua, aunque los porcentajes de impacto son menores de toda manera afecta la población (tabla 22):

Tabla 22. Frecuencia servicio de agua

Suministro	Suficiente					Permanente					Presión				
	N	CN	R	CS	S	N	PF	R	F	MF	MB	B	R	A	MA
Río Ejido	0%	0%	1%	20%	79%	0%	0%	0%	23%	77%	0%	0%	0%	25%	75%
Río Molino	0%	0%	0%	5%	95%	0%	0%	0%	8%	92%	0%	0%	0%	8%	92%
Río Cauca	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	100%

Fuente: elaboración propia

Los pronósticos de la actual administración local considera ampliar la cobertura del servicio al 98,38% para el año 2023, que comparado con la calidad del suministro de agua poco ha afectado a la población aunque se presenten algunas percepciones sobre el servicio de agua de los hogares de la ribera del río Ejido las cuáles lo catalogan como casi suficiente el 20%, frecuentemente permanente el 23% y la presión alta de suministro el 25%.

Los resultados demuestran que aunque el 100% de la población de los ríos Molino y Cauca toman agua de llave y el 91% del río Ejido los hogares no presentan ninguna enfermedad por este consumo. Así mismo, en promedio el 6% de la población entrevistada menciona no realizar actividades para el ahorro del agua, mientras que el 94% realiza actividades. En relación con las actividades para el ahorro de agua se evidencia que la mayoría de la población en promedio tiene nivel educativo máximo alcanzado de Primaria (51%) y Secundaria (49%) seguido de Universidad (16%), lo que hace que la respuesta sobre las actividades de ahorro sean poco creativas; los hogares en promedio utilizan formas convencionales: cerrar la llave de paso (49%), no dejar gotear la llave (31%) y utilizar periodos de tiempos cortos (14%); tan solo la comunidad del río Molino (8%) recicla y reutiliza el agua. La población entrevista del río Cauca presenta bajos niveles de educación universitaria (25%) no propone actividades creativas sobre el ahorro de agua. En promedio el 91% de la población adquiere agua directamente de la empresa de acueducto y alcantarillado de Popayán, tan solo el 9% lo hace mediante terceros (tabla 23):

Tabla 23. Nivel educativo – actividades ahorro de agua

Actividades	Cerrar Llave de paso	No deja gotear la llave	Utiliza periodos de tiempos cortos	Recicla y Reutiliza	Ninguna	Primaria	Secundaria	Universitaria
Ejido	49%	36%	10%	0%	5%	56%	35%	9%
Molino	23%	48%	16%	8%	5%	23%	63%	14%
Cauca	75%	8%	17%	0%	0%	75%	0%	25%

Fuente: elaboración propia

La relación de hogares que evidencian residuos en la fuente hídrica los resultados señalan que el 100% de la población no realiza algún tipo de tratamiento para las aguas residuales, porque observa los siguientes contaminantes en los ríos Ejido, Molino y Cauca: basuras, desechos humanos productos químicos y malos olores. En promedio, el 87% de la población percibe que las basuras siempre predominan en los ríos: Ejido, Molino y Cauca, seguido de los productos químicos (58%). Los malos olores se concentran en los ríos Molino (82%) y Cauca (75%); también los desechos humanos 80% y 83%, respectivamente. La mayoría de los comportamientos más altos de contaminación recaen sobre el río Cauca, debido a los productos químicos (100%), basuras (92%), desechos por lavado, desechos humanos-heces y desde luego malos olores (tabla 24):

Tabla 24. Presencia contaminantes ríos Ejido, Molino y Cauca

Contaminantes en el río	Río Ejido			Río Molino			Río Cauca		
	R	CS	S	R	CS	S	R	CS	S
Basuras	3%	9%	88%	5%	13%	82%	0%	8%	92%
Desechos por lavado	28%	51%	21%	41%	41%	18%	0%	17%	83%
Desechos humanos – heces	39%	37%	24%	10%	10%	80%	0%	17%	83%
Productos químicos	34%	41%	25%	40%	10%	50%	0%	0%	100%
Malos olores	1%	40%	59%	5%	13%	82%	0%	25%	75%

Fuente: elaboración propia

R: Regular. CS: Casi Siempre. S: Siempre.

La relación entre la presencia de contaminantes y animales en la ribera del río se evidencia en la tabla 24, la cual determina si la existencia de contaminantes atrae animales hacia la fuente hídrica. Los resultados señalan que los ríos Ejido, Molino y Cauca, presentan niveles de percepción alto en basuras 88%, 82% y 92%, respectivamente; lo complementa la presencia de heces en promedio: siempre de 62% y casi siempre 22%; genera malos olores 72%; atrae ciertos tipos de animales que en promedio son casi siempre 63% roedores, ganado 40% y caballos 33%;

además, existe una baja participación de serpientes con un 7%. Todo lo anterior podría poner en riesgo la salud de los habitantes.

Tabla 25. Relación presencia de contaminantes vs presencia animales

Contaminantes en el río	Río Ejido					Río Molino					Río Cauca				
	N	C N	R	CS	S	N	C N	R	CS	S	N	C N	R	CS	S
Basuras	0%	0%	3%	9%	88%	0%	0%	5%	13%	82%	0%	0%	0%	8%	92%
Desechos por lavado	0%	0%	28%	51%	21%	0%	0%	41%	41%	18%	0%	0%	0%	17%	83%
Desechos humanos heces	0%	0%	39%	37%	24%	0%	0%	10%	10%	80%	0%	0%	0%	17%	83%
Productos químicos	0%	0%	34%	41%	25%	0%	0%	40%	10%	50%	0%	0%	0%	0%	100%
Malos olores	0%	0%	1%	40%	59%	0%	0%	5%	13%	82%	0%	0%	0%	25%	75%
Ganado	0%	0%	12%	61%	27%	0%	5%	29%	24%	41%	0%	0%	50%	33%	17%
Caballos	0%	1%	28%	52%	19%	0%	2%	24%	29%	45%	0%	0%	83%	17%	0%
Roedores	0%	0%	10%	35%	55%	0%	1%	3%	30%	66%	0%	0%	0%	42%	58%
Zancudos y Moscas	0%	0%	5%	49%	46%	0%	2%	3%	41%	54%	0%	0%	0%	0%	100%
Serpientes	93%	1%	1%	5%	0%	93%	0%	0%	5%	2%	88%	0%	0%	17%	0%

N: Nunca. CN: Casi Nunca. R: Regular. CS: Casi Siempre. S: Siempre.

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la clasificación de los residuos que perciben los hogares en las riberas de los ríos, en promedio, los resultados demuestran que el 90% de los hogares que residen en las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca, percibe que el 10% de los residuos corresponden a papel; el 81% percibe que el 10% corresponde a cartón; el 88% de hogares señala que el 10% es plástico. Así mismo el 69% de hogares evidencia que el 20% corresponde a escombros de tierra y madera, mientras que el 62% de la población señala que en un 20% los residuos pertenecen a residuos orgánicos (tabla 26).

Tabla 26. Porcentaje promedio de hogares que perciben residuos sobre ribera de los ríos Ejido, Molino y Cauca

Clase de residuo	Porcentaje promedio hogares percibe presencia residuos ribera ríos
------------------	--

	0%	10%	20%
Papel	0%	90%	8%
Cartón	0%	81%	14%
Plástico	0%	88%	9%
Vidrio	0%	57%	11%
Madera	0%	69%	31%
Caucho	0%	56%	6%
Aluminio	0%	49%	3%
Tierra	0%	69%	31%
Latas	7%	28%	8%
Icopor	11%	24%	3%
Residuos Orgánicos	0%	62%	38%

Fuente: elaboración propia

La relación entre el nivel educativo, la presencia de basuras y la clasificación de residuos que perciben los hogares en la ribera de los ríos. A menor educación mayor probabilidad de existencia de basuras en los ríos, en especial papel y plástico; se presenta un porcentaje inferior, pero considerable de residuos orgánicos. En términos generales, la población tan solo alcanza niveles de secundaria y primaria, un bajo porcentaje con formación universitaria que podría considerarse esencial para los hogares de la ribera de los ríos ejido y Molino (tabla 27):

Tabla 27. Nivel educativo – Basuras y Residuos

Río	Primaria	Secundaria		Universidad	Basuras Ejido (S)	Papel (10%)	Plástico (10%)	Residuos Orgánicos (10%)
Ejido	56%	35%		9%	88%	88%	77%	55%
Molino	23%	63%		14%	82%	91%	89%	57%
Cauca	75%	0%		25%	92%	92%	75%	75%

Fuente: elaboración propia

La percepción que tienen los hogares respecto al nivel de afectación que genera los vertimientos sobre las fuentes hídricas, los resultados demuestran que la población en promedio

de los tres ríos (83%) afirma que el nivel de afectación por vertimientos de aguas residuales al río es muy alto (tabla 28):

Tabla 28. Nivel de afectación del río por vertimientos aguas residuales

Río	Alto	Muy Alto
Ejido	30%	70%
Molino	20%	80%
Cauca	0%	100%

Fuente: elaboración propia

Como complemento a la respuesta sobre el nivel de afectación de la fuente hídrica se presenta el porcentaje de percepción de los hogares y las consecuencias que ocasiona la contaminación de los ríos. La afectación de los ríos en promedio conduce de manera muy alta a propagar enfermedades (83%), degradación zonas verdes (62%), mortalidad de peces (42%), y el uso de suelo en mayor representación (58%) en el río Cauca (tabla 29):

Tabla 29. Nivel de afectación por vertimientos de aguas residuales de los ríos Ejido, Molino y Cauca

Río	Ejido					Molino					Cauca				
	M B	B	M	A	MA	M B	B	M	A	MA	MB	B	M	A	MA
Propagación de enfermedades	0%	0%	0%	30%	70%	0%	0%	0%	20%	80%	0%	0%	0%	0%	100%
Degradación zonas verdes	0%	0%	44%	40%	16%	0%	0%	6%	15%	79%	0%	0%	0%	8%	92%
Mortalidad peces	0%	38%	0%	54%	4%	0%	0%	19%	8%	73%	42%	0%	0%	8%	50%
Uso de suelo	0%	34%	0%	55%	8%	0%	0%	28%	21%	51%	0%	42%	0%	0%	58%

MB: Muy Bajo. B: Bajo. M: Medio A: Alto. MA: Muy Alto

Fuente: elaboración propia

Las personas entrevistadas no toman agua del río. El 54% de los hogares en promedio de los tres ríos prohíbe: verter agua al río, basuras (57%), escombros (62%), tala de árboles

(48%) y presencia de animales (32%). La baja participación de los hogares respecto al cuidado y la conservación de los ríos se debe, particularmente, a que la población del río Cauca no evita verter aguas residuales al río (75%), ni basuras (75%), ni escombros (59%). Tampoco evita la tala de árboles (75%) y presencia de animales (75%).

El porcentaje de percepción que tienen los hogares sobre la presencia de instituciones del gobierno o entidades privadas encargadas de preservar y proteger la fuente hídrica se señala en la tabla 27. Teniendo en cuenta los niveles de evaluación: Muy Bajo (MB), Bajo (B), Medio (M), Alto (A), Muy Alta (MA), los resultados muestran que en promedio el 87% de la población entrevistada señala que la Policía Nacional no hace presencia en la ribera de los ríos; el porcentaje para las demás instituciones es: la Corporación Regional del Cauca el 78%, la Universidad Pública el 83%, la Empresa de aseo 71%, Defensa Civil 86%, Parques Nacionales 94%, UMATA 93%, Secretaría de Salud 95% y Empresa privada 99%.

Instituciones de mayor inasistencia en el río Ejido la Secretaría de Salud 99%, Río Molino la empresa privada 100% y en el río Cauca la Corporación Regional del Cauca con una inasistencia de 75%. Las acciones para el cuidado y conservación del río son: en lo Social: No botar basuras (58%); conciencia ambiental 23%; cuidado del río 14%. En el río Ejido el 60% de la población entrevistada exige mayor conciencia ambiental; en el río Molino 65% no botar basuras y en el río Cauca no botar basura 75%. En lo Económico: Manejo de residuos 38%, en el río Ejido se solicita educación ambiental 36%, río Molino crear empresas 84%, contenedores para basura 13% y canalizar el agua 4%, y cuidar el río Cauca el 42%. En lo Político: el río Ejido y Cauca la población exige multas y sanciones 68%, para el río Cauca se solicita mejor manejo del alcantarillado 40% y el río Molino mayor capacitación ambiental 52% y presencia del Estado 32% (tabla 30).

Tabla 30. Presencia Institucional

Río	Ejido					Molino					Cauca				
	MB	B	M	A	MA	MB	B	M	A	MA	MB	B	M	A	MA
Policía Nacional	82%	17%	0%	0%	1%	78%	17%	4%	0%	1%	100%	0%	0%	0%	0%
Corporación Regional del Cauca CRC	85%	2%	12%	0%	1%	74%	22%	2%	0%	2%	75%	25%	0%	0%	0%
Universidad Pública	81%	18%	1%	0%	0%	67%	30%	3%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Empresa de Aseo	77%	21%	2%	0%	0%	37%	33%	30%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Defensa Civil	95%	5%	0%	0%	0%	63%	37%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Parques Nacionales	96%	4%	0%	0%	0%	88%	11%	1%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
UMATA	96%	4%	0%	0%	0%	82%	16%	2%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Secretaría de Salud	99%	1%	0%	0%	0%	87%	12%	1%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Empresa Privada	98%	2%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%

Fuente: elaboración propia

El número de integrantes por hogar en relación con el consumo de agua y el nivel educativo, el nivel de ingresos en relación con el consumo de agua, y el nivel educativo respecto a la generación de basuras. El consumo de agua está netamente relacionado con la cantidad de integrantes de un hogar: en la medida en que incrementa el núcleo familiar aumenta el consumo del factor agua, concentrándose el mayor consumo en los hogares conformados en promedio entre 4 y 6 integrantes. Las empresas orientadas a la educación, la salud, empresas de servicios públicos y el Batallón del ejército son las que demandan mayor cantidad de agua por su tamaño y número de trabajadores; la correlación establece que la actividad económica influye en el tamaño de la empresa y, por lo tanto, influye en el factor agua (anexo 19).

El acceso a la educación se determina por el número de integrantes del núcleo familiar y los ingresos económicos. La mayoría de hogares que tienen la posibilidad de estudio se encuentran ubicados en las riberas de los ríos Molino y Cauca: el (32%) tienen acceso a la educación superior. La relación directa entre el consumo de agua y los ingresos se concentra en promedio en el 57% de los hogares con ingresos económicos inferiores, lo que representa el 39% del consumo total de agua de la población entrevistada. Podría decirse que la población vulnerable aprovecha los subsidios y beneficios de tarifa que ofrece el gobierno. La población económicamente vulnerable y los bajos niveles de educación se convierten en elementos esenciales para demostrar que la dimensión social poco puede aportar a las dimensiones de la sostenibilidad ambiental para generar desde un enfoque sistémico equilibrio en el sistema. Las bases sociales no cuentan con el respaldo o apoyo del sector empresarial y el gobierno como elementos necesarios para el desarrollo económico. Esto se refleja en una baja calidad de vida de los hogares inmersos en un desarrollo viciado; es decir, mientras la ciudad presenta un crecimiento económico paulatino en los últimos años, las condiciones de vida de la población no mejoran. Los bajos niveles educativos también influyen en el incremento del indicador de la huella hídrica, debido al alto consumo de agua para uso doméstico como en presencia de basuras y animales en la fuente hídrica. Ese espacio en el que interactúan los hogares ubicados en la ribera de los ríos con la naturaleza denominado “lugar”, cuya identidad está totalmente aislada de la sostenibilidad ambiental; una identidad impulsada por la actividad económica encaminada al crecimiento económico, sin importar la devastación y agotamiento del recurso hídrico que se agudiza cada vez más por una sociedad excluida de manera sistémica de la problemática ambiental sostenible. La dimensión social se complementa con la información obtenida de las entrevistas con los administradores de los conjuntos residenciales cerrados. Los resultados completos de la dimensión social se encuentran en los anexos 2, 3, 4, 5 y 19 de este trabajo.

Limpieza y aseo	0%	0%	0%	50%	50%	0%	69%	31%	0%
Uso de baños	100%	0%	0%	0%	0%	0%	69%	31%	0%
Mantenimientos piscina o Jacuzzi	100%	0%	0%	0%	0%	54%	46%	0%	0%
Salón Comunal	100%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
Jardinería	100%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%

Fuente: elaboración propia

Respecto a la calidad del agua el 100% señala que la presencia de residuos arenosos es muy baja. El olor es muy agradable para el 100% de los administradores. El sabor del agua lo cataloga el 100% de los entrevistados como no extraño. Sobre el color el 100% menciona que es incoloro. Respecto a la frecuencia con que llega cada una de las propiedades del agua al río Molino responde el 100% de la población que los niveles de residuos arenosos son muy bajos, el olor es muy agradable, no tiene sabor extraño y es ligeramente incolora. El suministro del agua es de mejor calidad para los hogares del río Molino: suficiente, casi siempre (50%) y siempre (50%), Permanente siempre (100%) y Presión alta (50%) y muy alta (50%). El 100% de los administradores señala que los hogares toman agua de llave y no les produce ningún tipo de enfermedad; también realizan mantenimiento a los grifos, tanques y tuberías en menos de 6 meses (50%) y entre 7 y 12 meses (50%). El 50% realiza actividades para el ahorro de agua y el otro 50% de los entrevistados señala que no se realiza este tipo de actividad. El 56% considera como estrategia para el ahorro de agua realizar mantenimiento. Río Cauca: el 69% de los entrevistados señala que el 20% de consumo de agua lo asigna para limpieza y el otro 31% de los administradores expresa que los hogares asignan el 30% para esta actividad. Para uso de baños el 69% asigna el 20% y el 31% de los hogares asigna el 30%. Respecto a la calidad del agua el 92% de los administradores señala que la presencia de residuos arenosos es baja. El olor es agradable para el 92% de ellos y muy agradable para el 8%.

El sabor del agua lo cataloga el 92% de los entrevistados como no extraño y el 8% poco extraño. El color el 85% menciona que es ligeramente incolora y el 15% levemente incolora. Sobre la frecuencia con que llega cada una de las propiedades del agua al río Cauca el 100% de la población respondió que los niveles de residuos arenosos son muy bajos, el olor es muy

agradable, no tiene sabor extraño y es ligeramente incolora. El suministro del agua es suficiente casi Siempre (8%) y Siempre (92%), Permanente (7%) y (92%), Presión alta (8%) y muy alta (92%). El 100% de los administradores señala que los hogares toman agua de llave y no les produce ningún tipo de enfermedad, también realiza mantenimiento a los grifos, tanques y tuberías entre 7 y 12 meses (54%) y entre 13 y 17 meses (46%). El 92% realiza actividades para el ahorro del agua y el 8% señala que no se realiza este tipo de actividad. EL 50% propone como estrategia diseñar la política de ahorrar agua.

Por otra parte, el 96% de los administradores señala que el conjunto residencial cerrado recibe agua del acueducto y el 8% lo hace mediante terceros (anexos 3, 4 y 5). Los resultados de la relación de los conjuntos residenciales cerrados con la fuente hídrica señalan que la mayoría de los conjuntos residenciales cerrados (75%) no cuentan con permiso de vertimientos de aguas residuales por parte de la Corporación Regional del Cauca y solo el 25% realiza limpieza de pozo séptico. Se presenta el porcentaje obtenido de gerentes que perciben cierto tipo de contaminantes en las riberas de los ríos teniendo en cuenta los siguientes parámetros de evaluación: Nunca (N), Casi Nunca (CN), Regular (R), Casi Siempre (CS), y Siempre (S), presentándose los siguientes resultados: en el río Molino casi siempre se observa basuras 50%, desechos humanos 50%, roedores y Zancudos, en el río Cauca se evidencia sobre todo productos químicos 77%, roedores 62% y un alto porcentaje de entrevistados (77%) señala que casi nunca se observa ganado y caballos (tabla 32):

Tabla 32. Porcentaje percepción gerentes conjuntos residenciales cerrados contaminantes ríos

Río Molino						Río Cauca				
Contaminantes	N	CN	R	CS	S	N	CN	R	CS	S
Basuras	0%	0%	50%	50%	0%	0%	38%	39%	23%	0%
Desechos por lavado	0%	50%	50%	0%	0%	0%	46%	46%	8%	0%
Desechos humanos – heces	0%	50%	0%	50%	0%	0%	77%	23%	0%	0%
Productos químicos	0%	50%	50%	0%	0%	0%	0%	23%	77%	0%

Malos olores	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	46%	54%
Ganado	100%	0%	0%	0%	0%	38%	62%	0%	0%	0%
Caballos	100%	0%	0%	0%	0%	23%	77%	0%	0%	0%
Roedores	0%	0%	50%	50%	0%	0%	0%	38%	62%	0%
Zancudos y Moscas	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	46%	54%

Fuente: elaboración propia)

El porcentaje de gerentes de los conjuntos residenciales cerrados que perciben algún tipo de residuo en la fuente hídrica. Los resultados establecen que el 100% de la población entrevistada del río Molino percibe que el 10% de los residuos pertenece a Cartón, el 50% señala que el 10% contiene papel y el 10% de ellos dice que apare vidrio en un 10%; el 20% de los gerentes indica que perciben la presencia de plástico en un 20%, de madera 20%, de tierra 20% y 30% de residuos orgánicos.

También se halló que el río Cauca guarda similar proporción que el río Molino en la presencia de residuos de papel, cartón y caucho 69%. En relación con los residuos orgánicos, para el 69% de los administradores de los Conjuntos residenciales el 20% es un nivel muy representativo; también señalan que el nivel de afectación del río por vertimientos de aguas residuales en promedio es del 68% en río Molino y el 50% río Cauca; el 85% de estos entrevistados considera muy alto para enfermedades humanas y alto el 33%. La degradación la perciben en nivel medio el 62%; y en el río Cauca en particular la perciben 15% muy alto, 15% bajo. La mortalidad de los peces en el río Molino el 100% la considera en nivel bajo y en el río Cauca medio 31%, alto 38% y muy alto 31%.

La degradación del suelo en el río Molino es de nivel bajo para el 50% de los entrevistados, para el 50% es nivel medio es 46% y alto en un 54% en el río Cauca. La población entrevistada no toma agua de río; por eso, tampoco se evidencian resultados de posibles enfermedades por consumo. Las actividades que realizan los conjuntos residenciales cerrados para el cuidado del

río son: Río Molino casi nunca 50% y casi siempre 50%; en el río Cauca siempre se realizan actividades 100%, el 70% en promedio de la población evita verter basuras al río y el 29% casi siempre lo hace. El 100% de los entrevistados en los dos ríos en promedio casi siempre evitan el vertimiento de escombros en el río Molino y río Cauca (tabla 33):

Tabla 33. Porcentaje de percepción conjunto residencial sobre residuos en la ribera del río Cauca

Residuo	Río Molino				Río Cauca		
	0%	10%	20%	30%	0%	10%	20%
Papel	50%	50%	0%	0%	8%	69%	23%
Cartón	0%	100%	0%	0%	0%	92%	8%
Plástico	0%	0%	100%	0%	15%	85%	0%
Vidrio	50%	50%	0%	0%	85%	15%	0%
Madera	0%	0%	100%	0%	0%	62%	38%
Caucho	50%	50%	0%	0%	23%	77%	0%
Aluminio	100%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
Tierra	0%	0%	100%	0%	0%	46%	54%
Latas	50%	50%	0%	0%	77%	23%	0%
Icopor	100%	0%	0%	0%	92%	8%	0%
Residuos Orgánicos	0%	0%	0%	100%	0%	31%	69%

Fuente: elaboración propia

El 100% de los administradores siempre evita la tala de árboles y casi siempre la presencia de animales en el río Molino y siempre en el río Cauca los dos ríos. Los resultados completos se evidencian en los anexos 3, 4 y 5.

El porcentaje de gerentes que perciben presencia de instituciones del gobierno o privadas que protegen y conservan la fuente hídrica. Los resultados establecen que la presencia de instituciones en la ribera del río Cauca es muy baja; sobre la Policía Nacional y la Corporación Regional del Cauca el 8% de los administradores de los conjuntos cerrados tienen una percepción de presencia baja y el 50% señala que la empresa de aseo tiene una presencia media y otro 50% lo califica baja (tabla 34):

Tabla 34. Porcentaje de percepción conjuntos cerrados sobre nivel presencia de instituciones en ribera río Molino y Cauca

Río	Molino					Cauca				
	MB	B	M	A	MA	MB	B	M	A	MA
Policía Nacional	100%	0%	0%	0%	1%	92%	8%	0%	0%	0%
Corporación Regional del Cauca CRC	0%	100%	0%	0%	2%	92%	8%	0%	0%	0%
Universidad Pública	100%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Empresa de Aseo	0%	50%	50%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Defensa Civil	100%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Parques Nacionales	100%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
UMATA	100%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Secretaría de Salud	100%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Empresa Privada	100%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%

Fuente: elaboración propia

La población entrevistada a los administradores de los conjuntos cerrados sugiere las siguientes acciones: **Sociales**, río Molino: conciencia ambiental (50%) y No arrojar basuras (50%), mientras que en río Cauca consideran establecer políticas de cuidado del río (62%) y actividades de limpieza (38%). **Económicas**: el 50% de los administradores del río Molino sugiere invertir en vigilancia y evitar vertimientos. En el río Cauca multas el 77% propone multas y el 23% campañas de sensibilización. **Político**: Río Molino, sugieren campañas ambientales el

50% de los entrevistados y río Cauca planes ambientales 38%; así mismo, en promedio de la población (56%) propone multas y sanciones (anexos 3, 4 y 5).

Sobre la relación entre la existencia de basuras y la presencia de animales en los ríos los resultados establecen que en promedio el 37% de la población percibe casi siempre presencia de basuras en el río Molino y río Cauca. El 100% de los entrevistados en el río Molino regularmente evidencia malos olores y en el río Cauca el 54% responde que siempre y el 46 casi siempre hay presencia de malos olores. El 77% de los entrevistados en los dos ríos señalan que siempre ha habido la presencia de zancudos y moscas; los desechos humanos -heces- son representativos casi siempre en el río Molino, según el 50% de entrevistados mientras que el 77% de entrevistados del río Cauca advierten la presencia de productos químicos. A lo anterior, se suma la presencia de roedores en los ríos que en promedio el 56% de la población responde que casi siempre y el 44%, que regularmente (tabla 35):

Tabla 35. Relación basuras, desechos y presencia de animales

Contaminantes	Río Molino					Río Cauca				
	N	CN	R	CS	S	N	CN	R	CS	S
Basuras	0%	0%	50%	50%	0%	0%	38%	39%	23%	0%
Desechos por lavado	0%	50%	50%	0%	0%	0%	46%	46%	8%	0%
Desechos humanos – heces	0%	50%	0%	50%	0%	0%	77%	23%	0%	0%
Productos químicos	0%	50%	50%	0%	0%	0%	0%	23%	77%	0%
Malos olores	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	46%	54%
Ganado	100%	0%	0%	0%	0%	38%	62%	0%	0%	0%
Caballos	100%	0%	0%	0%	0%	23%	77%	0%	0%	0%
Roedores	0%	0%	50%	50%	0%	0%	0%	38%	62%	0%
Zancudos y Moscas	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	46%	54%

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la correlación entre el porcentaje de gerentes con nivel educativo y su percepción sobre la presencia de residuos en los ríos, el 100% de los administradores de los conjuntos residenciales del río Molino cuentan con estudios universitarios; de ellos, el 50% percibe que el 10% de contaminantes corresponde a basura y residuos papel, el 100% de los entrevistados evidencia un 10% en cartón y 30% en residuos orgánicos; esto significa que independientemente del nivel educativo se evidencia porcentajes significantes de residuos. Lo mismo sucede en el río Cauca, aunque con menor participación, el 23% de los administradores señala que casi siempre hay presencia de basuras, un 20% pertenece a madera, 10% Cartón, 10% plástico y 69% residuos orgánicos (tabla 36):

Tabla 36. Nivel educativo – Basuras y Residuos

Río	Secundaria	Universidad	Basuras (CS)	Papel (10%)	Cartón (10%)	Plástico (20%-10%)	Madera (20%)	Residuos Orgánicos (30% - 20%)
Molino	0%	100%	50%	50%	100%	100%	100%	100%
Cauca	38%	62%	23%	69%	92%	85%	62%	69%

Fuente: elaboración propia

En general, la mayoría de la población asentada en las riberas de los ríos se caracteriza por hogares vulnerables, de bajos recursos económicos y de niveles de estudio. Cuentan con servicios públicos de acueducto, aunque un pequeño porcentaje de agua ingresa a la vivienda con residuos, con poca frecuencia, arenosos en nivel bajo, sabor un poco diferente, olor regularmente agradable y color regularmente oscuro.

El servicio de suministro de agua para la población vulnerable es regularmente suficiente y de baja presión; el consumo de agua se mantiene dentro de los rangos establecidos por la OMS. Por su parte, la población en general destina gran porcentaje de agua para cocina e higiene

personal y, regularmente, realiza mantenimiento a las redes internas de acueducto de la vivienda, pero no aplica algún tipo de tratamiento para aguas residuales.

Los hallazgos, en general, muestran altos niveles de contaminación de los ríos objeto de estudio, sobre todo, con basuras que, por su composición orgánica, atraen animales en especial roedores; también se detectó la presencia de sólidos que afectan la calidad del agua de la fuente hídrica.

Ahora, aunque en los conjuntos residenciales cerrados hay hogares en mejores condiciones económicas y sociales, la problemática sobre el factor agua de los ríos es similar en la mayoría de los aspectos de los hogares asentados en la ribera de los ríos. Por eso, la población demanda mayor presencia del gobierno sobre el control y mantenimiento de los ríos y, para ello, propone estrategias como reforestar, cercar los ríos, capacitaciones en educación ambiental, adelantar procesos de reciclaje, garantizar más presencia de funcionarios encargados de proteger y conservar los ríos y generar multas y mayor canalización de aguas negras. El factor agua se agudiza aún más con los vertimientos generados por las empresas ubicadas en la ribera de los ríos, como expresa a continuación en la dimensión económica.

Las edificaciones tienen más de 11 años de instaladas sobre las riberas de los ríos y, hasta el momento, el gobierno local no ha tomado decisiones de reubicarlas en otra zona; evidencia ello su desinterés en la conservación y protección de las áreas naturales. Lo anterior significa que desde la sostenibilidad no se integra la dimensión social debido al aislamiento con lo político; el gobierno local no interviene en las edificaciones construidas con estrategias de mejoramiento del lugar considerado un espacio de interacción entre hombre y naturaleza encaminadas a mitigar el impacto ambiental que genera las acciones antropogénicas sobre la fuente hídrica. Aunque los factores económicos y de educación poco afectan a la población por considerarse estrato social medio alto y alto, se presenta un problema de cultura reflejado en la presencia de residuos en las aguas superficiales y en un uso intensivo del agua para actividades

domésticas también se aproxima al máximo permitido. La problemática del factor agua evidencia que los residentes tampoco conocen lo que significan los procesos de adaptabilidad al cambio y la homeóstasis general, como tampoco se tiene la capacidad de respuesta, auto-dependencia y empoderamiento desde un enfoque sistémico que les permita entender y comprender la importancia de la sostenibilidad del recurso hídrico. Los residentes de los conjuntos residenciales no están preparados para enfrentar los trastornos ecológicos derivados del cambio climático y de los cambios ambientales inducidos por el hombre; se evidencia que los habitantes aún no han renunciado a las formas de explotación del capitalismo global.

Más información detallada sobre la dimensión social que se abordó en este acápite se encuentra en los anexos 2, 3, 4, 5, 15 y 17.

4.3. Dimensión económica

4.3.1. Introducción dimensión económica

La dimensión económica hace alusión a las empresas instaladas sobre las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca. La entrevista realizada a los gerentes permitió valorar la incidencia de la sostenibilidad ambiental en relación con factor agua en las empresas ubicadas en las riberas de los ríos del área urbana de Popayán. Se identificó el género, el nivel de ingresos, número de trabajadores, ubicación de la empresa en cuanto al estrato social, actividad económica, la relación agua-empresa; servicio público, consumo de agua para actividades operativas, actividades y porcentaje de uso de agua.

En cuanto a las propiedades del agua se identificaron los siguientes aspectos: residuos arenosos, olor, sabor y color, suministro del agua, enfermedades generadas por consumo de agua, estrategias de ahorro de agua, métodos para suministro de agua, relación empresa-fuente hídrica, tratamiento de aguas residuales, permiso de vertimientos, presencia de contaminantes, animales y características de los residuos en el río, enfermedades por consumo de agua de río, actividades para el cuidado del río, presencia de instituciones públicas y privadas para el cuidado

y preservación del río y estrategias de sostenibilidad sugeridas. La entrevista semiestructurada se realizó a los gerentes o delegados de empresas.

4.3.2. Análisis dimensión económica de empresas

Las empresas del río Ejido (4), Molino (37) y Cauca (6) presentan las siguientes características: en promedio, el 31% de los entrevistados son propietarios y el 69% administradores de la empresa; el 86% de los entrevistados está, en promedio, entre 25 y 50 años y el 14% entre 50 y 75 años. El 100% de los gerentes ubicados en el río Ejido es género masculino, en el río Molino 51% masculino y 49% femenino y en las empresas del río Cauca los empresarios son 17% masculino y 83% femenino. El nivel educativo de los gerentes o administradores en promedio tienen nivel de secundaria el 45% y universitarios 55%. Las empresas pertenecen en promedio al sector Cuaternario (7%), Terciario (83%), y Primario (10%) (Anexos 6, 7, 8 y 9).

El porcentaje de empresas dedicadas a la actividad económica establecidas en cada uno de los ríos: educación 30%, salud 8%, comercialización 22%, infancia 8% otras 32%. Las empresas con actividades de bodegas, misceláneas, graneros, seguridad, recaudo de impuestos, restaurantes, venta de autopartes y taller de mecánica se integraron en un solo grupo que representa, en promedio, el 32%. Las empresas vinculadas al sector de la educación en un 50% están instaladas sobre la ribera del río: 25% Cauca y 16% Ejido y Molino. Sobre el río Molino está ubicado uno de los hospitales de mayor representación en la ciudad, en tanto que el 25% de las empresas comercializadoras se ubican en el río Ejido, el 24% en río Molino y el 17% en el río Cauca. En promedio, el 54% de las empresas tienen menos de 50 trabajadores, 19% entre 51 y 100 trabajadores y el 27% con más de 151 trabajadores. Según el estrato, las empresas están ubicadas en: río Ejido 25% en estrato 2, 50% en estrato 4 medio y el 25% en estrato 5 medio alto. En río Molino el 51% en estrato 5 medio alto, el 41% estrato 4 medio y el 8% en estrato 3 medio bajo; y en el río Cauca el 67% está en estrato 4 medio y el 33% estrato 5 medio

alto. El promedio general es estrato 2 (8%), estrato 3 medio bajo (3%), estrato 4 medio (53%), estrato 5 medio alto (36%). El tiempo de establecida la empresa en el río Ejido entre 6 y 10 años (25%), y más de 11 años el 75%; en río Molino entre 6 y 10 años el 19%, más de 11 años el 78% y entre 1 y 5 años el 3%; en río Cauca, más de 11 años (67%), entre 6 y 10 años (17%) y entre 1 y 5 años (17%). En promedio las empresas entre 1 y 5 años (7%), entre 6 y 10 años (20%) y más de 11 años (73%) (Anexos 6, 7, 8 y 9). Ver tabla 37:

Tabla 37. Porcentaje participación según actividad económica empresa por río

Actividad	Educación	Salud	Comercialización	Infancia	Otras
R. Ejido	25%	26%	25%	25%	0%
R. Molino	16%	0%	24%	0%	60%
R. Cauca	50%	0%	17%	0%	33%

Fuente: elaboración propia

La relación empresa con el servicio de agua que obtiene presenta la siguiente información sobre la caracterización de las empresas y su relación con el consumo de agua (anexos 6, 7,8 y 9). El 100% de las empresas ubicadas en los tres ríos cuenta con servicio público de agua; el consumo promedio de agua es inferior a 200m³ en el 25% de empresas del río Ejido y el 92% de las del río Cauca; el consumo entre 201 y 400m³ es para el 25% de empresas del río Molino y 8% del Cauca; y el consumo de más de 601m³ en el río Ejido el 50% de las empresas y el 33% de las del río Cauca. De manera general, la mayoría de los gerentes son jóvenes y propietarios de microempresas y empresas con estudios universitarios.

Entonces, las empresas de mayor representación en consumo de agua están ubicadas en el río Ejido, las cuales superan el 50% de consumo superior a 601m³, las empresas del río Cauca el 67% consumen entre 201 y 400 m³ y las del río Ejido el 92% menos de 200 m³. Sobre el consumo de agua, los resultados señalan que del 100% de los entrevistados de las empresas del río Ejido destina para limpieza y aseo, el 25% de la población el 20% de agua, el 50% destina el 30% de agua y el 25% destina para esta actividad el 40% de agua. En río Molino el 81% de

los gerentes destina para limpieza y aseo el 20% de agua y 19% lo hace con el 30% y en río Cauca el 83% de los gerentes destina el 40% de agua para esta actividad y el 17% lo hace con el 30%. Para baños río Ejido 75% (20%) y 25% (40%), río Molino 92% (10%) y 8% (20%). Río Cauca el 100% (10%).

Sobre tomar agua de llave en río Ejido el 75% destina un 10% de agua y el 25% destina el 20%; en río Molino el 97% dijo que destina el 10% de agua para tomar de la llave y el 3% expresó que 0%; en río Cauca el 100% destina el 10%. Para la cafetería de las empresas, en río Ejido el 100% de los entrevistados dijo que destina el 10%, en río Molino sólo el 11% dice destinar el 10% y 89% el 0%; y en río Cauca el 100% destina el 10% de agua para uso en cafetería. Sobre el uso de agua para las actividades de operación, los hallazgos indican: río Ejido el 100% destina el 10%; en río Molino el 100% dijo destinar el 10% de agua para esta actividad y en río Cauca el 67% destina un 20% y el 33% lo hace con el 10%. Referente a la presencia de residuos y características del agua que reciben las empresas, los gerentes afirman que respecto a:

Residuos arenosos: el río Ejido y Molino el 25% de los gerentes percibe como alto la presencia de estos residuos en el agua, y el río Molino el 14% la percibe baja; significa de todas maneras que existe una proporción de residuos arenosos en las propiedades del agua que ingresa a las empresas. En cuanto al Olor: el 27% de los gerentes señala que es agradable y sobre el Sabor, las empresas ubicadas en la ribera del río Molino señala el 8% que es poco extraño.

Frecuencia de presencia de residuos y cambios en las propiedades del agua: en cuanto a la frecuencia de residuos arenosos: el 50% de los gerentes de las empresas del Río Ejido señala la presencia es frecuente y el 50% casi nunca, río Molino, 97% Nunca y casi nunca el 3% y el río Cauca 100% muy baja. Respecto al Olor: Los gerentes afirman que la frecuencia en el Río Ejido 50% Nunca percibe malos olores y el 50% Casi nunca, río Molino 97% Nunca y 3% Casi nunca, río Cauca, 100% muy agradable. En cuanto al Sabor los gerentes señalan que

la frecuencia es: Río Ejido Casi nunca tiene extraño sabor 50% y Nunca 50%, Río Molino 100% Nunca, Río Cauca 100%. Sobre el Color: 50% de los gerentes afirma que es extraño y 50% casi nunca. En río Molino 92% Nunca tiene color extraño y 8% casi nunca, y Río Cauca el 100% es ligeramente incolora. En general, en cuanto a las propiedades del agua y la frecuencia de la misma se evidencia, en promedio, que el 82% no contiene residuos arenosos ni olor extraño, el 83% no tiene sabor extraño y el 80% es incolora.

Calidad suministro de agua: en promedio, la calidad de suministro suficiente de agua es la siguiente: el 87% de los entrevistados señala que el agua que ingresa a la empresa es suficiente: siempre (65%), Casi siempre (24%), regularmente (6%) y Casi nunca (5%). Las empresas del río Cauca serían las menos beneficiadas del servicio con una participación de: 67% casi siempre, 17% regularmente y 17% casi nunca. Respecto al servicio Permanente: en promedio el 88% es muy frecuente y el 22% frecuente. En cuanto al servicio de Presión del agua: en promedio el 57% opina que es muy alta y 43% alta.

Enfermedades generadas por el consumo de agua de llave: en promedio, el 91% de los entrevistados mencionó que toma agua de llave y el 9% no lo hace. El 100% señala que no les ha producido ninguna enfermedad.

Mantenimiento grifos: el 82% de las empresas ubicadas en los tres ríos realiza mantenimiento y el 28% no lo hace. El 63% hace mantenimiento a menos de 6 meses, el 19% entre 7 y 12 meses, y el 18% nunca lo hace. El 98% realiza actividades para el ahorro de agua y el 5% no lo hace.

Las estrategias que utilizan las empresas para el ahorro de agua son: Mantenimiento (54%), como política de ahorro (33%), reciclaje (12%) y ninguna (1%). El método que aplican las empresas para adquirir agua es por medio de la empresa de acueducto y alcantarillado de Popayán (94%) y por medio de terceros (6%).

Ahora, según los resultados, la relación de la empresa con la fuente hídrica y su contaminación y los posibles aportes de gerentes a soluciones se pueden adelantar a través de acciones sociales, económicas y políticas que podrían mitigar el problema de contaminación de la fuente hídrica. Al respecto, se preguntaron los siguientes aspectos: Las empresas tienen permiso de vertimiento de aguas residuales: el 75% de los gerentes de empresas ubicadas en el río Ejido señala que no lo tiene y el 25% que sí lo tiene; en río Molino el 94% no lo tiene y el 5% sí, y en el río Cauca el 83% no y el 17% sí lo tiene. En el río Ejido hacen tratamiento primario y en el río Cauca reutilizan el agua, mientras que en el río Molino no hace ningún tipo de tratamiento.

De otra parte, las basuras predominan como contaminantes de los ríos con una participación promedio de 81% y siempre acompañadas por desechos de lavado y limpieza el 77%. Esto genera malos olores según el 71% de los entrevistados. El 100% de la población entrevistada del río Ejido evidencia que siempre presenta mayor evidencia de basuras y en el río Cauca el 100% percibe los malos olores generado posiblemente por basuras (en un 50%), desechos y lavado (67%).

Además, en promedio, el 63% de los entrevistados señala que los roedores hacen mayor presencia en los ríos y el más afectado es el río Molino, según el 89%, seguido del río Cauca, dice el 50% y Ejido según el 50%. Así mismo, perciben la presencia de Zancudos (61%), con mayor presentación en el río Molino (84%), seguido de 50% para el río Ejido y Cauca respectivamente. Los residuos orgánicos prevalecen, ya que en promedio el 79% de los entrevistados, evidencia el 20% en el río Ejido, en el río Molino se presenta una evidencia del 22% y en el río Cauca el 20% percibe estos residuos.

El río Molino tiene una participación alta en la percepción de presencia de Cartón en una proporción del 14%, y de Madera y Tierra cada uno con 70% respectivamente; y en baja proporción, pero significativa de todas formas, el 92% percibe la presencia de plástico en un 10%;

de la madera, en promedio el 43% dijo que presencia una proporción de un 20% en la ribera de los ríos; en el río Cauca el 67% de los entrevistados evidencia que percibe una proporción del 10% de este residuo. En cuanto al riesgo y afectación del río por vertimientos de aguas residuales, para el 48%, en promedio, genera enfermedades humanas, de la siguiente manera: el riesgo es muy alto (13%) y medio (22%). Sobre la Degradación de zonas verdes para el 43%, promedio general, el riesgo es muy alto, en especial, para el río Molino (86%), río Ejido (25%) y río Cauca (17%).

La presencia del 20% de residuos, según los entrevistados, tiene una participación de 79% de Orgánicos, seguido de Tierra (73%), Madera (43%) y Papel (20%). Ahora, el 100% de las personas entrevistadas de las empresas señala que en promedio del 81% percibe siempre la presencia de basuras, el 79% expresó que en una proporción del 20% y el 7% percibe un 30% de residuos orgánicos. Lo anterior, puede incidir en el ítem Siempre (63%) y Casi siempre (22%) de roedores, y Siempre (62%) y Casi siempre (30) de zancudos; esto, acompañado de una baja presencia, pero significativa: siempre (10%) de ganado y caballos (18%). En general, los residuos orgánicos podrían atraer animales como Ganado, Caballos y, en especial, roedores.

En relación con la mortalidad de peces en el río Ejido el 50% la considera en riesgo muy alto y en el río Molino el 92%. En promedio, en los tres ríos esta percepción es del 47%. Para el 92% de los entrevistados del río Molino el suelo presenta riesgo muy alto. Además, el 100% señala que no toma agua de río; por lo tanto, no se presenta ninguna enfermedad por consumo de agua.

Sobre las actividades que se realizan para el cuidado y la preservación del río: Evita verter aguas residuales al río, dijeron que siempre el 50% los del río Ejido, 49% los del río Molino y 33% río Cauca, sobre Casi siempre respondieron así: río Molino 51%, 17% río Cauca; en el río Cauca respondieron: regularmente, casi nunca el 17% y 17% respectivamente. El más afectado es el río Ejido con una participación del 50% que señala que nunca evita verter aguas residuales

al río. Respecto a las basuras, en promedio, el 50% evita siempre verter este tipo de residuos; de escombros el 50% de los entrevistados de los tres ríos evita verterlos; en cuanto a la tala de árboles, en el río Ejido siempre trata de evitar el 50%, en el río Molino el 43% y en el río Cauca el 83%. Por otra parte, en promedio, la presencia de instituciones sobre las riberas de los ríos es muy baja: Policía Nacional 64%, Universidad Pública 67%, Defensa Civil 76%, UMATA 69%, Secretaría de Salud 68%, Empresa Privada 78%. Las instituciones con baja presencia son: Corporación Regional del Cauca 21%. En el río Molino la empresa de aseo hace presencia medianamente en 32%. Las estrategias de sostenibilidad las empresas proponen las siguientes acciones ambientales:

Sociales, en el río Ejido el 25% propuso que cercar la ribera del río. En el río Molino el 43% sugirió que adelantar campañas ambientales y animar la conciencia ciudadana el 24%. En el río Cauca el Manejo de residuos, según el 67%. En promedio, para el 47% de las empresas de los tres ríos, no arrojar basuras.

Económicas, el 50% de los entrevistados recomienda a las empresas del río Ejido reforestar la ribera; en el río Molino el 54% propone reciclaje, el 35% dijo que sancionar a las empresas y el 11% propuso Jornadas de limpieza. Otras propuestas en el río Cauca es el apoyo económico, según el 50% y reutilizar el agua dijo el 50% de los participantes. El 50% de los entrevistados del río Ejido no considera alguna acción.

Políticas, en el río Ejido, el 25% considera correctivos económicos y el 75% políticas de conservación. En el río Molino el 41% dijo que canalizar el río, el 57% que imponer multas y el 3% que reubicar habitantes. En el río Cauca el 60% considera correctivos económicos, 40% implementar planes ambientales.

En este estudio, se evidenció además que, independientemente de los niveles educativos, el porcentaje promedio de presencia de basura en el río es alto (81%). La edad de la persona

está relacionada con la madurez y la forma de reaccionar ante presencia de residuos como la Basura en el río, pero no se evidencia en la presente investigación. Así mismo, el género podría tener una relación con presencia de basuras en el río que tampoco se evidencia. La mayor representación de empresas por actividad económica está en promedio de las riberas de los tres ríos que se dedican a la educación (31%), seguido de comercialización (28%) y de las pequeñas empresas (25%). Las empresas con un número inferior de 50 trabajadores podrían influir mayoritariamente en el porcentaje de participación de las basuras (81%), lo que podría generar enfermedades por la concentración de Malos olores. En promedio, las actividades económicas de las empresas, en especial las de educación (31%) y comercio (28%), podrían incidir en el consumo de agua inferior a 200m³ (39%) y entre 201 y 400m³ (33%) para el número de trabajadores en empresas inferiores a 50 y superiores a 151 trabajadores.

La relación entre los niveles de educación y las acciones ambientales incide poco en alternativas de solución orientadas hacia la protección y conservación de los ríos; la mayoría de ellas son acciones generales pero hace falta un aporte más profesional y científico que permita una verdadera solución a la problemática que presenta la interacción entre la sociedad y las empresas con el servicio de agua y las fuente hídrica. El consumo mayoritario de agua se evidencia en el sector de la educación y la salud y el suministro del servicio en conjunto con las propiedades del agua, se considera normal. Gran parte de las empresas no cuentan con permiso de la Corporación Regional del Cauca para vertimientos de aguas residuales y la presencia de funcionarios del gobierno o empresas privadas es muy baja. Teniendo en cuenta que algunos de los empresarios no propusieron alternativas de solución a la problemática de la fuente hídrica, las acciones sugeridas por los gerentes de empresas para mitigar el impacto ambiental tiene que ver con: campañas ambientales, apoyo económico empresarial para mejorar condiciones ambientales de los ríos, acelerar la canalización de aguas residuales, reforestar. Pero, de todas

maneras, las empresas también contribuyen a contaminar los ríos a través del vertimiento de aguas negras sin permiso de la Corporación del Cauca.

En general, los gerentes consideran que la presencia de residuos sólidos que contaminan los ríos convierte en amenaza para el futuro del hombre. Aunque hay intenciones de algunos pobladores y empresas sobre la necesidad de cambiar para proteger los recursos hídricos, el esfuerzo se desvanece por falta de apoyo del gobierno y la no intervención sobre el mejoramiento y la protección de las fuentes hídricas. De acuerdo con la perspectiva del enfoque sistémico se evidencia que las empresas se enfocan en el desarrollo de sus operaciones y, de manera aislada, a la sostenibilidad ambiental, pues la mayoría no cuenta con permisos de vertimiento de aguas por la Corporación Regional del Cauca. Además, hacen uso intensivo del agua y no cuentan con planta de tratamiento de agua, vertiendo aguas negras a los ríos. Lo anterior indica que la intervención del gobierno en favor de la sostenibilidad ambiental no ha sido efectiva.

Y es que el desarrollo económico solo se enfoca hacia la producción o prestación del servicio sin políticas de cooperación y de sostenibilidad por parte del gobierno local; tampoco se evidencia aporte social de los empresarios a la solución del problema del factor agua, reflejado ello en la presencia de habitantes de la calle, asentamientos de pobladores de bajos recursos económicos y residuos sólidos en la ribera de los ríos. Lo anterior señala una fractura de la dimensión económica con las demás dimensiones de la sostenibilidad ambiental desde un enfoque sistémico: social, político y ecológico. El uso intensivo del agua no solo se refleja en el consumo por las operaciones y la prestación del servicio que realiza la empresa, también en el agua incorporada e importada en los productos que ofertan para la venta aporta el indicador de la huella hídrica.

Lo anterior demuestra que el dominio de las empresas sobre el lugar persiste sobre el factor agua, sin medir las consecuencias que puede generar la intervención económica sobre la subsistencia de la fuente hídrica y su entorno natural enmarcado dentro del modelo capitalista y

la ausencia de un Estado que no aporta a la solución determinística de los problemas ambientales, en especial el agua. Las dimensiones sociales, económicas y ecológicas han sido excluidas de la sostenibilidad con enfoque sistémico por la dimensión política; así mismo, los empresarios enmarcados dentro de un modelo capitalista y colonial dejan en segundo plano el problema del agua. Al respecto, como veremos, en la dimensión ecológica se evidenció el impacto negativo que dejan las acciones antropogénicas generadas por los hogares y empresas en relación con la sostenibilidad del factor agua (anexos 6, 7, 8, 9 y 17).

4.4. Dimensión ambiental

4.4.1. Introducción dimensión ambiental

La dimensión ambiental se caracteriza por evaluar de tres maneras los aspectos ecológicos que soportan las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca del área urbana de Popayán. **Primero**, tiene que ver con el proceso de observación no participante mediante registro fotográfico sobre el estado actual de la flora y fauna. Información que se logró recolectar durante el recorrido por cada uno de los ríos desde su ingreso al casco urbano hasta la salida del mismo, de oriente a occidente del municipio de Popayán. **Segundo**, tiene relación con las pruebas microbiológicas para establecer la familia de macro-invertebrados que se encontraron. **Tercero**, las pruebas físico-químicas para determinar la concentración de oxígeno disuelto, nivel pH, Conductividad eléctrica y Temperatura. El equipo de biólogos establece que para determinar la calidad del agua en relación con los vertimientos generados por la población y las empresas ubicadas en la ribera de los ríos, no requiere identificar de manera detallada las características de los elementos que contaminan los ríos; esto, porque no es la finalidad del presente estudio. Por eso, solo se toma y evalúan los parámetros básicos de la calidad del agua. En el siguiente aparte se explican cada uno de los procesos señalados para evaluar la dimensión ecológica.

4.4.2. Análisis Dimensión Ambiental

El análisis de la dimensión ecológica se fundamenta en el proceso de observación, las pruebas biológicas y físico-químicas:

4.4.2.1. Proceso de Observación

A través del recorrido por todo lo largo y ancho de los ríos se encontraron diversos elementos esenciales que influyen en la sostenibilidad ambiental de la fuente hídrica, entre ellos figuran:

Asentamientos, predominan los asentamientos de población vulnerable de escasos recursos económicos, situación que los obliga a instalarse en la ribera de río como zona para realizar las actividades domésticas y fisiológicas afectando la calidad del agua. Los ríos Ejido y Molino son los más afectados por los asentamientos.

Viviendas sobre ribera de los ríos Ejido, Molino y Cauca. La ciudad presenta dos observaciones respecto a la ubicación de las viviendas en la ribera de los ríos Ejido, Molino y Cauca. La primera, tiene que ver con la falta de una política seria sobre la organización de la ciudad dentro del contexto de un Plan de Ordenamiento Territorial (POT) que en su momento está desactualizado. Por otro lado, el comportamiento de ciudadanos en asentarse en zonas de reserva y protección de las fuentes hídricas. En las riberas de los ríos se observan viviendas de estratos 1, 2 y 3, mientras que en el río Cauca en estratos sociales 4, 5 y 6, que en su mayoría pertenecen a Conjuntos Residenciales Cerrados.

Empresas sobre ribera de los ríos Ejido, Molino y Cauca. Existen pocas empresas ubicadas en las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca, pero son empresas muy representativas: Hospital Susana López de Valencia, Graneros de la Plaza de mercados del Barrio Bolívar, Alpina, Batallón del ejército José Hilario López y la Policía Nacional. Diversas empresas del sector de servicios también se instalaron en la zona de reserva y protección de la fuente hídrica.

Habitantes de la calle. Los habitantes de la calle se han apoderado de ciertos lugares como sitios para vivir, comer y hacer sus necesidades fisiológicas, además de convertirlos en zonas de peligro por el consumo de estupefacientes.

Animales en la ribera de los ríos. La presencia de animales en las calles de Popayán es un problema de cultura ciudadana y de política de gobierno. La mayoría de los animales se concentran en los ríos Ejido y Molino, sueltos sobre las riberas de los ríos. Muchos de estos son animales que utilizan como medio de transporte de tracción animal, otros para el consumo y comercializar leche de vaca. La ausencia de lugares o sitios especiales para mantener los animales agrupados en una zona dentro del área urbana hace que se genere este tipo de inconvenientes. También se debe a que la ciudad de Popayán en su proceso de crecimiento se evidencia demasiada extensión de terrenos o lotes con propietarios, pero sin ocupación y sin ninguna restricción lo que aprovechan para dejar los animales.

Presencia funcionarios e instituciones para la conservación y protección de los ríos. La presencia de organismos del gobierno es escasa; lo único que se observa son vallas de prevención deterioradas y ningún personal de las instituciones correspondientes o, por lo menos, alguna acción sobre la preservación y el cuidado de las fuentes hídricas. La única organización, que por su función y compromiso es la empresa de SERVIASEO, que contribuye con la poda y tala de árboles y corte de pasto; pero no es suficiente para cubrir la extensión de los ríos Ejido, Molino y Cauca.

Vegetación riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca. Entre los tres ríos se encuentra la siguiente vegetación: escobilla, Pega Pega, Helecho, Melao, Lirio arroyo, Ojo de poeta, Flor de mayo, Guayabo, Caña Brava, Roble, Pino Pátula, Tulipán y Guadua. Aunque existe diversidad de flora se evidenció escasa vegetación en las riberas de los ríos como respuesta a la mala calidad del agua de los ríos; así mismo, la presencia de ganado compromete la estabilidad del suelo. En los ríos Ejido y Molino se construyeron senderos ecológicos como espacios de actividad deportiva y conservación de la naturaleza, pero su función no duró demasiado debido a la invasión de los espacios vertidos de basura, asentamientos y presencia de habitantes de la calle que han perjudicado la fuente hídrica. De izquierda a derecha de la las fotos (figura 6) se

evidencia incursión de animales sobre la ribera del río atraídos por residuos orgánicos vertidos en el río, invasión del área de reserva o protección de la fuente hídrica por empresas y deterioro de la vegetación (figura 6):



Presencia animales ríos



Presencia empresas



Presencia de vegetación
Mimosa albida Fabacea

Figura 6. Presencia animales, residuos y deterioro flora en los ríos Ejido, Molino y Cauca.
Fuente: elaboración propia

Desde su ingreso al casco urbano de la ciudad de Popayán el color del agua en los ríos Ejido y Molino, se observa con ciertos niveles de contaminación por su color marrón poco claro; esto, debido a la presencia de asentamiento y empresas ubicadas en el área rural de la periferia del municipio. El color se torna más oscuro cuando estos ríos cruzan al centro de la ciudad donde se concentra la mayor población y empresas. Los vertimientos de aguas residuales, residuos sólidos y orgánicos, y las acciones de pobladores de la zona hacen que empeore la calidad del agua. Al finalizar el cauce y al pasar los ríos por diversas empresas se encontró que desmejora la calidad del agua. Al finalizar el área urbana, se vierte agua a la zona rural del municipio contaminada a través del río Cauca que, posteriormente, ingresa al departamento del Valle del Cauca. En general, la afectación ambiental negativa de las fuentes hídricas está directamente relacionada con las acciones antropogénicas de los asentamientos, viviendas y empresas

ubicadas en las riberas de los ríos. Lo anterior se comprueba a través de los resultados establecidos con las pruebas biológicas y físico-químicas.

4.4.2.2. Pruebas biológicas y físico-químicas

Uno de los objetivos de investigación de la tesis doctoral es determinar la sostenibilidad de la fuente hídrica soportada en la calidad del agua. El análisis biológico y fisicoquímico debe realizarse en su conjunto de manera sistémica; no se podría analizar la calidad del factor agua solo tomando un indicador; ello indica que el desequilibrio de cualquiera de los indicadores biológicos o físico-químicos altera el equilibrio del sistema hídrico.

4.4.2.2.1. Estructura y composición de macroinvertebrados

Las pruebas biológicas soportadas en muestras de macroinvertebrados acuáticos se convierten en un indicador fundamental para determinar la calidad del agua. La existencia de cierto tipo de familias en agua dulce permite establecer si la fuente hídrica está o no contaminada, teniendo en cuenta que cierto tipo de macroinvertebrados resisten y abundan cuando el agua está contaminada. (anexos 10 al 13).

En relación con lo anterior, en el río Ejido se encontró un total de 53 individuos, distribuidos en nueve (9) familias pertenecientes a seis (6) órdenes; el orden Díptera es el más abundante con 16 individuos, seguido del orden Hemiptera con 15 individuos (tabla 35). Se puede observar como la cantidad de órdenes, familias e individuos disminuye desde la entrada de las aguas al casco urbano de la ciudad y hacia la salida de esta; así, se evidenció la eutrofización producto del mal manejo de los cuerpos de agua en la ciudad de Popayán, representado en la abundancia y riqueza de los macroinvertebrados acuáticos. El río Molino estuvo representado por 55 individuos, pertenecientes a 8 órdenes y 10 familias. Es importante precisar que el punto E2 estuvo representado solamente por individuos de la familia Tubificidae, los cuales son

característicos de lugares con baja concentración de oxígeno y altas cargas contaminantes; ello, ocasiona una disminución en la diversidad de macroinvertebrados. La comunidad de macroinvertebrados en los puntos de muestreo E1 y E2 del río Cauca estuvo representada por 50 individuos, pertenecientes a 4 órdenes y 4 familias. Se puede decir al respecto, que el número de individuos disminuye en función del paso del cauce por el casco urbano de la ciudad de Popayán, lo anterior se debe posiblemente a la extracción de material fluvial que se le hace al río; dicha actividad ocasiona un deterioro en la calidad de agua lo que impide que las comunidades de macroinvertebrados puedan desarrollarse.

La tabla 37 presenta la familia de macroinvertebrados encontrados en cada uno de los puntos o estaciones (E) de muestreo, señala la clase, el orden y número de individuos en cada río.

Tabla 38. Listado taxonómico de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presentes en los puntos de muestreos

Río	Punto	Clase	Orden	Familia	Número Ind
Ejido	E1	Insecta	Plecoptero	Perlidae	5
			Coleoptera	Psephenidae	2
			Hemiptera	Naucoridae	9
				Veliidae	6
			Diptera	Blephariceridae	4
				Chironomidae	7
Ejido	E2	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	7
		Insecta	Diptera	Tipulidae	5
				Ceratopogonidae	8
Molino	E1	Insecta	Odonata	Calopterygidae	4
			Trichoptera	Hydropsychidae	7
				Glossosomatidae	3
			Plecoptero	Perlidae	7
			Ephemeropteros	Leptophlebiidae	9

Rio	Punto	Clase	Orden	Familia	Número Ind
			Hemiptera	Veliidae	3
			Basommatophora	Lymnaeidae	3
			Diptera	Muscidae	4
				Chironomidae	5
Molino	E2	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	10
Cauca	E1	Insecta	Dipteros	Chironomidae	18
			Trichoptera	Leptoceridae	15
Cauca	E2	Insecta	Basommatophora	Lymnaeidae	9
			Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	8

Fuente: elaboración propia

4.4.2.2. Bioindicación de la calidad del agua

Teniendo en cuenta las familias de macroinvertebrados acuáticos presentes en los diferentes ríos, se implementó el índice Biological Monitoring Working Party - BMWP/Col como puntaje promedio por taxón, para la evaluación de los puntos de cada cuerpo de agua. De acuerdo con el índice, los puntos Molino (E1) y Ejido (E1), presentaron aguas contaminadas. Los puntos Molino (E2), Ejido (E2) y Cauca (E1y E2), se catalogan en clase IV, siendo aguas fuertemente contaminadas. Esta calidad de agua se corrobora con los parámetros fisicoquímicos reportados en los diferentes puntos, ya que presentaron valores bajos de concentración de oxígeno.

Es importante resaltar que el río Cauca se clasificó en aguas fuertemente contaminadas, debido, además, a la poca diversidad y abundancia que se presentó en el punto E1 y E2, lo cual es ocasionado por el deterioro del nicho ecológico y la explotación que sufre el río antes de ingresar a la ciudad (tabla 39):

Tabla 39. Listado taxonómico de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos presentes en los puntos de muestreos

Puntos	Valor del BMWP/Col	Significado	Clase

Molino (E1)	59	Aguas Contaminadas	III
Molino (E2)	10	Aguas fuertemente contaminadas	IV
Cauca (E1)	10	Aguas fuertemente contaminadas	IV
Cauca (E2)	10	Aguas fuertemente contaminadas	IV
Ejido (E1)	47	Aguas contaminadas	III
Ejido (E2)	10	Aguas fuertemente contaminadas	IV

Fuente: elaboración propia

En la tabla 39, se señala el listado taxonómico de la comunidad de macroinvertebrados y establece la clase o nivel de aguas contaminadas en que se encuentran con base en el valor BMWP/Col encontrado que, a la vez, establece los siguientes rangos de valores: mayor o igual a 100, aguas limpias, entre 61 y 100, aguas con signos de estrés 36 – 60, aguas contaminadas 16 – 35, aguas muy contaminadas y menor o igual a 15 aguas extremadamente contaminadas. La información detallada de registro microscópico y fotográfico analizado en laboratorio y análisis del proceso biológico se encuentra en los anexos 10,11, 12 y 13.

4.4.2.2.3 Variables físico-químicas

El proceso de toma de muestras se concentró en pruebas de pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y temperatura. Los resultados se evaluaron teniendo como referencia los parámetros establecidos por el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Los hallazgos de las variables físico-químicas y bacteriológicas analizadas durante el período de estudio para el río Ejido, presentan condiciones similares al río Molino, pero que se observaron aún más acentuadas por las características propias del cuerpo de agua, el cual, al tener un cauce mucho más angosto, de menor profundidad y de mucho menos caudal claramente observable, este tiene menos capacidad de resiliencia y es más vulnerable a las alteraciones.

Los coliformes totales de las estaciones E1 y E2 (tabla 40) registraron valores mayores a los establecidos según el Decreto 1594 de 1984 como permisibles para varios usos. Lo anterior, evidencia el impacto generado por el paso del cuerpo de agua en las comunas 5, 6, 7, 8 y 9, las cuales, al carecer de sistema de alcantarillado, evacúan sus aguas servidas directamente al cuerpo de agua. Este acontecimiento seguido, de una mala disposición de los residuos sólidos, más una estructura vegetal inexistente y un deterioro total de la morfología y ambiental del cauce del río, pone en riesgo la salud ambiental de los sectores por los cuales circula el río; esto, acrecienta las posibilidades de ser vector de enfermedades para los pobladores aledaños.

El pH en el río Molino, en los dos puntos de muestreo fueron similares (tabla 41), presentando valores cercanos a la neutralidad; esto indica cierta estabilidad química del agua en los trayectos del río en su paso por el casco urbano de la ciudad (E1: 6,9 y E2: 7.32), encontrándose sus valores dentro los límites para la supervivencia de los organismos acuáticos (4.5 a 8.5). La alcalinidad para los puntos del río Molino reportan valores de 30,8 mg CaCO₃/L a la entrada de sus aguas al casco urbano (E1) y de 96,32 mg CaCO₃/l a la salida de sus aguas (E2) de la ciudad (tabla 38), estando por debajo del valor máximo de alcalinidad permisible (200 mg/l CaCO₃) según los estándares nacionales en calidad del agua; además, se presenta un incremento considerable en su tránsito por la ciudad, debido a la presencia de actividades humanas que desechan materiales orgánicos e inorgánicos y la explotación porcícola artesanal que deriva sus aguas servidas directamente al cauce de este río.

En el río Cauca se demostró que la conductividad, alcalinidad, dureza total, pH, oxígeno disuelto, el porcentaje de saturación de oxígeno y la DBO presentan poca variación. Sin embargo, las variables de Sólidos suspendidos y Coliformes, fueron las que más variación presentaron. Los resultados del ICA para el río Cauca permiten inferir que las aguas antes de entrar al casco urbano (E1) y después de salir del casco urbano de la ciudad (E2) no presentan ningún tipo de contaminación acuática por minerales o sólidos suspendidos - ICOMI e ICOSUS – (Tabla 42);

pero los resultados del índice de contaminación por materia orgánica ICOMO reportan que las aguas del río Cauca al entrar al casco urbano de Popayán presentan contaminación Baja por materia orgánica; ello, incrementa sus valores al salir del casco urbano, pero se mantiene dentro de los límites de baja contaminación del ICOMO. En el río Cauca el índice ICOMO está claramente afectado por el vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales que fueron evidenciadas durante el transcurso de la fase de campo. La biota acuática muestra que las aguas del río son contaminadas por la presencia de macroinvertebrados de las familias: Chironomidae, Tubificidae y Ceratopogonidae y al alto número de Coliformes totales. La alcalinidad para los puntos E1 y E2 del río Cauca reportan valores de $<10 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$ (tabla 38), estando por debajo del valor máximo de alcalinidad permisible (200 mg/l CaCO_3), según los estándares nacionales en calidad del agua. Por tanto, las aguas del río Cauca pueden mantener y regular procesos ecológicos y de productividad.

Ahora, la baja conductividad puede estar relacionada con la falta de cobertura vegetal compleja y estratificada en cada una de las dos estaciones.

La valoración, según el índice BMWP/col, indicó que se presentan aguas fuertemente contaminadas en situación crítica al ingreso de los ríos a la ciudad y acrecentándose al salir de esta; al respecto, se estableció que la carencia de un eficiente sistema de alcantarillado y los vertimientos de los barrios son los factores más impactantes. Los resultados de las variables físico-químicas y los índices de contaminación infieren que los ríos antes de su ingreso al casco urbano de la ciudad presentan una nula o baja contaminación, la cual se aumenta considerablemente al paso por la ciudad, presentando deterioro en la calidad de sus aguas.

Las transformaciones del cauce, paisaje, uso del suelo y del vertimiento directo de aguas residuales domésticas e industriales, generan un impacto biológico antes y después del paso de las aguas de los ríos Cauca, Molino y Ejido por la ciudad de Popayán, en la baja abundancia y

riqueza de las comunidades de macroinvertebrados expresado el índice BMWP, el cual cataloga las aguas como fuertemente contaminadas y aguas contaminadas.

La tabla 40 muestra los resultados por cada una de los puntos propuestos para realizar las muestras en los ríos denominados estaciones (E) al inicio del área urbana (E1) y al final su paso por el casco urbano (E2). Cuando los coliformes totales superan lo permisible conduce a mayor existencia de agua contaminada con excremento o vertimientos de aguas negras llevando a una mayor afectación en la salud humana.

La alcalinidad total (calcio, potasio, sodio y magnesio) permisible es de 200 (mgCaCO₃/L) y contribuye a mantener los procesos biológicos. Dureza Total, las aguas con durezas intermedias conduce a mantener la fauna y la flora. Si el valor es alto evidencia mayor mineral concentrado en sales (magnesio y calcio). Un valor ≤ 60 (Concentración de CaCO₃/mg/L) el agua se considera blando, y superior >60 se torna cada vez más dura. El límite dureza para agua potable es de 160 (mgCaCO₃/L), puede ser alimentada por vertimiento de compuestos químicos generados por productos de uso doméstico, entre ellos el jabón (Ideam, 2007). Fósforo, se encuentra en aguas naturales y residuales domésticas las cuáles su incremento se debe entre otros la presencia de jabones, detergentes. El aumento de fósforo provoca crecimiento de algas que demandan grandes cantidades de oxígeno, se sugiere valores inferiores a 0,2 mg/L de fosfatos máximo permisible, para consumo humano (Ideam, 2004). Los sólidos suspendidos afectan el curso del agua en la medida en que se incrementan, ocasionan cambios en la temperatura del agua. La demanda biológica de oxígeno – DBO, entre mayor sea el indicador, mayor es la presencia de materia orgánica alterando el nivel de oxígeno en el curso hídrico (tabla 40):

Tabla 40. Resultados de los parámetros físicos y químicos determinados por el Laboratorio Ambiental

PARÁMETROS	PUNTOS					
	Cauca E1	Cauca E2	Molino E1	Molino E2	Ejido E1	Ejido E2

Coliformes totales (NMP/100mL)	<1000	<1000	20000	1,5 x10 ⁶	<1000	2.4 x10 ⁶
Alcalinidad Total (mg CaCO₃/L)	<10	<10	30,8	96,32	34,16	177,52
Dureza Total (mg CaCO₃/L)	71,06	78,66	20,9	37,62	29,64	50,54
Fosforo (mgP-PO₄/L)	<0,08	<0,08	<0,08	1,64	<0,08	4,06
Solidos suspendidos (mg/L)	<20	22,50	<20	<20	<20	105
DBO (mg/L)	<10	<10	<10	18,13	<10	131,63

Fuente: elaboración propia

Los resultados de acuerdo con cada una de las pruebas realizadas, respecto al grado de acidez o alcalinidad (pH), Oxígeno Disuelto (DO), Temperatura (T), y Conductividad Eléctrica (uS). El pH se establece en un rango de 1-14, donde: 7 punto neutral, superior a 7 conduce hacia un alto grado alcalino o básico se reproduce bacterias, inferior a 7 conduce hacia un estado acidez, corrosivo y alta concentración de hidrogeno. El incremento de oxígeno disuelto DO favorece las condiciones del factor agua y un entorno sano y estable para los ecosistemas acuáticos. La temperatura en promedio, 15°C, es favorable para los microorganismos y la vegetación de la fuente hídrica; pero en aumento, retendría el oxígeno afectando el ecosistema. La conductividad eléctrica expresada en unidad inglesa siemens -us-, entre más aumente la conductividad eléctrica se supone más dura el agua; se considera ligeramente dura entre valores (us) de 300-500. Un incremento de la temperatura aumentaría la conductividad eléctrica y, por efecto, reduciría el pH y el oxígeno disuelto; esto, significa que los indicadores físico-químicos deben analizarse en su conjunto incluyendo los biológicos (tabla 41):

Tabla 41. Resultados promedio de los parámetros físicos y químicos, tomados In situ

Rio	Punto	pH	DO%	T (°C)	Conductividad (µS)
Cauca	E1	4,67	72,5	13,23	44,2
	E2	4,73	71,7	14,5	77,8
Molino	E1	6,9	55,4	15,5	52,18

	E2	7,32	51,1	18	147,23
Ejido	E1	5,3	68,2	17,5	49,6
	E2	7,25	29,9	18,7	238,5

Fuente: elaboración propia

La valoración, según el índice BMWP/col, indicó que se presentan aguas fuertemente contaminadas en situación crítica al ingreso de los ríos a la ciudad acrecentándose al salir de esta; de ello se deriva que la carencia de un eficiente sistema de alcantarillado y los vertimientos de los barrios son los factores más impactantes.

Los niveles respecto al índice de contaminación por mineralización –ICOMI, índice de contaminación por contaminación orgánica que contiene la conductividad, dureza y alcalinidad– el ICOMO y el Índice de contaminación por sólidos suspendido determina la demanda biológica de oxígeno DBO, coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno, ICOSUS determina el nivel de sólidos suspendidos en cada uno de los ríos, su incremento perjudica la fuente hídrica.

Tabla 42. Valores de los índices de contaminación acuática: ICOMI, ICOMO, ICOSUS propuestos por Ramírez y Viña (1998)

Río	Punto	ICOMI	Indicadores de calidad	ICOMO	Indicadores de calidad	ICOSUS	Indicadores de calidad
Cauca	E1	0,067	Ninguno	0,298	Bajo	0,037	Ninguno
	E2	0,12	Ninguno	0,391	Bajo	0,048	Ninguno
Molino	E1	0,037	Ninguno	0,678	Alto	0,034	Ninguno
	E2	0,219	Bajo	0,773	Alto	0,048	Ninguno
Ejido	E1	0,034	Ninguno	0,383	Bajo	0,04	Ninguno
	E2	0,502	Medio	0,9	Muy alto	0,295	Bajo

Fuente: elaboración propia

Los resultados de las variables físico-químicas y los índices de contaminación infieren que los ríos antes de su ingreso al casco urbano de la ciudad presentan una nula o baja contaminación, la cual se aumenta considerablemente al paso por la ciudad, presentando deterioro en la calidad de sus aguas. Las transformaciones del cauce, paisaje, uso del suelo y del vertimiento directo de aguas residuales domésticas e industriales, generan un impacto biológico antes y después del paso de las aguas de los ríos Cauca, Molino y Ejido por la ciudad, en la baja abundancia y riqueza de las comunidades de macroinvertebrados expresado el índice BMWP, el cual cataloga las aguas como fuertemente contaminadas y aguas contaminadas.

El lugar considerado el espacio enmacado por una identidad cultural donde interactúan sobre las riberas de los ríos las diversas actividades sociales y económicas de hogares y empresas soportados dentro de una planificación local que comprometen la sostenibilidad de los ríos con sus actuaciones, el lugar, requiere de una mirada sistémica para que el desarrollo sostenible fundamentado en principios y valores de conservación y protección de la fuente hídrica se convierta en el sustento para el desarrollo económico, social y político de manera sostenible y prospero para la ciudad sin agotar ni comprometer el consumo de agua para las actuales y futuras generaciones monitoreado por el indicador de la huella hídrica.

Los resultados de las acciones antropogénicas del hombre promovidas por los hogares de viviendas y conjuntos residenciales cerrados se agudizan con el vertimiento de aguas negras de las empresas dejando una huella hídrica considerable para el bienestar de generaciones presentes y futuras (anexos 10, 11,12, 13 y 16).

4.5. Dimensión política

4.5.1. Introducción dimensión política

La gestión del buen gobierno sobre el factor agua se evidencia en la planificación de las instituciones públicas y la empresa Serviaseo en convenio con la Alcaldía del Municipio de Popayán a través de programas y proyectos de intervención pública. A pesar de la existencia de planes que trazan las acciones encaminadas a solventar la problemática del agua, el recurso

hídrico continúa siendo afectado por acciones antropogénicas, evidenciándose aislamiento de la política de gobierno con la sostenibilidad ambiental en relación con el factor agua.

4.5.2. Análisis dimensión Política

La gobernanza se ve afectada por la premura en que se debe entregar el plan y los planes de gestión al iniciar el periodo de gobierno comprometiendo la ejecución de los proyectos al corto, mediano y largo plazo. Esto, se refleja en las obras de infraestructura física que en su mayoría quedan en el camino o se postergan para otras administraciones, lo que genera un problema en la ejecución y cumplimiento de los proyectos afectando los intereses de la sociedad.

En los planes de desarrollo, gestión y acción de las diversas instituciones públicas y las empresas Serviaseo se evidencia una clara intención de solucionar la problemática ambiental sobre la conservación y protección en relación con el factor agua, en algunos planes con mayor representación y avance en sus propósitos que otros. Aunque enfatizan sobre el cuidado, la protección y la conservación del agua y los ríos, se observa una gestión particular aislada de lo que realmente es la sostenibilidad ambiental en relación con el factor agua.

Por ejemplo, las diversas áreas administrativas de la Alcaldía del Municipio de Popayán están comunicadas entre sí, pero los proyectos se desarrollan de manera particular de acuerdo con las competencias de cada oficina administrativa; de esta forma, no se observa en los planes de gestión horizontes hacia la equidad o alcances socioeconómicos, tampoco son viables según la gestión administrativa con alcances que impulsen la ecoeficiencia, los programas y líneas de gestión que permitan una sociedad vivible con el ambiente.

Las estrategias del gobierno se concentran solo en proyectos encaminados a solucionar problemas actuales del servicio de agua y las fuentes hídricas, pero no de una manera sistémica e integral de la sostenibilidad del factor agua que conduce al bienestar de la comunidad, las empresas y la fuente hídrica y que garantice condiciones sociales, económicas, políticas y ambientales para generaciones futuras.

En el Plan de Desarrollo del Municipio de Popayán se evidencia el compromiso de las diversas áreas administrativas de la Alcaldía del Municipio de Popayán: Secretaría de Salud, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán, Secretaría de Infraestructura, La Oficina Asesora de Planeación, Fundación las Piedras, Unidad Municipal de Apoyo Técnico Agropecuario – UMATA hoy día Secretaría de Desarrollo Agroambiental y de Fomento Económico, Oficina Municipal de Gestión de Riesgo y Desastre y la Secretaría de Educación del Municipio.

Por su parte, la Secretaría de Educación establece los Programas de Educación Ambiental como herramienta de planeación para el desarrollo de acciones encaminadas a la conservación y protección del medio ambiente, pero no se evidencian, de manera íntegra, acciones de sostenibilidad ambiental que articulen las dimensiones de sostenibilidad de manera directa con el factor agua; tampoco son medibles a través de indicadores municipales del área urbana que permitan evaluar el desempeño y cumplimiento de cada uno de los proyectos establecidos.

Los planes de desarrollo de las últimas administraciones locales presentan propuestas similares para el mejoramiento del servicio y uso del agua, unas con mayor alternativas de solución que otras pero la problemática sigue siendo la misma, “la sostenibilidad del factor agua”, problemas de cobertura agua potable y saneamiento básico, reubicación de la población, reasentamientos, infraestructura estratégica, conformación y gestión integral de la biodiversidad y la articulación de los planes especiales y maestros municipales.

La gestión que refleja en el Plan de Ordenamiento del Territorio se aleja de acciones de sostenibilidad encaminadas a mitigar la contaminación del factor agua desde que inicia al área urbana del municipio hasta que termina su recorrido por la ciudad de Popayán. Se concentra en acciones centrales donde existe el problema ambiental, pero no en donde se genera y finaliza el problema de vulnerabilidad hídrica.

La dependencia y articulación del programa de Parques Naturales con el Plan de Ordenamiento del Territorio es esencial para el buen funcionamiento del factor agua como recurso natural sistémico. El Plan de Ordenamiento del Territorio señala los Cauces de ríos, quebradas y corredores verdes paralelos a las zonas de ribera con influencia en microcuencas recuperados, mantenidos y consolidados. Lo anterior, es esencial para el cuidado y la preservación de las fuentes hídricas pero no se evidencia a través del tiempo avances significativos sobre ocupaciones de hogares, asentamientos o empresas sobre la ribera encaminadas al libre curso de la zona verde y río enmarcado en la norma nacional. Tampoco se encontraron, de manera coherente y secuencial, proyectos encaminados a mitigar la contaminación ambiental del agua, la mejora de zonas verdes de las riberas con proyectos que ingresen al sistema de sostenibilidad ambiental de la fuente hídrica del área urbana del municipio de Popayán, de manera articulada durante el recorrido del río con proyectos de inversión que minimice la capacidad de riesgo al salir del municipio e ingrese a otro sistema hídrico de la zona rural.

Las líneas estratégicas, el programa y proyectos no especifican alguna forma de control desde que inicia el ingreso del factor agua al área urbana hasta las formas o métodos en que se entrega el recurso hídrico a otros municipios. Se especifica, de manera general, la intervención en zonas verdes de las microcuencas, pero los ríos Ejido y Molino tienen sus propias particularidades sociales, económicas y ambientales acorde a su contexto.

Por otro lado, es necesario agilizar los procesos administrativos y operativos fundamentados en los planes de gobierno, en los cuales las acciones resuelvan la problemática presente casi de manera inmediata como es el caso del abandono de animales en descomposición sobre la ribera de los ríos. La presencia de animales, basuras, asentamientos ilegales, edificaciones y viviendas que invaden las riberas de los ríos, evidencia de mala calidad del agua; el deterioro ecológico se debe, desde el punto de vista de la política, a la desarticulación

de los programas, proyectos y planes de desarrollo o de gestión que impiden que las acciones de sostenibilidad ambiental se reflejen como verdadero propósito misional del Estado sobre la humanidad y la naturaleza.

Se encontró, por ejemplo, que, históricamente, la gobernanza carece de presencia y control sobre los asentamientos de hogares y empresas sobre las riberas de los ríos. En general, los documentos e informes de gobiernos resaltan la importancia y necesidad de trabajar bajo el marco del desarrollo sostenible, pero estas decisiones están totalmente aisladas de la sostenibilidad del factor agua en la medida en que se materializa las líneas estratégicas, programas y proyectos. La huella hídrica también está enmarcada en la dimensión política, dejando como resultados programas de gobierno poco viables con la sostenibilidad de los ríos del área urbana de la ciudad de Popayán.

La planificación del gobierno desde un enfoque sistémico integra cada una de los subsistemas y variables conformado por los hogares, las empresas, los ríos y la institucionalidad requiere funcionar y fusionarse de manera integral y armónica para lograr la sostenibilidad del factor agua. Entender la población desde sus condiciones sociales y económicas, las empresas con su estructura y capacidad para funcionar como una organización que promueve el desarrollo económico, y el recurso hídrico como fuente natural para su aprovechamiento. La mirada sistémica desde la administración local permite que el desarrollo sostenible evite que el lugar desaparezca como espacio de interacción social y económico para la subsistencia del hombre y la naturaleza. Actualmente y desde cada una de las dimensiones sociales, económica, políticas y ambientales, se evidencia acciones aisladas a la sostenibilidad ambiental del factor agua promovidas por acciones antropogénicas y que comienza a desdibujar el lugar como soporte de la planificación sistémica y sostenible.

Tabla 43. Análisis de la dimensión política

Planificación	Sostenibilidad	Desarrollo Sostenible	Enfoque sistémico	Socio-cultural	Lugar
Intención del gobierno por recuperar el recurso hídrico Formulación de planes al inicio del periodo de gobierno compromete su ejecución Lineas encaminadas a proteger y conservar el recurso hídrico Plan integra las dependencias administrativas de la Alcaldía Lineas de acción aisladas de la sostenibilidad ambiental	Enfoque del buen gobierno Lineas de acción aisladas a solventar el problema del factor agua No evidencia equidad y alcance socioeconómico Incumplimiento y atraso de obras Dimensiones sociales, económicas, políticas, y ambientales de la sostenibilidad ambiental del factor agua	Premura en la formulación de planes Promueve programas de educación ambiental. Prevé la conservación y el cuidado del medio ambiente Dificultad para impulsar la ecoeficiencia Proyectos orientados a solucionar problemática actual y no futura Intencionalidad áreas administrativas de la Alcaldía con el desarrollo sostenible	Aunque Integra las dependencias administrativas y las alianzas con la empresa de serviseo-hoy Urbaser, se percibe líneas de acción aisladas desde el punto de vista de enfoque sistémico Proyectos de ejecución particular No se evidencia control sobre microcuencia al ingreso de la ciudad. No incorpora de manera integral los hogares, las empresas y el gobierno para solucionar el problema del factor agua	Adaptación al cambio, el cuidado y la preservación del factor agua Comparendos por indisciplina Lineas aisladas de los planes dificulta las metas de una sociedad vivible con el ambiente Educación ambiental Resiliencia	Evita desaparecer el río como espacio de interacción social y económico como recurso esencial para la subsistencia del hombre y la naturaleza.

Fuente: elaboración propia

4.6. Análisis de la sostenibilidad ambiental en relación con el factor agua

Se comprueba en la hipótesis que la sostenibilidad ambiental del factor agua para el desarrollo sostenible desde el enfoque sistémico evalúa de manera negativa en relación con la población y empresas ubicadas las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca del área urbana de la ciudad de Popayán. Los resultados muestran que la población y las empresas han permanecido establecidas en las riberas de los ríos vertiendo aguas contaminadas promovidas por el uso doméstico y las actividades económicas empresariales; se refleja una débil planificación local aislada de la sostenibilidad ambiental con un enfoque sistémico.

La planificación municipal evidencia acciones orientadas hacia la protección y conservación del medio ambiente, en especial el factor agua, de manera no vinculante con las dimensiones sociales, económicas, políticas y ecológicas; no plantea alguna reciprocidad a cambio del bienestar de la población reflejándose de esta manera un desarrollo viciado, que se manifiesta en el crecimiento económico, pero sin mejorar la calidad de vida de los hogares y evitar la degradación de la fuente hídrica.

El consumo de agua presenta un incremento debido a un inadecuado uso doméstico y de actividades empresariales, por lo cual está a punto de alcanzar los límites máximos permitidos por la OMS; igualmente, ocurre un aumento de las acciones antropogénicas que repercuten sobre la calidad del agua alimentando de esta manera el estrés hídrico evaluado a través de la huella hídrica como indicador y determinante esencial para el equilibrio del sistema y la sostenibilidad del factor agua. A ello se suma un incremento del agua no facturada.

El lugar como espacio de interacción entre los hogares, las empresas, el gobierno a través de mecanismos de planificación y las fuentes hídricas para lograr la sostenibilidad del factor agua desde un enfoque sistémico, tampoco se evidencia los resultados de este estudio. Contrario a lo que debería conceptualizarse como lugar, se evidencian pobladores invasores que por sus condiciones económicas se asientan en las riberas de los ríos, además de los empresarios que desarrollan sus actividades operativas desconociendo la importancia del factor agua como elemento esencial para la sostenibilidad ambiental. El lugar invadido por pobladores es el reflejo de la frágil planificación de una débil administración local que soluciona de manera aislada los problemas sociales y económicos, convirtiéndolo en aportes pocos sostenibles a mediano y largo plazo. Más bien, debería involucrarse a los actores que intervienen en el problema (hogares, empresas, gobierno), a que trabajen de manera íntegra y articulada en torno al factor agua para mantener el sistema en equilibrio orientado hacia la sostenibilidad ambiental.

Otro aspecto fundamental que soporta la problemática de sostenibilidad desde un enfoque sistémico consiste en la actitud de las personas respecto al problema del factor agua: cada vez

hay mayor consumo y contaminación de fuentes hídricas sin interesar el problema del agua en el futuro y su incidencia en la existencia del hombre. Pareciera que el problema fuese netamente cultural, donde el pensamiento abismal predomina sobre la razón y es como si la insostenibilidad del factor agua fuese responsabilidad de otros y que debería ser solucionada por los demás y no de manera integral por parte de los hogares, empresa y gobierno inmersos en el problema.

Los resultados evidencian que la administración local no realiza los procesos de planificación sostenible de manera sistémica. No articula las dimensiones sociales, económicas, políticas y ecológicas en los procesos de adaptación al cambio que conduzca a la prosperidad integral de los actores involucrados en el problema de insostenibilidad del factor agua, lo que significa que la ciudad aún no está preparada para enfrentar los trastornos ecológicos derivado del cambio climático inducido por el hombre.

Un aspecto relevante de la investigación radica en que los hogares, las empresas y el gobierno como actores principales del problema se involucren de manera integral para resolverlo y promover la sostenibilidad del factor agua de manera equitativa que beneficie el interés común de la población afectada.

Un sistema de sostenibilidad en equilibrio permite que los hogares y empresas impulsen el desarrollo económico sostenible, a través de los ingresos que reciben convirtiéndose, a la vez, en contribuyentes para el gobierno, lo cual permitirá realizar inversiones a favor del factor agua, la inversión social y la generación de empresas en torno a las fuentes hídricas.

Ahora, el desequilibrio del sistema sostenible del factor agua se refleja, principalmente, en la mayoría de los hogares conformados por personas de escasos recursos económicos, lo que representa bajos ingresos para el gobierno impidiéndole realizar inversiones sociales y económicas a favor de la gestión hídrica. Así, mitigar la pobreza, las enfermedades, los desastres naturales, la no conservación y aprovechamiento sostenible del agua es el reflejo de un desarrollo urbano insostenible. La planificación no sistémica conduce a pocas soluciones de conflictos en

relación con el agua, que resulta insostenible social y ambientalmente a causa de las acciones antropogénicas generadas por el hombre y que impiden la autorregulación natural. Los resultados demuestran que desde las dimensiones sociales, económicas y políticas poca conciencia existe entre el desarrollo económico y el medio ambiente, llevando a la degradación paulatina de la fuente hídrica. A esto se adiciona el débil papel regulador del gobierno local respecto a la sostenibilidad del factor agua. De este modo, el gobierno compromete la política social para garantizar el acceso al agua potable segura y asequible en el futuro, como uno de los propósitos fundamentales de los objetivos para el desarrollo sostenible.

En cambio, la sostenibilidad planteada por el enfoque sistémico del factor agua procura evitar la escasez y el uso abusivo del agua dulce considerado como recurso finito y primordial para la vida. Esto se debe soportar en la planeación integral y la participación de los diversos actores involucrados en la problemática ambiental. De esta manera, se logra una adecuada gestión del recurso hídrico, para lo cual es necesario mitigar la pobreza y proteger el factor agua para su conservación y adecuado aprovechamiento racional enmarcado dentro del desarrollo urbano sostenible como un método para resolver los problemas locales, regionales, nacionales y globales. Por eso es importante comprender la interacción del sistema que también contribuye a regular el crecimiento poblacional e incentivar la innovación. En ese sentido, la visión desde el enfoque sistémico somete a los hogares, empresas, gobierno y al ecosistema a mantener la capacidad de autorregularse siempre y cuando las dimensiones sociales, económicas, políticas y ecológicas se mantengan en armonía.

Así pues, para retener la insostenibilidad del factor agua es necesario crear una arquitectura local clara y comprometida con el desarrollo sostenible. Así, las líneas de acción para la sostenibilidad se convierten en el aporte desde el enfoque sistémico a la solución de la problemática del factor agua en relación con la población y empresas ubicadas en las riberas de los ríos; esto, a través de la articulación de cuatro líneas al componente agua potable y

saneamiento básico establecido en el Plan de Desarrollo del municipio a través de 15 proyecto. A continuación se explica y sustenta cada una de las líneas de acción ambiental.

V

Líneas de acción para la sostenibilidad ambiental en relación con el factor agua

5.1. Introducciones líneas de acción

Las líneas de acción para la sostenibilidad ambiental se convierten en una propuesta para encaminar la planificación municipal desde el enfoque sistémico hacia el fortalecimiento de las dimensiones sociales, económicas, ambientales y políticas, que requiere el proceso de gestión municipal en términos de sostenibilidad del factor agua. El estado actual del factor agua se presenta en las tablas (44-47), los resultados obtenidos se enmarcan desde la perspectiva de sostenibilidad del sistema humano únicamente, posteriormente se propone las líneas de acción para la sostenibilidad ambiental en relación con el factor agua en la población y empresas ubicadas en la ribera de los ríos Ejido, Molino y Cauca del área urbana de la ciudad de Popayán, fundamentada en la sostenibilidad del sistema socioecológico total.

5.2. Matriz desde una sostenibilidad del sistema humano únicamente

De acuerdo con los resultados parece que el estado actual del factor agua pertenece al dominio del hombre porque las actuaciones conducen a beneficios propios, sin mostrar interés por preservar y proteger el recurso hídrico. El listado de variables encontradas respecto al consumo de agua domiciliaria y el recurso hídrico, donde se compromete la calidad del agua, debido a la presencia de residuos y animales en las riberas de los ríos (tabla 44):

Tabla 44. Dimensión Social: Hogares y Conjuntos Residenciales Cerrados

Factor agua	
Domiciliaria	Fuente hídrica

Población de hogares relativamente joven	Asentamiento, viviendas y conjuntos residenciales cerrados invaden ribera de los ríos
La mayoría de las personas cabeza de hogar género femenino	La población no realiza tratamiento de aguas residuales
Poco mantenimiento de redes de acueducto interna de viviendas de los hogares	Siempre se evidencia presencia de residuos orgánicos y sólidos, heces en la ribera y en el río.
La mayoría de la población no supera el nivel educativo secundaria	Malos olores en los ríos
Mayoría de la población ingresos inferiores al millón de pesos	Presencia de caballos, gallinas, roedores, serpientes, vacas y zancudos
Mayoría de la población estratos sociales 1,2 y 3 ubicada río ejido; 2 y 3 río Molino, y 2, 4, 5 y 6 río Cauca.	Presencia de plástico, papel, madera, vidrio y escombros en los ríos
Amplia cobertura de servicios públicos de agua hogares y Conjuntos residenciales cerrados	La población no toma agua de río
Bajo porcentaje barrios estrato social bajo adquiere agua por terceros	Los Conjuntos Cerrados se ubican en la ribera de los ríos Molino y Cauca
Asentamientos no cuentan con servicio público de agua contabilizado	La mayoría de los conjuntos residenciales no cuentan con permiso de vertimiento de aguas residuales
Una parte de los hogares supera el consumo promedio mensual sugerido por la OMS	Baja presencia de instituciones públicas y privadas encargadas de la preservación y cuidado de los ríos
El mayor consumo de agua se destina a preparación de alimentos e higiene personal y consumo agua de llave	Presencia habitante de la calle ribera del río
Existencia bajos niveles de residuos arenosos, extraño sabor y color del agua	Se utiliza la ribera del río para uso doméstico: extender y secado de ropa
Bajo porcentaje de la población no realiza actividades de ahorro de agua	Vertimiento de aguas residuales
En ocasiones se evidencia presión baja del agua	
Mayoría de los administradores de Conjuntos Residenciales Cerrados tienen formación universitaria	
La mayoría de la población de hogares en Conjuntos residenciales cerrados se concentra en el río Molino	
Una minoría de población supera el consumo promedio de agua sugerido por la OMS	
Consumo de agua destinado a limpieza y aseo en Conjuntos residenciales cerrados	
Suministro de agua para conjuntos residenciales cerrados es de muy buena calidad, alta presión del agua	

Los administradores de conjuntos cerrados toman agua de llave Conjunto residencial cerrado
No se presenta enfermedades por consumo de agua de llave en Conjuntos residenciales cerrados
La mitad de los administradores de conjuntos residenciales cerrados no realizan actividades de ahorro de agua
Los administradores de Conjuntos residenciales cerrados realizan mantenimiento de pozo séptico

Fuente: elaboración propia

Los resultados desde la dimensión económica en relación con las empresas establecidas en las riberas de los ríos. Las entrevistas realizadas a los gerentes determinan que existe también algún grado de desinterés de los gerentes por reubicar las empresas en otros lugares que no comprometa las riberas de los ríos con el vertimiento de residuos y aguas residuales. En la columna de la izquierda se señalan los resultados de la entrevista y la columna de la derecha los efectos negativos de las empresas sobre la fuente hídrica (tabla 45):

Tabla 45. Dimensión Económica - empresas

Factor agua	
Empresas	Fuente hídrica
La mayoría de las empresas se ubican en el río Molino	Las empresas superan los 10 años de establecidas en la ribera del río
Población entrevistada género hombre	La mayoría de empresas no cuentan con permiso de vertimientos de aguas residuales
Mayoría de las edades gerentes oscila entre 25 y 50 años	Pocas empresas hacen tratamiento de aguas residuales
Gerentes con nivel universitario	Se evidencia residuos orgánicos y sólidos
Empresas con actividad económica educativa, bodegas, misceláneas, graneros y seguridad	En la mayoría de veces se percibe malos olores de los ríos
Cobertura de servicio público de agua	Presencia de papel cartón, madera, plástico y escombros en la ribera de los ríos
La mayoría de empresas tienen menos de 50 trabajadores a excepción de un hospital y una industria de lácteos cuya actividad operativa funciona en otro municipio.	Existencia de Caballos, gallinas, Roedores, Vacas y Zancudos en ribera de los ríos

Las empresas se ubican en zonas de estrato social 3,4 y 5	Baja presencia de instituciones públicas y privadas encargadas de la preservación y cuidado de los ríos
Mayor consumo de agua limpieza y aseo para grandes empresas	La calidad del agua contaminada por existencia de empresas dedicadas a la extracción de piedras.
Se evidencia frecuencia con niveles bajos de presencia de residuos arenosos, Olor, Sabor y Color.	Degradación del suelo por extracción de materiales con fines económicos
La presión de agua en su mayoría es suficiente	
Los trabajadores toman agua de llave	
No presenta enfermedades por consumo de agua de llave	
Una minoría de empresas no realiza mantenimiento de las redes internas de acueducto	
Débil política sobre estándares de calidad	
Existencia de Cantera en la periferia del municipio de Popayán afecta la calidad del agua del río Molino.	Poco interés empresarial por el cuidado y la preservación de los ríos
Existencia de organizaciones dedicadas a la extracción de piedras al finalizar el recorrido los ríos Ejido y Molino por el área urbana del municipio de Popayán.	
Falta de prácticas ambientales empresariales	

Fuente: elaboración propia

La dimensión ambiental se ve afectada por el vertimiento de residuos y aguas vertidas a los ríos. El impacto negativo que ha generado las acciones antropogénicas del hombre sobre el factor agua (tabla 46):

Tabla 46. Dimensión ambiental

Factor agua	
Domiciliaria	Fuente hídrica
Desaprovechamiento de los cauces del río en bienestar de la comunidad	Inexistencia de peces
No se evidencia algún tipo de enfermedad por consumo de agua potable	Degradación zonas verdes
Pocas prácticas ambientales sobre reutilizar el agua de la vivienda	Presencia de caballos, gallinas, ganado, roedores, serpientes y zancudos en la ribera de los ríos.

Baja cultura ciudadana ecológica	Propiedades del agua (olor, color, condiciones biológicas y físico química) afectadas por comportamiento natural y por acciones antropogénicas
	Variedad de plantas
	Ribera de río afectada por asentamientos poblaciones, establecimiento de viviendas y empresas.
	Río afectado por construcción de carretera pavimentada sobre río
	Deterioro senderos ecológicos
	Ríos utilizados para extracción de piedras
	Carretera despavimentada sin infraestructura vial atraviesa el río Molino de un lado a otro para comunicación entre municipios
	Afectación de la calidad del agua de los ríos por la existencia de empresas antes de ingresar el río Molino a la ciudad de Popayán y después de su paso por el área urbana los ríos Ejido y Molino
	La unión de los ríos Ejido y Molino alimenta el nivel de contaminación del río Cauca
	Riberas de los ríos utilizadas para asentamiento y establecimiento de viviendas y empresa.
	Afectación del ambiente lótico

Fuente: elaboración propia

Las acciones políticas no alcanzan a contrarrestar la magnitud del consumo de agua reflejado en el índice de huella. La inadecuada planificación y la falta de presencia del Estado en las riberas de los ríos hacen que se deteriore cada vez más la calidad del agua de la fuente hídrica. Las consecuencias, que sufre la fuente hídrica, generadas por deficiencia del gobierno sobre las políticas ambientales. La columna de la izquierda señala desde la política de gobierno los efectos domiciliarios sobre el servicio del agua, y la columna derecha los efectos negativos sobre la fuente hídrica (tabla 47):

Tabla 47. Dimensión Política

Factor agua	
Domiciliaria	Fuente hídrica
Evidencia de planes articulados de las áreas administrativas de la Alcaldía	Deterioro ecológico

Líneas estratégicas, programas y proyectos encaminados a resolver necesidades actuales	No se evidencia cambios o transformaciones a favor de la ribera y ríos de Popayán
Los proyectos de inversión de administraciones anteriores se encuentran atrasados y algunos sin culminar su ejecución	Presencia de residuos sólidos y orgánicos en la ribera de los ríos
Débil articulación con los planes de desarrollo de los municipios de Puracé, Sotará, El Tambo y Cajibío.	Presencia de habitantes de la calle ribera del río
Débil articulación con la política de recursos hídricos con los corregimientos de la zona rural: oriente: Samanga, El Sendero, Santa Bárbara, las Piedras, al occidente: Cajete, Julimito y San Bernardo.	Ribera del río considerado espacio para el consumo de estupefacientes.
Débil planificación que articule el sector público con el privado sobre la preservación y el cuidado de los ríos	Continúa presentándose animales domésticos en la ribera del río
La planificación no concuerda en parte con el desarrollo de la ciudad con deterioro ambiental hídrico	Continúa presentándose culebras, roedores y zancudos
Débil presencia del Estado para el control sobre las zonas de protección y conservación de las fuentes hídricas	La ribera del río no se percibe como espacio para la recreación y el deporte
A pesar que existe 98% de cobertura del servicio de agua potable se evidencia algunas filtraciones en redes de acueducto y alcantarillado.	Río contaminado por el paso de vehículos sobre aguas superficiales.
Permisividad por parte del gobierno para el establecimiento de viviendas en la ribera de los ríos	
Municipio carece de una planta de tratamiento de aguas residuales PTAR – Propuesta primera fase compra de propiedades o lotes	
Problemas de invasión de espacio público en la ribera del río	
Permisividad de escenarios deportivos en mal estado sobre ribera de los ríos	
Construcción de carretera que atraviesa de lado a lado las aguas superficiales del río Molino – infraestructura vial.	
Pocas acciones de sostenibilidad ambiental respecto al cuidado y la preservación del recurso hídrico	
Incapacidad de los acueductos para satisfacer la demanda PTAP	
Filtraciones y daños en planta operativa de algunas plantas de tratamiento de agua potable PTAP	
Agua no contabilizada en asentamiento	
Ausencia de la autoridad ambiental e instituciones y organismos de control en cumplimiento de la normatividad ambiental para el cuidado y preservación del ambiente	

Fuente: elaboración propia

5.3. Líneas de Acción Ambiental

La articulación de los hogares, las empresas, el factor agua y la política de gobierno requiere de acciones constructivas de criterios con la participación de iniciativas de base; para esto, se debe tener en cuenta la funcionalidad de la sociedad y la economía alrededor de la fuente hídrica, entender su relación recíproca desde lo local y lo global, comprender que la problemática es compleja y requiere de un horizonte espacial y de tiempo con el propósito de adaptarse a la necesidad de la población y las empresas fundamentado en la equidad, sostenibilidad y su prospectiva hacia el futuro bajo un enfoque sistémico en función de conexiones, relaciones y contexto. Las líneas de acción ambiental se enmarcan desde un enfoque de sostenibilidad socio-ecológico total.

5.3.1. Matriz desde una perspectiva de sostenibilidad del sistema socio-ecológico total

Desde la perspectiva de Gallopín fundamentado en Bertalanffy, se presenta lo que podría convertirse como alternativas de solución fundamentadas en las dimensiones sociales, económicas, políticas y ecológicas. Las posibilidades de solución acorde con los resultados del diagnóstico realizado a los hogares (tabla 48):

Tabla 48. Dimensión Social

Perspectiva Sistémica – Dimensión Social (Gallopín)
Población sensibilizada para el aprovechamiento y uso razonable del factor agua. Entender y respetar el factor agua como elemento esencial natural, transformación social uso fuente hídrica, realidad del estado del factor hídrico, derecho constitutivo humano y equitativo factor agua. Comprender los conceptos de sostenibilidad, des-conceptualizar lo inculcado por el capitalismo.
Población sensibilizada sobre la amenaza de la fuente hídrica por influencia volcánica
Homeostasis general: estabilidad resiliencia, robustez en contraposición a vulnerabilidad y fragilidad.
Proceso de adaptabilidad y flexibilidad al cambio (Entender y comprender la necesidad de adaptarse a nuevas circunstancias de cambio en la sostenibilidad del factor agua.
Mantenimiento de redes de acueducto interna

Mejorar las condiciones económicas de los pobladores ribera del río en condición de vulnerabilidad
Población vulnerable con acceso a la educación
Cultura aprovechamiento de residuos
Comunidad inclusiva en problemática ambiental. Expectativa social
Resiliencia poblacional: preparar la población para un futuro de alteraciones ecológicas derivadas del cambio climático y acciones antropogénicas: flexibilidad, y creatividad.
Entorno sano y agradable para hogares ribera río

Fuente: elaboración propia

Los aportes desde las empresas que podrían generar alternativas económicas de solución que mitiguen el impacto negativo ambiental (tabla 49):

Tabla 49. Dimensión Económica

Perspectiva Sistémica – Dimensión Económica (Gallopín)
Sensibilizar a los gerentes sobre el cuidado y la preservación del recurso hídrico, economía basada en conocimiento, participación ciudadana y empresarial
Sensibilizar a los gerentes sobre el riesgo de amenaza de instalarse en la ribera del río – gestión del riesgo
Fortalecer el sistema de gestión ambiental acorde a la realidad del factor agua – ISO 14000
Mantenimiento de infraestructura en redes de acueducto interno
Los gerentes de las empresas deben entender sobre el riesgo del proceso de extracción de tierra y piedras del río
Aprovechamiento y uso razonable del factor agua para actividades administrativas y operativas
Realizar prácticas ambientales e innovaciones mitigar el impacto ambiental
Fomentar la ética
Inclusión Social

Fuente: elaboración propia

La articulación e integración de las dimensiones sociales, ambientales y políticas podría mejorar las condiciones actuales de la calidad del agua (tabla 50):

Tabla 50. Dimensión ambiental

Perspectiva Sistémica – Dimensión Ambiental (Gallopín)
Invertir en mejoras y adecuaciones de espacios verdes

Senderos ecológicos
Siembra de plantas y árboles de la región acorde a la capacidad y uso del suelo
Calidad propiedades del agua
Fuente de vida acuática (peces, algas)
Inventariado de fauna y flora
Reubicaciones animales en zonas que le corresponde (Caballos, ganado, culebras)
Recibe determinada calidad de agua el área urbana entrega la misma o en mejores condiciones de agua al área rural y otros municipios. Sostenibilidad de la fuente hídrica antes, durante y después.
Evaluación permanente de la calidad del agua durante el recorrido (Feed Back)
Conservar el ecosistema natural
Alternativas de producción urbana sostenible
Preservar la Biodiversidad
Preservar la seguridad del agua
Mitigar o reducir huella hídrica
Evaluar capacidad de carga y sobre carga del sistema ambiental
Condiciones físico – químicas de la fuente hídrica altamente contaminada.
Existencia de micro-organismos que demuestran los niveles de contaminación de los ríos

Fuente: elaboración propia

La necesidad desde el gobierno, de articular los planes de desarrollo de las diversas instituciones que intervienen de manera directa e indirecta con la preservación y el cuidado de la fuente hídrica y la gestión del factor agua (tabla 51):

Tabla 51. Dimensión Política

Perspectiva Sistémica – Dimensión Política (Gallopín)
Articulación de los planes de desarrollo con municipios aledaños (multiplica y extiende el cuidado y la preservación de los ríos). Participación comunidad, empresas y gobierno.
Articulación de los planes de acción de las dependencias relacionadas con la actividad del factor agua integradas en el Plan de Desarrollo del Municipio. Gestión del agua articulada a la energía, residuos, infraestructura, etc.
Modelo de actuación de la educación: activa, autónoma y estratégicamente orientada hacia el mediano y largo plazo.

Racionalidad de la modernidad: cognoscitiva, instrumental de las ciencias, moral práctica del derecho y de la ética.
Vincular comunidades indígenas y afrodescendientes en procesos de planificación territorial
Racionalidad de la modernidad: cognoscitiva, instrumental de las ciencias, moral práctica del derecho y de la ética.
Fortalecer el límite de expansión urbana sin comprometer la zona rural. (Buscar construcciones modernas que albergue el futuro de la población). Infraestructura adecuada mejorar la eficiencia y reducir emisiones (afectaciones de agua)
Ampliar la red de acueducto y alcantarillado suficiente y necesaria para responder al crecimiento poblacional en el futuro (construir con base en una planificación urbana futura)
Prevenir y controlar el consumo de agua establecido entre los límites permitidos de acuerdo a estándares internacionales
Reinvención de la planificación: capital nacional, integrar, contrato social, legitimidad y sustentabilidad
Mejorar la red de acueducto del centro histórico y fortalecer con auditoría periódica las redes externas al centro histórico para evitar filtraciones o fugas que pueden contaminar el agua)
Reubicación población, empresas y escenarios deportivos
Intervenir en el sector privado para evaluar procesos de gestión ambiental del recurso hídrico. ISO 14.000 ACV
Evaluación canteras inicio y final río Molino
Vincular empresas del sector productivo e instituciones del sector de la educación en procesos de planificación
Articular con el sector financiero alternativas económicas para reubicar empresas y hogares.
Convertir la fuente hídrica en zonas de vida acuática
Política de infraestructura sobre adecuados puentes vehiculares
Evaluar PRAES, PRAU
Reordenamiento Territorio POT
Estimular la innovación, la experimentación y la creatividad educación y sector productivo
Fomentar la ética en instituciones públicas y privadas
Reducir la tasa de enfermedades generada a partir de las fuentes hídricas
Políticamente inclusiva Sachs: líderes sociales, comunidades indígenas y afrodescendientes
Garantizar que los ciudadanos se beneficien de la promoción de actividades económicas eficientes
Preservar la salud de los ciudadanos
Planificar y preparar el futuro
Limitar la extensión del territorio para concentrar la densidad poblacional y reducir la huella hídrica

La construcción de vivienda en zona rural y su expansión afectará en un futuro del área urbana de la ciudad
Suministro de agua de forma segura, equitativa, fiable, sostenible y a coste razonable
Capacidad de recuperación, respuesta, amplitud, absorción, capacidad de resistencia.
Ajustar acorde a la normatividad nacional ambiental
Proteger el área rural
Generar oferta de empleo a través de negocios articulados al recurso hídrico

Fuente: elaboración propia

5.3.2. Líneas de acción ambiental para la sostenibilidad ambiental en relación con el factor agua en la población y empresas ubicadas en la ribera de los ríos Ejido, Molino y Cauca del área urbana de Popayán

Las líneas de acción fundamentadas en el enfoque sistémico socio-ecológico total, hacen alusión a la disponibilidad de recursos naturales y físicos, al proceso de adaptabilidad y flexibilidad para detectar, entender y comprender los eventos actuales y futuros que ocurrirán en el mundo exterior; también se refiere a la capacidad del sistema de razonar y mantener los principios y valores (resiliencia) de la comunidad y la capacidad de respuesta al cambio encaminada a evitar la destrucción del factor agua recuperándola de las acciones antropogénicas a que está expuesta la fuente hídrica, debido a su condición dentro de un sistema abierto. A continuación se presentan las siguientes líneas de acción que podrían incorporarse dentro del proceso de planificación necesarias e indispensables para la sostenibilidad en relación con el factor agua en la población y empresas ubicadas en la ribera de los ríos del área urbana de la ciudad de Popayán:

5.3.3. Línea de acción de sostenibilidad ambiental –vinculación sociedad y naturaleza componente: Agua potable y saneamiento básico

El proceso de adaptabilidad y flexibilidad requiere de una transformación cultural radicada en la resiliencia y manera de aceptar el proceso de transformación social para eliminar la rigidez y resistencia al cambio. Por eso, los procesos de sensibilización y capacitación sobre la sostenibilidad ambiental del factor agua son esenciales. Los actores sociales (hogares), económicos (empresas), políticos (Alcaldía e instituciones públicas), deben tener conocimiento

básico y fundamental sobre sostenibilidad con el propósito de entender la necesidad del cambio sus repercusiones y beneficios necesarios para el sistema. La comprensión sobre la función de la naturaleza y su aporte al hombre como ser integral de la misma, requiere des-conceptualizar términos e ideologías impuestas por un modelo económico ilimitado, así como des-conceptualizar para conceptualizar, des-construir para construir, des-entender para entender, reinventar para inventar se convierten en conceptos necesarios que requieren ser tenidos en cuenta para erradicar de manera definitiva el pensamiento destructivo de la fuente hídrica.

Además, comprender la función del factor agua como elemento esencial para la naturaleza y el ser humano, las oportunidades que nos brinda el recurso hídrico y las amenazas y el riesgo de los ríos por invasión inapropiada de espacios considerados de reserva natural que por su cercanía al macizo colombiano podría causar desastres en la población ribereña. Así pues, en la población y en las empresas es necesario motivar e impulsar la creatividad hacia la generación de métodos innovadores que permitan ampliar el horizonte espacial y temporal para adaptarse a la necesidad de equidad intergeneracional e intrageneracional. La reubicación de los pobladores requiere articularse a la oferta laboral promovida por iniciativas ecológicas enmarcadas en un proceso sistémico de planificación del territorio y fundamentada en la ética gobernanza, con el fin de afianzar la sostenibilidad ambiental del factor agua. Y es que la transformación de los principios y valores de las personas son esenciales para entender y comprender la necesidad del cambio hacia un mundo sostenible donde el agua se valore como un recurso limitado y necesario para la subsistencia del hombre, que sus actuaciones no comprometan el bienestar de actuales y futuras generaciones. En síntesis, esta línea de acción de sostenibilidad ambiental que vincula la sociedad y naturaleza componente: Agua potable y saneamiento básico, propone:

Objetivo: Sensibilizar a la población ubicada en las riberas de los ríos en procesos de adaptación al cambio con el propósito de evitar posibles amenazas naturales y degradación futura de la

fuentes hídricas generadas por acciones antropogénicas y como fuente de aprovechamiento e ingresos económicos.

Productos esperados: Proyecto A: Adaptabilidad y flexibilidad poblacional bajo un marco nuevo de razonable humano capaz de decentar el impacto negativo como resultado de las acciones antropogénicas realizadas por hogares y gerentes de empresas. El proyecto enfatiza sobre la capacidad de resiliencia, detectar e interpretar la idea de cambio gradual y direccional que requiere la comunidad en relación con el factor agua. Considera el sistema como autorregulador y auto-sostenible. La importancia sobre la mediación del gobierno en los procesos de interacción e interrelación entre las dimensiones sociales (hogares) y económicas (empresas), permite el aprovechamiento del factor agua para satisfacer necesidades del municipio y, a la vez, la protección y conservación del recurso hídrico, bajo un enfoque sistémico socio-ecológico sostenible. También busca direccionar la oferta laboral promovida por el gobierno y la generación de incentivos económicos y tributarios para empresas que amplíen la oferta laboral hacia la población vulnerable asentada en las riberas de los ríos del área urbana de la ciudad de Popayán. Mejorar las condiciones económicas de pobladores y promueve el acceso a la educación y mejores beneficios en salud; desde la administración pública la oferta laboral se extendería hacia cargos relacionados con el cuidado y la preservación de los ríos: seguridad, mantenimiento corredor verde, logística transporte, y parques lineales este último como propuesta de la Alcaldía de Popayán.

Proyecto B: Huella hídrica: El consumo de agua de manera directa e indirecta permite a través del indicador de la huella hídrica determinar el rango de evaluación en que se encuentra respecto a parámetros de sostenibilidad. La huella hídrica puede determinarse por el consumo de agua para uso doméstico y empresarial, adicionándose factores complementarios como: fraudes en el servicio, filtraciones o fracturas en las redes de acueducto, robos y piratería del recurso hídrico entre otros. El uso racional, la responsabilidad y la ética sobre el aprovechamiento sostenible del

agua se convierte en compromisos transversales para los proyectos señalados con el propósito de garantizar factor agua para futuras generaciones.

Población incluyente: Personas cabeza de hogar, administradores conjuntos cerrados, en relación con los asentamientos y gerentes de empresas ubicadas en la ribera de los ríos Ejido, Molino y Cauca. **Periodo de ejecución:** Corto plazo. **Prioridad Alta. Acciones integras** Componente: agua potable y saneamiento básico. **Estimación económica** Evaluación Municipio de Popayán. **Indicadores** Población sensibilizada y capacitada sobre transformación social fundamentada en procesos de adaptación y flexibilidad al cambio. La articulación de los elementos de la línea de acción sociedad y naturaleza se evidencia en la tabla 52.

Tabla 52. Línea de acción que vinculan sociedad y naturaleza

Línea de acción de sostenibilidad ambiental	Componente	Objetivo	Proyecto asociados	Población influyente	Productos esperados	Periodo de ejecución	Prioridad	Acciones integras	Indicadores
Vinculación Sociedad y naturaleza	Agua potable y saneamiento básico	Preparar a la población en procesos de adaptación al cambio para evitar futuras amenazas y degradación de la fuente hídrica	Adaptabilidad y flexibilidad poblacional bajo un marco nuevo de razonable humano capaz de decentar el impacto negativo como resultado de las acciones antropogénicas realizadas por hogares y gerentes de empresas	Grupos indígenas, afodescendientes, comunidades campesinas, habitantes de la calle	Población concientizada sobre proceso de adaptación al cambio	Corto plazo	Alta	Componente agua potable y saneamiento básico	Población sensibilizada

Fuente: elaboración propia

5.3.4. Línea de acción de sostenibilidad ambiental: capacidad social y ambiental del factor agua; componente: agua potable y saneamiento básico

La propuesta de esta línea de acción tiene la siguiente descripción:

Los ríos Ejido, Molino y Cauca ingresan al área urbana de la ciudad de Popayán con alteraciones en los niveles de calidad del agua, contaminada por acciones antropogénicas de pobladores o empresas ubicadas en la periferia del municipio y corregimientos de la zona rural

de la ciudad de Popayán. Motivo por el cual se requiere poner mayor atención a la gestión del recurso hídrico, para ello se ha diseñado los siguientes componentes con los respectivos proyectos que contribuyen a mitigar el impacto ambiental a través de alternativas de solución que posibilite la sostenibilidad del factor agua: **Objetivo** Diseñar plan integral que articule la planificación de corregimientos y municipios aledaños al área urbana de la ciudad de Popayán encaminado a la sostenibilidad del recurso hídrico.

Productos esperados: Plan de desarrollo integral, población rural sensibilizada sobre sostenibilidad factor agua, programa sensibilización funcionarios públicos.

Proyectos asociados al componente:

Proyecto a. Plan de desarrollo intermunicipal factor agua: el recurso hídrico que ingresa al área urbana de la ciudad de Popayán debe cumplir con los parámetros mínimos de calidad y debe entregarse en iguales o mejores condiciones al área rural y municipios periféricos. Lo que conduce a los entes territoriales a planificar de manera integral el recurso hídrico, en beneficio de los hogares y empresas del área urbana, y de los actores sociales y económicos de otras municipalidades.

La planificación integral conduce a que las partes de un sistema (hogares, empresas, gobierno) se comprometan de manera conjunta al cuidado, la preservación y el aprovechamiento del recurso de manera racional. Manera por la cual el diseño y formulación de los planes de los municipios de Puracé, Sotará, El Tambo y Cajibío será de manera integral en cuanto al recurso hídrico; gestión podría replicarse entre departamentos de la región del suroccidente colombiano. La planificación integral obedece a una buena gobernanza integral, ética y responsable en donde confluyen decisiones conjuntas fundamentadas en enfoque sistémico; es decir, los hogares, empresas y gobierno interactúan con el componente ecológico de acuerdo a la disponibilidad y

capacidad del recurso hídrico encaminado al progreso social, económico preservando la sostenibilidad del factor agua.

Proyecto b. Programa de inclusión del área rural del municipio en los procesos de planificación. El proceso de preservación de la calidad del agua entre municipios involucra con mayor responsabilidad a los corregimientos del área rural del municipio de Popayán que de una u otra manera hacen uso de la fuente hídrica: Samanga, El Sendero, Santa Bárbara, Las Piedras, Puelenje, Cajete, Julimito y San Bernardo. El bienestar de la población, la oferta laboral y la intervención del gobierno debe propender por el aprovechamiento, protección y conservación del recurso hídrico sin comprometer la estabilidad del sistema. El factor agua no puede ser un recurso irreversible en el futuro. Los corregimientos se convierten en jurisdicciones intermedias entre la periferia y el área urbana del municipio, por su función son esenciales por que contribuyen a mantener la calidad del agua que ingresará a la ciudad de Popayán.

Proyecto c. Programa de sensibilización y capacitación del gobierno sobre sostenibilidad del factor agua en relación con pobladores y empresas de las riberas de ríos del área urbana: Los procesos de sensibilización y capacitación orientados al gobierno son necesarios y fundamentales para que se entienda y comprenda la sostenibilidad ambiental desde un enfoque sistémico. Un factor importante consiste en transformar la forma de pensar de la gobernanza desde una gestión racional y sostenible del factor agua. Se debe des-aprender y des-conceptualizar para aprender y adquirir conceptos de sostenibilidad ambiental en relación con el recurso hídrico; des- entender para entender que el recurso hídrico es único y limitado para la subsistencia del hombre, des-construir y construir nuevas alternativas de inversión amigables con el medio ambiente, y re-inventar para inventar o crear metodologías y herramientas de producción y servicios para un mercado acondicionado hacia la sostenibilidad ambiental del factor agua (Tabla 53).

La gobernanza, a través de los procesos éticos de planificación sistémicos e integrales del territorio, permite incidir con mayor fuerza sobre la preservación de las cuencas y sub-cuencas hídricas de la región como aporte sostenible y significativo para el área urbana, el municipio y los demás departamentos. Entender que la sostenibilidad desde un enfoque sistémico hace énfasis en la disponibilidad del recurso hídrico para su aprovechamiento sin agotar su capacidad de carga, la adaptación y flexibilidad al cambio necesaria para entender el nuevo esquema sistémico que requiere la gestión del factor agua, la auto-regulación y auto-dependencia del sistema en permanente renovación e innovación capaz de sostenerse en equilibrio y dar respuesta a un entorno dinámico.

Población incluyente, funcionarios públicos del gobierno e instituciones públicas y privadas en relación con el factor agua, y líderes sociales. **Periodo de ejecución** Corto plazo. **Prioridad** Alta. **Acciones íntegras** Componente: agua potable y saneamiento básico. **Estimación económica** Evaluación Municipio de Popayán. **Indicadores** Plan de desarrollo integral factor agua corregimientos y municipios de los ríos Ejido, Molino y Cauca. Funcionarios de gobierno y líderes sociales capacitados en procesos de transformación, adaptación y flexibilidad al cambio en relación con el factor agua.

La articulación de los elementos de la línea de acción capacidad social y ambiental se señala en la tabla 53.

Tabla 53. Capacidad social y ecológica

Línea de acción de sostenibilidad ambiental	Componente	Objetivo	Proyecto asociados	Población influyente	Productos esperados	Periodo de ejecución	Prioridad	Acciones íntegras	Indicadores
Capacidad social y ecológica	Agua potable y saneamiento	Diseñar plan integral que articule la planificación de corregimientos y	Plan de desarrollo intermunicipal factor agua	funcionarios públicos del gobierno e instituciones	Plan integral municipal	Corto plazo	Alta	Componente agua potable y saneamiento básico	Plan de desarrollo integral factor agua corregimientos y municipios de los ríos

		municipios aledaños al área urbana de la ciudad de Popayán encaminado a la sostenibilidad del recurso hídrico.		públicas y privadas en relación con el factor agua, y líderes sociales					Ejido, Molino y Cauca
			Programa de inclusión del área rural del municipio en los procesos de planificación		Inclusión población rural municipio en procesos de sensibilización sobre sostenibilidad factor agua	Corto plazo	Alta		Funcionarios de gobierno y líderes sociales capacitados en procesos de transformación, adaptación y flexibilidad al cambio en relación con el factor agua.
			Programa de sensibilización y capacitación gobierno sobre sostenibilidad en relación con pobladores y empresas ribera del área urbana		Programa de capacitación y sensibilización funcionarios públicos	Corto plazo	Alta		Funcionarios de gobierno y líderes sociales capacitados en procesos de transformación, adaptación y flexibilidad al cambio en relación con el factor agua.

Fuente: elaboración propia

5.3.5. Línea de acción sostenibilidad ambiental: Infraestructura para la sostenibilidad hídrica urbana

Componente: Agua potable y saneamiento básico: El proceso de transformación del factor agua requiere de una adecuada infraestructura física que le permita la relación e interacción con el entorno natural y contribuir al mejoramiento de las condiciones actuales del recurso hídrico.

Objetivo: Estructurar el corredor verde enmarcado dentro del área de protección y conservación natural de la fuente hídrica mejorando las condiciones actuales de infraestructura física y el

estado actual de abandono de la fauna y flora sobre la ribera de los ríos para el aprovechamiento sostenible del factor agua. **Productos esperados:** Planta de tratamiento física y tres naturales, parque ecológico, programa transporte fluvial, Vías amigables con ribera ríos, Contenidos de fauna y flora ribera ríos, Espacios reubicación asentamientos de acuerdo POT y suelos valorados por uso agrícola.

Proyectos asociados al componente:

Proyecto a: Planta de tratamiento de aguas residuales natural o física: para el municipio de Popayán es necesario diseñar dos alternativas, herramientas o metodologías de tratamiento de aguas residuales: la primera, relacionada con los proyectos que han presentado los gobiernos municipales, pero que no han sido ejecutadas por diversos motivos de carácter administrativo. Se trata de una planta de tratamiento de agua potable al occidente de la ciudad (Barrio Valle el Ortigal), su diferencia radica en el espacio de ubicación (previa aceptación de estudios técnicos y operativos), para darle cabida al proyecto sobre aprovechamiento de espacial para agricultura urbana sostenible (proyecto g). Posteriormente, se construirá la PTAR. Segundo, por su cercanía al Macizo colombiano y por la existencia de algunos asentamientos y existencia de pocas empresas, el agua que ingresa al área urbana del municipio de Popayán contiene bajos niveles de contaminación; por eso, tan solo requiere de tres plantas naturales de tratamiento de agua ubicadas en la periferia del municipio en los ríos Ejido, Molino y Cauca. La ejecución del proyecto debe tener en cuenta la inclusión de los hogares de la ribera de la fuente hídrica.

Proyecto b: Parques ecológicos, la construcción de verdaderos parques ecológicos a través del recorrido de las riberas de los ríos permite el mejoramiento de las condiciones actuales del medio ambiente y una transformación visual del paisaje. Desde luego, requiere recuperar la zona

de protección y conservación de las fuentes hídricas y reubicación de la población asentada y empresas ubicadas en las riberas de los ríos Ejido, Molino y Cauca. Los parques y senderos ecológicos permiten mejorar la calidad de vida de los habitantes mediante espacios para la recreación y el deporte permitiendo la interrelación hombre-naturaleza de una manera saludable. Este proyecto puede asimilarse al presentado por la alcaldía sobre parques lineales, a diferencia que no incorpora oferta laboral población vulnerable y tampoco incluye las fuentes hídricas. La oferta laboral generada por la administración municipal incluirá a los hogares ubicados en la ribera de los ríos para funciones administrativas, operativas y de logística.

Proyecto c: Transporte fluvial sobre el río Cauca: el transporte fluvial se hace necesario para una ciudad con crecimiento poblacional; por ello, surge una posible alternativa sobre el aprovechamiento del río Cauca como recurso natural y alternativa de movilidad entre el nor-orientes y sur-occidente del municipio. Desde luego, tendría que tenerse en cuenta los siguientes factores: nivel de profundidad del río, calidad y característica del medio de transporte, espacio para el recorrido permisible y de fácil acceso, tiempo e inversión, entre otra, previa aprobación estudios administrativos y técnicos. El proyecto trata de impulsar la movilidad de transporte público para reducir la movilidad de vehículos particulares aportando a la reducción de gases de efecto invernadero convirtiéndose también como alternativa de empleo para la población vulnerable.

Proyecto d: Evaluación de vías terrestres sobre ribera de ríos: la recuperación de las zonas de protección y conservación de los ríos conduce a re-inventar nuevas formas de conexión vial para el transporte. Esto, iniciando desde el diseño y construcción de las obras de inversión en puentes vehiculares, y el diseño de vías lo suficientemente distanciadas de la ribera del río para evitar posibles alteraciones de contaminantes generado por vehículos de transporte sobre el recurso hídrico. También incorpora oferta laboral población vulnerable. Un factor relevante en el presente proyecto consiste en destapar y des-canalizar la obra de inversión realizada por el

municipio sobre una zona del río Ejido, desviar el curso hídrico podría generar consecuencias catastróficas imprevistas.

Proyecto e: Inventario Flora y Fauna (proceso de forestación) y recuperación de la calidad del agua mediante métodos biológico a través de algas y peces: la forestación de la zona verde de la ribera del río es necesaria, pero debido a su estado actual de deterioro debe reorganizarse la plantación de árboles de acuerdo con el uso potencial del suelo y para mejorar las formas del paisaje hídrico. Igualmente, la recuperación de la calidad del agua en los ríos Ejido, Molino y Cauca, también requiere de este proyecto ambicioso para evaluar la posibilidad de descontaminar el río y sembrar algas acuáticas, verter peces con el propósito, no solo de dar vida acuática al río, sino también como elemento esencial para determinar los niveles de oxígeno, temperatura, conductividad eléctrica del agua. Desde luego, lo anterior se podría lograr previa canalización de las aguas residuales de residencias y empresas y el mejoramiento y ampliación de la cobertura del servicio de alcantarillado. Dependiendo de los estudios técnicos previos, caudales de los ríos y propiedades del agua, posiblemente, la vida acuática aportaría a mejores condiciones del ambiente. Proyecto que también generaría empleo para la población ubicada en la ribera de los ríos.

Proyecto f, reubicación población asentada y empresas ubicadas en la ribera de los ríos Ejido, Molino y Cauca: para el mejoramiento de los ríos se requiere desde luego reubicar la población. Para el presente proyecto existe dos clases de población: asentamiento de hogares en viviendas y conjuntos residenciales cerrados, y las empresas establecidas en la ribera de los ríos. Para la población vulnerable es necesario reubicarla en espacios para vivienda subsidiada (teniendo en cuenta el déficit cualitativo y cuantitativo de vivienda), que luego de obtener beneficios del Estado y de ser vinculada en proyectos de inversión sostenibles articulados al recurso hídrico podrían obtener mejores ingresos económicos y mejorar sus condiciones de vida

en educación y salud. La educación le permitirá fortalecer las competencias ciudadanas hacia el buen uso del factor agua.

Los residentes de los Conjuntos Residenciales Cerrados por tratarse de inmuebles que han invadido la reserva forestal deberían asumir la responsabilidad y tomar conciencia sobre la necesidad de aportar una tasa retributiva en beneficio del recurso hídrico, y las empresas además de vincular en los procesos administrativos las normas ISO 14000, deben tener en cuenta dentro de los procesos de vinculación de personal a la población vulnerable que podría desempeñarse en cargos administrativos, operativos y de logística: vigilancia, mantenimiento y limpieza, guía turismo, forestación, conservar fauna, entre otros. Así mismo las empresas obtendrían beneficios tributarios por parte del gobierno con el ánimo de incentivar el trabajo y aliviar la carga prestacional. La reubicación de la población podría pensarse en el Barrio Valle el Ortigal.

Proyecto g: Producción agrícola urbana sostenible: la zona periférica del sur occidente de Popayán, se convierte en un espacio apto para la formulación de proyectos sostenibles orientados al desarrollo de productos agrícolas urbanos, previo análisis de valoración del suelo, la capacidad del recurso hídrico y los estudios técnicos para el cultivo aprovechable para el mercado en beneficio de la población vulnerable y como fuente de ingresos para el municipio. Su ubicación sería antes de la PTAR.

Población incluyente, funcionarios del gobierno, líderes sociales, población hogares y representantes del sector empresarial en relación con los asentamientos y empresas ubicadas en la ribera de los ríos Ejido, Molino y Cauca.

Periodo de ejecución Largo Plazo. **Prioridad** Alta. **Acciones integrales** Componente: agua potable y saneamiento básico. **Estimación económica** Evaluación Municipio de Popayán. **Indicadores** Planta de tratamiento convencional, planta de tratamiento natural, parques ecológicos corredor ribera de ríos, proyecto transporte fluvial, ejecución obras vías terrestres con

critérios sostenibles, especies de fauna y flora, especies acuáticas incorporadas fuente hídrica, viviendas reubicación población que incorporan reducción déficit cualitativo y cuantitativo, proyectos de producción agrícola urbana.

La articulación de los elementos de la línea de acción infraestructura para la sostenibilidad hídrica urbana se evidencia en la tabla 54:

Tabla 54. Línea de acción, infraestructura para la sostenibilidad hídrica urbana

Línea de acción de sostenibilidad ambiental	Componente	Objetivo	Proyecto asociados	Población influyente	Productos esperados	Periodo de ejecución	Prioridad	Acciones integras	Indicadores
Infraestructura para la sostenibilidad hídrica urbana	Agua potable y saneamiento básico	Estructurar el corredor verde enmarcado dentro del área de protección y conservación natural de la fuente hídrica mejorando las condiciones actuales de infraestructura física y el estado actual de abandono de la fauna y flora sobre la ribera de los ríos para el aprovechamiento sostenible del factor agua	Planta de tratamiento de agua potable natural o física	funcionarios del gobierno, líderes sociales, población hogares y representantes del sector empresarial en relación con los asentamientos y empresas ubicadas en la ribera de los ríos Ejido, Molino Cauca	Planta de tratamiento convencional salida área urbana municipio	Largo Plazo	Alta	Componente agua potable y saneamiento básico	Planta de tratamiento agua convencional tres ríos.
					Planta de tratamiento natural ingreso río Ejido	Largo plazo	Alta	Componente agua potable y saneamiento básico	Planta de tratamiento natural
					Planta de tratamiento natural ingreso río Molino	Largo plazo	Alta		Planta de tratamiento agua natural
					Planta de tratamiento natural ingreso río Cauca	Largo plazo	Alta		Planta de tratamiento agua natural
			Parques ecológicos		Largo plazo	Alta	Componente agua potable y saneamiento básico	Parques ecológicos	
			Transporte fluvial sobre río Cauca		Largo plazo	Alta		Programa transporte fluvia	

		Evaluación vías terrestres sobre ribera ríos	Vías amigables con ribera ríos	Largo plazo	Alta		Ejecución obras vías terrestres amigables
		Inventario Flora y Fauna	Contenido fauna y flora contenida ribera ríos	Largo plazo	Alta	Componente agua potable y saneamiento básico	Especies fauna y flora incorporadas
		Reubicación población asentada ribera ríos	Espacios reubicación acuerdo al POT	Largo plazo	Alta		Viviendas valoradas cuantitativamente y cualitativamente
		Producción agrícola sostenible	Suelos valorados para uso agrícola	Largo plazo	Alta		Proyecto producción agrícola

Fuente: elaboración propia

5.3.6. Línea de acción ambiental: diversificación fuentes de financiamiento

El sistema del factor agua debe tener la capacidad de auto-sostenerse a través de fuentes de financiamiento por parte del gobierno y los proyectos articulados a cada una de las líneas de sostenibilidad ambiental del factor agua en relación con la población y empresas ubicadas en la ribera de los ríos del área urbana de la ciudad de Popayán.

Objetivo Incrementar ingresos económicos de los diversos proyectos para garantizar la sostenibilidad ambiental en relación con el factor agua en la población y empresas ubicadas en la ribera de los ríos del área urbana de la ciudad de Popayán.

Proyecto a. Sistema económicamente auto-sostenible: los diversos proyectos establecidos en el componente 2 (infraestructura para la sostenibilidad hídrica urbana), contribuyen a la generación de ingresos que permite reinvertirlos para obtener beneficios económicos en relación con el factor agua. La estrategia de ingresos se podrá generar de tres formas: primera, recursos del Estado que sirven como iniciativa e impulso al desarrollo del sistema; segunda: Los aportes realizados por hogares y empresas a través de tasas retributivas ambientales y tercera: los diversos proyectos de inversión recaudaran ingresos para la sostenibilidad económica. Por otro lado, la población recibirá subsidios económicos durante el proceso de transformación y

adaptación al cambio propuesto por el gobierno, y las empresas recibirán beneficios tributarios a cambio de una adecuada gestión del factor agua.

Población incluyente Hogares, funcionarios de empresas públicas y privadas. **Periodo de ejecución** Corto, Mediano y Largo Plazo. **Prioridad** Alta. **Acciones integra**s Componente: agua potable y saneamiento básico. **Estimación económica** Evaluación Municipio de Popayán. **Indicadores** Proyectos de financiamiento auto- sostenibles. La información respecto a los actores implicados, periodo de ejecución, la prioridad, estimación económica será de competencia de la Alcaldía del Municipio de Popayán. Para mayor información ver número de archivo (18). La articulación de los elementos de la línea de acción diversificación fuentes de financiamiento se presenta en la tabla 55:

Tabla 55. Línea de acción, diversificación fuentes de financiamiento

Línea de acción de sostenibilidad ambiental	Componente	Objetivo	Proyecto asociados	Población incluyente	Productos esperados	Periodo de ejecución	Prioridad	Acciones integra	Indicadores
Diversificación fuentes de financiamiento	Agua potable y saneamiento básico	Obtener ingresos económicos de los diversos proyectos para garantizar la sostenibilidad ambiental en relación con el factor agua en la población y empresas ubicadas en la ribera de los ríos del área urbana de la ciudad de Popayán	Sistema económico autónomo sostenible	Hogares, funcionarios de empresas públicas y privadas	Programas generación de ingresos	Corto y largo plazo	Alta	Componente agua potable y saneamiento básico	Programas financiamiento auto-sostenible

Fuente: elaboración propia

5.4. Enfoque sistémico

Las dimensiones de la sostenibilidad ambiental se encuentran conformadas por cada una de las variables deseadas: Social (hogares), Económico (empresas), Ecológico (recurso hídrico), Político (gobierno), en donde la integración, interacción y relación entre las dimensiones conduce a la viabilidad, y equidad de proyectos orientados aún mejor vivir fundamentado en la sostenibilidad del factor agua (Figura 7).

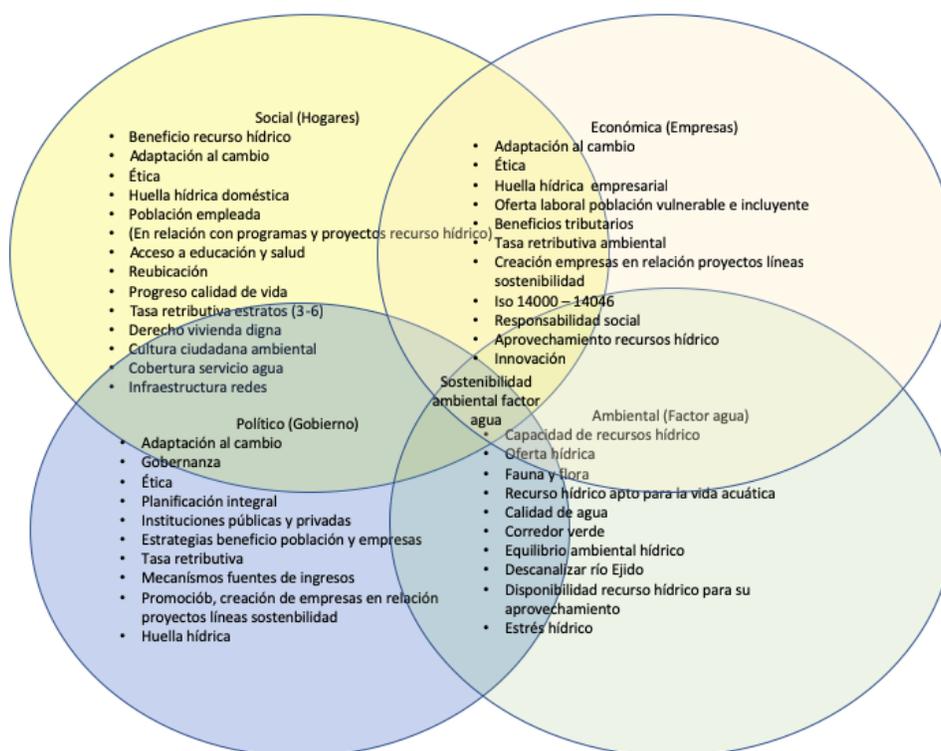


Figura 7. Enfoque sistémico - factor agua

Fuente: elaboración propia

5.5. Sostenibilidad ambiental en el factor agua en relación con la población y empresas de la ribera de los ríos del área urbana de la ciudad de Popayán - enfoque sistémico

Desde el punto de vista sistémico, el sistema recibe una serie de factores que generan un impacto negativo en la calidad del agua para los hogares asentados y empresas establecidas en las riberas de los ríos del área urbana de la ciudad de Popayán. Al ingresar al sistema propuesto la interacción, articulación, integración y relación entre variables fundamentadas en los proyectos propuestos en cada línea de sostenibilidad ambiental conducen al mejoramiento y la

transformación de las condiciones actuales enmarcadas en las dimensiones sociales, económicas, ecológicas y políticas.

De lo anterior, se obtienen como resultado acciones de sostenibilidad ambiental en relación con el factor agua, encaminadas al bienestar de la población y la entrega de productos salientes del sistema a otro sistema sin perjudicar ni alterar sus condiciones actuales. El proceso de adaptación al cambio y la adecuada gestión del recurso hídrico permiten la disponibilidad y el abastecimiento de agua a la población y empresas de manera sostenible y responsable para satisfacer las necesidades básicas.

Además, la interacción sostenible y equitativa entre variables del sistema conduce a una mejor manera de administrar y proveer el factor agua en relación con la sociedad, lo económico, la política y lo ambiental. Las variables interactúan coherente, equitativa y sosteniblemente entre sí, de tal manera que sostiene el sistema en equilibrio. La sinergia genera auto-dependencia y permite que el sistema tenga la capacidad de auto-sostenerse y de responder a la dinámica de su entorno; así mismo, el sistema entrega a otros sistemas productos que no alteran o generan un impacto negativo sobre otro sistema. En la figura 7, se evidencia la forma como las variables de entradas ingresan al sistema del factor agua: mala calidad del agua del recurso hídrico, insuficiencia red de acueducto, asentamientos vulnerables económicamente y empresas ubicadas en la ribera del río, ausencia del Estado o falta de presencia de instituciones públicas y privadas, la presencia de animales en la zona de protección de reserva hídrica, afectan y comprometen la calidad del factor agua.

En un proceso de subsistemas interconectados soportado en la disponibilidad de recursos económicos y naturales, en procesos de adaptabilidad y flexibilidad al cambio en donde la resiliencia juega un papel importante para la estabilidad del sistema hace que la capacidad de respuesta a las dinámicas del entorno social, económico, político y ecológico sea de manera segura y estable. Además, la gama de opciones que contiene el sistema le permite formular

estrategias orientadas a fortalecer la auto-dependencia y autorregulación soportado desde luego en innovación permanente que contribuya a mantenerse en equilibrio, lo que significa obtener salidas de variables sostenibles del sistema y entregar a otros sistemas: población con mejores condiciones de calidad de vida, empresas ambientalmente sostenibles, y la sostenibilidad del factor agua fundamentado en una buena gobernanza (figura 8):

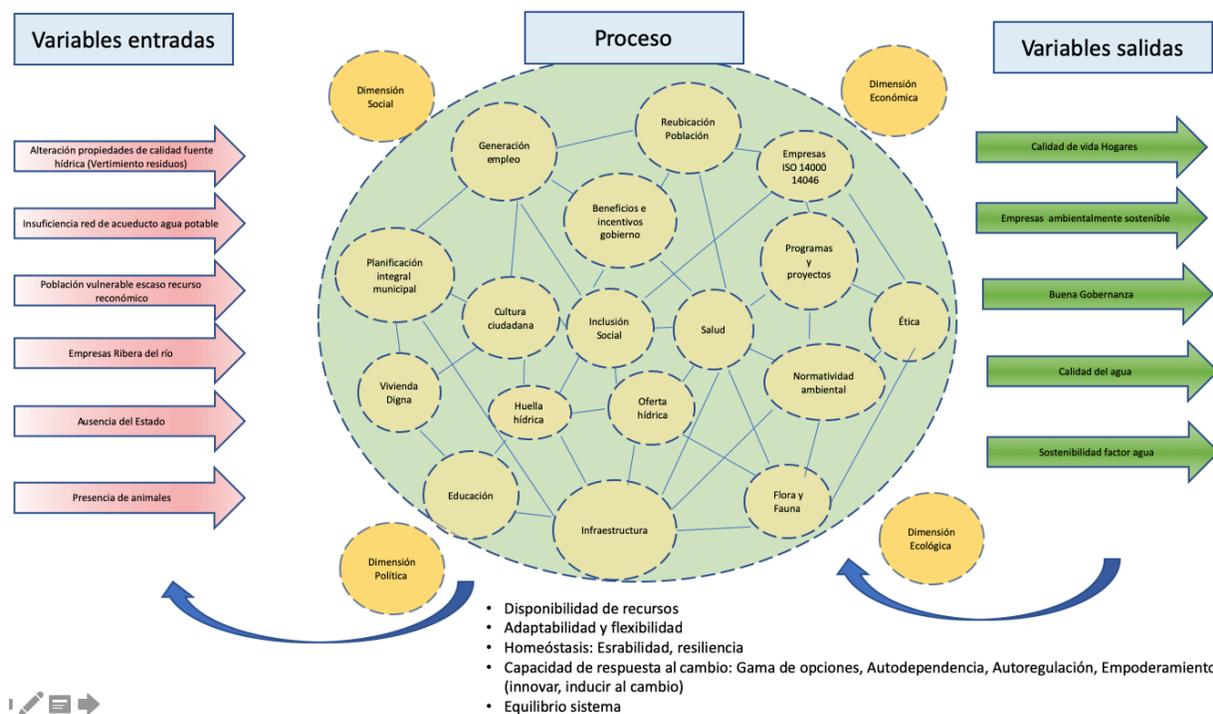


Figura 8. Sostenibilidad ambiental factor agua – enfoque sistémico
Fuente: elaboración propia

Para finalizar este apartado, como contribución a la generación de nuevo conocimiento este trabajo propone valorar la sostenibilidad del factor agua, a través de un algoritmo que determina el índice de la huella hídrica (HH) para la ciudad de Popayán.

Propuesta complementaria huella hídrica urbana

Huella hídrica ciudad de Popayán: Se adapta la formula para el cálculo del el índice de la HH para la ciudad de Popayán para el año 2019. El interés d ela presente investigación se centra

en la HH azul y gris del sector doméstico e industrial. La HH verde se no se estima debido a que en la mayoría de veces se utiliza para el área rural con el propósito de determinar la evapotranspiración de los cultivos cuya información se registra en el software Cropwat 8.0 proporcionado por la FAO para calcular el nivel de evaporación del agua.

Sector Doméstico

Huella hídrica azul del sector doméstico de la ciudad de Popayán

Para el cálculo de la HH del sector doméstico se soportó en la información suministrada por la empresa de acueducto y alcantarillado de Popayán. Así mismo se tuvo en cuenta para el sector doméstico solo el consumo ya que no se encuentra alguna relación de los hogares con el sector productivo. La HHAzul para el sector doméstico se considera el agua dulce consumida por los hogares en la ciudad de Popayán obtenida de fuentes superficiales, para efectos de la fórmula debe tenerse en cuenta que la ciudad de Popayán no oferta el servicio de agua a través de sumideros o agua subterránea, como tampoco el suministro del servicio en bloque. El total de la Huella hídrica azul del sector doméstico año 2019 se describe en la tabla 56.

Tabla 56. Huella Hídrica Azul Sector Doméstico

Variable	Huella Hídrica Externa M ³	Participación	Fuente
VFAAP	11.803.071	54%	SUI
VNF	8.435.032	39%	SUI
GPPTAP	1.497.050	7%	Indicador de gestión
Tota HH Azul	21.735.153		

Fuente: elaboración propia

$$WFDAzul\ afluente = 11.803.071 + 8.435.032 + 0 + 0 + 0 = 21.735.153\ m^3.$$

El 54% de la huella hídrica azul del sector doméstico corresponde a 11.803.071 millones de m³ de agua al año. Las pérdidas por filtraciones corresponden al servicio no facturado (39%) y el gasto de potabilización en las plantas de tratamiento de agua potable representa el 7% del consumo de agua. La Huella hídrica azul es estimada en 21.731.153 m³ para la ciudad de Popayán.

Sostenibilidad de la Huella hídrica azul sector doméstico

El índice de sostenibilidad de la HH azul se obtiene de la Hh azul dividido entre el suministro de agua potable por parte de la EAAP.

$$\text{Índice Sostenibilidad} = \frac{21.735.153 \text{ M}^3}{23.420.774 \text{ M}^3} = 0,9$$

El valor de la disponibilidad natural real no se tiene, por lo tanto se toma como referente el volumen de agua suministrado por la Empresas de Acueducto y Alcantarillado de Popayán.

Significa que casi del total de agua suministrada por la EAAP se consume.

Huella hídrica gris del sector doméstico de la ciudad de Popayán

Considerada la HH Gris el volumen de agua dulce utilizada para asimilar una carga de contaminantes de acuerdo a las concentraciones naturales y estándares ambientales de calidad de agua en relación con la demanda biológica (DBO5) y sólidos suspendidos totales (SST) de los vertimientos realizados por los hogares. La huella hídrica gris se calcula con base en el volumen de agua vertida por los habitantes a la red de alcantarillada que corresponde al 88.64% del total de volumen de agua facturada por la EAAP (11.803.071). La fórmula para el cálculo de la HH Gris sector doméstico es la siguiente. Tabla 57:

Tabla 57: Variables HHGris Doméstico

Variable	AÑO
Voleft	10.462.594 m ³
Volaft (88,64%)	10.462.594 m ³
VoleftST	10.462.594 m ³
CeflST (154mg/L)	10.199 ton/año
VoleflPTAR	NA
CelfPTAR	NA
*Cafl	NA
Cmáx (SST) (200 mg/L)	13.245 ton/año
Cnat (135 mg/L)	8.940 ton/año

Fuente: elaboración propia

* Calft: Concentración de parámetros DBO5 y SST del agua potable consumida por los habitantes de la ciudad. De acuerdo con informe de la empresa de acueducto y alcantarillado no reporta el presente indicador. Toma como valor cero (0), por tratarse de agua tratada purificada.

Formula: $WFDGRIS = ((VoLeflST * CeflST) + (VoleflPTAR * CelfPTAR) - (Volaft * CafI)) / (Cmáx - Cnat)$

$WFDGRIS = ((10.462.594 \text{ m}^3/\text{año} * 10.199 \text{ ton/año}) + (0 * 0) - (10.462.594 \text{ m}^3/\text{año} * 0)) / (13.245 \text{ ton/año} - 8.940 \text{ ton/año}) = 24.786.990 \text{ m}^3/\text{año}$

El volumen de agua que se requiere para asimilar la carga de contaminante es de 24.786.990 m³/año. Lo anterior se debe a diversos factores: primero, la ciudad de Popayán no cuenta con Planta de tratamiento de agua residual PTAR, se encuentra en proceso de

construcción; algunos sectores de la ciudad que no cuentan con la red de alcantarillado; tercero, los vertimientos ingresan de manera directa a los ríos con mayor carga contaminante biológica reflado en solidos suspendidos totales (SST).

La huella hídrica gris del sector doméstico valorada con base en el resultado máximo entre las dos huellas hídricas de DBO5 y SST, el agua vertida sin tratamiento a las fuentes superficiales de agua dulce continen una carga contaminante de 13.245 toneladas/año (SST) representada en 24.786.990 m³/año (tabla 58):

Tabla 58. Huella Hídrica sin tratamiento

Huella Hídrica(HH)	Volumen (m ³)	Carga Contaminante SST (Ton/año)	Carga Contaminante DBO5 (Ton/año)	Huella Hídrica Gris	
				SST (m ³)	DBO5 (m ³)
HH sin Tratamiento	10.462.594	10.198	662	24.786.990	5.501.380

Fuente: elaboración propia

La Huella hidrica azul total del sector doméstico equivale a: 46.522.143 m³, la cual el 53% lo representa la HHGris y el 47% la HHAzul.

Sector Industrial

El sector industrial está concentrado en la zona industrial establecida al norte de la ciudad representado en un porcentaje mínimo de industria debido a que la mayoría de empresas pertenecen al sector terciario o comercial motivo por el cual el consumo de agua tan solo representa 17.965 metros cúbicos al año, así mismo las pocas empresas grandes que existen en la ciudad realizar tratamiento de aguas residuales y la mayoría de tamaño microempresa que pertenecen al sector de servicios no cuentan con proceso de tratamiento de agua para mitigar el impacto negativo que puede causar los vertimientos en las fuentes hídricas. La información

suministrada por la Empresa y Acueducto de Popayán permitió el desarrollo del cálculo de la huella hídrica del sector.

Huella Hídrica Industria

La huella hídrica azul del sector industria está representada en 17.965 metros cúbicos los cuáles 12.734 m³ son vertidos de carga contaminante a la fuente superficial de agua dulce (tabla 59):

Tabla 59. Consumo de agua en m³ sector industria

Tipo de fuente hídrica de abastecimiento	Descripción	Huella hídrica (m ³ /año)	Fuente
Volumen de agua destinada actividades industria	EAAP	17.965	SUI
Volumen de agua descarga después de utilización	EAAP	12.734	SUI

Fuente: elaboración propia

Para el desarrollo de la formula se tuvo en cuenta la información suministrada por la EAAP señalada en la tabla 60:

Tabla 60. Consumo de agua por m³ año

Tipo de fuente hídrica de abastecimiento	Descripción	Consumo (m ³ /año)	Fuente
Volumen de agua descarga después de su utilización	EAAP	12.734	SUI
Carga contaminante aportada por el sector industrial (año 2019)	SST: <10 (mg/L)		Reporte de caracterización de vertimientos Parque industrial Popayán.

Concentración máxima permitida para la Cuenca del río Cauca Parámetros	SST: 100 (mg/L)		Resolución 0631 de 2015 Artículo 13
Parámetros físico químicos del recurso hídrico, río Cauca (DBO5 y SST)	SST: 154 (mg/L)		Caracterización de vertimientos líquidos de laboratorio análisis ambiental periodo 2019

Fuente: elaboración propia

El resultado establece que se requiere de 932.82 m³/año de agua para solventar la carga de contaminante generada por la industria.

$$WFGris = L / (C_{máx} - C_{nat})$$

$$WFGris = \text{volumen desechado} * DBO5 (10 \text{ mg/L}) / (200 \text{ mg/L} - 135 \text{ mg/L})$$

Para determinar L en este caso se tuvo en cuenta el volumen desechado (12.734 m³/año). Como DBO5 y SST son menores a 10mg/L, entonces toma el valor igual a 10mg/L. La equivalencia de 12.734 m³/año a metros cúbicos corresponde: 315,36 ton/año.

$$WFGris = (12.734 \text{ m}^3/\text{año} * 315.36 \text{ ton/año}) / (13245 \text{ ton/año} - 8940 \text{ ton/año})$$

$$WFGris = 932.82 \text{ m}^3/\text{año}$$

Huella hídrica sector Industria:

$$\text{Fórmula: } WFind = WFAzul + WFGris$$

$$Wfind = 17.965 \text{ m}^3/\text{año} + 932,82 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$Wfind = 18.897 \text{ m}^3/\text{año}$$

Sector de alimentos

El consumo de agua del sector alimentos se cuantifica a través de la HH indirecta de los productos consumidos en la ciudad de Popayán: En la figura 58 se observa el aporte que hace el factor agua en metros cúbicos para la producción de 63.588 toneladas al año. Las carnes son las que mayor participación (77%), seguido de las frutas con una participación del (9%). La información corresponde a los datos suministrados por los centros de acopio de la ciudad. La tabla 57 evidencia la cantidad de agua por tonelada con base en la información suministrada por Mapfre (2017) respecto al agua necesaria para producir un kilo de alimento al año (tabla 61):

Tabla 61. Cantidad toneladas consumo por año

Tipos de producto	Cantidad total (Ton)	Participación %	% aporte alimento H H M ³	M ³ / Año
Verduras y hortalizas	2.704	4	0,11	870.688
Tubérculos, raíces y plátanos	1.976	3	0,09	764.712
Frutas	6.032	9	0,22	1.809.600
Granos y cereales	1.924	3	0,49	3.978.400
Procesados	200	1*	0,06	472.800
Lácteos y huevos	1.300	2	0,52	4.244.500
Carnes	50.700	77	93,14	760.500.000
Pescados	676	1	5,37	43.869.696
Total	63.588		-	816.510.396

*Para efectos de cálculo se aproxima a 1. **Fuente:** elaboración propia

El mayor aporte a la huella hídrica por alimento se evidencia en las carnes con el 93% seguido de los pescado (5,37%) y los granos y cereales (0,49%). La cantidad de consumo de agua litro por kilogramo año se estable de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO por sus siglas en inglés.

Disposición de residuos sólidos

El relleno sanitario los Picachos obtuvo para el año 2019 95.956 toneladas de residuos sólidos, lo que generó 0,0015 m³/s de lixiviados y un vertimiento en metros cúbicos de 0,001252 m³/s después de pasar por la planta de tratamiento de lixiviados.

Para la disposición de los residuos sólidos se tuvo en cuenta la siguiente información suministrada por la EAAP hoy UBASER: Caudal río: 0,015m³ Lo que representa un volumen de 473.040 m³ /año, DBO5 (85mg/L), GYA (4mg/L), Fenoles (0.11 mg/L), la cual equivale a: DBO5 (39,73 ton/año), GYA (1,89 ton/año), Fenoles (0,052 ton/año).

$$WPPTL_{Gris} = L / (C_{m\acute{a}x} - C_{nat})$$

$$WPPTL_{Gris} = 85 \text{ mg/L} / (200\text{mg/L} - 135\text{mg/L})$$

$$WPPTL_{Gris} = (\text{volumen desechado} * \text{DBO5} (85 \text{ mg/L})) / (200\text{mg/L} - 135\text{mg/L})$$

$$WPPTL_{Gris} = (473.040 \text{ m}^3/\text{año} * 39.73 \text{ ton/año}) / (13245 \text{ ton/año} - 8940 \text{ ton/año}) *$$

$$WPPTL_{Gris} = 4.365,6 \text{ m}^3/\text{año}$$

Huella hídrica total azul

HHDoméstica azul: 21.735.153 m³/año

HHIndustrial azul: 17.965m³/año

Alimentos: 816.510.396 m³/año

Huella hídrica total gris

HHGDoméstica: 24.786.990 m³/año

HHGIndustrial: 932,82 m³/año

Disposición final: 4.365,6 m³/año

Conclusiones

- La institucionalidad describe la sostenibilidad ambiental del factor agua y promueve el desarrollo sostenible encaminado a mejorar las condiciones sociales y económicas de la población y, el cuidado y la preservación de la fuente hídrica.
- Se observa la insostenibilidad ambiental en un progreso social y económico limitado, reflejado en la calidad de vida de la población asentada sobre las riberas de los ríos.
- Los vertimientos por uso doméstico y operativo del agua acompañado del bajo nivel de presencia del gobierno poco garantiza el desarrollo sostenible encaminado a satisfacer las necesidades de los hogares y la disponibilidad del recurso hídrico para futuras generaciones.
- Las condiciones actuales de la población en condiciones de pobreza, los vertimientos de aguas residuales de hogares y empresas, y el bajo nivel de presencia del gobierno

evidencia una planificación municipal del gobierno con líneas de acción ambiental poco articulada al enfoque sistémico.

- El bajo nivel de conciencia de la población sobre la conservación, el cuidado y protección del factor agua compromete la existencia del recurso hídrico.
- El lugar como espacio de interacción entre el hombre y la naturaleza se ha visto afectado por acciones antropogénicas que comprometen la sostenibilidad del sistema hídrico, evidenciada en la contaminación de la fuente hídrica, el mal estado de las riberas de los ríos y la ausencia del gobierno como organismo encargado de proteger y conservar el medio ambiente.

Aportes de la investigación

Los aportes de la investigación deben evaluarse desde un enfoque sistémico integral; esto es, que las dimensiones sociales, económicas, ecológicas y políticas deben funcionar de manera dependiente para alcanzar la sostenibilidad; no pueden aislarse entre ellas:

Aporte social: para la presente investigación el aporte social lo representa los hogares establecidos en las riberas de los ríos: Ejido, Molino y Cauca. Los hogares se verán beneficiados por la reubicación en un lugar seguro con óptimas condiciones económicas a través de un trabajo digno en relación con el factor agua. Esto les permite mejorar su calidad de vida mediante un proceso de planificación a largo plazo obteniendo una tasa retributiva por la inversión realizada.

La sostenibilidad del factor agua para el desarrollo sostenible desde un enfoque sistémico permite el progreso social y el bienestar de los hogares encaminados al mejoramiento de las condiciones económicas de la población y, su contribución al cuidado y preservación del lugar como espacio de interacción entre la comunidad y la ribera del río.

Aporte Económico: La formulación de proyectos de inversión orientados a la generación de negocios o empresas señalados en las líneas de acción para la sostenibilidad, permite beneficiar, por un lado, a los hogares con empleo y a las empresas por los ingresos que perciben de ellos y, por otro lado, los alivios tributarios por su compromiso con la sostenibilidad del factor agua y la responsabilidad social. Su actividad económica se soporta en el aprovechamiento sostenible de la fuente hídrica y las zonas ribereñas. En este contexto, la ética y la responsabilidad se convierten en principios y valores esenciales para el cuidado y preservación del factor agua.

Aporte Político: Las líneas de acción se proponen de manera articulada y complementaria a las líneas establecidas en el Plan de Desarrollo del municipio de Popayán. La planificación con base en un enfoque sistémico permite el desarrollo sostenible y contribuye a la solución del problema de sostenibilidad de las fuentes hídricas a través del mejoramiento de las condiciones sociales, económicas, políticas y ambientales de los actores involucrados: hogares, empresas, fuentes hídricas y el gobierno. La inclusión del indicador de la huella hídrica en los programas y proyectos le permitirá al gobierno evaluar el consumo doméstico e industrial en la ciudad.

Aporte ambiental: La intervención integral, sostenible y sistémica de los hogares, empresas y gobierno sobre lo ambiental permite obtener aguas superficiales con óptima calidad y mantener el Lugar como espacio de interacción social con la naturaleza y las áreas ribereñas libres de contaminantes. Igualmente, la fuente hídrica se convierte en un recurso natural para su aprovechamiento económico de manera sostenible en beneficio social, económico y político.

Enfoque sistémico integral: El sistema avanzará de manera progresiva y en permanente evolución; cualquiera de las dimensiones sociales, económicas, ecológicas y políticas que entre en desequilibrio será estabilizada de manera integral entre dichas dimensiones encaminadas al logro de los propósitos establecidos.

Una de las variables de mayor relevancia será el consumo de agua para uso doméstico e industrial valorado a través de la huella hídrica. Hasta el momento no se ha encontrado estudios orientados a determinar el índice HH en la población ubicada en la ribera de los ríos: Ejido, Molino y Cauca.

La presente investigación abre las puertas a otras investigaciones que incursionen en estos resultados para generar nuevos conocimientos a favor del cuidado y la preservación del factor agua; así mismo, se convierte en estudio piloto para ser aplicado en otras regiones con el propósito de reducir el impacto ambiental que genera el consumo de agua para actividades domésticas e industriales.

La metodología utilizada en la presente investigación soportada en el modelo epistémico positivista evocado por Gallopín se fundamenta en la teoría de sistemas. Esto posibilita analizar y solucionar la problemática del factor agua teniendo en cuenta la articulación e integración de las variables que componen dicho sistema, el método hipotético-deductivo, el tipo de investigación evaluativa, el enfoque mixto y el diseño no experimental permite ampliarse a otros lugares teniendo en cuenta el análisis previo del contexto regional.

Recomendaciones

La sostenibilidad del factor agua es un tema amplio y complejo; por lo tanto, se sugiere seleccionar y delimitar las variables de cada una de las dimensiones sociales, económicas, ecológicas y políticas objeto de estudio con base en un enfoque sistémico.

Para incluir o incorporar variables que complementen la investigación es necesario analizarlas desde un enfoque sistémico, a través de líneas de sostenibilidad y articularlas a la política de planeación local y nacional.

El consumo de agua para uso doméstico e industrial requiere de un monitoreo periódico y permanente que permita evaluar de manera sostenible el aprovechamiento del recurso hídrico. La investigación deja abierta la posibilidad de referenciar la metodología utilizada para que otros estudios puedan complementarla o articularla a través de metodologías e instrumentos apropiados para su desarrollo.

Se invita a la comunidad académica para que, a través de propuestas innovadoras, continúe investigación sobre la sostenibilidad del factor agua desde este enfoque sistémico como elemento esencial para la subsistencia de la naturaleza incluido el ser humano.

Es necesario realizar un estudio posterior a la implementación de las líneas de acción para la sostenibilidad con el propósito de identificar el grado de satisfacción de los pobladores por la reducción de enfermedades adquiridas por contaminación de los ríos, por las oportunas opciones laborales, por el mejoramiento de la calidad de vida, el acceso al sistema de salud y a una educación de calidad. Sobre los empresarios examinar su actitud para contribuir a mitigar la contaminación de los ríos y la generación de empleo motivado por alivios tributarios y la política del gobierno como contribución al mejoramiento y aprovechamiento desde un enfoque sistémico a la calidad de la fuente hídrica.

Para la estimación de la huella hídrica se calcula con base en Hoekstra; el estudio deja abierta las posibilidades para realizarla a través de ISO 14046

La población vulnerable de bajos ingresos económicos y estudios realizados incide en la presencia de residuos sobre las riberas de los ríos y vertimiento de aguas contaminadas a la fuente hídrica.

La presente investigación abre las puertas a otras investigaciones que incursionen en estos resultados para generar nuevos conocimientos a favor del cuidado y la preservación del factor agua; así mismo, se convierte en estudio piloto para ser aplicado en otras regiones con el propósito de reducir el impacto ambiental que genera la huella hídrica.

La planificación local debe incluir de manera articulada dimensiones sociales, económicas, políticas, y ambientales para el logro de la sostenibilidad ambiental del factor agua.

El gobierno debe incluir los hogares y empresas en los procesos de planificación del factor agua encaminado a promover e impulsar el desarrollo sostenible desde un enfoque sistémico para lograr una mejor calidad de vida.

El gobierno debe fortalecer los programas de sensibilización y capacitación ambiental que permita a los hogares, las empresas y el mismo gobierno adquirir mayor conciencia sobre el cuidado y la preservación del factor agua.

Se sugiere al gobierno local evaluar la propuesta sobre las líneas de acción ambiental y los proyectos como alternativa de sostenibilidad del factor agua para el desarrollo sostenible desde un enfoque sistémico en relación con los hogares y empresas ubicadas en la ribera de los ríos del área urbana de la ciudad de Popayán

Referencias

- Acosta, J., López, O., Sanchís, C., & Vázquez, U. (2020). Sustainable Orientation of Management Capability and Innovative Performance: The Mediating Effect of Knowledge Management. *Sustainability*, 12(4), 1366. <https://doi.org/10.3390/su12041366>
- Agredo, G. (2013). La Cuenca urbana como unidad territorial para la planificación del desarrollo sostenible en ciudades de media montaña del trópico andino. Universitat Politècnica de Catalunya, 1-139. <https://doi.org/10.20396/labore.v11i1.8648148>
- Alcaldía Municipal de Popayán. (2019). Áreas Especiales: Municipio de Popayán. <http://popayan.gov.co/sites/default/files/files/areas-especiales-popayan.pdf>

- Alcaldía de Popayán. (2019). *Nuestra geografía*, 1. <http://www.popayan.gov.co/ciudadanos/popayan/nuestra-geografia>
- Alcaldía de Popayán (2020). Evaluación plan de desarrollo municipal 2016-2019. <http://www.popayan.gov.co/planeacion-gestion-y-control/planes-de-desarrollo/seguimiento-y-evaluacion/seguimiento-y-evaluacion-vigencia-ano-2018>
- Alcaldía de Popayán. (2020). Plan de Desarrollo Municipal 2020 – 2023. http://www.popayan.gov.co/sites/default/files/documentosAnexos/pdm2020_2023_0.pdf
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2018). Proceso Regional de las Américas: Foro Mundial del Agua 2018: Informe regional América Latina y el Caribe: Resumen ejecutivo, 5. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwitqvjZn5XIAhUJQ60KHfn9CBsQFjAAegQIBBAC&url=https%3A%2F%2Fpublications.iadb.org%2Fen%2Fbitstream%2Fhandle%2F11319%2F8119%2FGuia- Metodologica- Programa-de-Ciudades-Emergentes-y-Sostenibles-Tercera-edicion.pdf&usg=AOvVaw1u6c16vX4uJ72ZCVs3cdGt>
- Balvanera, P., Astier, M., Gurri, F., & Hernández, I. (2017). Resiliencia, vulnerabilidad, y su sustentabilidad de sistemas sociológicos en México. <http://revista.ib.unam.mx/index.php/bio/article/view/1782>
- Bertalanffy, V. (1989). Teoría General de los Sistemas. México DF, México. Fondo de Cultura Económica. https://cienciasyparadigmas.files.wordpress.com/2012/06/teoria-general-de-los-sistemas-_fundamentos-desarrollo-aplicacionesludwig-von-bertalanffy.pdf
- BRC ESTÁNDAR & POOR'S. (2014). Acueducto y alcantarillado de Popayán E.S.P. https://www.brc.com.co/archivos/x%20cal-p-for-10%20r14%20Popayan%20ESP_RP14%20SP.pdf
- Caro, 2021. Los efectos de la urbanización en los ecosistemas acuáticos de las áreas protegidas periurbanas de la ciudad de México: el discurso contradictorio de conservación en medio de la expansión de los asentamientos informales. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837720325643>
- Casanova, J., Figueroa, A. (2015). Determinación del Caudal Ambiental y su relación con variables indicadoras de Calidad del Recurso Hídrico. *Luna Azul*, (40). <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n40/n40a02.pdf>
- Castillo, A., Castro, M., Gutierrez, A., Aldana, C. (2014). Estimación sectorial de la huella hídrica de la ciudad de Bogotá generada en el año 2014. <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistausingenierias/article/view/7947>
- Castro, E (2011). Aproximación Al Concepto de Gobernanza En Colombia y Algunos Apuntes Sobre Su Importancia En el Derecho Ambiental. *Opinión Jurídica* 10(1), 33-56. https://www.researchgate.net/publication/277262765_Aproximacion_al_concepto_de_gobernanza_en_Colombia_y_algunos_apuntes_sobre_su_importancia_en_el_derecho_ambiental

- Castro, E. (2014). Panorama Regional del Desarrollo Sostenible en América Latina, (40), 195-212. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1909-24742015000100013&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Cerón, V., Hurtado, I., Bolaños, I., Fugueroa, A., & Restrepo, I. (2020). Análisis de la huella hídrica como indicador de sostenibilidad en sistemas de tratamiento de agua potable no convencionales. *Revista DYNA*
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532020000200140&lang=es
- Concejo Municipal de Popayán (2016). Plan de Desarrollo – vive el cambio – Alcaldía de Popayán.
http://popayan.gov.co/sites/default/files/documentosAnexos/plan_de_desarrollo_municipal_2016_2019.pdf
- Congreso de Colombia (2016). Ley 1801 de 2016. Por medio de la cual se expide el Código Nacional de Policía y Convivencia, 54.
http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1801_2016.html
- Congreso de Colombia (1973). Ley 23 de 1973. Por el cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones, 1.
http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/leyes/2a-ley_0023_1973.pdf
- Congreso de Colombia (1993). Ley 99 de 1993. se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. Diario Oficial.
http://www.minambiente.gov.co/images/NegociosVerdesysostenible/pdf/decreto/Adjunto_1.DECRETO_953_DEL_17_DE_MAYO_DE_2013.pdf
- Cordera, R. (2017). Globalización en crisis; por un desarrollo sostenible. *Economía UNAM*, 14(40), 3–12. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1665952X17300014>
- Cortés, R., Gómez, A. (2017). De la degradación hídrica y las innovaciones institucionales, a la sociedad civil ambientalizada: Un análisis de la problemática de la calidad del agua en la cuenca alta del río Cauca, Colombia. *Revista Luna Azul*, 45, 71–106. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321753629006.pdf>
- Decreto 1594 (1984). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9. Ministerio.
https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_1594_de_1984.pdf
- Departamento Nacional de Estadística, DANE. (2019). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2018*, 15. <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/cnpv-2018-presentacion-3ra-entrega.pdf>
- De Sousa, B. (2010). *Descolonizar el saber, reinventar el poder*. (Trilce, Ed.), Development and Change (Vol. 44). Montevideo. https://www.movimientom4.org/wp-content/docs/descolonizar-el-saber-reinventar-el-poder_de-sousa.pdf

- Dermawan, F., Hunfeld, J., Fitriana, T., Iskandarsyah, A., Sdarjoen, S., Busscha, J., & Passchier, J. (2018). Living in uncertainty due to floods and pollution: the health status and quality of life of people living on an unhealthy riverbank. <https://bmcpublihealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-018-5706-0>
- Díaz, E., Ortega, A., Castillo, M., Ramírez, N. (2018). Influence of land use on the condition of the riparian zone along an urban – rural gradient in the Sabinal river, Mexico. <https://www.botanicalsciences.com.mx/index.php/botanicalSciences/article/view/1858>
- Domínguez, J., Martínez, D., Palacios, A., & Peña, A. (2013). Contraloría social para el cumplimiento del derecho humano al agua y saneamiento. El monitoreo social del derecho humano al agua y saneamiento (El Colegio). México, 137. <http://siaps.colmex.mx/documentos/libros/monitoreo-social.pdf>
- Durán, P. (2014). El río como eje de vertebración territorial y urbana : el río San Marcos en Ciudad Victoria, México. TDX (Tesis Doctorals En Xarxa), I, 47. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/95360/TPDD1de7.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- EAAP – Empresa Acueducto y Alcantarillado de Popayán (2020). Informe de gestión 2019. <https://aapsa.com.co/wp-content/uploads/Informe-Gestion-2019.pdf>
- Escobar, A. (2000). El lugar de la naturaleza y la naturaleza del lugar. La colonialidad del saber: eurocentrismo y ciencias sociales: perspectivas latinoamericanas. Lander, E. pp 113-144. México DF. México. El Fondo de cultura de México. <https://www.tni.org/files/download/La%20colonialidad%20del%20saber.%20Eurocentrismo%20y%20ciencias%20sociales.pdf>
- Fang, Y., Tong, J., Hong, J., Feng, H., & Shui, Q. (2019). Systematic treatment of urban river pollution. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/446/3/032021/pdf>
- Fernández, N., Ramos, G., & Solano Fredy (2003). ICATEST V 1.0. Una herramienta informática para el análisis y valoración de la calidad del agua. <https://www.redalyc.org/pdf/903/90320212.pdf>
- Franek, A., Koncagul, E., Connor, R., & Hunziker, D. (2015). Agua para un mundo sostenible, 1. http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf
- Gallopín, G. (2003). Sostenibilidad y desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico. Serie Medio Ambiente y Desarrollo, 1-30. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5763/S033120_es.pdf?sequence=1
- García, H., & Machuca, S. (2019). Influencia de la actividad tectónica y volcánica reciente en la dinámica fluvial del río Anaime (Cajamarca, Cordillera Central de Colombia). <http://www.scielo.org.co/pdf/boge/v41n3/2145-8553-boge-41-03-57.pdf>
- García, M. I., Morales, T., & Guerrero, J. (2014). Análisis de Flujos de Agua en Áreas Metropolitanas desde la Perspectiva del Metabolismo Urbano. Luna Azul, (39), 234–249. <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n39/n39a14.pdf>
- Gil, M., Soto, A., Usma, J., & Gutiérrez, O. (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos

- y posibles tratamientos, 7(2), 52–73. <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>
- Gobernación del Cauca, & Alcaldía de Popayán. (2012). Marco conceptual Plan de Ordenamiento con el Plan de Desarrollo Municipal. Plan de Ordenamiento Territorial - Municipio de Popayán, 40. <http://popayan.gov.co/sites/default/files/documentosAnexos/pot-popayan.pdf>
- Gómez, A., Miralles, M., Corbella, I., García, S., Navarro, S., & Llebaria, X. (2016). La calidad sanitaria del agua de consumo. *Gaceta Sanitaria*, 67. https://www.researchgate.net/publication/309876919_La_calidad_sanitaria_del_agua_de_consumo
- Gómez, C.(2014). El desarrollo sostenible: conceptos básicos, alcance y criterios para su evaluación, 2. <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Havana/pdf/Cap3.pdf>
- Gómez, D. (2016). Tres ensayos sobre eficiencia, acceso al agua potable y política de control de la contaminación de los recursos hídricos en Colombia. Universitat Autònoma de Barcelona, 124. https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2016/hdl_10803_400203/degu1de1.pdf
- Gómez, L., Torres, M., Landázuri, A., & Mayorga, L. (2014). Programa para la Descontaminación de los Ríos de Quito, PDRQ. *Journal of Food System Research*, 2(2), 1–10. https://www.researchgate.net/profile/Maria_Torres_G/publication/268804717_Programa_para_la_Descontaminacion_de_los_Rios_de_Quito_PDRQ/links/54765f530cf29afed614218b.pdf
- Henao, E., Cantera, J., & Rzymiski, P. (2020). Conserving the Amazon river basin: the case study of the Yahuaraca lakes system in Colombia. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720316995?via%3Dihub>
- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, Maite., & Mekonnen, M. (2011). The water footprint assessment manual. Setting the global standard. Earthscan. London. https://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual_2.pdf
- Huetía, M. (2018). Informe de Gestión. Popayán, 6. <http://www.acueductopopayan.com.co/wp-content/uploads/2019/04/FURAG/Pregunta%20176%20Informe%20gestion%202018.pdf>
- Hurtado, J. (2010). Metodología De Investigación Holística. (F. Sypal, Ed.) (Tercera). Caracas. <https://ayudacontextos.files.wordpress.com/2018/04/jacqueline-hurtado-de-barrera-metodologia-de-investigacion-holistica.pdf>
- IDEAM. (2004). Fósforo total en agua por digestión ácida, método del ácido ascórbico. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/F%C3%B3sforo+Total+en+Agua+M%C3%A9todo+del+Acido+Asc%C3%B3rbico.pdf/bf2f449b-4b9b-4270-b77e-159258d653e2>
- IDEAM. (2007). Dureza total del agua con EDTA por volumetría. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Dureza+total+en+agua+con+EDTA+por+volumetr%C3%ADa.pdf/44525f65-31ff-482e-bbf6-130f5f9ce7c3>
- IDEAM. (2010). Estudio Nacional del agua. (T. Omar, Ed.) (IDEAM). Bogotá D.C. http://www.andi.com.co/Uploads/ENA_2010.compressed.pdf
- IDEAM. (2015). Evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia. Resultados por

- subzonas, hidrográficas en el marco del estudio nacional del agua 2014 – año 2013. Bogotá. https://cta.org.co/descargables-biblionet/agua-y-medio-ambiente/libro_Estudio_de_agua_CTA2.pdf?
- IDEAM. (2018). Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos, 24. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Características+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+Turísticos.pdf/c3ca90c8-1072-434a-a235-91baee8c73fc>
- Kihila, J., Mtei, K. M., & Njau, K. N. (2014). Wastewater treatment for reuse in urban agriculture ; the case of Moshi. *Physics and Chemistry of the Earth*, 72–75, 104–110. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474706514000631?via%3Dihub>
- Lala, H & Fernández, M. (2020). Análisis de la sostenibilidad mediante huella hídrica de la microcuenca del río Pita, Ecuador. *Revista Tecnología y ciencias del agua*. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222020000100169&lang=es
- Li, L., Y. R., & Xue. B. (2020). Methane levels of river Network in Wuxi city, China and response to water Governance. <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/9/2617/htm>
- López. S., Huerta. D., Jaramillo. A., Calderón. D., & Díaz. J. (2019). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia). <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v37n2/2145-9371-inde-37-02-269.pdf>
- Lovelock, J. (2007). La venganza de la Tierra. <http://libroesoterico.com/biblioteca/Varios/VARIOS%203/79914668-Lovelock-James-La-venganza-de-la-Tierra.pdf>
- Mapfre (2017). ¿Sabe cuánta agua se necesita para producir un kilo de alimento?. Blog de Mapfre. <https://blogmapfre.com/salud/sabes-cuanta-agua-se-necesita-para-producir-un-kilo-de-alimento/>
- Márquez, O., & Ortega, M. (2017). Percepción social del servicio de agua potable en el municipio de Xalapa , Veracruz. *Revista Mexicana de Opinión Pública*, 23, 41–59. <http://revistas.unam.mx/index.php/rmop/article/view/58515>
- Martín, J. (2015). Restauración del río Besòs en Barcelona. Historia y lecciones. *Ribagua*, 2(1), 51–60. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2386378115000031?token=03116DCDDCE6122CC45945B28B21D86F3A91DAE635795153F263BCA985ECFD39FA480C47600AC499B6DE78773E1B03A4>
- Ministerio del Medio Ambiente (2015). Resolución 631 de 2015. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. MADS Diario Oficial No. 49.486 de 18 de Abril de 2015, 7-9. <https://www.aguasdemanizales.com.co/Portals/Aguas2016/NuestraEmpresa/Documentos/LeyesDecretos/R631de2015MADS.pdf?ver=2015-12-23-170225-850>
- Ministerio del Medio Ambiente (2013). Decreto 0953 de 2013. Por el cual se reglamenta el artículo

- 111 de la Ley 99 de 1993 modificado por el artículo 210 de la Ley 1450 de 2011 MADS, 1. http://www.minambiente.gov.co/images/NegociosVerdesysostenible/pdf/decreto/Adjunto_1.DECRETO_953_DEL_17_DE_MAYO_DE_2013.pdf Ministerio del Medio Ambiente (1974). *Decreto 2811. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente*. República de Colombia, 20. Retrieved http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_2811_de_1974.pdf
- Ministerio de Salud y Protección Social (2019). Informe Nacional de la calidad del agua para consumo humano – INCA – 2017. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/calidad-del-agua-inca-2017.pdf>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia, MinTic. (2019). Estratos Barrios Municipio de Popayán. <https://www.datos.gov.co/Vivienda-Ciudad-y-Territorio/estrato-de-los-barrios-del-municipio-de-popayan/isse-pwvp/data>
- Morales, S., Urrea, J., & Salazar, M. (2016). Macroinvertebrate and Periphyton Community Composition and Structure of the Ejido River , Popayan - Cauca, (2), 11. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcien/v20n2/0121-1935-rcien-20-02-00011.pdf>
- MinTic. (2019). Ministerio de las tecnologías de la información y comunicaciones. Estratos Barrios Municipio de Popayán. Retrieved from <https://www.datos.gov.co/Vivienda-Ciudad-y-Territorio/estrato-de-los-barrios-del-municipio-de-popayan/isse-pwvp/data>
- Múnera, D., Sarmiento, L., Porras, L., & Rodríguez, M. (2018). Factores multiplicadores del río Tunjuelo. Ingeniería Y Competitividad, 20(1), 35. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/2913/291356699003/index.html>
- Organización de las Naciones Unidas, ONU. (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf
- Organización de las Naciones Unidas, ONU. (1992). International Conference on water and the environment. Dublin, Ireland. <https://www.ircwash.org/sites/default/files/71-ICWE92-9739.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas, ONU. (2018). Objetivos de Desarrollo Sostenible en Colombia: los retos para 2030. https://www.undp.org/content/dam/colombia/docs/ODS/undp_co_PUBL_julio_ODS_en_Colombia_los_retos_para_2030_ONU.pdf
- Organización de las Naciones Unidas, ONU. (2019). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídrico 2019 - No dejar a nadie atrás (Unesco). Francia, 1. Retrieved from. <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>
- Ojeda, E., & Árias, R. (2018). Informe Nacional sobre la Gestión del Agua en Colombia (Tiempo Nue). Bogotá D.C, 11. <https://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23345/inco00200.pdf>

- Paredes, H., Chará, W., Castaño, D., Dueñas, S., Mueses, A., & Valdes, J. (2017). Análisis jurídico y situacional sobre el uso y conservación del agua en Popayán. *Justicia*, 22(31), 87–102. <http://www.scielo.org.co/pdf/just/n31/0124-7441-just-31-00087.pdf>
- Pérez, V., Arrieta, A., & Contreras, J. (2015). Río Cauca : la geografía económica de su área de influencia. *Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana* ; No. 225, 51-53. https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/dtser_225.pdf
- Pezij, M., Augustijn, D., Hendriks, D., & Hulscher, S. (2019). The role of evidence-based information in regional operational water management in the Netherlands. *Environmental Science and Policy*, 93(May 2018), 75–82. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901118305653?via%3Dihub>
- Pluchinotta, I., Pagano, A., Vilcan, T., Ahila, S., Kapetas, L., Maskrey, S., Krivtsov, V., Thorne, C., & Donnell, E. (2021). A participatory system dynamics model to investigate sustainable urban water management in Ebbsfleet Garden City. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670721000044?via%3Dihub>
- Pot, W. D., Dewulf, A., Biesbroek, G., & Verweij, S. (2019). What makes decisions about urban water infrastructure forward looking? A fuzzy-set qualitative comparative analysis of investment decisions in 40 Dutch municipalities. *Land Use Policy*, 82(December 2018), 781–795. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837718306215?via%3Dihub>
- Quintero, O. (2018). Las redes de política pública: un análisis de la gestión del riesgo ante inundaciones en el Valle alto del río Cauca, Colombia. <http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/59559/53234>
- Rámirez, M., Gurrero, J., & Rámirez, D. (2019). Factores determinantes en el consumo residencial de agua potable en acueductos urbanos caso de estudio ciudad de Popayán, Colombia. <https://doi.org/10.22517/23447214.22111>
- Rámirez, A., Restrepo, R., & Cardeñosa, M (1999). Índices de contaminación para caracterización de aguas continentales y vertimientos. https://www.researchgate.net/publication/317511077_INDICES_DE_CONTAMINACION_PARA_CARACTERIZACION_DE_AGUAS_CONTINENTALES_Y_VERTIMIENTOS_FORMULACIONES
- Rámirez, A., & Viña, G. (1998). *Limnología colombiana*. <https://repositorio.accefyn.org.co/handle/001/71>
- Ríos, S., Agudelo, R., & Gutiérrez, L. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236–247. <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/fnsp/article/view/26353>
- Rios, J., & Puerta, A. (2018). Determinación de la calidad de agua del río Fraile y la acequia carisucio en el área urbana del municipio de Florida - Valle mediante parámetros fisicoquímicos y biológicos, 4, 68–80. <http://revistas.sena.edu.co/index.php/rnova/article/view/2028/2252>
- Rodríguez, J., García, C., & Pardo, J. (2015). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. *Revista Tecnura*, 19(46), 149. https://www.researchgate.net/publication/324686552_Seleccion_de_tecnologias_para_el_t

ratamiento_de_aguas_residuales_municipales_Selection_of_technologies_for_municipal_wastewater_treatment

- Rodriguez, J., Serna, J., & Sánchez, J. (2016). Índices de calidad en cuerpos de agua superficiales en la planificación de Los recursos hídricos. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 8(1), 165. https://revistalogos.policia.edu.co:8443/index.php/rlct/article/view/306/pdf_1
- Rogers. B.C., Bertram. N., Gersonius. B., Gunn. A., Lowe. R., Murphy. C., Pasman. R., Radkkrishnan. M., Urich. C., Wong. T.h.T., & Nielsen. A. (2019). An interdisciplinary and catchment approach to enhancing urban flood resilience: a Melbourne case. <https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rsta.2019.0201>
- Roldán, G., & Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Editorial Universidad de Antioquia (Universida, Vol. 2). <http://www.ianas.com/docs/books/wbp14.pdf>
- Ross, A. (2018). Speeding the transition towards integrated groundwater and surface water management in Australia. *Journal of Hydrology*, 567, e1–e10. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169417300355?via%3Dihub>
- Sachs, J. (2015). *Introducción al desarrollo sostenible*. (Deusto, Ed.), La Era del Desarrollo Sostenible, Nuestro futuro está en juego: incorporemos el desarrollo sostenible a la agenda política mundial (Primera ed). España. https://www.planetadelibros.com/libros_contenido_extra/31/30978_La_era_del_desarrollo_sostenible.pdf
- Saldivar, A. (2013). Gobernanza multidimensional del agua : la Directiva Marco del Agua europea . Dificultades de su aplicación, 74–90. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S018508491371329X>
- Samboni, N., Reyes, A., & Carvajal, Y. (2011). Aplicación de los indicadores de calidad y contaminación del agua en la determinación de la oferta hídrica neta. *Ingeniería Y Competitividad*, 13(2), 49–60. <https://www.redalyc.org/pdf/2913/291323530004.pdf>
- Sánchez, M. (2019). Descontaminación del río Rímac. *Journal of Chemical Information and Modeling*. Uiversidad Nacional Federico Villareal, 47. <http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/3301/SANCHEZ%20SANCHEZ%20MIGUEL%20ANGEL-%20MAESTRIA.pdf?sequence=1>
- Sánchez, A., Vanega C., Díaz. H., Méndez. J., Blanch. A., Jofre. J., & Campos. C. (2020). Microbial indicators and molecular markers used to differentiate the source of faecal pollution in the Bogotá river (Colombia). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1438463919308144?via%3Dihub>
- Santaella, H. (2018). Los planes de ordenamiento territorial departamental: beneficios y riesgos de un instrumento clave para la ordenación de territorio en Colombia. <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/Deradm/article/view/5460/6654>
- Sátyro. Z., Farias. C., Candido. L., & Veiga. J. (2021). The relative and joint effects of rivers and urban area on a squall line in the Central Amazonia. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720357077?via%3Dihub>

- Serna, Ciro. 2016. La Oferta Natural y La Demanda Social: Un Espacio de Posibilidades Para El Desarrollo Sostenible. Un Estudio de Caso. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=243349208005>.
- Shao, M., Tang, X., Zhang, Y., & Li, W. (2006). City clusters in China: Air and surface water pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(7), 353–361. <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1890/1540-9295%282006%29004%5B0353%3ACCICAA%5D2.0.CO%3B2>
- Superintendencia De Servicios. (2015). Evaluación Integral de prestadores Empresa de Acueducto y alcantarillado de Popayán S.A. Bogotá D.C, 25. <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Acueducto%2C%20alcantarillado%20y%20aseo/Acueducto%20y%20Alcantarillado/2018/Dic/2015evaluacionintegraldeprestadoresacueductoyalcantarilladodepopayans.a.e.s.p.pdf>
- Superservicios. (2018). Evaluación integral de prestadores acueducto y alcantarillado de Popayán (E.A.E.S.P). Bogotá D.C, 27-54. Retrieved from https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Acueducto%2C%20alcantarillado%20y%20aseo/Acueducto%20y%20Alcantarillado/2018/Dic/evaluacion_integral_popayan_vf.pdf
- Sutorius, M., & Rodríguez, S. (2015). The fundamentality of the right to water in Colombia. *Revista Derecho Del Estado*, (35), 243–265. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337643091009>
- Tian, P., Wu, H., Yang, T., Jiang, F., Zhang, W., Zhu, Z., Yue, Q., Liu, M., & Xu, X. (2021). Evaluation of urban water ecological civilization: A case study of three urban agglomeration in the Yangtze river economic Belt, China. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X21000169?via%3Dihub>
- Ting, C., Chih, M., & Hwa, M. (2021). Effects of anthropogenic activities on microplastics in deposit – feeders (Diptera: Chironomidae) in an urban river of Taiwan. <https://www.nature.com/articles/s41598-020-79881-z>
- Urrea, J. (2012). Caracterización ambiental de la microcuenca del río Ejido, sector comprendido entre las comunas 7,8 y 9 de la ciudad de Popayán y formulación de lineamientos para la planificación ambiental. Universidad del Cauca. 1-51. https://www.academia.edu/9009598/CARACTERIZACIÓ_SECTOR_COMPRENDIDO_ENTRE_LAS_COMUNAS_POPAYÁN_Y_FORMULACIÓ
- Valdés, E. (2016). El Derecho Humano al agua. Una cuestión de interpretación o de reconocimiento, 3–25. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-91932016000100003&lng=es&nrm=iso
- Valdemar, H. (2018). La huella hídrica en la estructura urbana. El centro tradicional de Bogotá. *Revista Bitácora Urbano Territorial*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-791320180003000099&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Villaquirán, L. (2017). Identificación De Las Condiciones Naturales Y Antrópicas, Que Generan Riesgo Por Inundación Del Río Molino En El Municipio De Popayán-Colombia. Universidad

de Manizales, 1-86.
http://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/3051/Informe%20final%20Tesis_%20Lorena%20Villaquir%C3%A1n%20L%C3%B3pez_DESMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ziafati, A. (2021). Is Our urban water system still sustainable? A simple statistical test with complexity science insight.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030147972031673X?via%3Dihub>

Zurbruggen, C. (2010). Gobernaza: Una Mirada Desde América Latina. Public Organization Review 10 (1): 49–70. <https://doi.org/10.1007/s11115-009-0088-5>.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-76532011000200002

Anexos

Para mayor información de la investigación completa se sugiere visitar los siguientes archivos clasificados por capítulos: (Favor copiar enlace y pegar en internet).

Número Archivo Word	Resultados – información completa	Enlace (URL)
	Descargar todos los documentos de 1 a 18	https://drive.google.com/drive/folders/1rs5CxYoYLAf7joo5ITaH124xbQ_vonDb
	Documentos por Capítulo	
1	Capítulo I: Tesis	https://drive.google.com/file/d/1RXtCy8ePpwhYe4vQfxBZdvUVhe1PqpTE/view?usp=sharing
2	Capítulo II: Dimensión Social – río Ejido.	https://drive.google.com/file/d/1YfpWN1QwkN9QNZqb-1UVTdz7Ex2liiiD/view?usp=sharing
3	Capítulo II: Dimensión Social – río Molino	https://drive.google.com/file/d/12_0kFE1MEct49aswcZfr3C6EezYN2fp/view?usp=sharing
4	Capítulo II: Dimensión Social – río Cauca	https://drive.google.com/file/d/1zFb4xhRTnuP3zkUZQqESqOR23RWaPnEF/view?usp=sharing
5	Capítulo II: Análisis Dimensión Social	https://drive.google.com/file/d/1sNZC4p4Zyt1klyQLSfZCPXTSieAUEuGn/view?usp=sharing
6	Capítulo III: Dimensión Económica río Ejido	https://drive.google.com/file/d/1xwzj6LdVq9jl7ayCc4sqi67QCAMMv13U/view?usp=sharing
7	Capítulo III: Dimensión Económica río Molino	https://drive.google.com/file/d/1hCAuqA_T5enImHA1vYr4aajiKxwEkKIY/view?usp=sharing
8	Capítulo III: Dimensión Económica río Cauca	https://drive.google.com/file/d/1aFsOhzq9z_E2QrC_MW6VEeas4gdTynzu/view?usp=sharing

9	Capítulo III: Análisis Dimensión Económica	https://drive.google.com/file/d/1vXCz9toRuEC0qcCujKP2tamtojSQN5WB/view?usp=sharing
10	Capítulo IV: Dimensión ecológica río Ejido: proceso de observación, pruebas biológicas y físico químicas	https://drive.google.com/file/d/15AdeRvcSC358cCbP6SNO8E-FImvMq3Ed/view?usp=sharing
11	Capítulo IV: Dimensión ecológica río Molino: proceso de observación, pruebas biológicas y físico químicas	https://drive.google.com/file/d/12ZYQBxobcnxE-DeoWRDikV18hDNKZ9IE/view?usp=sharing
12	Capítulo IV: Dimensión ecológica río Cauca: proceso de observación, pruebas biológicas y físico químicas	https://drive.google.com/file/d/1LQ8v_RUN9Rw0H0KS8YBp910ICchFw9hB/view?usp=sharing
13	Capítulo IV: Análisis general dimensión ecológica	https://drive.google.com/file/d/1XunexTh-q5qn5FaTWIvve4xLIZ_hW7jt/view?usp=sharing
14	Capítulo V: Dimensión Política – análisis	https://drive.google.com/file/d/1mqCQlcvJHjijFmIwocogaC6GR9-6dIR/view?usp=sharing
15	Anexo formatos entrevistas	https://drive.google.com/file/d/19y4o4ld9uP2XmIGNWVTOjX25PAmHY3IT/view?usp=sharing
16	Anexo formato observación	https://drive.google.com/file/d/14kyjdWJSeNOki4YnarwpC-bt9luQv6M-/view?usp=sharing
17	Anexo proceso de sistematización	https://drive.google.com/file/d/1yAZv1Y26FixvN4y_Mo9RMM P59BZgeiMR/view?usp=sharing
18	Anexo – formatos indicadores	https://drive.google.com/file/d/1Q8D4AjZ19vIJ-RsRZPp4FH0eD0ge906g/view?usp=sharing
19	Correlación	https://drive.google.com/file/d/1MBg_CsirOZJ5pUGsoAyIFKz2n_jKJp-A/view?usp=sharing
20	EAAP	https://drive.google.com/file/d/1arsWEFFYpTU8aPgKn3qnqpfSqyqvGqI_/view?usp=sharing
21	URBASER	https://drive.google.com/file/d/1WjmYj44OsmBMjb6XnlUxWf6Of69fALar/view?usp=sharing

Fuente: elaboración propia