ESTRATEGIAS PARTICIPATIVAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE MONITOREOS DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO DAGUA, VALLE DEL CAUCA

JUAN FELIPE RÍOS MARÍN

COD 2103687

UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA

MAESTRIA EN DESARROLLO SUSTENTABLE

SANTIAGO DE CALI

ABRIL DE 2026

ESTRATEGIAS PARTICIPATIVAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE MONITOREOS DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO DAGUA, VALLE DEL CAUCA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO

DE MAGÍSTER EN DESARROLLO SUSTENTABLE CON ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

JUAN FELIPE RÍOS MARÍN

COD 2103687

DIRECTOR

ENRIQUE JAVIER PEÑA SALAMANCA Ph.D

UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA

MAESTRIA EN DESARROLLO SUSTENTABLE

SANTIAGO DE CALI

ABRIL DE 2026

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, cuya memoria honra cada línea de este trabajo, le debo el amor por el conocimiento, la disciplina y la convicción de que estudiar y preguntar siempre valen la pena. Su esfuerzo, dedicación y ejemplo en vida fueron la brújula que orientó mi camino académico y profesional, y este logro es también suyo. A mi familia, por ser un soporte permanente en los momentos de mayor exigencia, por su paciencia, comprensión y respaldo incondicional a lo largo de todo este proceso formativo.

A la cohorte de la Maestría en Desarrollo Sustentable, colectivo que se convirtió en punto de anclaje y de perseverancia en los momentos complejos del camino. A Diana Vanesa, por sus sabios consejos y aportes que fortalecieron esta investigación; a Michael y Manuel, por las largas tertulias que permitieron madurar ideas y enfoques; a Elizabeth, Juan David, María Camila, Adriana y Carlitos, por el esfuerzo compartido en campo y por el tiempo compartido en clase, que enriqueció tanto lo académico como lo humano.

Al profesor Enrique Javier Peña, por su orientación, sus valiosos aportes conceptuales y metodológicos, y por su capacidad de gestión, sin la cual esta investigación no habría alcanzado el nivel de pertinencia e impacto logrado en las comunidades periurbanas de la ciudad de Cali. Al Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA, en especial al Centro de Diseño Tecnológico Industrial, institución a la cual pertenezco y que me brindó el apoyo económico, logístico y de tiempo necesario para hacer posible la culminación de este trabajo. Al Semillero de Estudios Ambientales Locales – SEAL, porque gracias al compromiso de sus integrantes fue posible trazar la ruta para la apropiación social del conocimiento derivado de esta investigación.

A Sandra Lucía, por sus consejos oportunos, sus aportes y sus palabras de motivación que me ayudaron a mantener la claridad de rumbo y la perseverancia cuando el desgaste hacía más difícil avanzar. Finalmente, a mi alma máter, la Universidad del Valle, que ha sido la gran escuela y salvaguarda de mi vida laboral y profesional, y que nuevamente me acoge en este proyecto académico orientado a aportar, desde el desarrollo sustentable, a la transformación de nuestros territorios.

RESUMEN

La presente investigación se enmarcó en el Proyecto Macro "Investigación del recurso hídrico de las cuencas de los ríos Cauca y Dagua, Recuperación Cali, Valle del Cauca, Occidente. BPIN 2014000100031", financiado por el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías y la Universidad del Valle. Este proyecto se orienta a la implementación de estrategias participativas para el monitoreo de la calidad del agua en la cuenca alta del río Dagua, articuladas con procesos de formación de talento humano. Este estudio tuvo como propósito analizar la incidencia de los factores socioambientales en la construcción de un sistema de monitoreo participativo-junto con actores comunitarios y sectoriales- de la calidad del agua para la gestión comunitaria del recurso hídrico, integrando variables fisicoquímicas e hidrobiológicas, con el fin de aportar al control de impactos ambientales y al fortalecimiento de la gestión del recurso hídrico.

Se adoptó un enfoque mixto con un diseño de triangulación concurrente, precedido por una fase de preparación en la que se seleccionaron las comunidades participantes, se realizó una formación a sus habitantes en el programa Técnico en Promotoría y Manejo Ambiental ofertado por el SENA y se realizó el taller "Socialización de metodologías para el monitoreo de la calidad del agua en la cuenca" con actores relevantes. Posteriormente, durante el año 2023, se desarrollaron tres fases orientadas al cumplimiento de los objetivos de la investigación: (i) caracterización fisicoquímica e hidrobiológica del sistema socioecológico a través de un monitoreo ejecutado por el grupo previamente formado; (ii) identificación de actores locales y factores socioambientales mediante entrevistas cortas, talleres participativos y ejercicios de cartografía social con niños, niñas y jóvenes; y (iii) diseño de estrategias participativas para la co-construcción de un sistema comunitario de monitoreo, apoyadas por el grupo TPMA del SENA, el grupo de investigación Biología, Plantas y Microorganismos (BPM), adscrito al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología INCIMAR de la Universidad del Valle y en coordinación con instituciones locales y comunitarias.

Los resultados evidenciaron un gradiente de deterioro de la calidad del agua desde los tramos de cabecera hacia sectores de menor altitud, en el tramo de la cuenca alta del río Dagua comprendido entre el nacimiento del río Bitaco en el corregimiento de Bitaco (≈3° 36′ 42,6" N; 76° 35′ 59,8" O) y la confluencia Bitaco–Dagua a la altura de Loboguerrero (3° 45′ 36,254" N; 76° 39′ 56,585" O), incluyendo los puntos de muestreo localizados en La Cumbre–quebrada Cordobitas (3° 39′ 01" N; 76° 34′ 38" O), El Carmen (3° 31′ 44,82060" N; 76° 38′ 47,37640" O) y el casco urbano de Dagua (3° 39′ 15,13040" N; 76° 41′ 30,17540" O), así como señales tempranas de contaminación orgánica asociadas a vertimientos de aguas residuales, manejo inadecuado de residuos sólidos, uso intensivo de agroquímicos y procesos de deforestación.

El análisis de factores socioambientales y actores confirmó que estas problemáticas se expresan de manera diferenciada en cada comunidad y reflejan conflictos socioecológicos y debilidades en la gobernanza del agua. La implementación de talleres participativos, la planificación de autodiagnósticos, la entrega de kits de monitoreo y el desarrollo de un aplicativo digital permitieron articular saberes locales y conocimientos técnicos, dejando capacidad instalada para la continuidad del monitoreo participativo y ofreciendo un referente metodológico replicable para otras cuencas con problemáticas similares.

Palabras clave: *Monitoreos participativos de la calidad del agua, calidad del agua, cuenca alta del río Dagua, participación comunitaria, gobernanza*

.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 14
1.1.1. Caracterización de la cuenca del río Dagua 14
1.1.2. Normatividad relacionada con la gestión de la cuenca 16
1.1.3. Reservas Naturales de la Sociedad Civil en la cuenca del río Dagua 18
1.1.4. Problemas socioambientales identificados en la cuenca 20
1.1.5. Actividades de Agrícola Himalaya en la cuenca del río Dagua (cultivo de té Bitaco) 21
1.1.6. Gestión ambiental en la cuenca alta del río Dagua 22
1.2. JUSTIFICACIÓN 23
1.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN 24
1.4. OBJETIVOS 24
1.4.1. Objetivo general: 24
1.4.2. Objetivos específicos: 24
CAPÍTULO II. ESTADO DEL ARTE 25
2.1. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA: METODOLOGÍAS FISICOQUÍMICAS, BIOINDICADORES Y ENFOQUES MULTITÉCNICOS 25
2.2. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES: GESTIÓN DEL AGUA CON MONITOREOS DE LA CALIDAD DEL AGUA 26
2.3. MONITOREO PARTICIPATIVO: DEMOCRATIZAR LA GESTIÓN DEL AGUA 26
2.4. MARCOS SOCIO-ECOLÓGICOS E INTERDISCIPLINARIOS 28
2.5. AVANCES EN COLOMBIA Y APORTES EN LA CUENCA DEL RÍO DAGUA 28
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL 31
3.1. LOS SISTEMAS SOCIO ECOLÓGICOS: LA CUENCA DEL RÍO DAGUA COMO SISTEMA SOCIO-ECOLÓGICO 31
3.2. LA INVESTIGACIÓN ACCIÓN PARTICIPATIVA: ABORDAJE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MONITOREOS AMBIENTALES 33
3.3. INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA: HERRAMIENTAS PARA EL MONITOREO PARTICIPATIVO 34
3.4. LA GESTIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL: HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA 35
3.5. CIENCIA CIUDADANA: APORTES A LA IAP 36
3.6. LA CARTOGRAFÍA SOCIAL: HERRAMIENTA PARTICIPATIVA PARA EL ANÁLISIS Y LA GESTIÓN DEL TERRITORIO 37

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA 39
4.1. ZONA DE ESTUDIO 40
4.1.1. Bitaco 40
4.1.2. La Cumbre (cabecera y quebrada Cordobitas) 41
4.1.4. Loboguerrero (corregimiento de Dagua) 41
4.1.5. Dagua (municipio) 42
4.2. TRABAJO PREVIO REALIZADO CON EL PROYECTO MACRO 42
4.2.1. Selección de comunidades de trabajo y sus territorios 42
4.2.2. Acercamientos previos a comunidades y establecimiento del grupo objetivo 42
4.2.3. Capacitación y formación del grupo objetivo TPMA 43
4.2.4. Taller "Socialización de metodologías para el monitoreo de la calidad del agua en la cuenca" 43
4.3. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA E HIDROBIOLÓGICA 44
4.3.1. Revisión de línea base y fuentes de información 44
4.3.2. Selección de puntos de muestreo 45
4.3.3. Medición de parámetros fisicoquímicos in-situ y exsitu 46
4.3.4. Índice de Calidad del Agua: ICA 46
4.3.5. Muestreos hidrobiológicos 48
4.3.6. Macroinvertebrados (Composición, estructura y calidad del agua) 49
4.3.7. Índice biológico de calidad del agua (BMWP) 50
4.4. IDENTIFICACIÓN DE ACTORES Y FACTORES SOCIOAMBIENTALES 50
4.4.1. Identificación de actores 50
4.4.2. Identificación de factores socioambientales 51
4.4.3. Cartografía social con niños, niñas y jóvenes 53
4.5. DISEÑO DE MONITOREOS PARTICIPATIVOS DE LA CALIDAD AGUA 53
4.5.1. Identificación de soluciones locales e introducidas 54
4.5.2. Definición de acciones locales (autodiagnóstico y planificación) 55
4.5.4. Entrega de kits para mediciones in situ de parámetro fisicoquímicos e hidrobiológicos 57
CAPÍTULO V. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA E HIDROBIÓLOGICA 58
5.1. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA 61
5.1.1. Resultados de parámetros fisicoquímicos 61
5.1.2. Coliformes totales y fecales 65
5.1.2. Índice de calidad del agua (ICA) 66

5.2. MUESTREOS HIDROBIOLÓGICOS 67
5.2.1. Curva de acumulación de taxa 68
5.2.2. Índices de biodiversidad 69
5.2.3. Índice biológico de calidad del agua (BMWP) 72
5.3. CONSIDERACIONES FINALES 73
CAPÍTULO VI. ACTORES Y FACTORES SOCIOAMBIENTALES 74
6.1. MAPA DE ACTORES EN LAS CUATRO COMUNIDADES DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO DAGUA 74
6.1.1. Actores clave BIT 74
6.1.2. Actores clave LCU 75
6.1.3. Actores clave DAG 76
6.1.4. Actores clave LOB 77
6.1.5. Análisis comparativo de actores 78
6.2. ENTREVISTAS CORTAS RELACIONADAS CON LA GESTIÓN DEL AGUA Y LA CONTAMINACIÓN 79
6.2.1. Análisis de entrevistas para BIT 80
6.2.2. Análisis de entrevistas para LCU 81
6.2.3. Análisis de entrevistas para DAG 82
6.2.4. Análisis de entrevistas para LOB 83
6.2.5. Análisis comparativo de las entrevista y pautas seleccionadas como insumos para el taller “Problemas y soluciones de la calidad del agua” 84
6.3. TALLER “PROBLEMAS Y SOLUCIONES DE LA CALIDAD DEL AGUA”: PRIORIZACIÓN DE PROBLEMAS 84
6.3.1. Cabecera Municipal (La Cumbre)-LCU 86
6.3.2. Corregimiento Bitaco (La Cumbre)-BIT 87
6.3.3. Corregimiento Loboguerrero (Dagua)-LOB 89
6.3.4. Centro Poblado (Dagua)-DAG 90
6.4. CARTOGRAFÍA SOCIAL CON NIÑOS Y JÓVENES 91
6.4.1. Cartografía social LCU: estudiantes de grados 6° y 7° IE Simón Bolívar 91
6.4.2. Cartografía social BIT: estudiantes de grados 3° y 4° IE La Libertad 96
6.5. CONSIDERACIONES FINALES 102
CAPITULO VII. DISEÑO PARTICIPATIVO DE MONITOREO DE LA CALIDAD AGUA 104
7.1. TALLER “PROBLEMAS Y SOLUCIONES DE LA CALIDAD DEL AGUA”: IDENTIFICACIÓN DE SOLUCIONES LOCALES E INTRODUCIDAS 104

7.1.1. Cabecera Municipal (La Cumbre)-LCU 104
7.1.2. Corregimiento Bitaco (La Cumbre)-BIT 105
7.1.3. Corregimiento Loboguerrero (Dagua)-LOB 107
7.1.4. Centro Poblado (Dagua)-DAG 108
7.2. TALLER "PROBLEMAS Y SOLUCIONES DE LA CALIDAD DEL AGUA": ACCIONES LOCALES (AUTODIAGNÓSTICO Y PLANIFICACIÓN) 108
7.2.1. Cabecera Municipal (La Cumbre) 109
7.2.2. Corregimiento Bitaco (La Cumbre)-BIT 110
7.2.3. Corregimiento Loboguerrero (Dagua)-LOB 112
7.2.4. Centro Poblado (Dagua)-DAG 113
7.3. ENTREGA DE KITS Y CAPACITACIONES EN EL MARCO DEL PROYECTO DE MONITOREO PARTICIPATIVO DEL AGUA 114
7.4. CONSIDERACIONES FINALES 118
CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES 119
CAPÍTULO IX. RECOMENDACIONES 121
9.1. PARA LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO DAGUA 121
9.1.1. Anclar el sistema de monitoreo participativo a decisiones concretas de gestión del agua 121
9.1.2. Priorizar zonas de amortiguación y conservación en función del gradiente de calidad 121
9.1.3. Diseñar estrategias diferenciales por comunidad según tensores socioambientales .. 121
9.2. PARA EL FORTALECIMIENTO DEL MONITOREO PARTICIPATIVO Y LA GOBERNANZA COMUNITARIA 121
9.2.1. Consolidar instancias locales de gobernanza del monitoreo 121
9.2.2. Garantizar la sostenibilidad técnica y financiera del sistema diseñado 122
9.2.3. Reorientar la educación ambiental con base en las percepciones y vacíos identificados 122
9.3. PARA FUTURAS INVESTIGACIONES 122
9.3.1. Profundizar en la dimensión temporal y en nuevos contaminantes 122
9.3.2. Evaluar los impactos sociales y políticos del monitoreo participativo en la gobernanza del agua 122
4.1.3. El Carmen (municipio de Dagua) 123
REFERENCIAS 124
ANEXOS 135

ANEXO A. Reporte de taller “Socialización de metodologías para el monitoreo de la calidad del agua en la cuenca” 135
ANEXO B. Reporte de muestreos para análisis fisicoquímicos e hidrobiológicos 138
Monitoreo de la calidad del agua en el casco urbano de Bitaco (mayo 8 de 2023) 138
Monitoreo de la calidad del agua en el casco urbano de El Carmen (mayo 16 de 2023)..... 140
Monitoreo de la calidad del agua en el casco urbano de Dagua (mayo 23 de 2023) 141
Monitoreo de la calidad del agua en el casco urbano de Loboguerrero (junio 6 de 2023)..... 143
Monitoreo de la calidad del agua en el casco urbano de la Cumbre (junio 27 de 2023)..... 145
ANEXO C. Formato de entrevista y compilación general 147
ANEXO D. Reporte de taller “Problemas y soluciones de la calidad del agua”..... 150
ANEXO E. El kit para medición de la calidad del agua 155
Recolección de muestra..... 155
Medición de las Bacterias coliformes 156
Desecho de los análisis de los coliformes 157
Procedimiento de oxígeno disuelto 157
Procedimiento para calcular el porcentaje de saturación 158
Procedimiento para calcular la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) 159
Procedimiento para calcular nitratos 159
Procedimiento para calcular pH 160
Procedimiento para calcular fosfatos 161
Procedimiento para calcular la temperatura 162
Procedimiento para calcular la turbidez 163
ANEXO F. Reporte de entrega de los kits de monitoreo de la calidad del agua a las diferentes comunidades de la cuenca del Río Dagua 164
ANEXO G. Listado de macroinvertebrados recolectados y su clasificación taxonómica, identificados principalmente a nivel de género en los cinco puntos 167

INDÍCE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema general de estrategia metodológica 39
Figura 2. Mapa de la cuenca del río Dagua 40
Figura 3. Indicadores de sustentabilidad local 43
Figura 4. Puntos de monitoreo cuenca hidrográfica de río Dagua 45
Figura 5. Ejemplo de Matriz de Priorización de Problemas 52
Figura 6. Matriz de identificación de soluciones locales 55
Figura 7. Ejemplo de autodiagnóstico y análisis de campo de soluciones locales 56
Figura 8. Fotografías del muestreo en el casco Urbano de Bitaco 58
Figura 9. Fotografías del muestreo en el casco urbano de El Carmen 59
Figura 10. Fotografías del muestreo en el casco urbano de Dagua 59
Figura 11. Fotografías del muestreo en el casco urbano de Loboguerrero 60
Figura 12. Fotografías del muestreo en el casco urbano de La Cumbre 60
Figura 13. Curva de acumulación de taxa basada en el esfuerzo de muestreo, con la riqueza observada y los estimadores Chao1 y ACE. 68
Figura 14. Variación espacial de la riqueza específica (Margalef) y del índice de diversidad de Shannon-Weaver (H') en las cinco estaciones de muestreo 69
Figura 15. Variación espacial de la dominancia de Simpson (D) y del índice de diversidad de Shannon-Weaver (H') en las cinco estaciones de muestreo. 70
Figura 16. Dendrograma de agrupamiento jerárquico de las estaciones de muestreo a partir del índice de similitud de Jaccard. 72
Figura 17. Fotografías de la contextualización del taller participativo Problemas y Soluciones de la calidad del agua 85
Figura 18. Reporte fotográfico taller LCU-agosto 17/2023 86
Figura 19. Registro fotográfico de taller BIT-agosto 18 de 2023 88
Figura 20. Registro fotográfico de taller LOB-agosto 19 de 2023 89
Figura 21. Registro fotográfico de taller DAG-septiembre 9 de 2023 91
Figura 22. Registro fotográfico durante la actividad de cartografía social con estudiantes de la IE Simón Bolívar-LCU 92
Figura 23. Registro fotográfico de cartografía social grado sexto de grupo #1-IE Simón Bolívar 93
Figura 24. Registro fotográfico de cartografía social grado sexto de grupo #2-IE Simón Bolívar 93
Figura 25. Registro fotográfico de cartografía social grado sexto de grupo #3-IE Simón Bolívar 94
Figura 26. Registro fotográfico de cartografía social grado sexto de grupo #4-IE Simón Bolívar 94
Figura 27. Registro fotográfico de cartografía social grado séptimo de grupo #1-IE Simón Bolívar 95
Figura 28. Registro fotográfico de cartografía social grado séptimo de grupo #2-IE Simón Bolívar 95
Figura 29. Registro fotográfico de cartografía social grado séptimo de grupo #3-IE Simón Bolívar 96
Figura 30. Registro fotográfico durante la actividad de cartografía social con estudiantes de la IE La Libertad-BIT 97
Figura 31. Registro fotográfico de cartografía social grupo #1-IE La Libertad 98
Figura 32. Registro fotográfico de cartografía social grupo #2-IE La Libertad 99
Figura 33. Registro fotográfico de cartografía social grupo #3-IE La Libertad 99
Figura 34. Registro fotográfico de cartografía social grupo #4-IE La Libertad 100
Figura 35. Registro fotográfico de cartografía social grupo #5-IE La Libertad 100
Figura 36. Registro fotográfico de cartografía social grupo #6-IE La Libertad 101

Figura 37. Registro fotográfico de cartografía social grupo #7-IE La Libertad 102
Figura 38. Reporte fotográfico taller LCU-septiembre 5/2023 105
Figura 39.Reporte fotográfico taller BIT-agosto 18/2023 106
Figura 40. Registro fotográfico de taller LOB-agosto 19 de 2023 107
Figura 41. Rregistro fotográfico de taller DAG-septiembre 9 de 2023 108
Figura 42. Reporte fotográfico taller LCU-agosto 17/2023 109
Figura 43. Registro fotográfico de taller BIT-agosto 18 de 2023 111
Figura 44. Registro fotográfico de taller LOB-agosto 19 de 2023 112
Figura 45. Registro fotográfico de taller DAG-septiembre 9 de 2023 114
Figura 46. Entrega de kit y capacitación del Sistema de monitoreo participativo en Córdoba-LCU 115
Figura 47. Entrega de kit y capacitación del Sistema de monitoreo participativo en LOB 115
Figura 48. Entrega de kit y capacitación del Sistema de monitoreo participativo en BIT 116
Figura 49. Entrega del aplicativo y la socialización en CAR 117
Figura 50. Entrega del aplicativo y el kit de monitoreo de la calidad del agua en DAG 117
Figura 51. Mapa de localización de los puntos de muestreos en el corregimiento de Bitaco 139
Figura 52. Puntos de muestreo río Dagua 142
Figura 53. Localización del centro poblado del corregimiento de Loboguerrero 144
Figura 54. Localización del municipio La Cumbre Valle del Cauca 146
Figura 55. Localización del área de Estudio de la Quebrada cordobitas 146
Figura 56 Kit de monitoreo de calidad de agua 155
Figura 57 Proceso de recolección de muestras 156
Figura 58 Procedimiento de recogida para análisis en ríos 156
Figura 59 Procedimiento para bacterias coliformes 157
Figura 60 Como desechar los análisis de los coliformes 157
Figura 61 Procedimiento para la recolección de datos del oxígeno disuelto 158
Figura 62 Procedimiento para la toma de datos oxígeno disuelto 158
Figura 63 Procedimiento para calcular la saturación 159
Figura 64 Procedimiento para calcular DBO 159
Figura 65 Procedimiento para calcular Nitratos 160
Figura 66 Procedimiento para calcular pH 161
Figura 67 Procedimiento para calcular Fosfatos 161
Figura 68 Procedimiento para calcular la temperatura 162
Figura 69 Procedimiento para calcula la temperatura 162
Figura 70. Procedimiento para calcular la turbidez 163

INDÍCE DE TABLAS

Tabla 1.Normatividad asociada con la cuenca del río Dagua 16
Tabla 2. Coordenadas de puntos de muestreo 46
Tabla 3. Variables involucradas en el cálculo del ICA 47
Tabla 4. Categorías calidad del agua 47
Tabla 5. Coordenadas de puntos de muestreo y sus réplicas 61
Tabla 6. Resultados de parámetros fisicoquímicos con la sonda multiparamétrica HANNA HI 9829 62
Tabla 7. Tipos de medio de acuerdo a valores de ORP 63
Tabla 8. Valores de coliformes totales y fecales en cada punto de muestreo 65
Tabla 9. Valores de ICA calculados para cada punto 66
Tabla 10. Riqueza de taxa observada (“Reales”) y estimada mediante los predictores Chao1 y ACE para cada unidad de muestreo, y efectividad del muestreo. 68
Tabla 11. Riqueza de taxa, abundancia e índices de diversidad alfa de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreo CAR, DAG, BIT, LOB y LCU en el río Dagua. 69
Tabla 12. Matriz de similitud de Jaccard basada en presencia/ausencia de taxa de macroinvertebrados acuáticos entre las estaciones CAR, DAG, BIT, LOB y LCU en el río Dagua. 71
Tabla 13. Valores del índice BMWP/Univalle y ASPT para las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en las cinco estaciones de muestreo del río Dagua. 72
Tabla 14. Mapa de actores para el corregimiento de Bitaco. 75
Tabla 15. Mapa de actores para el municipio de La Cumbre 75
Tabla 16. Mapa de actores para el casco urbano del municipio de Dagua 76
Tabla 17. Mapa de actores para el casco urbano del corregimiento de Loboguerrero 77
Tabla 18. Análisis Comparativo de los Mapas de Actores en la Cuenca Alta del Río Dagua 78
Tabla 19. Categorías de análisis y preguntas asociadas 79
Tabla 20. Matriz de priorización de problemas LCU 87
Tabla 21. Matriz de priorización de problemas BIT 88
Tabla 22. Matriz de priorización de problemas LOB 90
Tabla 23. Información compilada relativa a problemas, acciones, responsables e instrumentos con la comunidad de LCU 109
Tabla 24. Información compilada relativa a problemas, acciones, responsables e instrumentos con la comunidad de BIT 111
Tabla 25. Información compilada relativa a problemas, acciones, responsables e instrumentos con la comunidad de LOB 113
Tabla 26. Información compilada relativa a problemas, acciones, responsables e instrumentos con la comunidad de DAG 113
Tabla 27. Reporte de taller “Socialización de metodologías para el monitoreo de la calidad del agua en la cuenca” para LOB 135
Tabla 28. Reporte de taller “Socialización de metodologías para el monitoreo de la calidad del agua en la cuenca” para DAG 135
Tabla 29. Reporte de taller “Socialización de metodologías para el monitoreo de la calidad del agua en la cuenca” para CAR 136
Tabla 30. Reporte de taller “Socialización de metodologías para el monitoreo de la calidad del agua en la cuenca” para LCU 137
Tabla 31 Listado de participantes del monitoreo participativo, realizado en el casco urbano de Bitaco .. 138

Tabla 32. Listado de participantes del monitoreo participativo, realizado en el casco urbano de El Carmen. 140
Tabla 33 Listado de participantes del monitoreo participativo, realizado en el casco urbano de Dagua.. 141
Tabla 34. Listado de participantes del monitoreo participativo, realizado en el casco urbano de Loboguerrero..... 143
Tabla 35 Listado de participantes del monitoreo participativo, realizado en el casco urbano de La Cumbre. 145
Tabla 36. Número de entrevistados y roles..... 148
Tabla 37.Generalidades de taller en Casco Urbano de La Cumbre 150
Tabla 38. Generalidades de taller en Corregimiento de Bitaco 151
Tabla 39.Generalidades de taller en corregimiento de Loboguerrero..... 152
Tabla 40. Generalidades de taller en Casco Urbano de Dagua 153
Tabla 41. Reporte de entrega de kit comunidad de LOB..... 164
Tabla 42.Reporte de entrega de kit comunidad de CAR..... 164
Tabla 43. Reporte de entrega de kit comunidad de DAG 165
Tabla 44. Reporte de entrega de kit comunidad de BIT 165
Tabla 45. Listado de macroinvertebrados recolectados en los cinco puntos de muestreo e identificados principalmente a nivel de género 167

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La palabra *desarrollo* tuvo sus inicios en la aplicación de políticas económicas que buscaron solucionar la situación de pobreza y atraso tecnológico consecuencia de la segunda guerra mundial. El respeto por el medio ambiente y su conservación no fue incluido en el discurso, dada la presunción de que no tenía otro fin que su explotación para mejorar la calidad de vida del ser humano (Gutiérrez, 2018). Es así como a principios de los años ochenta inicia el Neoliberalismo, el cual promulga la modernidad, el crecimiento económico permanente con el uso de los combustibles fósiles y su consumo masivo, trazando el curso hacia un nuevo conocimiento en la tecnificación, donde estableció a su vez, un nuevo modelo de libre mercado en el que la competencia y la preocupación por la inflación se establecen como metas esenciales (Gutiérrez, 2018).

De manera consecuente, en 1987 fue publicado el Informe Brundtland para las Naciones Unidas el cual intenta contrastar-pero termina complementando- la postura del desarrollo económico que primaba en la época junto con el de sostenibilidad ambiental y aparece por primera vez el concepto de *Desarrollo Sostenible*, donde se destaca la necesidad de seguir satisfaciendo nuestras necesidades, sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras. Riechmann en su publicación denominada "Sobre sustentabilidad y desarrollo sostenible. El Mundo que queremos", identifica que en el informe se persigue la mejora de la condición humana y reducir el impacto ambiental de las actividades de manera que no se sobrepase los límites naturales (Riechmann, 2016).

Sin embargo, Escobar (1995) afirma que el informe de Brundtland "asume la existencia de una cultura económica dada" y ponerla en duda "supondría dudar de la modernidad misma" (p. 8). Es decir, advierte que este informe se apoya en una racionalidad económica moderna que no se cuestiona; así, el "desarrollo sostenible" puede operar como una actualización del mismo proyecto desarrollista -ahora con retórica ambiental- que prioriza la expansión del mercado y la tecnificación del territorio. Bajo esta lógica, la naturaleza se concibe como un capital a gestionar para sostener la acumulación, y no como una trama socio-ecológica con límites materiales y éticos a la intervención humana.

A continuación, se expondrá como en la cuenca del río Dagua este tipo de tensiones se vuelven tangibles: la expansión agropecuaria intensiva en la parte alta, la extracción minera y la oferta de servicios recreativos han reconfigurado los usos del suelo, presionado los caudales y degradando la calidad del agua mediante agroquímicos y vertimientos sin tratamiento. Aun con marcos de política, la implementación ha sido desigual y con baja participación comunitaria, lo que mantiene una gestión del agua funcional al crecimiento económico más que a la sustentabilidad del socio-ecosistema. De ahí la necesidad de situar el debate del desarrollo en las prácticas concretas de la cuenca y proponer estrategias participativas para reorientar la gestión del bien hídrico hacia límites ecológicos y justicia hídrica.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. Caracterización de la cuenca del río Dagua

La cuenca alta del río Dagua se localiza en la vertiente pacífica de la Cordillera Occidental (Valle del Cauca) y presenta un relieve montañoso, pendientes fuertes y respuesta hidrológica rápida a la lluvia; el gradiente climático está influido por la cercanía al Pacífico, con zonas relativamente más secas en sectores altos y muy húmedas hacia el occidente. Estas condiciones, sumadas a la cobertura edáfica somera, favorecen

procesos de erosión hídrica y movimientos en masa que condicionan el uso del suelo y la accesibilidad territorial (CVC, 2017; CIAT, CGIAR, CVC, 2015).

Los suelos en laderas son delgados, de baja fertilidad y alta susceptibilidad a la erosión; por ello, la vocación protectora de la cuenca exige mantener coberturas forestales continuas, especialmente en nacederos y rondas de quebradas. Debido a esto, la planificación regional ha reconocido la necesidad de ajustar usos del suelo a esta fragilidad y de establecer metas de calidad para el recurso hídrico a fin de sostener los servicios ecosistémicos y el abastecimiento rural (CVC, 2014). De acuerdo con el estudio de tipología del suelo realizado en la investigación de Aguirre et al. (2017), se identificaron tres tipos en esta cuenca: los paisajes culturales o antropogénicos, los paisajes antroponaturales y los paisajes naturales.

En términos bióticos, la cuenca alberga ecosistemas de bosque húmedo subandino y enclaves subxerofíticos de alto valor de conservación. La CVC declaró el Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) El Chilcal para proteger remanentes de bosque seco montano y su biodiversidad asociada, donde señala la existencia de suelos muy superficiales y pendientes escarpadas que requieren de una cobertura permanente (CVC, 2015). La diversidad de flora y fauna es alta por el gradiente altitudinal y la pertenencia al Chocó biogeográfico; no obstante, la deforestación y la presión antrópica han fragmentado hábitats y reducido la calidad ambiental en varios tramos. Estudios y reportes técnicos resaltan que restaurar la conectividad ribereña y controlar tensores (como sedimentos, cargas orgánicas y demás) son prioridades para sostener la biota acuática y terrestre (IDEAM, 2022; CVC, 2014)

El contexto sociocultural combina población campesina mestiza y comunidades negras organizadas en consejos comunitarios, con economías de pequeña escala (agricultura, ganadería y oficios locales). El ordenamiento municipal reconoce la centralidad del río en la estructura ecológica y la necesidad de proteger rondas y microcuencas abastecedoras; Por su parte, los diagnósticos locales subrayan brechas en saneamiento básico rural y gestión de residuos, que inciden en la calidad del agua (Alcadía Municipio Dagua, 2009; Aguirre, Et al., 2021).

Con base en el trabajo realizado por el Departamento Administrativo de Planeación de la Gobernación del Valle del Cauca (Departamento Administrativo de Planeación de la Gobernación del Valle del Cauca, 2013), se identificó que en la cuenca se desarrollan actividades principalmente de tipo extractivo y de servicios, en el primer grupo se encuentran las actividades agrícolas, pecuarias y de minería sea para la extracción de material para la construcción de las principales vías que surcan esta región, como actividades de minería aurífera que se dan principalmente en la cuenca baja; En el segundo tipo de actividades se encuentran la recreación con toda la infraestructura de balnearios y centros recreativos en la zona de centros poblados y periurbanos con fácil acceso por las vías principales.

Finalmente, el Plan de Ordenamiento Territorial Dagua Valle del Cauca 2001-2009, identifica en la parte alta de la cuenca cultivos permanentes de Piña, Aguacate, Café, Plátano y Caña Panelera, además de cultivos transitorios constituidos principalmente por hortalizas y frutales, y de una manera muy representativa las actividades pecuarias ocupan 13,576 Has correspondientes al 37,7% del territorio de la zona alta con prácticas de ganadería extensiva y la construcción de grandes galpones y porcícolas (Alcadía Municipio Dagua, 2009).

1.1.2. Normatividad relacionada con la gestión de la cuenca

La gestión de la cuenca del río Dagua se encuentra enmarcada en un robusto andamiaje normativo que integra disposiciones de nivel nacional, regional y local (ver tabla 1). En la escala nacional, la Constitución Política de 1991, el Código Nacional de Recursos Naturales (Decreto Ley 2811 de 1974) y la Ley 99 de 1993 sientan las bases para la protección ambiental y la organización del Sistema Nacional Ambiental (SINA). Estos instrumentos se complementan con decretos específicos como el 1541 de 1978 y el Decreto Único 1076 de 2015, que reglamentan el uso, la concesión y los vertimientos de aguas.

Tabla 1.Normatividad asociada con la cuenca del río Dagua

Norma / Instrumento	Escala	Principales aportes a la gestión de la cuenca
Constitución Política de 1991 (Art. 79 y 80)	Nacional	Derecho a un ambiente sano y deber estatal de planificar el manejo de recursos naturales.
Decreto Ley 2811 de 1974 – Código Nacional de Recursos Naturales	Nacional	Conservación de aguas, rondas hídricas y permisos para usos del agua.
Decreto 1541 de 1978	Nacional	Reglamenta concesiones de agua superficial y establece restricciones de uso.
Ley 99 de 1993	Nacional	Crea el SINA y las CAR (CVC) con funciones de ordenamiento de cuencas y gestión ambiental.
Decreto 1729 de 2002 / Decreto Único 1076 de 2015	Nacional	Reglamenta la formulación de los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas (POMCA).
Ley 373 de 1997	Nacional	Obligó a municipios a formular Planes de Uso Eficiente y Ahorro de Agua (PUEAA).
CONPES 3918 de 2018 – Política Nacional de Gestión Integral del Recurso Hídrico	Nacional	Lineamientos para conservación, uso eficiente del agua y gobernanza por cuencas.
Ley 70 de 1993	Nacional	Reconoce a Consejos Comunitarios derechos sobre manejo de recursos y gestión ambiental.
Ley 21 de 1991 (Convenio 169 OIT)	Nacional	Garantiza la consulta previa a comunidades étnicas en proyectos que afecten su territorio.
Ley 1523 de 2012	Nacional	Incorpora la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial.
Resolución 2115 de 2007	Nacional	Define estándares de calidad del agua potable.
Decreto 1076 de 2015 (compila Decreto 1594/84)	Nacional	Regula vertimientos y parámetros de calidad del agua.
Ley 2ª de 1959	Nacional	Declara la Reserva Forestal Protectora de la Costa Pacífica, que incluye la cuenca del Dagua.
Resolución CVC 0100-0076 de 2014	Regional	Establece Objetivos de Calidad del río Dagua por tramos y parámetros.
Acuerdo CVC 073 de 2015	Regional	Declara el DRMI El Chilcal en la cuenca alta para proteger ecosistemas secos.
Resolución CVC 0660-0287 de 2017	Regional	Ordenación del río Bitaco, afluente estratégico de la cuenca alta.
Ordenanza 010 de 2018 – Asamblea Departamental Valle	Regional	Adopta el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Territorial (PIGCCT).
Unidad Ambiental Costera (UAC) Málaga–Buenaventura	Regional	Articula la cuenca del Dagua con el manejo costero y la bahía de Buenaventura.
Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) Dagua 2001–2009	Local	Reconoce rondas hídricas, áreas de riesgo y vocación forestal protectora en la cuenca alta.
Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) – Municipio de Dagua	Local	Define estrategias de recolección y disposición de residuos que afectan la cuenca.
Ley 142 de 1994 (Servicios Públicos)	Local	Obliga a garantizar acueducto y alcantarillado, incluyendo acueductos veredales comunitarios.

Nota. Elaboración propia

Asimismo, la Ley 373 de 1997 y la Política Nacional de Gestión Integral del Recurso Hídrico (CONPES 3918 de 2018) buscaron garantizar el uso eficiente y sostenible del recurso. Esta última, con vigencia hasta 2022, se puede considerar un esfuerzo relevante por reglamentar el uso de los ecosistemas acuáticos. En dicha política se estableció como objetivo garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico mediante una gestión y uso eficientes y eficaces, articulados al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social, e implementando procesos de participación equitativa e incluyente (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). Sin embargo, problemáticas como la deficiencia en la información, la débil capacidad institucional, las dificultades en la articulación con otras normatividades y la baja participación de las comunidades en la formulación de los proyectos terminaron por supeditar esta política a los objetivos desarrollistas del movimiento neoliberal.

De manera más específica, el marco nacional incorpora obligaciones directas en materia de monitoreo ambiental y, en particular, del recurso hídrico. La Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico define entre sus metas la formulación e implementación del Programa Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico (PNMRH) y el fortalecimiento de una red nacional de monitoreo de cantidad y calidad del agua, articulada con el Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH) (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). En desarrollo de estos lineamientos, el Decreto 1076 de 2015 consolida la obligación de que las autoridades ambientales diseñen y ejecuten programas de monitoreo sobre las principales fuentes hídricas, incluyendo una batería mínima de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que deben medirse y reportarse de manera periódica. Este esquema se complementa con resoluciones sectoriales, como la Resolución 2115 de 2007, que establece las características y frecuencias del control de la calidad del agua para consumo humano, y la Resolución 0631 de 2015, que fija parámetros y frecuencias de monitoreo para vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y sistemas de alcantarillado, haciendo del monitoreo una condición obligatoria para los usuarios del recurso y los prestadores de servicios públicos.

Operativamente, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) ha consolidado el Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua, en el cual se estandarizan métodos de medición, criterios de calidad de datos y procedimientos de reporte para redes oficiales y programas regionales. Este documento se ha convertido en referente técnico para las autoridades ambientales, los prestadores de servicios y los proyectos de monitoreo comunitario, ya que orienta la selección de puntos de muestreo, la periodicidad de las campañas y los parámetros necesarios para evaluar el estado de las corrientes superficiales y otros cuerpos de agua (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM., 2004).

En el caso de humedales y otros ecosistemas estratégicos asociados a la cuenca del río Dagua, la Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia destaca la importancia de contar con inventarios actualizados y sistemas de monitoreo que permitan evaluar el estado ecológico, la pérdida de hábitat y las presiones antrópicas, como insumo para la priorización de sitios y la formulación de planes de manejo (Ministerio del Medio Ambiente, 2002). Estos lineamientos son retomados por los instrumentos de planificación por cuencas, como los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) y los denominados Planes de Uso y Manejo de Cuencas Hidrográficas (PUNCH), que en sus componentes de seguimiento exigen la definición de indicadores, líneas base e instancias responsables del monitoreo. De esta forma, se abre la posibilidad de articular redes oficiales, monitoreos sectoriales y estrategias

participativas impulsadas por comunidades locales y organizaciones de base, reconociendo el valor del conocimiento situado para la gestión adaptativa del recurso hídrico.

Por otra parte, el marco jurídico también contempla los derechos colectivos de comunidades étnicas mediante la Ley 70 de 1993 y la Ley 21 de 1991, que aseguran el reconocimiento de Consejos Comunitarios y el derecho a la consulta previa. A ello se le suma la Ley 1523 de 2012, que integra la gestión del riesgo en la planificación territorial, y resoluciones como la 2115 de 2007 que establecen parámetros de calidad del agua potable.

En el plano regional, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) juega un rol fundamental. Además de liderar la formulación del POMCA del río Dagua, ha expedido instrumentos claves como la Resolución 0100-0076 de 2014, que define objetivos de calidad por tramos, y el Acuerdo 073 de 2015, mediante el cual se declaró el Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) El Chilcal. Igualmente, la Resolución 0660-0287 de 2017 reguló el uso del río Bitaco, afluente estratégico de la cuenca. De manera complementaria, la Ordenanza 010 de 2018 de la Asamblea Departamental incorporó la cuenca en el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Territorial, mientras que la Unidad Ambiental Costera (UAC) Málaga–Buenaventura la articula con la planificación costera.

A nivel local, el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) del municipio de Dagua (2001–2009) reconoce la importancia de las rondas hídricas y zonas de protección ambiental. El municipio también cuenta con un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) y debe cumplir la Ley 142 de 1994 sobre servicios públicos, que regula el funcionamiento de acueductos veredales comunitarios.

De esta manera, el marco normativo de la cuenca alta del río Dagua refleja una interrelación multiescalar de políticas e instrumentos, que van desde la protección de los ecosistemas y la planificación de usos del suelo hasta el reconocimiento de los derechos comunitarios. Al mismo tiempo, configura obligaciones concretas de monitoreo de la calidad del agua y de los ecosistemas asociados, cuyo cumplimiento efectivo depende de la voluntad de los actores presentes en el territorio, la articulación interinstitucional para una ejecución real de las normativas y la participación constante y significativa de las comunidades locales en la gestión ambiental; aspectos que, en la práctica, se mantienen debilitados y ambiguos en este contexto.

1.1.3. Reservas Naturales de la Sociedad Civil en la cuenca del río Dagua

La cuenca del río Dagua actualmente cuenta con numerosas Reservas Naturales de la Sociedad Civil (RNSC) establecidas por propietarios privados y comunidades locales para conservar ecosistemas estratégicos y fuentes hídricas. Estas reservas voluntarias están reconocidas legalmente como áreas protegidas privadas en Colombia, contribuyendo a la conectividad ecológica y a la protección de la biodiversidad. Desde el año 2004 la organización ambiental CORFOPAL (Corporación Ambiental y Forestal del Pacífico) ha apoyado la creación y registro de RNSC en esta cuenca, alcanzando a la fecha 36 reservas registradas que protegen unas 2.038 hectáreas de bosques y ecosistemas estratégicos (CORFOPAL, 2025). Los objetivos de conservación de estas reservas incluyen la preservación de bosques de niebla andinos en la parte alta de la cuenca (fuentes de agua importantes) y de bosques secos tropicales en la parte media, ambos altamente amenazados pero vitales para la regulación hídrica regional.

Entre los ejemplos destacados se encuentra la Reserva Natural San Antonio, ubicada en el corregimiento El Carmen (Km 18, cuenca alta del Dagua). Esta reserva protege bosque nublado que alberga especies endémicas y cumple un papel clave en la recarga de acuíferos y nacimiento de quebradas. La reserva surgió

con el interés de conservar la rana endémica *Strabomantis ruizi* (conocida como rana duende de Ruíz) y otras especies únicas de la cordillera Occidental (Biodiversa-Corporación para la gestión ambiental, 2025). Sus objetivos de conservación abarcan la protección de biodiversidad (mamíferos como puma, ocelote, armadillo; aves poco comunes; anfibios amenazados) y la protección del agua que provee a acueductos rurales. Actores como la Corporación Biodiversa, en alianza con el Fondo Acción y el programa Conserva Aves, han trabajado con la comunidad de San Antonio para proponer la declaratoria de un área protegida municipal que ampare varias RNSC contiguas en esta zona, proceso que ha sido participativo y pedagógico, involucrando a habitantes locales, autoridades (Alcaldía de Dagua, Concejo Municipal) y la autoridad ambiental regional (CVC) mediante espacios de diálogo y campañas como "Canto a la Biodiversidad", que resaltan el valor del bosque y el agua para la comunidad (Biodiversa-Corporación para la gestión ambiental, 2025).

En la parte media de la cuenca, alrededor del corregimiento Atuncela (municipio de Dagua), se concentra un enclave subxérico (bosque seco) identificado como Área Clave de Biodiversidad (KBA) Enclave Seco del río Dagua (Patrimonio Natural ORG, 2024). Allí también se han establecido varias RNSC de propiedad comunitaria y privada con el fin de preservar este ecosistema único de matorrales secos en las estribaciones andinas. CORFOPAL ha liderado un proyecto, con financiación del Fondo de Alianzas para Ecosistemas Críticos (CEPF) y socios como Patrimonio Natural, American Bird Conservancy y Rainforest Trust, para fortalecer la gestión y gobernanza de este enclave seco y ampliar las áreas protegidas existentes. En 2007 se declaró el Distrito Regional de Manejo Integrado Enclave Subxerofítico de Atuncela (DRMI-ES Atuncela) con 1.011 hectáreas, y hoy se busca ampliar la zona protegida en ~1.317 ha adicionales. Las RNSC en Atuncela (por ejemplo, la reserva El Tesoro) trabajan articuladamente bajo un Comité de Comanejo creado en 2023, en el que participan 9 organizaciones comunitarias locales, la CVC y la Alcaldía de Dagua, como instancia de gobernanza conjunta. Este comité ha formulado un reglamento interno y plan de acción, y ha impulsado iniciativas productivas sostenibles. Los propietarios de reservas implementaron sistemas agroforestales en 5 hectáreas de sus fincas para diversificar cultivos con menor impacto (por ejemplo, siembras de cítricos y plátano bajo sombra) a la vez que restauran la cobertura boscosa (Patrimonio Natural ORG, 2024).

En cuanto a relación con la gestión del agua y monitoreo ambiental, las reservas de Atuncela juegan un papel crucial. Este enclave seco sufre escasez hídrica, por lo que se han introducido tecnologías como cosechadores de agua de lluvia y "atrapanieblas" para suplir las necesidades de riego y consumo. En 2023 se instalaron cinco sistemas de captación de agua (paneles de malla que condensan la neblina y canalizan el agua a tanques) como medida de adaptación al cambio climático, reduciendo la presión sobre quebradas locales (Patrimonio Natural ORG, 2024). Adicionalmente, la comunidad local ha sido capacitada en monitoreo de fauna indicadora: talleres participativos enseñaron a jóvenes y adultos a identificar y hacer seguimiento de la rana Strabomantis ruizi, cuya presencia es un indicador de la salud del ecosistema seco. Este esfuerzo de ciencia ciudadana no solo genera datos para la conservación, sino que sensibiliza a la comunidad sobre la importancia del recurso hídrico y la biodiversidad asociada

Las RNSC de la cuenca del Dagua (tanto en bosques húmedos altos como en enclaves secos) tienen objetivos de conservar la biodiversidad local y proteger las fuentes de agua. Sus actores incluyen familias campesinas, juntas de acción comunal, ONG ambientales (CORFOPAL, Biodiversa, Fundación Natura, etc.), entidades estatales (CVC, alcaldías) y cooperantes internacionales. Donde gracias a estas alianzas, las reservas se han convertido en "laboratorios" de gestión territorial participativa, donde la comunidad implementa prácticas como reforestación, agroecología, monitoreo de flora y fauna, y protección de

nacimientos de agua. Esto a su vez complementa los esfuerzos de las instituciones en monitoreo ambiental (p. ej. datos de calidad de agua o biodiversidad) y en la gestión integral del recurso hídrico de la cuenca.

1.1.4. Problemas socioambientales identificados en la cuenca

Entre los principales problemas socioambientales destacan la deforestación en ladera, la contaminación difusa por aguas residuales domésticas y agroquímicos, y la minería aluvial de oro que, especialmente desde 2009 en la cuenca media (Zaragoza), ha dejado huellas de remoción de cauce, aumento de sedimentos y riesgos por mercurio; la autoridad ambiental ha solicitado acciones interinstitucionales y fijado objetivos de calidad para recuperar el río (Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira., 2016; El tiempo , 2012; CVC, 2014).

Esta cuenca además enfrenta como problema central la expansión agrícola y pecuaria en zonas de recarga hídrica. La instalación de monocultivos permanentes como piña, aguacate, café, plátano y caña panelera, junto con cultivos transitorios de hortalizas y frutales, ha transformado significativamente el paisaje. Además, la ganadería extensiva ocupa gran parte del territorio, generando presión sobre los bosques protectores y provocando deforestación, erosión de suelos y alteraciones en la dinámica hídrica (Alcaldía de Dagua, 2009). La introducción de actividades pecuarias tecnificadas, como grandes galpones y porcícolas, ha aumentado la generación de residuos líquidos y sólidos. La ausencia de tratamientos adecuados para estos vertimientos produce contaminación orgánica y química que llega directamente a los cauces, deteriorando la calidad del agua y afectando tanto a las poblaciones locales como a los ecosistemas acuáticos (Aguirre, 2017).

Además -entendiendo que la cuenca alta es la encargada de la protección de la recarga hídrica ya que en sus bosques premontanos ocurre la evapotranspiración y la formación de nacimientos-, la producción agrícola y pecuaria en esta zona genera un fuerte tensor ambiental que afecta tanto el caudal, como la calidad de agua debido al uso desmedido de agroquímicos para poder mantener estos monocultivos en producción constante todo el año, realizar control de arvenses para el mantenimiento de potreros y uso de químicos en las producciones pecuarias que al sumarle la falta de tratamientos unitarios para sus lixiviados son vertidos con contenidos de contaminantes orgánicos y emergentes que afectaran a las poblaciones aguas abajo (Aguirre, 2017).

En el plano institucional, se evidencia una brecha entre la normativa y su aplicación. Aunque existen políticas nacionales y regionales que buscan garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, la falta de capacidad institucional y la escasa participación comunitaria en la formulación de los proyectos ambientales han permitido que las actividades extractivas y productivas continúen sin controles efectivos (Ministerio de Ambiente, 2010). La minería, por ejemplo, también representa un factor de riesgo ambiental, especialmente la extracción de materiales de arrastre para infraestructura vial y la minería aurífera en zonas medias y bajas de la cuenca. Estas actividades han modificado cauces, incrementado la carga de sedimentos y generando pasivos ambientales difíciles de revertir, con impactos directos en la calidad del agua y en la estabilidad de los ecosistemas fluviales (Universidad del Valle, 2016b).

En consecuencia, se observa un conflicto socioambiental complejo en el que las comunidades deben abastecerse de un recurso hídrico cada vez más contaminado. La falta de políticas de conservación efectivas para los bosques productores de agua y la permisividad hacia las prácticas extractivas han derivado en un escenario donde prevalece la explotación inadecuada de los recursos naturales y el deterioro de la salud comunitaria (Aguirre, 2017).

Finalmente, la problemática refleja una tensión entre las dinámicas productivas y las funciones ecológicas de la cuenca alta. La transformación del paisaje, la contaminación del recurso hídrico y la debilidad institucional generan un panorama de vulnerabilidad socioecológica, que exige repensar estrategias de gestión ambiental y fortalecer la participación comunitaria en la defensa del bien hídrico (Farhad, 2012; Moran, 2005).

La anterior descripción permite evidenciar que las políticas generadas para la conservación de las cuencas hidrográficas y la oferta hídrica de la región no se aplican ni tienen una supervisión real, dejando a los actores sociales bajo su propia ley, lo que devela un conflicto a nivel espacio relacional tanto en los territorios materiales como inmateriales y confluye en la explotación inadecuada de los recursos naturales, la contaminación de suelos y recurso hídrico, y la afectación de la salud de las comunidades que deben abastecerse del agua de estos cauces ya contaminados.

La falta de políticas de protección de los bosques productores de agua que eviten la expansión agrícola en los bosques premontanos, el inadecuado tratamiento de las aguas residuales en los centros urbanos y centros recreativos y la permisividad de las actividades extractivas sin control demuestran como las políticas neoliberales se han enmascarado en un marco normativo con vacíos conceptuales que permiten tergiversar sus contenidos.

1.1.5. Actividades de Agrícola Himalaya en la cuenca del río Dagua (cultivo de té Bitaco)

Uno de los actores que se debe mencionar en las dinámicas socioambientales de la cuenca es la empresa Agrícola Himalaya S.A., conocida por producir las marcas Té Hindú y Bitaco Unique Colombian Tea, opera en la zona alta de la cuenca del río Dagua, específicamente en el corregimiento Bitaco (municipio de La Cumbre, Valle del Cauca), aproximadamente a una hora de Cali (Agrícola Himalaya S.A, s.f.). Himalaya es la única empresa con cultivos de té a escala comercial en Colombia, manejando desde la década de 1960 una plantación en las montañas del Alto Bitaco a ~1.800 m de altitud. Esta ubicación privilegiada le ofrece suelos y clima húmedo ideales para el té Himalaya, pero también conlleva una gran responsabilidad ambiental, ya que Bitaco es una subcuenca estratégica productora de agua que alimenta varios acueductos veredales en La Cumbre y Dagua, beneficiando a unas 10.000 personas (Agrícola Himalaya S.A, s.f.).

De acuerdo con la información presentada desde la parte de sostenibilidad de esa compañía, la organización consciente de su impacto en la zona, ha integrado la sostenibilidad ambiental en su modelo de negocio y en la gestión de sus predios. De las tierras que posee en Bitaco, 190 hectáreas se mantienen bajo conservación de bosques nativos, mientras solo 60 ha están dedicadas al cultivo de té y aromáticas, y otras áreas menores a ganadería extensiva (actualmente en reconversión). Esto significa que por cada hectárea cultivada la empresa protege varias hectáreas de bosque, garantizando la preservación de las microcuencas, la regulación del clima local y la conservación de hábitats.

También en un actor que participa y fomenta la participación comunitaria en proceso de conservación como lo son los monitoreos ambientales. Por ejemplo, ha trabajado de la mano con las escuelas rurales de Bitaco incorporando la educación ambiental en el currículo (huertas escolares, vigilancia de microcuencas locales por los estudiantes); Igualmente, promueve campañas como “Reciclar tiene valor” en las veredas, en alianza con la autoridad ambiental CVC, para reducir la contaminación de ríos por residuos. Si bien no se evidencian conflictos socioambientales notorios ligados a la actividad de Himalaya (como a veces ocurre en otros sectores agrícolas), la empresa ha sido proactiva en prevenir posibles tensiones: su enfoque de responsabilidad social y ambiental ha creado sinergias positivas con la comunidad. Al brindar empleo local,

apoyar el desarrollo educativo y estar presente en los procesos de la conservación de los bosques y el agua, esta empresa ha logrado afianzar una relación de cooperación con las poblaciones de Bitaco y sus alrededores.

1.1.6. Gestión ambiental en la cuenca alta del río Dagua

La gestión ambiental en la cuenca alta del río Dagua está liderada por la CVC, quien se encarga de ordenar el recurso hídrico, otorgar permisos y coordinar la formulación del POMCA. Entre sus acciones destacan el monitoreo de caudales y calidad de agua, el control a la minería ilegal, la declaratoria de áreas protegidas como el DRMI El Chilcal y la concertación con comunidades locales para fijar los Objetivos de Calidad del río Dagua (CVC, 2014; CVC, 2015).

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) cumple un papel técnico y científico, aportando información hidrológica, climática y de calidad del agua para la zona. Sus estudios han identificado la alta amenaza de movimientos en masa en la cuenca y han clasificado a Dagua con un nivel moderado de oferta y demanda hídrica, lo cual orienta la planificación regional. Además, provee sistemas de alerta temprana y asistencia técnica a las autoridades ambientales y municipales (IDEAM, 2022).

A nivel territorial, las alcaldías de Dagua, Buenaventura, La Cumbre y Restrepo, junto con la Gobernación del Valle, apoyan proyectos de reforestación, saneamiento básico y producción sostenible, generalmente en convenio con la CVC. Asimismo, instituciones de educación superior como la universidad del Valle han desarrollado investigaciones y herramientas de gestión participativa, incluyendo sistemas de biomonitoreo y cartografía social, que fortalecen la gestión comunitaria (Álvarez Caicedo, 2019; Universidad del Valle, 2016b).

La participación comunitaria se ejecuta a través de Consejos Comunitarios, Juntas de Acción Comunal, Comités de Agua y Veedurías Ciudadanas Ambientales. Estos espacios han incidido en decisiones sobre proyectos viales, control de actividades extractivas y monitoreo de la calidad del agua; Adicionalmente, experiencias recientes de Ciencia Ciudadana (CC) y monitoreo participativo (MP) han permitido que líderes locales se formen en la toma de muestras y en la vigilancia del recurso, fomentando el empoderamiento social y la gobernanza ambiental (Bonney et al., 2009; Perevochtchikova et al., 2016).

En suma, la gestión ambiental de la cuenca alta del Dagua ha sido un proceso que ha evolucionado, donde se ha intentado, combinar la autoridad y recursos técnicos de entidades como la CVC e IDEAM, con el saber local y la acción colectiva de sus comunidades. Y si bien existen planes y normativas adecuados, el éxito de estos ha resultado escaso por las dificultades en integrar estos esfuerzos en un verdadero manejo integrado de cuenca, donde todos los actores – gobierno, comunidad, academia, sector privado – coordinen sus acciones.

De acuerdo con lo descrito, se puede confrontar la situación de la cuenca alta del río Dagua con el debate de la sustentabilidad relacionado con la forma en la cual los individuos establecen relaciones con el medio que los rodea. Relación que suele tener como base la selección de la información, los rasgos culturales y la imagen que adquieren los individuos del territorio, lo que permite comprender como estos gestionan los recursos naturales de manera comunitaria y como conciben la planificación ambiental y territorial (Universidad del Valle , 2016b).

Por otro lado, al definir la sustentabilidad como el conjunto de relaciones socio-ecológicas de un sistema y los procesos involucrados en la retroalimentación entre la dimensión cultural, económica y natural, se pueden establecer los efectos de las dinámicas sociales y económicas en la resiliencia de los ecosistemas estableciendo los efectos positivos y negativos que se producen sobre la naturaleza, seres sintientes y la dinámica ecológica, esto con la finalidad de generar una crítica al modelo de desarrollo y a las injusticias que se producen (Farhad, 2012)

1.2. JUSTIFICACIÓN

Durante más de dos décadas, la Universidad del Valle, a través de EIDENAR y diversos grupos de investigación, ha desarrollado estudios hidrometeorológicos, de variabilidad climática, gestión del riesgo y calidad del agua en la cuenca del río Dagua y en el tramo vallecaucano del río Cauca, consolidando una línea de trabajo continua sobre dinámica hídrica, eventos extremos y vulnerabilidad socioambiental (Carvajar Escobar , Et al, 2013; González López , Et al, 2016). Esta trayectoria ha permitido construir una base de información y conocimiento robusta sobre la cuenca; no obstante, persiste un vacío en la consolidación de un modelo estable de monitoreo participativo de la calidad del agua que articule dicho conocimiento académico con las capacidades organizativas y técnicas de las comunidades locales. La presente investigación se justifica, en primer término, como un esfuerzo por avanzar en esa línea histórica de trabajo, proponiendo y ensayando un modelo/protocolo operativo de monitoreo participativo en la cuenca alta del río Dagua, con potencial de ser replicado y adaptado en otras cuencas de la región.

En coherencia con este propósito, la articulación con el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), mediante la vinculación de aprendices y egresados del programa Técnico en Promotoría en Manejo Ambiental (TPMA), se concibe como una estrategia para operativizar y dar sostenibilidad al modelo de monitoreo propuesto. La participación del SENA fortalece el componente formativo y de apropiación social del conocimiento, al convertir el monitoreo en un escenario de aprendizaje técnico y de liderazgo comunitario, más allá de campañas puntuales de muestreo. De este modo, la investigación no solo recoge la experiencia acumulada de la Universidad del Valle en la cuenca, sino que la proyecta a través de una red local de actores con capacidad de continuidad en el tiempo.

El agua constituye un eje fundamental en la trama sociocultural y ecológica de la cuenca alta del río Dagua, por lo que su gestión requiere acciones colectivas y corresponsables. La cuenca provee servicios ecosistémicos esenciales para el abastecimiento de agua, la producción agropecuaria, la regulación climática y el soporte de actividades económicas regionales; sin embargo, enfrenta múltiples factores socioambientales asociados a la expansión agrícola, la ganadería extensiva, el uso intensivo de agroquímicos, la deforestación, los vertimientos sin tratamiento y la minería, que han deteriorado de manera progresiva la calidad del recurso hídrico. Esta situación evidencia la necesidad de transformar el riesgo en un indicador medible y gestionable, a través de esquemas de monitoreo que permitan anticipar impactos y orientar acciones de prevención y mitigación en el corto y mediano plazo.

En este contexto, la investigación se propone como un aporte concreto a la consolidación de un sistema de monitoreo participativo de la calidad del agua, construido junto con consejos comunitarios, juntas de acción comunal, comunidades indígenas y afrodescendientes, actores productivos y organizaciones locales. El objetivo no es únicamente medir parámetros fisicoquímicos e hidrobiológicos, sino diseñar con estos actores un monitoreo participativo que integre variables biofísicas y factores socioambientales, en coherencia con el enfoque de sistemas socioecológicos y con los avances previos en biomonitoreo y gestión

ambiental participativa desarrollados en la cuenca del Dagua. De este modo, el monitoreo se concibe como un proceso de retroalimentación continua, en el que las comunidades interactúan con el ambiente hídrico no solo como usuarias del recurso, sino como co-gestoras de su conservación.

La investigación responde, además, a una contradicción latente: mientras los mecanismos oficiales de control de la calidad del agua tienden a ser fragmentados, intermitentes y centrados en intereses institucionales específicos, el monitoreo comunitario se proyecta como una práctica de largo plazo que fortalece la corresponsabilidad social, la sustentabilidad y el sentido de pertenencia territorial. Al fundamentarse en la Investigación-Acción Participativa y en enfoques de ciencia ciudadana, el proyecto busca articular el conocimiento técnico acumulado por la Universidad del Valle con el saber local, promoviendo la cocreación de indicadores, puntos y frecuencias de muestreo, así como la construcción de arreglos de gobernanza hídrica más democráticos y adaptativos.

En síntesis, la investigación se justifica como un aporte a la gestión comunitaria del recurso hídrico y a la trayectoria institucional de más de veinte años de trabajo en la cuenca del Dagua, al tiempo que contribuye a la construcción de un modelo de monitoreo participativo con proyección regional. La alianza entre Universidad del Valle, SENA y comunidades locales apunta a consolidar un esquema de gobernanza hídrica más equitativo, sostenible y participativo, en coherencia con la pregunta y los objetivos planteados.

1.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los factores socioambientales que influyen en la construcción de un sistema de monitoreo participativo de la calidad del agua, orientado a la gestión del recurso hídrico, en la cuenca del río Dagua ?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general:

Analizar los factores socioambientales que influyen en la construcción de un sistema de monitoreo participativo de la calidad del agua, orientado a la gestión del recurso hídrico, en la cuenca del río Dagua.

1.4.2. Objetivos específicos:

Caracterizar la calidad del agua del río Dagua en cuatro centros poblados de la cuenca alta, con participación comunitaria, mediante parámetros fisicoquímicos e hidrobiológicos.

Identificar los actores y factores socioambientales que influyen en la calidad del agua del río Dagua en cuatro centros poblados de la cuenca alta.

Diseñar un sistema de monitoreo participativo de la calidad del agua del río Dagua que oriente la gestión comunitaria del recurso hídrico en la cuenca alta.

CAPÍTULO II. ESTADO DEL ARTE

Este capítulo se presenta un panorama crítico y articulado sobre la evaluación y gestión de la calidad del agua, donde en primer lugar, se revisan las metodologías fisicoquímicas y los índices sintéticos (ICA/WQI) junto con el uso de bioindicadores (diatomeas, macroinvertebrados, peces) como herramientas para la evaluación de la calidad del agua y como recursos para identificar tendencias de deterioro y recuperación en una cuenca.

En segundo lugar, se exponen algunas experiencias internacionales de monitoreo que combinan estandarización técnica y aprendizaje institucional para la gestión del recurso hídrico. En tercer lugar, se analiza el monitoreo participativo como vía para democratizar la información hídrica y fortalecer la gobernanza local; Y, en cuarto lugar, se revisan investigaciones donde se incorporaron marcos interdisciplinarios como el de Sistemas Socioecológicos (SSE), los cuales integran dimensiones biofísicas, sociales e institucionales para la toma de decisiones adaptativa. Finalmente, se sintetiza los avances en Colombia y los aportes específicos en la cuenca del río Dagua, con énfasis en los aprendizajes metodológicos y de gobernanza útiles para el diseño de estrategias participativas de monitoreo en el territorio de interés para esta investigación.

2.1. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA: METODOLOGÍAS FISICOQUÍMICAS, BIOINDICADORES Y ENFOQUES MULTITÉCNICOS

En la actualidad, el agua se considera un recurso que requiere atención prioritaria por parte de los Estados, pues se encuentra expuesta al deterioro -en ocasiones irreversible- debido al uso irresponsable e intensivo de este bien común. Para evaluar su calidad se han desarrollado metodologías que combinan la comparación de parámetros con la normativa vigente y el uso de índices sintéticos, como el Índice de Calidad del Agua (ICA/WQI). Horton (1965) y Rossman y Liebman (1974) fueron pioneros en proponer estos indicadores, mientras que Samboní (2009) y Casillas-García (2021) destacan su utilidad para sintetizar múltiples variables y facilitar la toma de decisiones. Por su parte, Ionus (2010) subraya que la calidad del agua debe definirse considerando parámetros físicos, químicos y biológicos, lo cual resulta clave para usos diversos como consumo humano, agricultura, ganadería, recreación o industria.

Además de los índices fisicoquímicos, los bioindicadores han cobrado relevancia como herramientas que reflejan la respuesta de los ecosistemas frente a presiones ambientales. En el contexto colombiano y andino se emplean grupos como macroinvertebrados, diatomeas y peces para construir índices como el BMWP/Col, el Índice Biótico de Diatomeas (IBD) y el Índice de Integridad Biótica (IBI) (Pinilla, 2000; García, 2017). Estos enfoques permiten captar procesos de deterioro y recuperación a largo plazo, complementando la visión puntual que ofrecen los parámetros fisicoquímicos.

En su investigación “Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia: Compilación bibliográfica” Pinilla (2000), estableció un documento de referencia obligada sobre los indicadores biológicos de ambientes acuáticos continentales empleados en Colombia. Este fue uno de los aportes más importantes en términos del avance de la limnología en el contexto nacional, toda vez que ayuda a aclarar el marco conceptual de términos como indicador biológico, organismos bioindicadores, sistemas bióticos y bioensayos. Hoy este trabajo continúa vigente como referencia bibliográfica en temas de indicadores biológicos.

Finalmente, García et al. (2017) realizó una revisión actual acerca del uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos. Este documento ofrece información sobre estudios de caso en bioindicadores como macrófitas, macroinvertebrados bénticos, peces y perifiton en distintos países. A su vez, aporta una mejor comprensión sobre el uso de índices bióticos, de diversidad, biológicos (BMWP) y enfoques multivariados y funcionales. En esta investigación se identificó que, en Colombia, a lo largo del tiempo y en la mayoría de los estudios hidrobiológicos reportados sobre calidad del agua en ríos de montaña, las diatomeas bénticas y los macroinvertebrados se han empleado como organismos bioindicadores de uso común.

2.2. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES: GESTIÓN DEL AGUA CON MONITOREOS DE LA CALIDAD DEL AGUA

A nivel internacional, diversos programas han establecido referentes de gestión del agua a través de monitoreos. La Comunidad Europea integró en los programas de monitoreo ambientales la medición de parámetros de biodiversidad, con el fin de determinar la tolerancia de las especies presentes a los procesos de contaminación (Colin, 1998). Berkant y Evrendilek (Odemis, 2007), entre los años 1995 y 2002, utilizaron los datos nacionales de la red hidrológica -que incluye la medición de parámetros en 38 ríos y 25 cuencas hidrográficas de Turquía-para definir tendencias espaciales y temporales en las características de calidad y cantidad de agua. Las conclusiones de este estudio aportaron una evaluación muy útil de los controles sobre la cantidad y calidad del agua y ayudaron en la elaboración de un plan de gestión integrado y sostenible de las cuencas hidrográficas a escala regional en Turquía.

Por otro lado, Australia, Canadá, Holanda e Inglaterra son países que llevan un registro continuo de los parámetros de calidad del agua de sus fuentes de abastecimiento y, por ende, mantienen altos estándares de calidad en agua potable. En este sentido, en el año 2008, el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) y el Ministerio de Ambiente de Canadá firmaron un convenio de cooperación para trabajar en forma conjunta en programas de monitoreo e intercambio de información de parámetros ambientales, con el fin de estudiar, entre otros aspectos, el fenómeno del cambio climático y la disponibilidad del recurso agua en ambas naciones (Bednarz, 2009). En 2009, se creó la página web World Water Monitoring Day, como herramienta para el trabajo conjunto e intercambio de ideas e información de los voluntarios de programas de monitoreos de calidad de agua en países como Estados Unidos, Holanda y Australia.

A nivel de América Latina, Pesce (2000) comprobó en Córdoba (Argentina) la utilidad de los índices de calidad de agua para evaluar cambios espacio-temporales, donde utilizó parámetros medidos en campo (WQI). En Uruguay, Campos (2020) combinó metodologías complementarias donde caracterizó la zona de estudio y utilizó los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramienta para el análisis y el muestreo. Estos análisis los combinó con un enfoque participativo de mapeo colectivo, identificando problemáticas socioambientales y la necesidad de un monitoreo sistemático por parte de la comunidad. Estos casos muestran la pertinencia de combinar métodos técnicos con la participación social, especialmente en contextos rurales y cuencas de abastecimiento local.

2.3. MONITOREO PARTICIPATIVO: DEMOCRATIZAR LA GESTIÓN DEL AGUA

El monitoreo participativo se ha consolidado como una estrategia para democratizar la gestión del agua, al reconocer el papel activo de las comunidades en la producción y uso del conocimiento. Núñez (2011) plantea que la gestión sustentable debe ser necesariamente integrada y participativa, mientras que Thimmel

(2006) enfatiza la importancia de la capacitación comunitaria para lograr una comprensión más amplia de los procesos socioambientales. Este enfoque implica que todos los usos del agua deben ser considerados en conjunto, ya que las actividades desarrolladas en el territorio inciden directamente en la calidad y disponibilidad del recurso. Así, la inclusión de los actores locales en las decisiones colectivas no solo contribuye a detener acciones destructivas, sino que también fomenta la promoción de procesos de conservación y restauración del recurso hídrico.

La literatura muestra experiencias significativas que evidencian los aportes del monitoreo participativo a la gobernanza ambiental. En Uruguay, Iribarne (2021) documenta la experiencia del monitoreo en el río Tacuarembó, donde la visualización conjunta de los problemas ambientales locales promovió el intercambio de saberes y la construcción de aprendizajes sociales, especialmente en comunidades con bajos niveles de desarrollo humano. En México, Perevochtchikova (2016) y Shirk (2012) señalan que los sistemas de monitoreo comunitario permiten fortalecer la comprensión de los recursos naturales mediante técnicas sencillas, generando niveles diferenciados de participación que van desde la obtención de datos hasta el involucramiento pleno en la gestión del recurso. Estas experiencias resaltan cómo la coproducción de conocimiento fomenta empoderamiento, apropiación social del agua y capacidad de acción frente a los problemas ambientales.

También, resulta importante considerar que los monitoreos participativos son, en esencia, investigaciones participativas con ciertas características propias, donde se conjugan estrategias metodológicas, así como intereses sociales y políticos. En términos generales, puede definirse el monitoreo participativo como un proceso de coproducción de conocimiento, en el que se realiza la observación sistemática de parámetros, fenómenos o indicadores definidos por un grupo integrado por distintos actores de un territorio, o por un grupo transdisciplinario, quienes participan del diseño, la planificación y la implementación de las acciones durante todo el proceso (Couto, 2021).

En el contexto colombiano también se evidencian aportes importantes. Perea Tamayo (2020), desde la Universidad de Antioquia, realizó una revisión sobre redes de monitoreo participativo en el Oriente antioqueño, concluyendo que la inclusión comunitaria es clave para superar las limitaciones de las redes convencionales operadas exclusivamente por la autoridad ambiental. Por su parte, Zabala Camayo (2021) desarrolló un estudio en la cuenca del río Teusacá (Cundinamarca) en el que utilizó el concepto de “sensores ciudadanos” para referirse a las comunidades participantes en procesos de CC aplicada al monitoreo de calidad del agua. Estos aportes destacan que el involucramiento activo de los actores sociales permite ampliar la cobertura espacial y temporal de los datos, fortalecer la legitimidad de los procesos y avanzar en la construcción de conocimiento compartido sobre la gestión del recurso hídrico.

En el marco de los problemas ambientales, las investigaciones participativas podrían ser estrategias adecuadas para implementar procesos de educación ambiental desde una mirada crítica. Podrían desarrollar acciones para evitar o mitigar daños hacia los ecosistemas más valorados por la población, prever impactos respecto de lo que pudiera efectuarse en ellos e integrar, para ello, los saberes de las poblaciones locales sobre el estado de situación del territorio. Al abordar un problema de forma integral, articulando la investigación y la extensión, se aporta también al desarrollo de procesos de aprendizaje social, empoderamiento de las comunidades y mejoras en su calidad de vida. En este contexto, es importante destacar que la extensión universitaria presenta gran relevancia y potencialidad, ya que hace factible redimensionar los procesos de coproducción e integración de conocimientos, y aporta al desarrollo local (Capdevielle, 2020).

2.4. MARCOS SOCIO-ECOLÓGICOS E INTERDISCIPLINARIOS

El concepto de SSE permite abordar de manera integral la complejidad de los problemas ambientales en cuencas hidrográficas. Paré (2012) y Vargas (2017) destacan que este enfoque integra ciencias naturales y sociales para avanzar en resiliencia y gobernanza adaptativa. Farhad (2012) lo considera clave para superar visiones reduccionistas y propiciar una gestión integral del agua. Este marco teórico ofrece herramientas para analizar factores ambientales, como minería, agroquímicos y deforestación, y su interacción con los actores sociales.

En el artículo denominado "Análisis de la gestión ambiental desde el concepto de sistemas socio-ecológicos. Estudio de caso cuenca hidrográfica del río Guabas, Colombia", Paré (2012) aborda el concepto de SSE como un elemento valioso para a ampliar la visión integral hacia una de mayor complejidad enfocada en los problemas y conflictos ambientales, en los cuales se incluye la gestión del ecosistema, del agua o la gobernanza en una cuenca hidrográfica. Ello permite tender puentes entre las ciencias naturales y sociales con la tecnología, propiciando el encuentro de diversas disciplinas del conocimiento como biología, ecología, geografía, sociología, antropología, historia, economía e ingeniería, superando su reduccionismo y cimentando, desde un enfoque interdisciplinario, la construcción de una nueva área del conocimiento denominada ciencias ambientales (Vargas, 2017).

Otros estudios por su parte, refuerzan la pertinencia del enfoque de SSE para articular ciencia, política pública y acción colectiva en la gestión de las cuencas. Clavijo-Romero y Rincón-Ruiz (2024) en su estudio "Co-producción de conocimientos para la gobernanza de la cuenca del río Coello en Tolima, Colombia", analizan la cuenca del río Coello (Tolima) mostrando cómo la co-producción de conocimientos mediante Conversatorios de Acción Ciudadana habilitó nuevos arreglos de gobernanza, articulando academia, autoridades y comunidades alrededor de decisiones adaptativas del agua. El trabajo aporta una ruta metodológica cualitativa y participativa replicable para cuencas andinas con conflictos por usos del suelo y presiones extractivas.

Finalmente, en el Valle del Cauca Arias-Arévalo y Pacheco-Valdés (2023) en su estudio "Implementación de pagos por servicios ambientales en la Cuenca del río Cali, Colombia: una mirada desde los sistemas socioecológicos", examinaron la implementación de Pagos por Servicios Ambientales (PSA) en la cuenca del río Cali usando el marco SSE; Donde concluyeron que el desempeño de los PSA depende de condiciones socioculturales (valores, motivaciones y confianza), arreglos institucionales y dinámicas ecológicas locales, proponiendo criterios para diseñar instrumentos económicos contexto-específicos en cuencas urbanas-rurales andinas.

2.5. AVANCES EN COLOMBIA Y APORTES EN LA CUENCA DEL RÍO DAGUA

En el ámbito nacional, se han realizado aportes importantes en materia de monitoreo y evaluación de la calidad del agua. El IDEAM (2004) elaboró una guía que estandariza protocolos para la vigilancia del recurso hídrico, adaptada al contexto colombiano y aplicable tanto en el ámbito continental como marino. A su vez, Pinilla (2000) compiló un documento de referencia sobre indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos, mientras que García et al. (2017) revisaron el uso de bioindicadores como diatomeas y macroinvertebrados, confirmando su pertinencia en ríos de montaña. Estos trabajos han sentado las bases conceptuales y metodológicas para fortalecer el monitoreo oficial y académico en Colombia.

En esta misma línea, investigadores de la Universidad de Antioquia desarrollaron una revisión sobre alternativas para diseñar redes de monitoreo participativo en el Oriente antioqueño. Su análisis mostró la relevancia de incluir a las comunidades como actores activos en la gestión del agua, dado que las redes convencionales suelen presentar baja frecuencia de seguimiento y limitados puntos de muestreo. El estudio concluyó que experiencias como la guía del Ombudsman Advisor (CAO) y el monitoreo comunitario en Ajusco, México, pueden servir de referencia para implementar esquemas participativos en Colombia (Perea Tamayo, 2020).

En el caso específico de la cuenca del río Dagua, diversos proyectos han sido financiados por el Sistema General de Regalías y la Universidad del Valle. Aguirre (2017) analizó la percepción del paisaje y los ecosistemas, identificando cómo los actores locales valoran y se relacionan con el agua. Gamboa Becerra (2018) estimó un índice de riesgo ecológico que permitió identificar los principales tensores sobre los ecosistemas fluviales, mientras que Álvarez Caicedo (2019) diseñó un sistema de biomonitoreo que incluyó la priorización de actores y factores ambientales. Estos estudios constituyen una línea de base fundamental para la planificación, la conservación y la gestión participativa de la cuenca, ofreciendo herramientas técnicas y sociales para abordar los problemas ambientales de manera integral.

Adicionalmente, desde la Universidad del Valle se han desarrollado investigaciones que profundizan en la comprensión de los procesos hidroclimáticos y ecológicos de la cuenca del río Dagua. (González López et al., 2016) caracterizaron las sequías meteorológicas mediante el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) en 19 estaciones, evidenciando la recurrencia de eventos de sequía y su vínculo con episodios fuertes de El Niño, lo que aporta insumos clave para la gestión del riesgo y la planificación del recurso hídrico. En la cuenca baja, Cantera Kintz , et al., (2009) avanzó en la estimación del caudal ambiental, generando metodologías contextualizadas para definir requerimientos de flujo ecológico; mientras que Ballesteros-Navia Et al. (2022) evaluaron la fauna hiporreica en un gradiente altitudinal, mostrando cómo la granulometría de los sedimentos, el oxígeno disuelto y el contenido de materia orgánica condicionan la distribución y diversidad de invertebrados, y Lucero Rincón, et al. (2023) documentaron niveles elevados de mercurio y plomo en sedimentos y en el bivalvo Anadara tuberculosa en el estuario del Dagua, evidenciando la presión de actividades mineras y agropecuarias y proponiendo a esta especie como bioindicador para el monitoreo en ecosistemas de manglar.

En paralelo, otros trabajos han abordado la dimensión socioambiental y de gobernanza del agua en la cuenca. Rojas Ortiz y Campo Ramírez (2018) analizaron la valoración social de la calidad del agua y las actividades productivas asociadas, identificando percepciones diferenciadas sobre las fuentes de contaminación y las acciones que contribuyen a su mitigación, lo que refuerza la necesidad de incorporar la mirada de los actores locales en la gestión hídrica. Estos esfuerzos se articularon y ampliaron en el proyecto “Estrategias para la recuperación y manejo integrado del recurso hídrico en las cuencas Cauca y Dagua” (BPIN 2014000100031), liderado por la Universidad del Valle, que implementó un sistema de monitoreo participativo de la calidad del agua, generó diagnósticos integrales, desarrolló capacidades locales y consolidó un referente regional en gestión integrada de cuencas con participación comunitaria, aunque señalando desafíos en términos de continuidad, financiación e infraestructura para sostener en el tiempo las iniciativas de monitoreo y restauración.

Finalmente, la evidencia revisada converge en que los sistemas de monitoreo más robustos son aquellos que integran enfoques multitécnicos (parámetros fisicoquímicos e hidrobiológicos) con herramientas y estrategias de participación social, donde marcos teóricos como los SSE permiten conectar ciencia,

instituciones y actores locales para la gestión participativa del recurso hídrico. Sin embargo, se identificaron brechas relevantes como la discontinuidad temporal de datos, la débil articulación interinstitucional y una limitada traducción del conocimiento local en indicadores y protocolos operativos, particularmente en la cuenca del río Dagua.

A partir de estas lecciones y vacíos, se puede considerar que una investigación más holística debería adoptar un diseño metodológico que combine mediciones fisicoquímicas con bioindicación, codefina indicadores, puntos y periodicidades de muestreo con actores locales mediante herramientas de cartografía social, y alinee metas e instrumentos con los marcos de planeación vigentes a nivel normativo en el territorio. Con ello, el estado del arte no solo justifica la pertinencia del enfoque participativo e interdisciplinario, sino que orienta la construcción de estrategias de monitoreo replicables y adaptativas para la cuenca alta del río Dagua.

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

La presente investigación se fundamenta en dos teorías centrales: los Sistemas Socio-Ecológicos (SSE) y la Investigación-Acción Participativa (IAP). Estas perspectivas se articulan para comprender, por un lado, las interacciones sociedad-naturaleza en los ecosistemas acuáticos y, por otro, para promover la construcción colectiva de conocimiento orientado a la transformación social. Como marcos metodológicos complementarios se integran los indicadores de calidad del agua, la gestión y educación ambiental, la Ciencia ciudadana (CC) y la cartografía social (CS). Estos elementos aportan herramientas operativas que permiten llevar a la práctica los fundamentos teóricos mencionados.

Los indicadores de calidad del agua se establecen como insumos técnicos que permiten valorar, con criterios fisicoquímicos e hidrobiológicos, el estado de las fuentes hídricas y su evolución en el tiempo. Estos indicadores facilitan el diálogo entre el conocimiento científico y el saber local, aportando evidencia objetiva que fortalece los procesos de participación comunitaria.

Por otra parte, el enfoque de SSE posibilita desglosar las dinámicas y tensiones que emergen en la cuenca alta del río Dagua a partir de las relaciones sociedad-naturaleza y de sus implicaciones socioambientales. Dicho análisis constituye la base para, desde la gestión y la educación ambiental, trazar estrategias que fomenten procesos participativos de conservación y uso responsable del recurso hídrico.

La cartografía social, por su parte, constituye una herramienta metodológica para visibilizar la percepción y el conocimiento territorial de las comunidades. Al plasmar en mapas colectivos la relación entre dinámicas sociales, productivas y ambientales, esta herramienta no solo organiza información espacial, sino que también promueve el reconocimiento del territorio como escenario compartido y la identificación de puntos críticos en torno a la calidad del agua.

Finalmente, la IAP apoyada en metodologías de CC, brinda el marco para el diseño de un sistema de monitoreo comunitario. Este proceso busca fortalecer la capacidad de las comunidades locales para identificar factores socioambientales, generar alertas tempranas y contribuir al control de los impactos que afectan al río Dagua y a sus principales afluentes.

De manera articulada, los SSE y la IAP, junto con los indicadores de calidad del agua, la gestión/educación ambiental, la CC y la cartografía social, constituyen el soporte conceptual y operativo de esta investigación, orientada al diseño de estrategias participativas de monitoreo de la calidad del agua en las comunidades seleccionadas de la cuenca alta del río Dagua.

3.1. LOS SISTEMAS SOCIO ECOLÓGICOS: LA CUENCA DEL RÍO DAGUA COMO SISTEMA SOCIO-ECOLÓGICO

El enfoque ecosistémico constituye un elemento conceptual clave para comprender la relación entre suelo, agua y recursos vivos desde una perspectiva integral. Este enfoque promueve la conservación y el uso sostenible de los recursos, asegurando un acceso equitativo y reconociendo que las comunidades humanas que habitan los ecosistemas, así como sus medios de vida, deben ocupar un lugar central en las decisiones sobre su gestión y protección (Guerrero, 2006). Así, se consolida un paradigma que no separa lo natural de lo social, sino que los concibe como dimensiones entrelazadas en la dinámica territorial.

En este marco, resulta fundamental precisar el concepto de medio ambiente. Para Valderrama y Valderrama (1984), este se entiende como una red compleja de factores físicos, bióticos y socioculturales que

interactúan mediante flujos de energía, materia e información. Ferrández (1996) complementa esta visión al definirlo como el conjunto de realidades naturales que nos rodean -aire, suelo, montañas, ríos, mares- y las condiciones externas que hacen posible la vida, tales como temperatura, humedad y gravedad. Estas definiciones abren paso a una concepción más amplia, en la que lo ambiental no se limita a lo físico y biológico, sino que incorpora la dimensión cultural, social y económica de las comunidades.

De esta evolución conceptual surge la noción de SSE, que integra de manera indisoluble los aspectos sociales -cultura, economía, ética, tecnología- con los factores ecológicos y ambientales. Según Farhad (2012) y Fallot (2014), los SSE constituyen marcos integradores para el estudio de la realidad, en tanto que permiten analizar no solo los componentes que los conforman, sino, sobre todo, las interacciones, retroalimentaciones y procesos adaptativos que emergen entre sociedad y naturaleza.

La aproximación a la sustentabilidad desde los SSE implica reconocer la importancia de las unidades de análisis socio-ecológicas, que posibilitan evaluar las dinámicas entre sistemas humanos y ecológicos (Salas-Zapata, 2012). Desde esta perspectiva, la sostenibilidad no se alcanza mediante un control externo sobre los ecosistemas, sino a través de procesos participativos, locales y adaptativos que permitan a las comunidades interactuar de manera crítica con su entorno y construir respuestas flexibles frente a la incertidumbre (Folke, 2002; Berkes, 2005).

Este paradigma ha dado lugar a distintos modelos explicativos. El modelo de merma en crisis, propuesto por Johansen (2002), plantea que la innovación en el conocimiento ambiental surge a menudo en contextos de escasez o crisis que obligan a redefinir estrategias de conservación. Por su parte, el modelo de construcción ecológica, desarrollado por Turner y Berkes (2006), se centra en el aprendizaje progresivo, la consolidación de creencias compartidas, la comunicación práctica y la construcción institucional que sostiene en el tiempo las prácticas ambientales. La integración de ambos modelos desemboca en el comanejo adaptativo, entendido como un proceso dinámico y autoorganizado de aprendizaje colectivo que refuerza la capacidad de adaptación, autoorganización y resiliencia de los sistemas (Folke, 2002).

Dentro de los SSE, el concepto de resiliencia socio-ecológica ocupa un lugar fundamental. Holling (1996) distingue entre resiliencia de ingeniería -enfocada en la estabilidad de un ecosistema y la rapidez de su recuperación tras una perturbación- y resiliencia ecológica, orientada a la capacidad de absorber impactos y adaptarse manteniendo la estructura y las funciones esenciales. En ecosistemas acuáticos, la resiliencia puede potenciarse al mantener la conectividad del hábitat, la diversidad biológica y funcional, así como la equidad en la participación de los actores sociales vinculados al territorio (Pelletier, 2020). Autores como Cadenas (2015) y Mosquera (2016) subrayan que la resiliencia social no puede sostenerse en el tiempo sin la resiliencia ecológica, pues ambos sistemas coevolucionan y se condicionan mutuamente.

Aplicar este marco al análisis de la cuenca alta del río Dagua permite comprender cómo se entrelazan los procesos productivos (agricultura intensiva, ganadería extensiva, minería), las dinámicas sociales (formas de organización comunitaria, tensiones políticas, usos culturales del agua) y las transformaciones ecológicas (deforestación, contaminación, alteración de caudales). Las interacciones entre estos elementos revelan un sistema complejo en el que los impactos ambientales se traducen directamente en efectos sobre la salud, el bienestar y la calidad de vida de las comunidades locales. La débil gestión institucional, sumada al uso desmedido de agroquímicos, el inadecuado tratamiento de aguas residuales y el manejo deficiente de residuos sólidos, contribuye al deterioro de ecosistemas estratégicos como humedales, lagunas y ríos (Rodríguez-Becerra, 2002).

En este sentido, reconocer la cuenca del río Dagua como un sistema socio-ecológico no solo permite visibilizar las tensiones entre sociedad y naturaleza, sino también plantear rutas de acción hacia la sostenibilidad hídrica. Este enfoque ofrece herramientas conceptuales para fortalecer la participación comunitaria, promover prácticas de gestión adaptativa y generar procesos de monitoreo ambiental que atiendan tanto la complejidad ecológica como las necesidades sociales del territorio.

En síntesis, el reconocimiento de la cuenca del río Dagua como un sistema socio-ecológico permite comprender la interdependencia entre procesos naturales y dinámicas sociales, así como la necesidad de estrategias de gestión adaptativas y participativas. Sin embargo, este marco conceptual no se limita a describir relaciones, sino que demanda formas de acción colectiva que traduzcan el conocimiento en prácticas de manejo y conservación. Es en este punto donde cobra relevancia la IAP, entendida como un enfoque que articula saber científico y saber comunitario, promoviendo procesos de aprendizaje compartido y transformación social.

La IAP se convierte así en el complemento metodológico del enfoque de SSE, pues permite que los actores locales no solo sean observadores de la problemática ambiental, sino protagonistas en la construcción de soluciones. De esta manera, la relación sociedad-naturaleza, analizada desde el paradigma socio-ecológico, encuentra en la acción participativa el mecanismo operativo para la co-creación de estrategias de monitoreo y gestión de la calidad del agua en la cuenca alta del río Dagua.

3.2. LA INVESTIGACIÓN ACCIÓN PARTICIPATIVA: ABORDAJE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MONITOREOS AMBIENTALES

La IAP se configura como una metodología orientada a la producción de conocimiento transformador a partir de la interacción dialógica entre el saber técnico-científico y el saber comunitario. Desde su formulación inicial por Lewin (1946), la IAP ha evolucionado hacia una propuesta metodológica que busca no solo describir una realidad, sino transformarla mediante procesos de debate, reflexión crítica y construcción colectiva de saberes. En este sentido, se trata de una estrategia de investigación y acción social que reconoce a las comunidades como sujetos de conocimiento y agentes de cambio.

En América Latina, la IAP fue profundamente desarrollada por Orlando Fals Borda, quien la articuló con la educación popular y la teoría de la liberación, subrayando su capacidad de romper con la investigación vertical y proponer una práctica horizontal, participativa y emancipadora (Fals Borda & Rodrigues Brandao, 1987). De manera complementaria, los aportes de Paulo Freire (1970) en torno a la pedagogía crítica enfatizan que el conocimiento debe construirse a partir del diálogo y la problematización de la realidad, principios que coinciden con los de la IAP y que fortalecen su dimensión pedagógica en los procesos de gestión ambiental.

Aplicada al campo ambiental, la IAP se convierte en un instrumento clave para la gestión comunitaria del agua, ya que permite que las comunidades reconozcan los problemas que afectan a sus territorios, sistematicen experiencias y generen propuestas de acción colectiva. Como señala Sandoval-Moreno y Günther (2013), este enfoque favorece el aprendizaje social, la corresponsabilidad en la gestión del recurso hídrico y la creación de capacidades locales para la toma de decisiones. En el caso de los monitoreos ambientales, la IAP posibilita concebir el proceso como un sistema primario con tres componentes:

- El sujeto social, conformado por grupos comunitarios que, aunque no sean especialistas, poseen un conocimiento vivencial y una motivación para involucrarse en la vigilancia ambiental.

- El objeto de monitoreo, que puede ser un elemento biofísico como el agua, el aire o la biodiversidad, pero también aspectos sociales o políticos vinculados al territorio.
- Los medios de acción, que abarcan recursos organizativos, materiales, pedagógicos y comunicativos que permiten influir sobre el objeto de vigilancia y transformar sus condiciones (Burgos, 2013).

La IAP no solo aporta en términos metodológicos, sino que fortalece la dimensión ética y política de los procesos de investigación. Al situar a las comunidades en el centro de la producción de conocimiento, garantiza que los resultados no se traduzcan únicamente en informes académicos, sino en acciones concretas que impactan la vida cotidiana. Así, se promueve la generación de capital social, cohesión comunitaria y apropiación del territorio, elementos fundamentales para la sostenibilidad de los procesos de monitoreo.

De igual manera, la IAP se articula con enfoques contemporáneos como la CC, que amplía las posibilidades de participación en la producción de datos ambientales y permite la cocreación de indicadores de calidad del agua accesibles y apropiados por la comunidad (Bonney,et al., 2009). Esta integración refuerza la credibilidad de los procesos locales frente a instituciones y autoridades ambientales, al combinar la rigurosidad científica con la pertinencia social del conocimiento generado.

Finalmente, la IAP puede ser entendida como un puente entre la teoría socio-ecológica y la práctica comunitaria: mientras el enfoque de SSE proporciona las bases conceptuales para comprender la complejidad de las interacciones sociedad-naturaleza, la IAP ofrece el marco metodológico para que ese entendimiento se traduzca en prácticas concretas de monitoreo y gestión ambiental en la cuenca alta del río Dagua.

3.3. INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA: HERRAMIENTAS PARA EL MONITOREO PARTICIPATIVO

El análisis y seguimiento de la calidad del agua se apoyan en la construcción de indicadores, entendidos como variables medibles que condensan información compleja y permiten evaluar, de manera objetiva, el estado y la evolución de un recurso natural (Ramírez, 1997). En el caso del recurso hídrico, los indicadores no solo cumplen una función técnica, sino que también se convierten en herramientas pedagógicas y sociales, en tanto facilitan la comunicación del conocimiento científico a las comunidades y fortalecen los procesos participativos de monitoreo.

Históricamente, los primeros esfuerzos en esta línea se materializaron en la propuesta de Horton (1965), quien diseñó un índice de calidad del agua a partir de un conjunto de parámetros físico-químicos. Posteriormente, y a través del aporte de diversos trabajos se dio origen a los Water Quality Index (WQI), ampliamente difundidos en Norteamérica y Europa (Zahraa Zahraw Al-Janabi, 2021). En el contexto latinoamericano, se han adaptado índices como el Índice de Calidad de Agua (ICA) del IDEAM en Colombia, que combina parámetros básicos para evaluar la aptitud del agua según distintos usos (IDEAM, 2004).

En términos generales, los indicadores de calidad del agua pueden agruparse en tres categorías:

- Indicadores físico-químicos, tales como pH, oxígeno disuelto, conductividad, turbidez, sólidos disueltos, nitratos y fosfatos, que permiten establecer las condiciones básicas de potabilidad y salubridad del agua (American Public Health Association, 1998).

- Indicadores biológicos, como macroinvertebrados bentónicos, diatomeas y macrófitas, que reflejan de manera integrada los cambios en la calidad del agua, dado que responden a las alteraciones ambientales a mediano y largo plazo (Roldán, 2016; García et al., 2017).
- Indicadores microbiológicos, tales como coliformes fecales o Escherichia coli, que permiten evaluar riesgos sanitarios asociados al consumo o contacto con el agua (World Health Organization, 2017).

El uso de estos indicadores en el marco de monitoreos participativos reviste una gran importancia; Por un lado, aportan evidencia científica objetiva que legitima las percepciones comunitarias frente a autoridades ambientales y actores externos. Por otro, facilitan la apropiación social del conocimiento, en tanto pueden ser medidos con metodologías accesibles, kits portátiles o protocolos simplificados que las comunidades son capaces de manejar (Mosqueira Campos y Lavaggi, 2020). Así, se reduce la distancia entre la producción académica y la acción colectiva, promoviendo una mayor corresponsabilidad en la gestión del agua.

En el caso de la cuenca alta del río Dagua, los indicadores de calidad del agua pueden apoyar y respaldar la identificación de los principales factores socioambientales que afectan la disponibilidad y potabilidad del recurso, como lo son la presión de actividades agrícolas y pecuarias, la descarga de aguas residuales sin tratamiento y la deforestación de áreas estratégicas, etc. A su vez y a través de un proceso de co-creación, estos indicadores se convierten en la base para el diseño de sistemas de alerta temprana y para la generación de capacidades comunitarias que fortalezcan la gestión ambiental local.

En consecuencia, los indicadores de calidad del agua trascienden su carácter técnico para convertirse en instrumentos de diálogo entre ciencia y comunidad. Su uso no solo evalúa la condición ecológica de un río o un afluente, sino que también permite empoderar a los actores sociales, mejorar la gobernanza del recurso hídrico y promover prácticas sustentables de uso y conservación.

3.4. LA GESTIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL: HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

La complejidad de los conflictos ambientales contemporáneos exige miradas integradoras capaces de abordar sus múltiples dimensiones: ecosistémicas, sociales, económicas, culturales e institucionales. En este sentido, el enfoque de SSE ofrece un marco conceptual pertinente, pues permite comprender la relación ecosistemas–humanos en una cuenca hidrográfica a partir de elementos como los impactos ambientales, su valoración social, los usos del suelo y la historia ambiental del territorio (Folke, 2002; Berkes, 2005).

Frente a este escenario, la gestión ambiental adquiere un rol central. Conesa-Fernández (1996) la define como el conjunto de acciones encaminadas a lograr la máxima racionalidad en la toma de decisiones sobre la utilización, conservación, defensa, protección y mejora del medio ambiente, a partir de una información multidisciplinaria y la participación ciudadana. En este sentido, la gestión ambiental no se limita a la aplicación de normas técnicas, sino que constituye una directriz estratégica para la sostenibilidad, al articular la regulación institucional, la capacidad de fiscalización y la implementación de instrumentos de política pública que equilibren el desarrollo económico con la conservación de los servicios ecosistémicos.

El crecimiento económico y la calidad de vida están íntimamente vinculados a la disponibilidad y calidad de los recursos naturales. Por ello, contar con información sistemática y cuantitativa sobre dinámicas ambientales -particularmente aquellas relacionadas con los procesos productivos-resulta indispensable para

orientar decisiones responsables en materia de planificación territorial (Quiroga Martínez, 2005). Sin embargo, más allá de los instrumentos técnicos, la gestión ambiental requiere incorporar la dimensión social y cultural, de manera que los saberes comunitarios sean reconocidos como parte del acervo necesario para garantizar la sostenibilidad.

En este marco, la educación ambiental se constituye en un pilar fundamental. Esta se entiende como un proceso continuo y participativo que busca que las personas comprendan, analicen y se relacionen de forma crítica y armónica con su entorno (Marcote, 2005).A través de la educación ambiental se fomenta la corresponsabilidad ciudadana en la conservación del recurso hídrico, se fortalece la conciencia ecológica y se promueve la adopción de prácticas sostenibles tanto en el ámbito individual como en el colectivo. La propuesta de Paulo Freire (1970) sobre la pedagogía crítica encuentra aquí plena vigencia: el aprendizaje ambiental no debe ser un proceso de transmisión unidireccional, sino una construcción colectiva que problematice la realidad y genere alternativas de acción.

En Colombia, se han implementado diversos programas institucionales que buscan integrar la gestión con la educación ambiental, tales como los Proyectos Ambientales Escolares (PRAES), los Procesos Comunitarios de Educación Ambiental (PROCEDA), los Proyectos Ambientales Universitarios (PRAU) y los Comités Interinstitucionales de Educación Ambiental (CIDEA). Estos espacios constituyen una oportunidad para fortalecer las capacidades comunitarias, siempre que se logre evitar la duplicidad de esfuerzos y se garantice la articulación con las políticas públicas locales y regionales (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

A pesar de estos avances, el impacto de las actividades antrópicas sobre los ecosistemas acuáticos sigue siendo crítico. La agricultura intensiva, el vertimiento de aguas residuales, la deforestación y la expansión urbana generan presiones constantes sobre las fuentes hídricas superficiales, subterráneas y de amortiguación, tales como humedales y lagunas. Por esta razón, la gestión ambiental del agua debe ser asumida como un componente estratégico de la política hídrica nacional y regional, en estrecha articulación con los procesos de educación y participación comunitaria, con el fin de lograr la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos y el bienestar de las comunidades que dependen de ellos.

3.5. CIENCIA CIUDADANA: APORTES A LA IAP

La CC se ha consolidado en las últimas décadas como un enfoque innovador que amplía los límites de la producción científica al incorporar de manera activa a la sociedad en los procesos de investigación. Más allá de una estrategia de recolección de datos, constituye un mecanismo de democratización del conocimiento, pues posibilita que grupos sociales tradicionalmente excluidos participen en la definición de problemas, la formulación de hipótesis, la interpretación de resultados y la implementación de soluciones (UNESCO, 2021).

En el ámbito de los proyectos ambientales, la participación ciudadana promueve el diálogo de saberes entre la experticia científica y la experiencia comunitaria. Este intercambio fomenta el análisis crítico, la creatividad colectiva y la innovación social, al tiempo que fortalece la legitimidad de los resultados. Como consecuencia, la producción científica derivada de la CC puede incidir directamente en la formulación de políticas públicas, orientando las decisiones hacia una mayor equidad y reflexividad social (Bonney et al., 2009).

Una de las modalidades más relevantes es la de los proyectos cocreados, en los cuales la población y el equipo de investigación se involucran de manera conjunta desde el diseño hasta la evaluación del proceso. Este tipo de experiencias se vincula estrechamente con la Investigación-Acción Participativa (IAP), ya que ambas metodologías comparten principios como la horizontalidad, la construcción colectiva de conocimiento y la transformación social. En estos casos, el rol del investigador no es el de un experto distante, sino el de un facilitador que acompaña a las comunidades en la identificación de problemas, la exploración de alternativas y la toma de decisiones (Jacques-Aviñó et al., 2020).

La evolución de la CC muestra un tránsito significativo: en sus inicios, los ciudadanos eran concebidos únicamente como recolectores de datos, mientras que en la actualidad se les reconoce como coproductores de conocimiento. Esta transformación se asemeja al proceso vivido por la educación ambiental, que pasó de concebir al estudiante como receptor pasivo de información, a promoverlo como un sujeto crítico y alfabetizado científicamente, capaz de interpretar y transformar su realidad (Cosquer et al., 2012).

En el contexto de la cuenca alta del río Dagua, la CC puede desempeñar un papel decisivo al facilitar la apropiación social de los indicadores de calidad del agua, la vigilancia de los factores ambientales y la construcción de sistemas comunitarios de alerta temprana. Al generar datos confiables y comprensibles, promueve la confianza entre comunidades e instituciones, reduce la asimetría en la información y refuerza los procesos participativos de gestión del recurso hídrico.

De este modo, la CC no solo complementa a la IAP en su dimensión metodológica, sino que también aporta un marco práctico para vincular el conocimiento científico con la acción colectiva, fortaleciendo la resiliencia socio-ecológica y la gobernanza comunitaria del agua

3.6. LA CARTOGRAFÍA SOCIAL: HERRAMIENTA PARTICIPATIVA PARA EL ANÁLISIS Y LA GESTIÓN DEL TERRITORIO

La CS ha emergido en las últimas décadas como una herramienta metodológica fundamental para la planeación participativa y la gestión comunitaria del territorio. A diferencia de la cartografía tradicional, centrada en la representación técnica del espacio geográfico, la CS reconoce al territorio como una construcción colectiva que integra tanto las dimensiones materiales (recursos, ecosistemas, infraestructura) como las simbólicas (memorias, imaginarios, afectos). De esta manera, constituye un instrumento idóneo para visibilizar las percepciones, saberes y conflictos que atraviesan a las comunidades locales en su relación con el medio ambiente (Harley, 2002; Piza Cubides, 2009.

Según Piza Cubides (2009), la CS puede definirse como “el método para promover y facilitar los procesos de planeación participativa y de gestión social de las comunidades en el proceso de ordenamiento y desarrollo de sus territorios” (p. 15). Bajo esta perspectiva, el mapa deja de ser un producto estático elaborado por expertos y se convierte en un proceso dinámico de construcción colectiva de conocimiento, en el que los participantes identifican problemáticas, proponen alternativas y fortalecen su apropiación del territorio.

La evolución conceptual y técnica de la cartografía ha permitido que este enfoque sea cada vez más relevante. El paso hacia mapas dinámicos, multitemporales e interactivos ha abierto la posibilidad de que los usuarios no sean solo receptores, sino también productores de información geográfica. Ello favorece que las comunidades construyan sus propios mapas temáticos digitales y que se apropien del “dominio de la información” geográfica como un recurso estratégico para la gestión territorial (Crampton ,

2010).Además, la CS permite integrar fenómenos naturales (recursos hídricos, ecosistemas), actividades humanas (producción agrícola, minería, movilidad) y espacios construidos (infraestructura, asentamientos), logrando una visión holística del territorio.

Un aspecto relevante es que este enfoque reconoce el territorio no solo como un espacio físico, sino como un sistema de relaciones cambiantes en el que los seres humanos forman parte integral junto con otros elementos naturales. Esta concepción rescata las vivencias, los imaginarios y la tradición, obligando a repensar el papel de los actores sociales en la transformación del territorio (Lefebvre, 1991). La CS, al incorporar estos elementos, visibiliza a comunidades históricamente invisibilizadas y se convierte en un medio para fortalecer el tejido social y la acción colectiva en defensa del agua y la naturaleza (CLACSO, 2020).

En el marco de la presente investigación, la CS se asume como un instrumento articulador que complementa los indicadores de calidad del agua, la GA y la IAP, donde su aporte radica en que facilita la construcción de diagnósticos comunitarios, la identificación de factores socioambientales y la elaboración de propuestas colectivas de monitoreo y gestión del recurso hídrico. Así, más que un ejercicio técnico, la CS se convierte en un proceso político y pedagógico, que contribuye a la equidad en el acceso a la información y a la justicia ambiental.

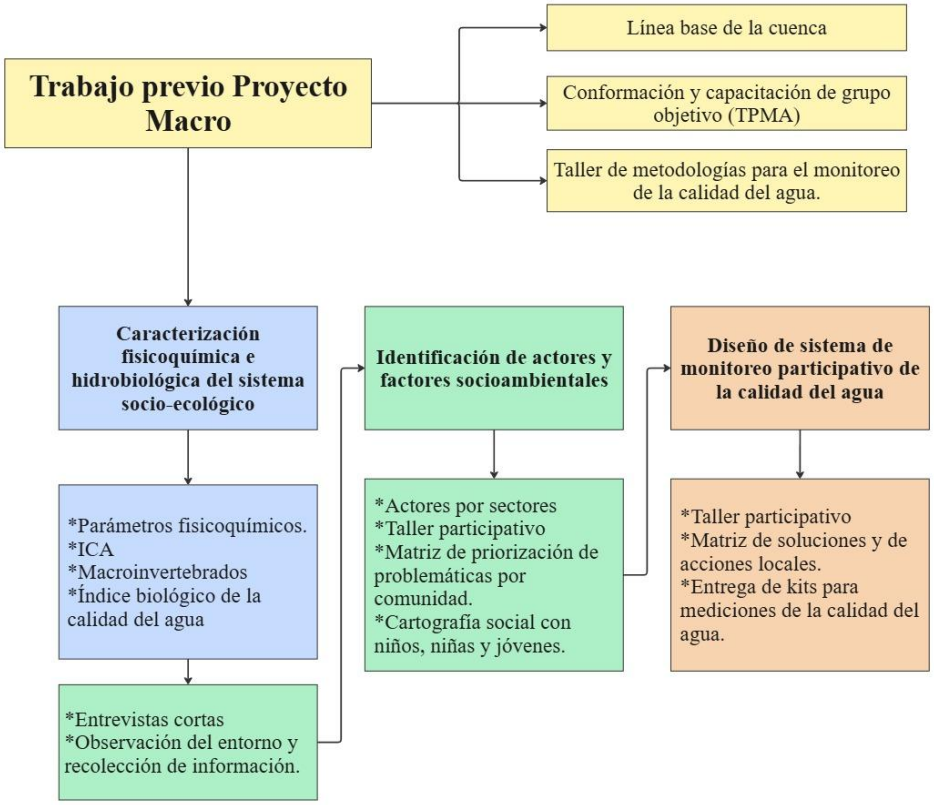
Aplicada a la cuenca alta del río Dagua, la CS permitió que las comunidades representarán los conflictos derivados de actividades productivas (agricultura intensiva, ganadería, minería), la distribución desigual del recurso hídrico y las zonas de riesgo ambiental. Lo anterior, a través de talleres participativos y mapeos colectivos, donde se buscó construir propuestas de control, uso y gestión del agua que respondieran a las necesidades reales de las comunidades más vulnerables, garantizando un acceso justo y sostenible a este recurso vital.

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA

La estrategia metodológica (ver Figura 1) de esta investigación tomó como punto de partida el trabajo previo desarrollado en el marco del Proyecto Macro "Investigación del recurso hídrico de las cuencas de los ríos Cauca y Dagua (BPIN 2014000100031)", financiado por el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías. En adelante, se hará referencia a este como el "Proyecto Macro".

Este proyecto permitió establecer la línea base de caracterización de la calidad del agua en distintos puntos de la cuenca alta del río Dagua, seleccionar las comunidades participantes y conformar, a partir de ellas, una población objetivo. Dicha población se vinculó al programa Técnico en Promotoría en Manejo Ambiental (TPMA) del SENA, en cooperación con la Universidad del Valle y el Proyecto Macro mencionado. El propósito de esta articulación fue fortalecer las capacidades locales mediante procesos de formación y empoderamiento comunitario, dejando capacidad instalada para la implementación de un sistema de monitoreo participativo de la calidad del agua.

Figura 1. Esquema general de estrategia metodológica



Nota. Elaboración propia

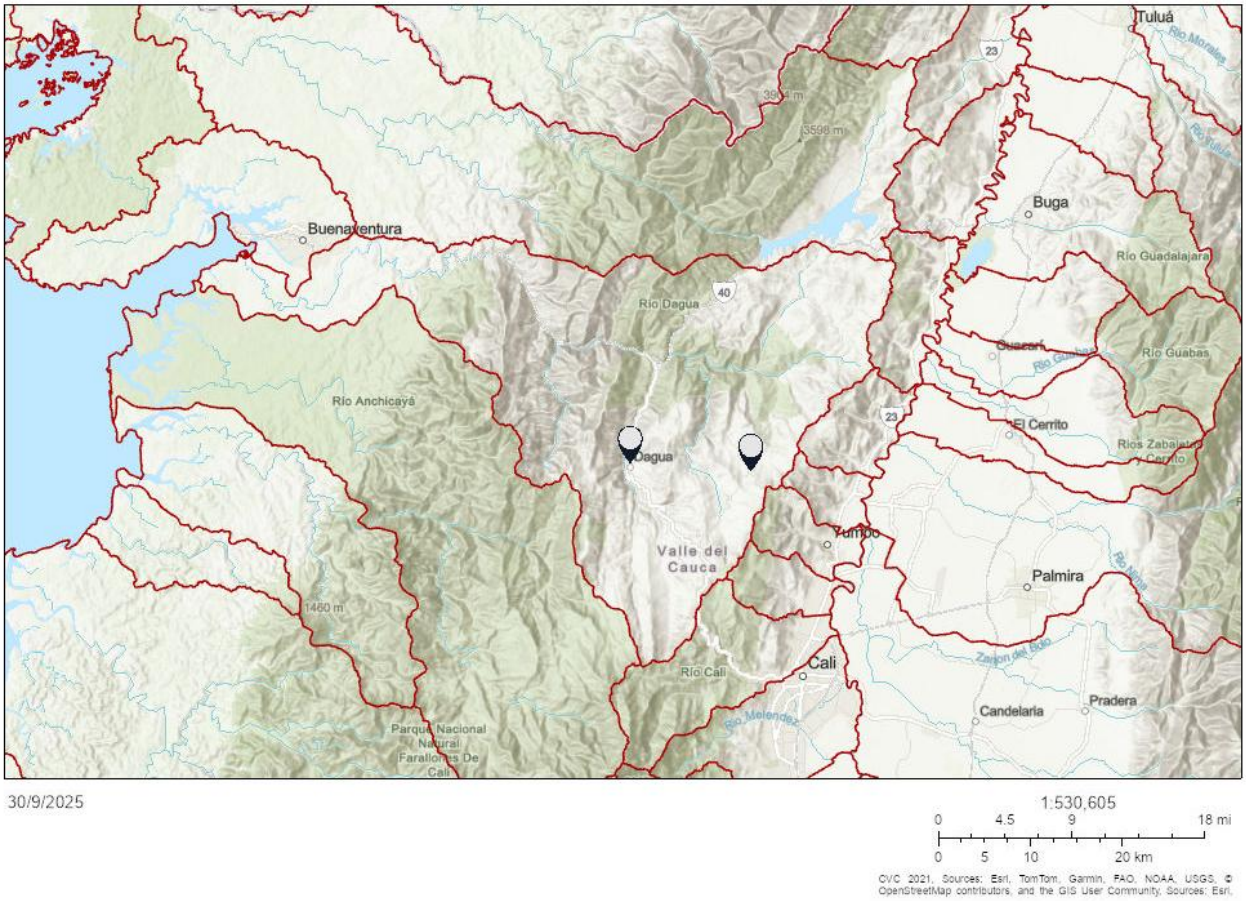
El desarrollo de los objetivos de esta investigación se sustentó en un enfoque mixto, con un diseño de triangulación concurrente (DITRIAC) (Sampieri, 2018), que posibilita el tratamiento simultáneo de datos cuantitativos y cualitativos. La metodología se estructuró en tres fases interrelacionadas: (i) caracterización fisicoquímica e hidrobiológica del sistema socioecológico; (ii) identificación de actores locales y factores

socioambientales; y (iii) diseño de un sistema participativo de monitoreo de la calidad del agua. Todas las fases fueron apoyadas por el grupo TPMA, en actividades como la ejecución de los muestreos y entrevistas, convocatoria y participación activa en los talleres con las comunidades, recolección y organización de información, entre otras.

4.1. ZONA DE ESTUDIO

Este estudio se llevó a cabo en la cuenca del río Dagua (Valle del Cauca, Colombia), con un área aproximada de 142.000 ha y un cauce principal de 110 km, que nace en los Farallones de Cali (~2.200 m s. n. m.) y desemboca en la bahía de Buenaventura (Aguirre, et al., 2017) (ver Figura 2). La cuenca, estratégica para la conexión entre el centro del país y el Pacífico, integra actividades mineras (formales e informales) y comprende los municipios de Dagua, La Cumbre, Restrepo y Buenaventura. De acuerdo con el IDEAM, en la zona alta predomina un clima húmedo (clasificación Caldas–Lang). Las comunidades con las que se trabajó y los puntos de muestreo se describen a continuación.

Figura 2. Mapa de la cuenca del río Dagua



Nota. Tomado de CVC (2025)

4.1.1. Bitaco

Bitaco es corregimiento del municipio de La Cumbre (Valle del Cauca), en el flanco occidental andino. El río Bitaco recorre el territorio del corregimiento y constituye un afluente relevante del río Dagua. El área del corregimiento es de 2.775,8 ha (12 % de La Cumbre), con un gradiente altitudinal entre ~1.000 m s. n. m. (cañón del río) y ~2.200 m s. n. m. (nacimientos). El relieve presenta pendientes fuertes con cimas redondeadas en la parte alta, y colinas con pequeños valles hacia las zonas media y baja.

La población estimada es de 2.308 habitantes (19,4 % del municipio), distribuida casi por igual entre zona urbana (1.193) y rural (1.115), con 487 viviendas y 606 familias (EOT La Cumbre). El corregimiento incluye las veredas El Retiro, La Sofía, Rincón Santo, El Diamante, Chicoral, Zaragoza, Santa Fe y Chicoralito. Limita al norte con territorio de Santiago de Cali, al sur con Dagua, al oriente con Yumbo y al occidente con el corregimiento de Lomitas (Alcaldía de La Cumbre).

El clima es templado la mayor parte del año (∼18 °C promedio). Destaca la Reserva Forestal de Bitaco, un bosque de niebla en buen estado de conservación. La producción agropecuaria incluye cultivos de té -únicos en la región-, café, maíz, tomate, fríjol, pimentón, ají, yuca y frutales.

4.1.2. La Cumbre (cabecera y quebrada Cordobitas)

La Cumbre se localiza al noroccidente del Valle del Cauca, a 29 km de Cali, en la vertiente occidental de la cordillera Occidental. Limita al norte con Restrepo; al sur con Yumbo, Dagua y Cali; al oriente con Yumbo y Vijes; y al occidente con Dagua. El municipio abarca 21.866 ha; la cabecera municipal, 62,7 ha. El rango altitudinal va de ~700 m s. n. m. (cañón del río Bitaco) a ~2.200 m s. n. m. (nacimientos). Todo el territorio municipal pertenece a la cuenca del río Dagua, con una participación del 15,6 % del área total. En la cuenca alta, depende de la subcuenca del río Bitaco (11.108 ha; 12,9 % de la cuenca del Dagua); la microcuenca principal es el río Pavas (4.839 ha; 5,6 %) (Alcaldía de La Cumbre, 2020). Por su posición geográfica, la climatología está influenciada por corrientes húmedas del Pacífico y la orografía de la cordillera Occidental, que favorecen alta pluviosidad estacional.

Se evidencia deterioro de la calidad del agua por vertimientos domésticos sin tratamiento, manejo inadecuado de residuos sólidos y arrastre de agroquímicos desde áreas de cultivo y ganadería cercanas. La expansión urbana no ha sido acompañada de infraestructura de alcantarillado suficiente, por lo que ríos como Bitaco y Pavas reciben cargas residuales significativas (Zapata, 2016). La normativa aplicable incluye la Resolución 0631 de 2015 (parámetros de vertimientos a aguas superficiales o alcantarillado) y la Ley 99 de 1993 (funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de las CAR).

4.1.4. Loboguerrero (corregimiento de Dagua)

La porción media de la cuenca, entre Cisneros y Loboguerrero, corresponde a una de las franjas más secas de la región, con una precipitación media anual cercana a 794 mm. En el período 1972–1978 se registraron 151 mm en octubre (mes más lluvioso) y 19,8 mm en enero (mes más seco). La temperatura media anual es de ~26 °C, con máximas >30 °C y mínimas <20 °C. La acción de vientos descendentes y secos incrementa la evapotranspiración y favorece la presencia de zonas xerofíticas.

Predominan áreas aptas para actividades agrícolas, industriales y viales. En el ámbito industrial se registra el poliducto del sistema Buenaventura–Yumbo. En materia vial se destacan: i) la doble calzada Buenaventura–Loboguerrero (tramo Zitronela–Altos de Zaragoza) y ii) el proyecto Loboguerrero–Mediacanoa. Adicionalmente, el corredor Buenaventura–Cali–Buga articula el puerto marítimo de

Buenaventura —uno de los más importantes del país— con el interior, lo que incentiva servicios formales e informales de carretera (montallantas, lavado de vehículos pesados, restaurantes, lavado de ropa, entre otros), con implicaciones ambientales por manejo de aguas residuales y residuos.

4.1.5. Dagua (municipio)

Dagua se localiza en el occidente del Valle del Cauca, entre Buenaventura, Restrepo, La Cumbre, Calima-Darién y Santiago de Cali (3°39′37″ N; 76°41′34″ O). Tiene un área de 899 km² (89.900 ha), la tercera mayor del departamento, y se sitúa a ~46 km de Cali. Presenta temperatura media de ~24 °C, altitud media de ~1.233 m s. n. m. y precipitación media anual de ~1.159 mm. Para 1998, la población total se estimó en 38.364 habitantes: 28,96 % en la cabecera (11.111) y 71,03 % en el sector rural (27.253), distribuidos especialmente en los corregimientos El Queremal, Borrero Ayerbe, San Bernardo, El Palmar, El Limonar, Los Cristales, La Elsa, El Salado, El Naranjo y Loboguerrero (Alcadía Municipio Dagua, 2009).

La economía municipal combina actividades agropecuarias (ganadería mayor y menor; agricultura de perecederos y de subsistencia; avicultura; pesca), minería, agroindustria, comercio y, en menor escala, industria. La localización sobre corredores logísticos estratégicos refuerza la dinámica de transporte y de servicios asociados (Alcadía Municipio Dagua, 2009).

4.2. TRABAJO PREVIO REALIZADO CON EL PROYECTO MACRO

La presente investigación se enmarca en la fase final del Proyecto Macro y retoma algunos de sus insumos de base, por esta razón se compilan las siguientes actividades preparatorias, que sirvieron como andamiaje para la ejecución metodológica de los objetivos planteados. Estas actividades preparatorias se realizaron en el año 2022, y en el año 2023 se inició la ejecución de los objetivos planteados en la presente investigación.

4.2.1. Selección de comunidades de trabajo y sus territorios

Para seleccionar las comunidades donde se construyeron los monitoreos de calidad del agua se consideraron factores bióticos, actividades productivas, zonas de riesgo por desastres, asentamientos poblados y la caracterización fisicoquímica e hidrobiológica previa del río Dagua y sus afluentes. Las comunidades y territorios seleccionados fueron: Bitaco (corregimiento de La Cumbre), casco urbano de La Cumbre, casco urbano del municipio de Dagua y casco urbano de Loboguerrero.

4.2.2. Acercamientos previos a comunidades y establecimiento del grupo objetivo

El trabajo previo con las comunidades ubicadas en el territorio incluyo que un equipo interdisciplinario constituido por biólogos, geógrafos, ingenieros ambientales y sociólogos realizara trabajo de campo con actores locales previamente contactados. En esta salida con el aporte de la Universidad del Valle y el SENA, se socializaron los objetivos del proyecto y se diseñaron instrumentos para la recolección de información primaria.

También-con la finalidad de trabajar de manera constante con la comunidad y capacitarla de manera técnica- se implementó el programa Técnico en Promotoría y Manejo Ambiental-TPMA del SENA (en el marco del convenio interinstitucional UNIVALLE–SENA), para el cual se seleccionaron aprendices de las comunidades de trabajo, quienes mostraron interés y apropiación por las problemáticas del agua en el territorio, quienes además de cursar la formación técnica, dinamizaron el empoderamiento comunitario para el monitoreo. Este grupo objetivo (TPMA) permitió un mayor acercamiento social y la apropiación del

proceso por parte de la comunidad, al vincular a su propia gente en la construcción participativa del programa de monitoreo.

4.2.3. Capacitación y formación del grupo objetivo TPMA

El grupo objetivo TPMA fue capacitado en competencias técnicas como la toma de muestras de agua de acuerdo con manuales técnicos y normativa del sector, la evaluación de impactos ambientales según procedimiento técnico y normativa, coordinación de campañas ambientales según estrategias de promotoría y normativa, y demás áreas transversales que incluye el programa técnico del SENA.

Durante el proceso de formación del grupo TPMA, se identificaron indicadores socioambientales como herramienta para monitorear, evaluar y comunicar información ecológica, socioeconómica y cultural. Estos indicadores sirven de referencia para medir la eficacia de políticas públicas, el desempeño del sector privado y el grado de inclusión en la gestión social. La batería final de indicadores de sustentabilidad local se adaptó a partir de la propuesta de WWF en el informe "Mira y Mataje" (2019). Se seleccionaron 11 indicadores clave de un total de 25, según las categorías priorizadas (Ver Figura 3). Este proceso se destacó por su construcción participativa, asegurando relevancia local y alineación con las necesidades comunitarias.

Finalmente, el grupo TPMA apoyo la convocatoria, diseño y ejecución de los talleres participativos en las comunidades seleccionadas y se consolidaron como agentes del cuidado del agua en el territorio.

Figura 3. Indicadores de sustentabilidad local



Fuente: Trasformado desde WWF Mira y Mataje.

4.2.4. Taller "Socialización de metodologías para el monitoreo de la calidad del agua en la cuenca"

Este taller tuvo como propósito socializar, capacitar de manera general y sensibilizar a las comunidades respecto a la metodología de muestreo a ejecutar con el grupo TMPA para la caracterización fisicoquímica e hidrobiológica de la calidad de agua. En un primer momento se dividió a la comunidad en cuatro mesas temáticas:

- Normatividad de calidad del agua y cuencas hidrográficas.
- Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de contaminación hídrica.
- Medición in situ de parámetros fisicoquímicos y entrega de kits de calidad de agua.

A cada mesa se asignó un experto temático, quien presentó un póster y realizó la explicación correspondiente. El reporte correspondiente a cada taller se encuentra en el Anexo A.

Se debe resaltar que, durante el taller realizado en la comunidad de El Carmen, se recogió información de carácter informal que da cuenta de una limitada disposición para continuar participando en procesos vinculados con la gestión comunitaria del agua. Adicionalmente, se mencionaron posibles problemas de seguridad en el territorio, los cuales podrían incidir de manera directa en culminar el proceso con esta comunidad.

4.3. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA E HIDROBIOLÓGICA

La ejecución del objetivo 1 se llevó a través de diversas actividades, las cuales incluyeron una revisión de la línea base y las fuentes de información para definir los nuevos puntos de muestreo, la ejecución de un muestreo con el grupo objetivo TPMA previamente capacitado en las competencias técnicas para ello, y, finalmente, el cálculo de los índices fisicoquímicos e hidrobiológicos para determinar la calidad del agua en cada comunidad.

4.3.1. Revisión de línea base y fuentes de información

Se empleó la caracterización realizada en el marco del Proyecto Macro en su fase II en el año 2016 que incluye variables fisicoquímicas, uso del suelo y actividades agrícolas y pecuarias como línea base. Además, como fuentes secundarias fisicoquímicas, se utilizaron los datos previos de cuatro puntos de la cuenca, que fueron tomados anualmente, y que son el referente de los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua, que corresponde a aplicación estándar del examen del agua y del agua residual o Standard methods for the examination of wáter and wastewater en inglés (APHA, 1998).

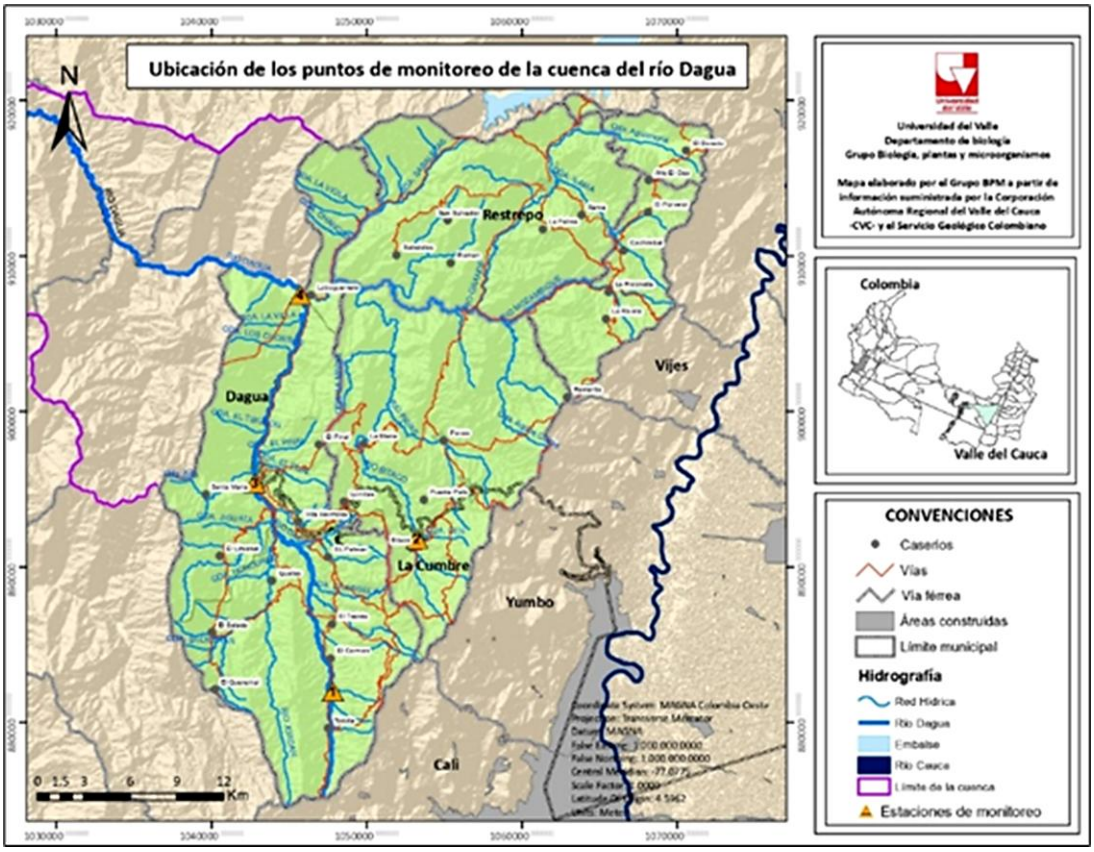
Por otra parte como fuentes secundarias biológicas para macroinvertebrados acuáticos se aplicaron los protocolos del Programa de Investigación en Entomofauna Acuática y Bioindicación de la Universidad del Valle; propuesto por Zúñiga, Cardona, Cantera, Carvajal & Castro (2009); la interpretación se realizó con los índices BMWP/COL adaptado Colombia (Roldán-Pérez, 2016) y el ASPT (Average Score per Taxon); por Forero et al, (2014).

4.3.2. Selección de puntos de muestreo

Los muestreos fisicoquímicos e hidrobiológicos se realizaron a lo largo del cauce del río Dagua y su afluente principal, el río Bitaco, entre los meses de mayo y junio de 2023, los puntos se pueden observar en la figura 4. En cada estación se establecieron dos puntos (aguas arriba y aguas abajo) con sus respectivas réplicas. Las estaciones y códigos fueron:

- BIT – Bitaco (corregimiento de La Cumbre): nacimiento del río Bitaco, principal afluente del río Dagua.
- DAG – Dagua (casco urbano): punto crítico por la recepción de residuos de la cuenca alta y descargas asociadas a actividades industriales (p. ej., Harinera del Valle).
- LOB – Loboguerrero: confluencia Bitaco–Dagua; en este punto se integra la carga del río Bitaco al río Dagua.
- CAR-El Carmen: tramo intermedio del río Dagua.
- LCU – La Cumbre (quebrada Cordobitas, casco urbano): zona rodeada de áreas de cultivo y ganadería; se observan impactos potenciales por deriva de agroquímicos y escorrentía de excretas en sectores sin demarcación para el ganado.

Figura 4. Puntos de monitoreo cuenca hidrográfica de río Dagua



Fuente: Elaboración informe final BPIN 2020000100296.

Las coordenadas de los puntos de muestreo se pueden observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Coordenadas de puntos de muestreo

Lugar	Coordenadas	
	N	W
Bitaco	3° 36´ 42,6"	76° 35´ 59,8"
Dagua	3° 39´15,13040"	76° 41´30,17540"
Loboguerrero	3° 45' 36.25400"	76° 39' 56.58540"
El Carmen	3° 31´44,82060"	76° 38´47,37640"
La Cumbre	3°39'01"	76°34'38"

Nota. Tomado de Proyecto Macro

El reporte de cada muestreo respecto a participantes, desarrollo, conclusiones y demás se encuentra en el Anexo B.

4.3.3. Medición de parámetros fisicoquímicos in-situ y exsitu

El grupo TPMA realizó mediciones in-situ en los cinco puntos (BIT, DAG, LOB, CAR, LCU). Se midió para cada estación tres replicas[1] con la sonda multiparámetrica HANNA HI 9829 las siguientes variables de campo: pH, pH (mV), Potencial Redox ORP (mV), Porcentaje de saturación de Oxigeno (%DO), Oxígeno Disuelto (DO) Conductividad Ω (mS/cm), Resestividad (Ω-cm), Solidos Disueltos Totales TDS (ppm), Salinidad (σT), Turbidez (FNU), Temperatura (°C) y PSI salinidad y coliformes, de los cuales se les explicó cómo eran tomados los parámetros fisicoquímicos a través de la academia. Estas actividades contaron con apoyo del semillero SEAL (SENA–CDTI Cali) y acompañamiento técnico de la Universidad del Valle.

En los puntos BIT, DAG, LOB y LCU se colectaron muestras de agua para la posterior medición de variables como demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y coliformes totales y fecales (APHA 1992; 2005). Con los valores de estos 4 puntos se calculó el ICA.

4.3.4. Índice de Calidad del Agua: ICA

Para evaluar de manera sintética el estado de la calidad del agua en 4 de los puntos de muestreo (BIT, DAG, LOB y LCU) donde se obtuvieron parámetros completos. Se calculó el Índice de Calidad del Agua de cinco parámetros (ICA-5), una adaptación operativa del WQI que resume en un único valor (0–1) la información de variables físico-químicas clave. En este estudio se emplearon cinco parámetros de amplia disponibilidad y relevancia para ríos andinos: oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno a 5 días (DBO_5), pH, sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes fecales (CF) (IDEAM, 2025). En cada medición con el grupo objetivo se colectaron muestras compuestas siguiendo protocolos estándar en dos puntos. El OD y el

[1] En el punto de La Cumbre solo se realizaron 2 réplicas por problemas logísticos.

pH se midieron in situ con la sonda multiparámetrica HANNA HI 9829; DBO_5, SST y CF se determinaron en laboratorio según métodos de referencia.

La fórmula del cálculo del indicador es:

$$ICA_J = \sum W_i \times I_{ij} \qquad \textit{(Ecuación 1)}$$

Donde:

ICA_j Es el Índice de Calidad del Agua calculado a la altura de un punto de monitoreo j.
Wi Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i.
Ii Es el valor calculado de la variable i, obtenido al ingresar el valor de la concentración de la variable obtenida en el punto de monitoreo j, en la curva funcional o ecuación correspondiente.
i Corresponde a la variable que hace parte del indicador.

En la tabla 3 se resume las variables que están involucradas en el cálculo del indicador, su unidad de medida y la ponderación que tienen dentro de la fórmula de cálculo.

Tabla 3. Variables involucradas en el cálculo del ICA

Variable	Unidades	Peso de importancia (ICA 5 variables)
Oxígeno Disuelto – OD	% saturación	0,20
Sólidos Suspendidos Totales – SST	mg/L	0,20
Demanda Química de Oxígeno – DQO	mg/L	0,20
Conductividad Eléctrica – CE	µS/cm	0,20
pH	unidades de pH	0,20

Nota. Tomado de (IDEAM, 2025)

Los valores que puede llegar a tomar el indicador han sido clasificados en cinco categorías y de acuerdo con ello se califica la calidad del agua de las corrientes superficiales a la altura de un punto de monitoreo, a cada valor se le ha asociado un color como señal de alerta y un símbolo para su especialización. En la tabla 4 se registra la relación entre categoría, símbolo, rango de valores y color.

Tabla 4. Categorías calidad del agua

Categoría	Rango	Símbolo	Color
BUENO	0,91 – 1,00	CÍRCULO	Azul
ACEPTABLE	0,71 – 0,90	TRIÁNGULO	Verde
REGULAR	0,51 – 0,70	CUADRADO	Amarillo
MALO	0,26 – 0,50	PENTÁGONO	Naranja

MUY MALO	0 – 0,25	HEXÁGONO	Rojo

Nota. Tomado de IDEAM (2025)

Las curvas funcionales adoptadas son las propuestas por Ramírez y Viña (1998) para oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales (SST) y conductividad eléctrica (CE); la sugerida por la Universidad Politécnica de Cataluña (2006), para demanda química de oxígeno (DQO); la planteada por el laboratorio del Departamento de Calidad Ambiental de Oregón (Estados Unidos) (Oregon Departament of Environmental Quality, 1994) para pH.

4.3.5. Muestreos hidrobiológicos

Para los Macroinvertebrados en cada una de las estaciones CAR, LCU, BIT, DAG y LOB se realizó la colecta de macroinvertebrados de acuerdo con la metodología de Roldán-Pérez (2016). La cual consiste en colocar una red Surber de 900 cm^2 de área y un ojo de malla de 500 µm a contracorriente en el río, removiendo el sustrato con la mano durante aproximadamente 1 minuto en tres ocasiones. Las muestras colectadas se depositaron en recipientes de plásticos debidamente rotulados y se fijaron en alcohol al 70%, para su posterior identificación en el laboratorio.

En cada una de las estaciones se socializó al grupo objetivo acerca de las metodologías de colecta, los equipos para su realización y como se podían construir de manera casera, a su vez, se les instruyó acerca de los organismos que se iban encontrando.

Para el trabajo en el laboratorio se realizó el procesamiento de las muestras a través de observaciones al estereoscopio y siguiendo las guías de identificación de Domínguez y Fernández (2009) y Roldán (2003). Los macroinvertebrados se identificaron a nivel género con estereoscopios Nikon (SMZ745T y SMZ-1500) y cámara digital Nikon DS-Ri1 U3, usando guías especializadas. Es relevante resaltar que la identificación de macroinvertebrados acuáticos hasta nivel de género constituye una opción metodológicamente válida en estudios de biomonitoreo, especialmente en contextos tropicales donde la determinación a nivel de especie suele verse limitada por restricciones taxonómicas, técnicas y operativas.

La literatura ha mostrado que los patrones de respuesta de estos organismos frente a la perturbación ambiental pueden mantenerse consistentes en niveles taxonómicos superiores, como familia y género, sin afectar de manera sustancial la interpretación ecológica de los resultados (Resh y Rosenberg, 1993; Lenat y Resh, 2001). En América Latina, este criterio también ha sido respaldado en la aplicación de índices biológicos como BMWP y ASPT, cuyo desempeño no depende exclusivamente de la resolución a nivel de especie, sino de su articulación con otros indicadores de calidad del agua (Roldán Pérez, 2003, 2016; Sermeño Chicas, et al., 2010).

Desde una perspectiva de evaluación integral, la combinación de información hidrobiológica con variables fisicoquímicas y microbiológicas permite compensar la menor resolución taxonómica y fortalecer la confiabilidad del diagnóstico ambiental. A ello se suma que, en esquemas de monitoreo participativo, la identificación hasta género responde a criterios de viabilidad técnica, apropiación social y sostenibilidad del proceso, ya que exigir niveles taxonómicos más finos puede convertirse en una barrera para la participación comunitaria. En este sentido, priorizar categorías taxonómicas accesibles favorece la

continuidad del monitoreo, la producción de información útil para la gestión territorial y la toma de decisiones ambientales, en coherencia con enfoques de ciencia ciudadana y monitoreo comunitario (UNESCO, 2018).

4.3.6. Macroinvertebrados (Composición, estructura y calidad del agua)

Curva de acumulación de taxa: Para evaluar la efectividad del muestreo se realizó una curva de acumulación de taxa, empleando los estimadores no paramétricos Chao1 (Moreno, 2001) y ACE (Abundance-based Coverage Estimator). En ambos casos, la efectividad se estimó mediante el cociente entre los taxa observados y los taxa esperados por cada modelo, multiplicado por 100, obteniéndose una efectividad del 85 % para Chao1 y del 76 % para ACE. Dado que los macroinvertebrados fueron identificados principalmente hasta nivel de género, la riqueza observada y estimada corresponde a taxa identificados a ese nivel taxonómico, y no a especies en sentido estricto.

Índices de diversidad: Se calcularon también los índices de diversidad alfa (Margalef, Simpson y Shannon – Weaver) y Beta (Jaccard). Siendo la riqueza (Margalef, 1951) utilizando como unidad de análisis los taxa identificados principalmente a nivel de género. Aunque la identificación a nivel específico ofrece una resolución ecológica más fina, el nivel de género constituye una alternativa metodológicamente válida en estudios de biomonitoreo aplicado y monitoreo participativo, ya que permite comparaciones consistentes entre estaciones bajo un mismo criterio taxonómico. No obstante, esta decisión metodológica puede subestimar la riqueza específica real y modificar los valores absolutos de diversidad y similitud, por lo que los resultados deben interpretarse principalmente en términos comparativos entre sitios.

$$DMg = \frac{(S-1)}{LnN} \qquad \textit{(Ecuación 2)}$$

Donde:

S es el número de taxa identificados en la muestra y N es el número total de individuos.

La dominancia (Simpson, 1949):

$$\lambda = \Sigma pi2 \qquad \textit{(Ecuación 3)}$$

Donde pi es la abundancia proporcional del taxón i, es decir, el número de individuos del taxón i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

La diversidad (Shannon & Weaver, 1948):

$$H' = -\Sigma pi * \ln pi \qquad \textit{(Ecuación 4)}$$

Donde, al igual que en la ecuación anterior, pi es la abundancia proporcional del taxón i.

El coeficiente de similitud (Jaccard, 1901):

$$IJ = c/a + b - c \qquad \textit{(Ecuación 5)}$$

Donde a es el número de taxa presentes en el sitio A, b es el número de taxa presentes en el sitio B y c es el número de taxa compartidos entre ambos sitios.

4.3.7. Índice biológico de calidad del agua (BMWP)

Los macroinvertebrados colectados fueron identificados principalmente hasta nivel de género, utilizando estereoscopios Nikon SMZ745T y Nikon SMZ-1500, con cámara digital Nikon DS-Ril U3 adaptada y guías de identificación de Roldán (1988,2003), Thorp y Rogers (2010), Oscoz, et al. (2011) y Gamarra , et al. (2017).

Debido a la facilidad y eficiencia de su aplicación en sistemas de monitoreos participativos, para evaluar la calidad biológica del agua, se calculó el índice BMWP/Col. adaptado para el Valle del Cauca BMWP/Univalle (Biological Monitoring Working Party) Alba-Tercedor (1988), modificado para Colombia (Roldán, 2003; Zuñiga, 2010).

El índice BMWP/Col. asigna a cada familia de macroinvertebrados acuáticos un puntaje que varía entre uno y diez, de acuerdo con su tolerancia a la contaminación. Los rangos para clasificar la calidad del agua van desde buena calidad de agua > 150 hasta 101, aceptable entre 100 - 61, dudosa entre 60 - 36, crítica entre 35 - 16, y finalmente aguas muy críticas <15 (Roldán, 2003). En este sentido, aunque los índices de diversidad fueron calculados principalmente con base en géneros, la aplicación del BMWP/Univalle se fundamentó en la identificación taxonómica a nivel de familia, de acuerdo con la lógica propia del índice.

4.4. IDENTIFICACIÓN DE ACTORES Y FACTORES SOCIOAMBIENTALES

La ejecución del objetivo 2 se llevó a cabo a través de tres actividades. La primera correspondió a la identificación de los actores claves en la gestión de la cuenca alta del río Dagua, esta se realizó durante la formación del grupo objetivo TPMA; la segunda correspondió a la identificación de los factores socioambientales, la cual se realizó en dos momentos, el primero durante el muestreo realizado con el grupo objetivo donde se recopiló información a través de la observación del entorno y de entrevistas cortas a personas presentes en el territorio, el segundo a partir de la ejecución del Taller “Problemas y soluciones de la calidad del agua” donde se trabajó con población adulta.

Finalmente, la tercera actividad correspondió a ejercicios de cartografía social con niñas, niños y jóvenes de diferentes instituciones educativas que estuvieron presentes en el taller mencionado, con la finalidad de conocer sus percepciones acerca del valor que dan al agua en su cotidianidad, la gestión de esta en su territorio, las problemáticas que identifican y las posibles soluciones.

4.4.1. Identificación de actores

El mapa de actores se elaboró mediante una revisión sistemática realizada por el grupo objetivo TPMA durante su proceso de formación, abarcando cuatro de las comunidades de interés (Bitaco, La Cumbre, Dagua y Loboguerrero). La información se organizó en categorías clave —sector privado, sector público, organizaciones comunitarias, academia y otros grupos sociales— y se complementó con insumos

previamente recolectados por el Proyecto Macro. Esta clasificación permitió identificar, comparar y priorizar actores relevantes para la gestión participativa del monitoreo.

4.4.2. Identificación de factores socioambientales

El diagnóstico socioambiental se desarrolló inicialmente con los integrantes del grupo focal TPMA y la Universidad del Valle durante los muestreos fisicoquímicos e hidrobiológicos en cuatro de las comunidades (Bitaco, La Cumbre, Dagua y Loboguerrero). En estas salidas se identificaron las principales problemáticas ambientales: contaminación del agua, deforestación, amenazas a la biodiversidad y debilidades en la gobernanza del recurso hídrico.

Paralelamente, los integrantes del grupo objetivo recolectaron información por medio de entrevistas cortas semiestructuradas durante el muestreo, insumo que se analizó y se utilizó en el taller participativo para priorización de problemas, el formato de estas entrevistas y el número de personas entrevistadas se encuentran en el Anexo C. Los entrevistados correspondieron generalmente a acompañantes del muestreo pertenecientes a la comunidad que tenían roles relacionados con la educación ambiental y la gestión del agua, personas que vivían cerca de los puntos de muestro.

Posteriormente, se realizaron cuatro talleres -uno por comunidad- titulados *"Problemas y soluciones de la calidad del agua".* Al inicio de este taller se presentaron los resultados del Objetivo 1 (caracterización fisicoquímica e hidrobiológica) para contextualizar a los asistentes; seguidamente, se socializaron los indicadores de sostenibilidad ecológica y algunas de las problemáticas previamente identificadas por el grupo objetivo a través de su experiencia en el muestreo y las entrevistas cortas. Después de esta fase inicial, los talleres tuvieron tres momentos:

- Construcción de matriz de priorización de problemas por comunidad.
- Identificación de soluciones locales e introducidas.
- Definición de acciones locales (autodiagnóstico y planificación).

Para este objetivo se consideran los resultados del primer momento, dedicado a la *Matriz de Priorización de Problemas*, herramienta que permitió ordenar los principales desafíos en cada comunidad e identificarlos como los factores socioambientales. La Investigación-Acción Participativa (IAP) fue un eje metodológico central para los monitoreos comunitarios. Se tomó como referente el documento de Frans Geilfus (2009) "80 estrategias de desarrollo participativo: Diagnóstico, Planificación, Monitoreo y Evaluación, asegurando coherencia con el marco teórico de la investigación".

- Procedimiento aplicado para elaborar la Matriz de Priorización de problema (paso a paso)

Paso 1. Explicar a los participantes el propósito del ejercicio: de entre todos los problemas identificados, determinar cuáles son los más importantes para la comunidad o requieren mayor urgencia de atención.

Paso 2. Preparar una matriz a dos entradas con igual número de filas y columnas que problemas identificados. Escribir, en la primera fila y en la primera columna, un problema por celda, en el mismo orden.

Paso 3. Iniciar la comparación por pares: comenzar con la intersección del problema 1 (columna 1) y el problema 2 (fila 2). Preguntar: "¿Cuál de los dos es más importante o debe resolverse con mayor urgencia?". Tras alcanzar consenso, escribir en la celda el problema considerado más importante.

Paso 4. Repetir el ejercicio para todos los pares de problemas. Solo se diligencia media matriz (la superior o la inferior).

Paso 5. Contabilizar cuántas veces aparece cada problema en la matriz. Ordenar de mayor a menor frecuencia: el que aparezca más veces será el más prioritario. Esta comparación por pares reduce la subjetividad respecto de otros métodos.

Paso 6. Recoger impresiones del grupo sobre el proceso. Registrar los resultados y entregar el papelógrafo o una copia a la comunidad para su resguardo y seguimiento.

La figura 4 muestra un ejemplo de una matriz completa.

Figura 5. Ejemplo de Matriz de Priorización de Problemas



Nota. Tomado de 80 Herramientas para el desarrollo participativo; Diagnóstico, Planificación Monitoreo y Evaluación (Frans Geilfus, 2009).

El reporte de cada taller respecto a participantes y desarrollo se encuentra en el Anexo D. La convocatoria fue liderada por el grupo focal TPMA, que actuó como facilitador y gestor del agua en su territorio. Gracias a su gestión se garantizó la participación de actores diversos: instituciones educativas, autoridades municipales, representantes de acueductos rurales, organizaciones ambientales (p. ej., CVC y Acuavalle) y comunidad en general.

En total, participaron más de 164 personas en los cuatro talleres, los cuales se realizaron en las siguientes fechas: La Cumbre (17/08), Bitaco (18/08), Loboguerrero (19/08) y Dagua (09/09) de 2023. El perfil de los asistentes fue una mezcla de estudiantes y docentes de instituciones educativas locales, amas de casa, adultos mayores, jóvenes (incluidos aprendices/egresados SENA) y líderes comunitarios. También hicieron

parte como instituciones y actores claves la CVC, Acuavalle, Vallecaucana de Aguas, UES Valle, Agrícola Himalaya, Juntas de Acción Comunal, Alcaldías y equipos académicos (BPM–Univalle y SENA). Todo lo anterior evidencia el alto interés y compromiso comunitario frente a la calidad del agua.

4.4.3. Cartografía social con niños, niñas y jóvenes

Este ejercicio con la población asistente más joven tuvo como objetivo promover la reflexión, el diálogo y la construcción colectiva de conocimiento entre los niños, niñas y jóvenes sobre sus percepciones respecto al agua, las problemáticas y soluciones relacionadas con la calidad del agua en su territorio, a través de un ejercicio de cartografía social participativa.

La cartografía se pudo llevar a cabo en Bitaco con estudiantes de grado tercero y quinto de primaria de la institución educativa La Libertad; y para el Casco Urbano de La Cumbre con estudiantes de grado sexto y séptimo de la institución educativa Simón Bolívar. El ejercicio con esta población se llevó a cabo durante el Taller "Problemas y soluciones de la calidad del agua" previamente mencionado.

Desarrollo metodológico paso a paso

- Se socializó los resultados de la matriz de priorización de problemas a los jóvenes y/o niños asistentes y se respondieron dudas o inquietudes.
- Se organizó las mesas de trabajo de acuerdo a los grados de los estudiantes.
- Se estableció los roles dentro de cada mesa: Facilitador/a joven: dinamiza la conversación; Relator/a: registra las ideas principales. Dibujante: representa gráficamente el territorio. Vocero/a: presenta el mapa final en la plenaria.
- Cada mesa recibió un pliego de papel kraft, marcadores, colores, stickers y post-it.
- Cada grupo seleccionó el área del territorio en el cuál querían trabajar que estuviese relacionada con el agua.
- Se realizaron preguntas guías en cada mesa.

  Para los estudiantes de primaria (Bitaco) se trabajó sus percepciones alrededor del río Bitaco y el agua con las preguntas guía ¿qué es para mí el agua? ¿Dónde está el agua en mi territorio? ¿Qué puedo hacer para cuidar el agua?

  Para los estudiantes de sexto y séptimo (La Cumbre) se trabajó alrededor de las problemáticas y posibles soluciones relacionadas con el agua en su territorio, situándolos en la quebrada Cordobitas, conocida por todos. Se presentaron como preguntas guía ¿Qué problemas observamos cuando recorremos o visitamos la quebrada Cordobitas? ¿Cuál es el problema o situación que más nos preocupa? ¿Qué podríamos hacer para disminuir o erradicar estos problemas en nuestra quebrada?

- Se realizó registro fotográfico de lo construido por cada grupo.
- Cada grupo socializó a sus compañeros su mapa construido.

Las construcciones de los niños, niñas y jóvenes se analizaron para contribuir en la identificación de los factores socioambientales. Donde se enfatizó en su relación con el agua y los ecosistemas y el reconocimiento de los factores antrópicos que afectan la calidad y disponibilidad del agua en su territorio.

4.5. DISEÑO DE MONITOREOS PARTICIPATIVOS DE LA CALIDAD AGUA

Para el diseño de monitoreos se empleó el segundo y tercer momento del taller “Problemas y soluciones de la calidad del agua”, las cuales se enfocaron en identificar soluciones frente a las problemáticas priorizadas y las acciones locales a planear y ejecutar. Finalmente, a cada comunidad se le realizó la entrega y capacitación de un kit para las mediciones in situ de parámetros fisicoquímicos e hidrobiológicos, a cuál fue acompañada de una capacitación por parte del grupo TPMA.

4.5.1. Identificación de soluciones locales e introducidas

El objetivo de esta actividad fue que la comunidad, con apoyo de los facilitadores, identificara para cada uno de los problemas priorizados (factores socioambientales) las soluciones experimentadas localmente y, alternativas introducidas o por validar. Se otorgó prioridad a las soluciones locales, reservando las introducidas solo cuando las primeras no existían o no habían mostrado resultados satisfactorios. La actividad presenta dos ventajas clave: (i) permite identificar parte de lo que la gente ya hace para diseñar programas, y (ii) fortalece la confianza, la autoestima y el espíritu de indagación del grupo. El tiempo requerido fue de 2 horas en asamblea.

Procedimiento aplicado (paso a paso):

Se colocaron los problemas identificados en un tablero y se siguió el flujograma lógico que se puede observar en la figura 6. Las preguntas orientadoras fueron las siguientes:

Pregunta 1. ¿Existen soluciones locales (qué hemos hecho para abordar este problema)?

No: identificar soluciones potenciales a introducir.

Sí: pasar a la Pregunta 2.

No sabemos: realizar investigación de campo.

Pregunta 2. ¿Las soluciones locales dan buenos resultados? (usar matriz de evaluación si es necesario)

No: pasar a la Pregunta 3.

Sí: promover dichas soluciones.

No sabemos: realizar investigación de campo.

Pregunta 3. ¿Las soluciones locales pueden mejorarse?

No: pasar a la Pregunta 4.

Sí: enfocar en el mejoramiento y posible ajuste con elementos introducidos.

No sabemos: investigación de campo y revisión técnica.

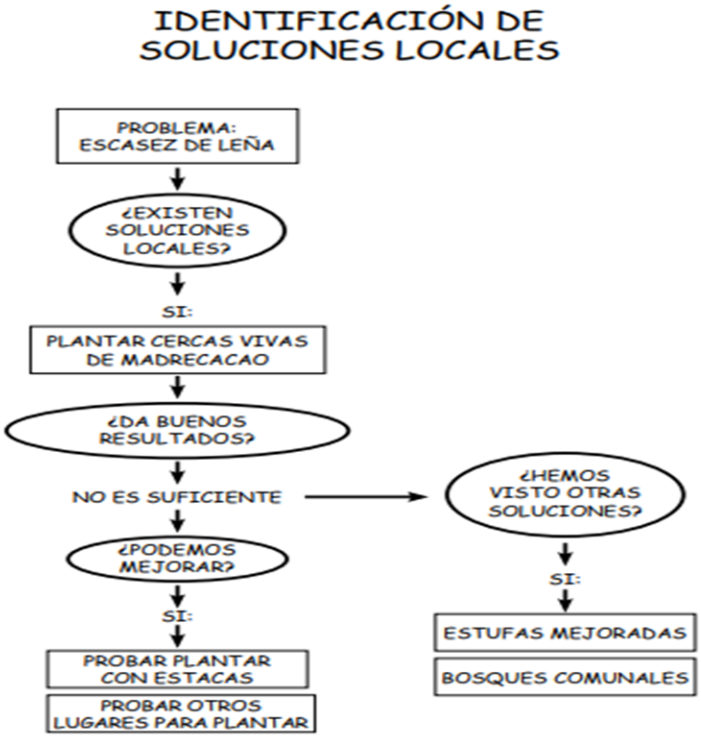
Pregunta 4. ¿Se conocen soluciones de otros lugares que podrían introducirse?

No: indagar con apoyo técnico.

Sí: enumerarlas para su análisis.

Al culminar el flujograma, las soluciones se recopilaron por problema.

Figura 6. Matriz de identificación de soluciones locales



Fuente. Geilfus, F. (2009). 80 herramientas para el desarrollo participativo: Diagnóstico, Planificación, Monitoreo y Evaluación

4.5.2. Definición de acciones locales (autodiagnóstico y planificación)

Como actividad de cierre, se aplicó la *Matriz de planificación del autodiagnóstico de soluciones locales*. El objetivo fue identificar las soluciones implementadas, evaluar su desempeño y definir acciones, responsables y recursos para su implementación o mejora. La actividad se desarrolló en forma grupal e involucró a participantes comunitarios, técnicos y facilitadores, promoviendo conciencia sobre el potencial de adaptación e innovación del territorio y su sistematización.

- Procedimiento aplicado (Paso a paso)

La figura 7 muestra un ejemplo de este paso a paso.

Figura 7. Ejemplo de autodiagnóstico y análisis de campo de soluciones locales

PROBLEMAS →	ESCASEZ DE LEÑA	ESCASEZ DE MADERA
¿Qué buscamos?	1) Qué árboles usa la gente para leña 2) Qué opina la gente de estas especies 3) Qué especies plantan y dónde	1) Qué árboles usa la gente para madera 2) Qué opina la gente de estas especies 3) ¿Por qué la gente no planta más?
¿Dónde lo vamos a buscar?	- Hombres y mujeres: ¿Qué se hace hoy? - Ancianos: ¿Cómo se hacía antes?	- Hombres y mujeres: ¿Qué se hace hoy? - Ancianos: ¿Cómo se hacía antes? - Servicio forestal
¿Cómo lo haremos?	- 3 talleres (hombres, mujeres, ancianos) → Lo mismo (leña y madera) - Recorrido de las fincas → - Matriz de evaluación → Entrevista con forestales	
¿Quién lo hace?	El comité ecológico (responsable: María)	El comité ecológico (responsable: Andrés)
¿Qué vamos a presentar?	Haremos una presentación con toda la comunidad para analizar los resultados Invitados: técnicos y el agente forestal	

- Fuente. Geilfus, F. (2009). 80 herramientas para el desarrollo participativo

Fase de preparación (derivada de la identificación de soluciones locales):

- ¿Qué buscamos? (tipo de soluciones a identificar y analizar; información faltante).
- ¿Dónde buscamos? (sectores de la comunidad, actores, eslabones del sistema productivo).
- ¿Qué instrumentos usamos? (diálogos semiestructurados, observación, talleres, etc.).
- Definición y preparación de instrumentos.
- ¿Quién realiza el diagnóstico? (responsabilidades y términos de referencia del trabajo de campo con productos esperados).

Las siguientes fases, si bien no corresponden al alcance de la presente investigación, se describirán para su seguimiento y proyección.

Fase de implementación:

Se recomendó que el grupo focal ejecute la investigación sin presencia permanente de facilitadores (el rol de estos es preparar y apoyar el análisis).

Fase de análisis:

Se planteó una reunión de devolución en la que el grupo focal presenta hallazgos. Estos resultados alimentan la identificación, análisis y priorización de soluciones y la planificación de acciones.

Cada comunidad definió las acciones que se van a realizar para cada una de las soluciones, quienes son los responsables de ejecutarlas y de donde saldrían los recursos para hacerlo, se planteó un seguimiento y evaluación de estas acciones además de la vinculación de actores que puedan llevar este autodiagnóstico. Los actores encargados de realizar este seguimiento son los técnicos en promotoría en manejo ambiental del SENA (grupo objetivo TPMA).

4.5.4. Entrega de kits para mediciones in situ de parámetro fisicoquímicos e hidrobiológicos

Como parte de la estrategia del Proyecto Macro se encontraba dejar en las comunidades kits para las mediciones in situ de parámetros fisicoquímicos e hidrobiológicos. El Kit de monitoreo de agua de bajo costo del programa GREEN de Lamotte mide ocho parámetros de prueba incluyen oxígeno disuelto (10 pruebas), demanda bioquímica de oxígeno (10 pruebas), pH (10 pruebas), nitratos (10 pruebas), fosfatos (10 pruebas), cambio de temperatura (ilimitado), bacterias coliformes (3 pruebas) y turbidez (ilimitada).

El kit viene con todo el aparato necesario y los reactivos TesTab® no peligrosos necesarios para realizar pruebas de calidad del agua en diez muestras de agua, incluye un manual del instructor con instrucciones claras, fáciles de leer, paso a paso e ilustradas (inglés y español). El detalle de estos kits y el proceso para su uso de encuentra en el Anexo E y el reporte de entrega de kit y capacitación de encuentra en Anexo F.

CAPÍTULO V. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA E HIDROBIÓLOGICA

Para cumplir con el primer objetivo de esta investigación fue necesario capacitar al grupo TPMA en competencias relacionadas con el monitoreo ambiental, incluyendo el manejo de sondas multiparamétricas, así como los procedimientos de recolección, conservación, transporte y cadena de custodia de las muestras, entre otros aspectos técnicos. Una vez el grupo adquirió estas competencias, se realizaron cinco salidas de campo para llevar a cabo los muestreos. En cada una de ellas se efectuaron mediciones in situ con la sonda multiparamétrica y se recolectaron muestras para su análisis ex situ. De manera complementaria, los aprendices recolectaron muestras de macroinvertebrados acuáticos para su posterior identificación y análisis en laboratorio.

De forma paralela al componente técnico, los aprendices recopilaron información cualitativa mediante entrevistas cortas con personas residentes o presentes en las cercanías de los puntos de muestreo, así como a través de observaciones de campo sistemáticas. Esta información cualitativa será analizada y profundizada en el siguiente capítulo.

El muestreo en el casco urbano de Bitaco se llevó a cabo el 8 de mayo de 2023, y algunas de las fotografías tomadas durante esta jornada se presentan en la Figura 8.

Figura 8. Fotografías del muestreo en el casco Urbano de Bitaco



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el trabajo de campo, mayo de 2023.

El muestreo en el casco urbano de El Carmen se llevó a cabo el 16 de mayo de 2023, y algunas de las fotografías registradas durante esta jornada se presentan en la Figura 9. Durante el trabajo de campo, en el punto de muestreo correspondiente al río Tocotá, se evidenció la presencia de personas ajenas a la actividad, quienes, aunque no establecieron contacto directo con el grupo, permanecieron observando y siguiendo al equipo durante varios minutos.

Esta situación generó preocupación en términos de seguridad para los aprendices y profesionales participantes y, al ser contrastada con la información previamente recopilada en el taller de socialización de metodologías realizado el año anterior —en el cual se habían mencionado dificultades de orden público y baja apertura de la comunidad para vincularse a procesos de gestión comunitaria del agua—, llevó a reconsiderar el alcance del trabajo en este territorio.

En consecuencia, y priorizando la integridad del grupo y el respeto por el contexto social y territorial de El Carmen, se decidió no llevar a cabo la implementación de las actividades asociadas al segundo y tercer objetivo de esta investigación en esta comunidad. Esta decisión constituye una limitación del estudio en términos de comparabilidad entre localidades, pero al mismo tiempo evidencia la importancia de incorporar criterios de seguridad, análisis de contexto y consentimiento comunitario en el diseño y ejecución de procesos de monitoreo participativo de la calidad del agua.

Figura 9. Fotografías del muestreo en el casco urbano de El Carmen



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el trabajo de campo, mayo de 2023.

El muestreo en el casco urbano de Dagua se llevó a cabo el día 23 de mayo de 2023, algunas fotografías se observan en la figura 10. Este muestreo se llevó a cabo sin contratiempos.

Figura 10. Fotografías del muestreo en el casco urbano de Dagua



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el trabajo de campo, mayo de 2023.

El muestreo en el casco urbano de Loboguerrero se llevó a cabo el 6 de junio de 2023, algunas fotografías se observan en la figura 11.

Figura 11. Fotografías del muestreo en el casco urbano de Loboguerrero



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el trabajo de campo, junio de 2023.

El ultimo muestreo se llevó a cabo en el casco urbano de La Cumbre el día 27 de junio de 2023, algunas fotografías se observan en la figura 12.

Figura 12. Fotografías del muestreo en el casco urbano de La Cumbre



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el trabajo de campo, mayo de 2023.

Como se puede observar, los muestreos se llevaron a cabo en un lapso aproximado de dos meses, con la participación de los aprendices SENA del grupo TPMA, quienes contaban con el equipo y los elementos de protección personal necesarios para la adecuada ejecución de las actividades de campo. Esta preparación previa permitió desarrollar las jornadas de muestreo bajo condiciones seguras y con el cumplimiento de los protocolos técnicos establecidos para el monitoreo de la calidad del agua.

Asimismo, es importante resaltar que estos aprendices pertenecían a las comunidades seleccionadas en la cuenca, lo que les confería un conocimiento directo del territorio, de sus dinámicas socioambientales y de las principales problemáticas que afectan a las fuentes hídricas locales. En este sentido, su rol no se limitó únicamente al apoyo logístico y técnico, sino que también actuaron como guías en el reconocimiento de los

caminos de acceso, en la identificación de puntos críticos y en la interpretación de ciertas prácticas cotidianas de uso del agua.

La vinculación de aprendices provenientes de las mismas comunidades fortaleció el enfoque participativo de la investigación, favoreció la confianza entre los actores locales y facilitó el diálogo de saberes entre el conocimiento técnico-científico y el conocimiento territorial de las comunidades.

5.1. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA

La caracterización fisicoquímica se basa en el análisis de los resultados fisicoquímicos in situ tomados con la sonda multiparamétrica, los análisis ex situ de coliformes totales y fecales y el cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA). A partir de estos análisis y de dicho indicador se obtiene un diagnóstico general del estado de la cuenca alta y de los territorios habitados por las comunidades.

5.1.1. Resultados de parámetros fisicoquímicos

Las coordenadas de cada punto de muestreo se pueden observar en la Tabla 5 y los valores de las mediciones para cada punto de muestreo (tres replicas) con la sonda multiparamétrica HANNA HI 9829 se muestran en la Tabla 6, la cual incluye los resultados para las siguientes variables de campo: pH (mV), pH, Potencial Redox ORP (mV), Porcentaje de saturación de Oxigeno (%DO), Oxígeno Disuelto (DO), Conductividad Ω (mS/cm), Resestividad (Ω-cm), Solidos Disueltos Totales TDS (ppm), Salinidad (σT), Turbidez (FNU), Temperatura (°C) y PSI.

Tabla 5. Coordenadas de puntos de muestreo y sus réplicas

Lugar	Mediciones	Coordenadas	
		N	W
BIT	1	3° 36´ 42,6"	76° 35´ 59,8"
	2	3° 36´ 41,90700"	76° 35´59,45330"
	3	3° 36´42,5"	76° 35´59,9"
CAR	1	3° 31´44,82060"	76° 38´47,37640"
	2	3° 31´40,89730"	76° 38´49,11830"
	3	3° 31´42,53410"	76° 38´48,94150"
DAG	1	3° 39´15,13040"	76° 41´30,17540"
	2	3° 39´15,45020"	76° 41´32,82550"
	3	3° 39´16,44510"	76° 41´31,81780"
LOB	1	3° 45' 36.25400"	76° 39' 56.58540"
	2	3°45' 32.49950"	76° 39' 56.43600"
	3	3° 45' 40.01160"	76° 39' 56.80740"
LCU	1	3°39'01"	76°34'38"
	2	3°39'26"	76°34'42"

Nota. Elaboración propia

Tabla 6. Resultados de parámetros fisicoquímicos con la sonda multiparamétrica HANNA HI 9829

Fecha	Lugar	Medición	Parámetros											
			pH (mV)	**pH**	**ORP (mV)**	**(% OD)**	**ppm DO**	**Conductividad (mS/cm)**	**Resistividad (Ω - cm)**	**STD (ppm)**	**Salinidad (σT)**	**Turbidez (FNU)**	**Temperatura (°C)**	**PSI**
08/05/23	BIT	1	-58,1	7,92	168,8	94.0	7,37	83	0,0121	41	0,04	15,7	19,20	12,532
		2	-61,8	7,96	157,5	93,7	7,34	79	0,0127	40	0,04	11,3	19,30	12,545
		3	-52,1	7,79	177,9	92,1	7,2	81	0,0123	41	0,04	13,3	19,39	12,546
16/05/23	CAR	1	-67,0	8,07	199,0	92,1	7,17	112	0,0089	56	0,05	30,4	19,38	12,650
		2	-64,4	8,01	220,5	91,7	7,24	112	0,0089	56	0,05	23,2	19,47	12,651
		3	-58,8	7,89	134,0	92,5	7,32	95	0,0105	47	0,04	19,6	19,33	12,650
23/05/23	DAG	1	-71,5	8,60	145,6	99,7	7,89	125	0,0080	63	0,06	47,6	22,43	13,800
		2	-56,5	7,85	132,2	99,5	7,92	126	0,0079	63	0,06	45,6	22,46	13,491
		3	-58,3	7,90	121,3	100,3	7,94	126	0,0079	63	0,06	46,5	22,59	13,491
06/06/23	LOB	1	-76,4	8,28	124,3	100	7,91	260	0,0038	130	0,12	42,3	24,93	13,828
		2	-65,7	8,10	111,9	102,7	8,17	229	0,0044	115	0,11	130	23,70	13,838
		3	-84,1	8,42	107,1	101,2	7,90	235	0,0042	118	0,11	109	24,63	13,825
27/06/23	LCU	1		7,92	184,5	92,10	7,24	241		33,2	161	24,20	23,8	12,5
		2		7,63	75,1	85,2	6,65	108		54	0,5	21,7	19,53	12,61

Nota. Elaboración propia

Cuando se realiza la fotosíntesis, disminuye el dióxido de carbono libre y aparece el bicarbonato y el carbonato, mientras que durante la respiración se presenta el fenómeno contrario. Estos iones fomentan, en el primer caso, el cambio de pH del agua hacia el lado básico y, en el segundo, hacia el lado ácido. La presencia de estos iones determina el concepto de alcalinidad, la cual se expresa como la cantidad de bicarbonatos y carbonatos presentes en el agua. Si el pH es menor a 8,3 se expresa como alcalinidad bicarbonato y, si es superior a este valor, se expresa como alcalinidad carbonato. La contaminación de las aguas con residuos orgánicos o industriales rompe el equilibrio ecológico, lo que provoca cambios drásticos en el pH; se tornan más marcados los procesos de respiración y fotosíntesis, se produce un agotamiento de oxígeno en las horas de la noche y un exceso de producción en el día (Roldán Pérez, 2012).

Para BIT los valores de pH oscilaron entre 7,79 y 7,96, similar a LCU, con valores de 7,92 y 7,63, y CAR entre 7,89 y 8,07, lo que indica un agua ligeramente alcalina, característica de zonas con buena oxigenación y baja contaminación. Por su parte, para LOB se registraron valores entre 8,1 y 8,42, y para DAG valores de pH entre 7,85 y 8,6 —este último el más alto de todos los puntos—, lo que sugiere mayor actividad fotosintética o aporte de bicarbonatos, lo que podría indicar algún tipo de contaminación en los puntos.

El potencial redox (ORP, por sus siglas en inglés: Oxidation-Reduction Potential) medido con una sonda multiparamétrica es un parámetro que indica la capacidad de una muestra de agua (o solución) para oxidarse o reducirse, es decir, su tendencia a aceptar o donar electrones. La sonda multiparamétrica mide el potencial redox utilizando un electrodo de medición que detecta la actividad electrónica en la muestra, y el potencial se expresa en milivoltios (mV). Para valores positivos (+ mV) se indica un medio oxidante; por ejemplo, agua con presencia de oxígeno disuelto, cloro libre, permanganato, etc. Por otra parte, valores negativos (– mV) indican un medio reductor; por ejemplo, aguas anóxicas, con materia orgánica en descomposición o presencia de sulfuro de hidrógeno (H_2S). La Tabla 7 muestra los tipos de medio de acuerdo con los valores aproximados.

Tabla 7. Tipos de medio de acuerdo a valores de ORP

Tipo de medio	Valor aproximado (mV)	Ejemplo
Altamente oxidante	+600 a +800	Agua clorada o aireada
Moderadamente oxidante	+300 a +500	Ríos bien oxigenados
Neutro / transición	+100 a +200	Agua natural con equilibrio O_2/CO_2
Ligeramente reductor	0 a –100	Aguas subterráneas o estancadas
Altamente reductor	–200 a –400	Sedimentos anóxicos, aguas con H_2S

Nota. Tomado de Sawyer, McCarty, y Parkin, 2005.

Para todos los puntos en los cinco lugares se presentaron valores entre +100 y +200, rango en el cual se considera el agua natural con equilibrio O_2/CO_2, lo que indica un medio moderadamente oxidante, típico de ríos bien oxigenados.

El porcentaje de saturación de oxígeno (%DO) mide la relación entre el oxígeno disuelto real (DO medido) y el máximo oxígeno que el agua podría contener a una temperatura y presión dadas (es decir, su capacidad de saturación teórica). Indica qué tan "llena" está el agua de oxígeno en comparación con su capacidad máxima. Es una medición relativa y depende de la temperatura, la altitud/presión atmosférica y la salinidad.

El oxígeno disuelto (DO) es una de las variables más importantes en la calidad del agua. Los valores normales oscilan entre 7,0 y 8,0 mg/L. La principal fuente de oxígeno es el aire, el cual se difunde en el agua por la turbulencia en los ríos y por el viento en los lagos. En lagos, la fotosíntesis es la fuente más importante de oxígeno y su medición se utiliza para determinar la productividad primaria y, de cierta forma, determinar el estado de eutrofización (Roldán Pérez, 2012).

Para todos los puntos se observan valores de DO superiores a 7 mg/L y saturaciones mayores al 90%, lo que evidencia un ambiente favorable para organismos acuáticos, con buena aireación.

La conductividad eléctrica determina la cantidad total de iones presentes en el agua; por ello se relaciona con la salinidad. La conductividad se define como el recíproco de la resistencia medida entre dos electrodos de 1 cm^2 y distanciados entre sí por 1 cm. Los valores de conductividad se expresan en microsiemens por centímetro (µS/cm). Por lo general, la conductividad en las aguas superficiales tropicales de montaña es baja (aguas oligotróficas), entre 10 y 50 µS/cm. Para el caso de BIT, CAR y DAG, los valores de conductividad variaron de 79 a 125 µS/cm, indicando un contenido menor de iones; sin embargo, para LOB y LCU, los valores estuvieron entre 230 y 260 µS/cm, lo que podría indicar una posible fuente externa que estuviera aportando iones al ecosistema. Bajo condiciones naturales, en ecosistemas acuáticos de montaña, a medida que aumenta la conductividad disminuye la diversidad de taxa, de modo que un aumento de sales en el agua provocado por actividades humanas produce este mismo efecto. De esta manera, la conductividad y el pH son dos de las medidas que más aportan información acerca de la estructura y el funcionamiento de un ecosistema acuático (Roldán Pérez, 2012).

La resistividad mide la oposición del agua o solución al paso de la corriente eléctrica. Es el inverso de la conductividad. La salinidad se refiere a la concentración total de los componentes iónicos presentes en un cuerpo de agua (Roldán Pérez, 2012).

Los sólidos totales disueltos se refieren a la concentración total de minerales presentes en el agua (Roldán Pérez, 2012). Los sólidos disueltos totales (TDS) y la salinidad presentaron valores ligeramente altos solo para Loboguerrero.

La turbiedad define el grado de opacidad generado en el agua por la materia particulada en suspensión. Dado que los materiales que provocan la turbiedad son los responsables del color, la concentración de las partículas determina la transparencia del agua, puesto que limita el paso de la luz a través de ella. La forma más común como el ser humano aumenta la turbiedad del agua es mediante la construcción de obras de ingeniería (carreteras, por ejemplo), que dejan el terreno expuesto a la erosión. Por ello, la construcción de vías requiere un estudio de impacto ambiental detallado, con el objetivo de disponer adecuadamente los residuos de los materiales extraídos, evitando así que sean arrastrados por las lluvias, especialmente en el trópico, donde las lluvias son frecuentes y de alta intensidad. De la misma manera, la deforestación y la agricultura intensiva se convierten en fuentes de sedimentos, que al depositarse en el fondo de los ríos y lagos destruyen los hábitats de muchas especies (Roldán Pérez, 2012).

La radiación solar afecta directamente la temperatura del agua, además de determinar la calidad y cantidad de luz. En las zonas tropicales, la temperatura permanece más o menos constante a lo largo del año, es decir, temperaturas frías en las altas montañas y cálidas a nivel del mar. De esta manera, para los organismos tropicales, al estar adaptados a temperaturas relativamente constantes, cualquier cambio puede ser fatal para

su supervivencia. Los organismos mantienen sus células vivas gracias a diferentes mecanismos fisicoquímicos internos, que se pueden detener en la mayoría de los casos con pequeños cambios de temperatura (Roldán Pérez, 2012).

Para BIT la turbidez se mantuvo entre 11 y 15 FNU, y la temperatura promedio fue 19,3 °C, consistente con aguas frías de zona alta. En CAR la turbidez presentó valores ligeramente mayores, entre 19 y 30 FNU, indicando ligera presencia de sólidos suspendidos, con una temperatura promedio de 19,4 °C. Para LCU los valores de turbidez estuvieron entre 21 y 24 FNU, con una temperatura variable entre los dos puntos de muestreo.

En DAG la turbidez aumentó entre 45 y 47 FNU, posiblemente por arrastre de sedimentos, y la temperatura promedio fue de 22,5 °C, reflejando condiciones más cálidas por menor altitud. Finalmente, en LOB la turbidez presentó gran variabilidad (42–130 FNU), evidenciando posibles aportes de sedimentos por la vía Panamericana y actividades industriales. La temperatura fue la más alta de todos los puntos (23,7–24,9 °C).

En conjunto, la información fisicoquímica obtenida muestra que los tramos altos de la cuenca se caracterizan por aguas frías, bien oxigenadas, con pH ligeramente alcalino y conductividades propias de sistemas de montaña, condiciones que favorecen el mantenimiento de comunidades biológicas sensibles. No obstante, el incremento en la conductividad, los sólidos disueltos totales y la turbidez registrado en sectores como DAG y, especialmente, LOB y LCU sugiere la influencia de descargas antrópicas y procesos de remoción de sedimentos asociados a la vía Panamericana y a actividades productivas en la zona. Estos patrones refuerzan la necesidad de articular el monitoreo fisicoquímico con los indicadores biológicos y con las percepciones comunitarias, con el fin de contar con un sistema de seguimiento participativo que permita anticipar procesos de deterioro y orientar acciones de manejo integral en la cuenca alta del río Dagua.

5.1.2. Coliformes totales y fecales

Los valores de las pruebas ex situ de coliformes se encuentran en la Tabla 9.

Tabla 8. Valores de coliformes totales y fecales en cada punto de muestreo

	BIT		**DAG**		**LOB**		**LCU**	
	M1	**M2**	**M1**	**M2**	**M1**	**M2**	**M1**	**M2**
Coliformes totales	1371	1558	1541	2459	511	546	732	2369
Coliformes fecales	434	417	293	346	68	87	156	187

Nota. Elaboración propia

Los coliformes totales y fecales son indicadores microbiológicos de contaminación de origen principalmente fecal y permiten evaluar el riesgo sanitario asociado al uso del agua. Los coliformes totales incluyen un grupo amplio de bacterias que pueden proceder tanto de fuentes ambientales como de descargas domésticas, mientras que los coliformes fecales (entre ellos Escherichia coli) se asocian más directamente con la presencia de excretas humanas o animales. Por ello, conteos elevados de estos grupos sugieren la posible presencia de patógenos entéricos (bacterias, virus y protozoos) y, en consecuencia, un mayor riesgo

para la salud de las personas que consumen o tienen contacto directo con el agua sin tratamiento (World Health Organization, 2017).

En términos espaciales, LOB presentó de forma consistente los niveles más bajos de coliformes totales y fecales, lo que sugiere menor presión antrópica directa o mejores condiciones de autodepuración en ese tramo. DAG y BIT concentraron los mayores conteos de coliformes totales, compatibles con eventos de arrastre o aportes difusos aguas arriba (escorrentía, conexiones sanitarias, vertimientos puntuales y presencia de ganadería cercana a la ronda hídrica). En LCU se observó una alta variabilidad entre los valores de M1 y M2 para coliformes totales, aunque no tan marcada en los fecales, lo que podría estar asociado a descargas intermitentes, cambios en el caudal o a diferencias en el uso del suelo en el entorno inmediato de cada punto de muestreo.

Desde la perspectiva sanitaria, para uso humano sin tratamiento estos conteos no son aceptables, ya que superan los criterios establecidos para agua de consumo, por lo que se requiere la implementación de procesos de desinfección y el control de las fuentes de contaminación fecal. En el marco del monitoreo participativo, estos resultados indican la necesidad de priorizar el seguimiento en BIT, DAG y LCU (particularmente en el punto M2, donde se observan picos de coliformes totales), así como de articular acciones con las comunidades y actores locales para mejorar el manejo de aguas residuales, prácticas de saneamiento básico y protección de la franja ribereña.

5.1.2. Índice de calidad del agua (ICA)

El Índice de Calidad del Agua de cinco parámetros (ICA-5) se calculó para cuatro puntos en los que se contó con la totalidad de los parámetros requeridos: Bitaco (BIT), Dagua (DAG), Loboguerrero (LOB) y La Cumbre (LCU). En el punto El Carmen (CAR) se presentaron problemas con la conservación de las muestras, por lo que no fue posible estimar el índice. En la Tabla 10 se presentan los valores obtenidos para cada punto.

Tabla 9. Valores de ICA calculados para cada punto

	BIT		**DAG**		**LOB**		**LCU**	
	M1	**M2**	**M1**	**M2**	**M1**	**M2**	**M1**	**M2**
ICA	0,78	0,83	0,55	0,74	0,47	0,47	0,65	0,75
Categoría	Aceptable		Regular	Aceptable	Malo		Regular	Aceptable
Símbolo	Triangulo		Cuadrado	Triangulo	Pentágono		Cuadrado	Triangulo

Nota. Elaboración propia

Como se puede observar, BIT presenta una calidad de agua clasificada como aceptable, DAG y LCU se ubican entre las categorías regular y aceptable, mientras que en LOB la calidad del agua se clasifica como mala. En el informe del año 2016, en el que se calculó el ICANSF (indicador que evalúa nueve parámetros), se reportó una calidad de agua entre aceptable y regular para las estaciones de muestreo en los períodos evaluados, resultados que eran coherentes con los encontrados por López (2010) en la parte baja de la cuenca del río Dagua. Sin embargo, en dichos estudios no se registró la categoría “mala”, como sí ocurre en el caso de LOB para el año de estudio de esta investigación (2023).

Este corregimiento de Dagua corresponde a uno de los puntos de menor altitud muestreados (870 m s. n. m.) y presenta los valores de ICA más preocupantes; a su vez, los parámetros fisicoquímicos también

resultaron poco favorables para este sitio, lo cual refuerza la evidencia de una mayor presión antrópica y una menor capacidad de asimilación de cargas contaminantes en este tramo de la cuenca.

En el informe de 2016, donde los muestreos se realizaron en tres épocas del año —temporada seca (julio), lluviosa (octubre) y época de transición (enero)—, se encontró que en la época seca se presentó una calidad de agua regular, mientras que en la época lluviosa y en la época de transición con lluvias ligeras se obtuvo una calidad de agua aceptable. Esto indica una mejor calidad durante los períodos lluviosos y de transición, lo cual puede estar relacionado con que, durante la época seca, se presenta una mayor concentración de nutrientes inorgánicos disueltos y de contaminantes de origen doméstico, principalmente, así como de basuras de todo tipo en el agua. En contraste, en la época lluviosa se pueden presentar procesos de dilución de los contaminantes presentes en el agua, generados por el incremento del caudal del río y la consecuente disminución de las concentraciones de nutrientes y coliformes (Mancera-Pinedo, Et al,. 2013). En nuestro caso, los muestreos fueron realizados en los meses de mayo y junio.

Durante el periodo de muestreo (mayo–junio de 2023), la cuenca del río Dagua se encontraba en la fase final del primer ciclo lluvioso del año, propia de la región Pacífica colombiana, caracterizada por precipitaciones medias anuales muy elevadas (entre 2.000 y 8.000 mm en la cuenca del Dagua, con máximos en la parte baja) y por una fuerte influencia de la orografía y del ENOS sobre la oferta hídrica.

De acuerdo con el Boletín Agroclimático Nacional de mayo de 2023 (CVC, 2023), en la región Pacífica las lluvias se mantuvieron, en general, dentro de los valores climatológicos esperados para la época, aunque con disminuciones del orden del 10–20 % a lo largo del litoral, lo que sugiere un escenario de precipitación alta en términos absolutos, pero cercana o ligeramente inferior a la media histórica.

Este comportamiento es coherente con el marco hidroclimatológico descrito para la cuenca del Dagua y con los reportes hidroclimatológicos mensuales de la CVC para el Valle del Cauca, en los que mayo y junio se reconocen como meses aún húmedos, pero con una tendencia de transición desde el máximo de abril–mayo hacia una relativa disminución de la lluvia en junio (CVC, 2023).

En síntesis, el comportamiento del ICA-5 a lo largo de la cuenca alta del río Dagua evidencia un gradiente de deterioro de la calidad del agua desde los tramos altos, con condiciones aceptables, hacia sectores de menor altitud como Loboguerrero, donde convergen las presiones derivadas de la infraestructura vial, las actividades productivas y los asentamientos humanos.

La comparación con estudios previos, como el informe de 2016 y los resultados reportados por López (2010), muestra que, aunque persisten rangos de calidad entre aceptable y regular en varios puntos, la aparición de la categoría mala en Loboguerrero para 2023 constituye una señal de alerta sobre el incremento de las cargas contaminantes y la reducción de la capacidad de resiliencia del sistema hídrico. Estos hallazgos subrayan la importancia de mantener y fortalecer los programas de monitoreo ambiental, especialmente en los tramos más vulnerables, para sustentar la toma de decisiones en materia de gestión integral y restauración de la cuenca.

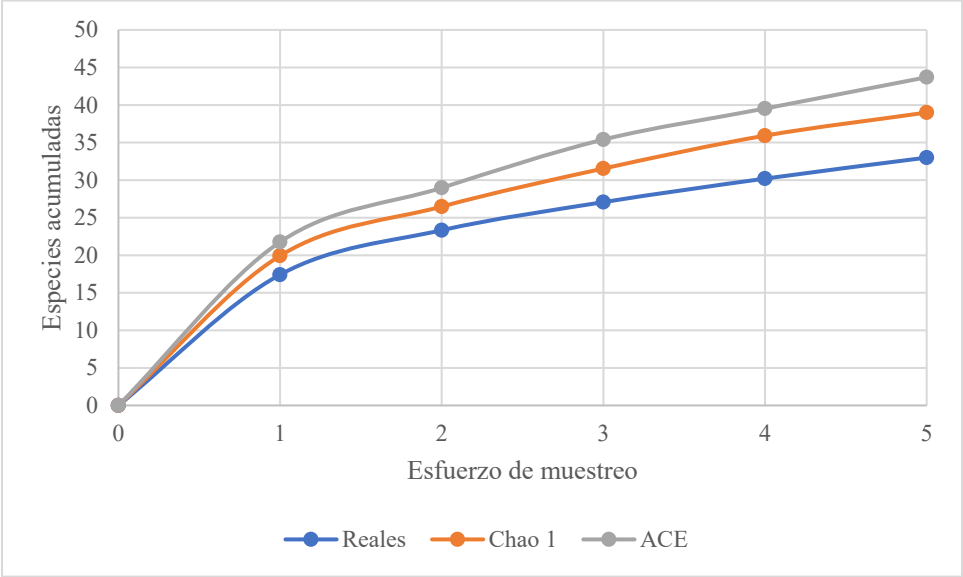
5.2. MUESTREOS HIDROBIOLÓGICOS

El compendio de la base de datos de los macroinvertebrados recolectados en los cinco puntos y su clasificación por composición y estructura se encuentra en el Anexo G.

5.2.1. Curva de acumulación de taxa

La curva de acumulación de taxa (Figura 13) muestra un incremento rápido de la riqueza observada entre la primera y la tercera unidad de muestreo, pasando de aproximadamente 17 a 27 taxa, seguido de un aumento más gradual hasta alcanzar 33 taxa en el quinto muestreo. Estos valores corresponden a los macroinvertebrados identificados principalmente a nivel de género, por lo que la curva representa una aproximación a la riqueza taxonómica registrada bajo ese nivel de resolución.

Figura 13. Curva de acumulación de taxa basada en el esfuerzo de muestreo, con la riqueza observada y los estimadores Chao1 y ACE.



Nota. Elaboración propia

Por su parte, los estimadores no paramétricos Chao1 y ACE predijeron una riqueza total de 39 y 43,7 taxa, respectivamente (Tabla 10), valores superiores a la riqueza observada, lo que indica la presencia probable de taxa adicionales no detectados por el esfuerzo de muestreo realizado.

Tabla 10. Riqueza de taxa observada ("Reales") y estimada mediante los predictores Chao1 y ACE para cada unidad de muestreo, y efectividad del muestreo.

Samples	Reales	Chao 1	ACE	Efectividad del muestreo	
0	0	0	0		
1	17,41	19,93	21,76	Chao 1	85%
2	23,33	26,48	28,98		
3	27,07	31,54	35,4		
4	30,2	35,92	39,53	ACE	76%
5	33	39	43,7		

Nota. Elaboración propia

Con base en la relación entre los taxa observados y los taxa esperados, la efectividad del muestreo fue del 85 % para Chao1 y del 76 % para ACE. Esto sugiere que el muestreo logró capturar entre tres cuartas partes y poco más de cuatro quintas partes de la riqueza taxonómica potencial de la comunidad, por lo que, aunque

el esfuerzo de muestreo fue moderadamente alto, podrían incorporarse unidades de muestreo adicionales para aproximarse al valor asintótico de los estimadores.

5.2.2. Índices de biodiversidad

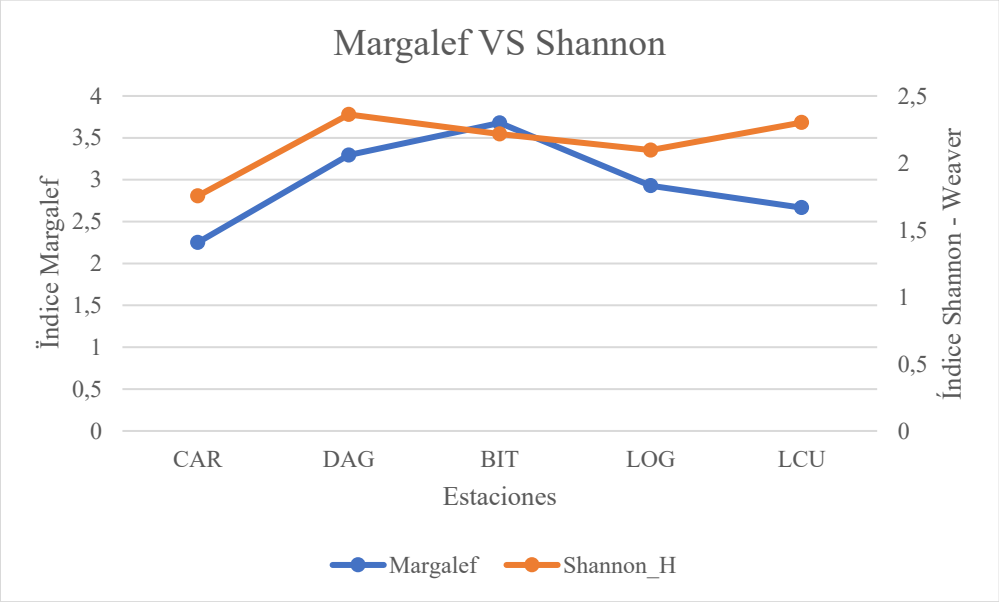
La riqueza taxonómica (S) de macroinvertebrados acuáticos, estimada principalmente a nivel de género, varió entre 14 y 23 taxa entre las estaciones de muestreo (Tabla 11). La mayor riqueza se registró en BIT (S = 23; Margalef = 3,678), seguida de DAG (S = 19; Margalef = 3,294), mientras que LCU y CAR presentaron los valores más bajos (S = 14–15; Margalef entre 2,251 y 2,667). Estos resultados indican que, en términos del número de taxa registrados, BIT y DAG albergan comunidades más ricas que las restantes estaciones, patrón que también se observa en la Figura 14.

Tabla 11. Riqueza de taxa, abundancia e índices de diversidad alfa de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreo CAR, DAG, BIT, LOB y LCU en el río Dagua.

	CAR	DAG	BIT	LOB	LCU
Taxa_S	15	19	23	17	14
Individuals	503	236	396	236	131
Dominance_D	0,2702	0,1329	0,1633	0,2153	0,1199
Simpson_1-D	0,7298	0,8671	0,8367	0,7847	0,8801
Shannon_H	1,754	2,362	2,216	2,096	2,302
Margalef	2,251	3,294	3,678	2,928	2,667

Nota. Elaboración propia

Figura 14. Variación espacial de la riqueza específica (Margalef) y del índice de diversidad de Shannon-Weaver (H') en las cinco estaciones de muestreo



Nota. Elaboración propia

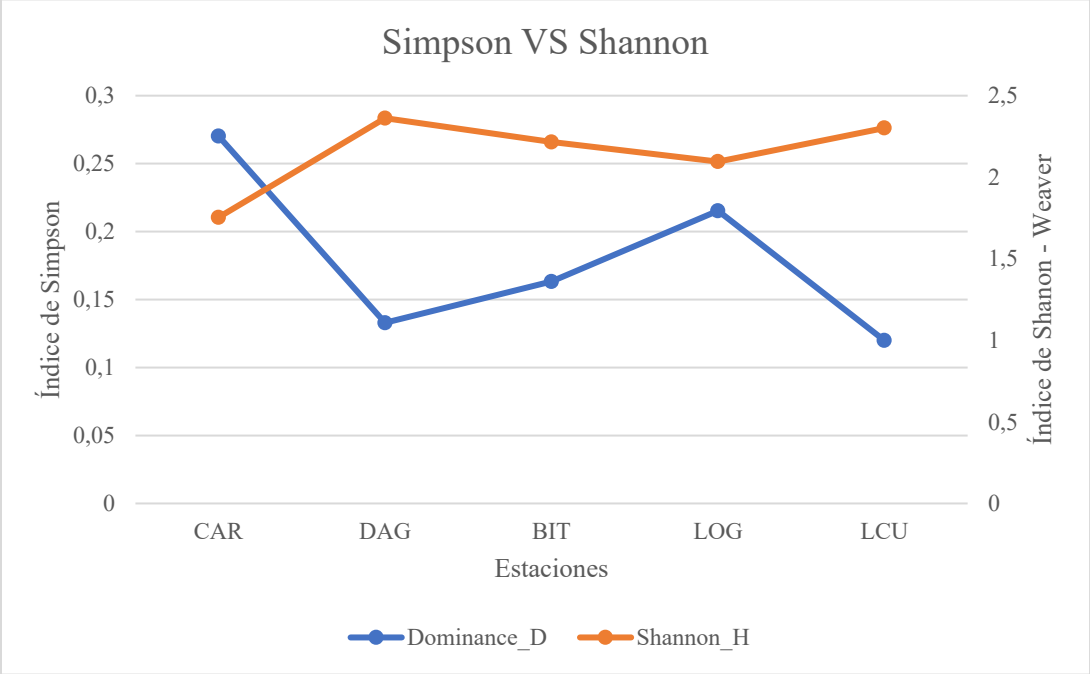
Los índices de diversidad mostraron un comportamiento parcialmente distinto. El índice de Shannon-Weaver (H') registró los valores más altos en DAG (H' = 2,362) y LCU (H' = 2,302), seguidos de BIT y

LOB, mientras que CAR presentó la menor diversidad (H’ = 1,754). De forma consistente, el índice de Simpson 1–D fue mayor en DAG y LCU (0,867 y 0,880, respectivamente) y menor en CAR (0,730), evidenciando comunidades más equitativas en las primeras y una mayor dominancia en la última. Ello se confirma con el índice de dominancia (D), que alcanza los valores más bajos en LCU y DAG (0,1199 y 0,1329) y los más altos en CAR (0,2702) y LOB (0,2153) (Figura 15).

En conjunto, estos resultados sugieren que, aunque BIT presenta la mayor riqueza de taxa, las comunidades de DAG y LCU son estructuralmente más diversas y menos dominadas por unas pocos taxa.

Es importante señalar que estos índices fueron calculados a partir de organismos identificados principalmente hasta nivel de género. Si bien un análisis a nivel de especie permitiría una resolución ecológica más precisa, el nivel taxonómico alcanzado en este estudio responde a las condiciones operativas del biomonitoreo y al enfoque participativo de la investigación. En este sentido, los resultados obtenidos constituyen una aproximación válida para comparar la estructura de las comunidades entre estaciones, aunque podrían subestimar la riqueza específica real y modificar los valores absolutos de diversidad.

Figura 15. Variación espacial de la dominancia de Simpson (D) y del índice de diversidad de Shannon-Weaver (H’) en las cinco estaciones de muestreo.



Nota. Elaboración propia

Al integrar estos resultados con el gradiente altitudinal y los usos del suelo presentes en la cuenca alta y media del río Dagua, se observa que la mayor riqueza registrada en BIT se corresponde con un tramo de cabecera, de mayor altitud y con una cobertura predominante de vegetación natural y sistemas agroforestales, lo que favorece la heterogeneidad de hábitats y, por ende, la incorporación de un mayor número de taxa. No obstante, los valores más elevados de diversidad y equidad (H’ y Simpson 1–D) se obtuvieron en DAG **y** LCU, estaciones ubicadas en sectores de altitud intermedia y con una mezcla de usos del suelo rural y urbano, donde la perturbación antrópica parece no ser lo suficientemente intensa como para simplificar la comunidad, generando ensamblajes más equilibrados en términos de abundancia relativa.

En contraste, CAR **y** LOB asociados a zonas con mayor influencia de infraestructura vial, asentamientos y actividades productivas, presentaron los valores más bajos de diversidad y la mayor dominancia de unos pocos taxas, lo que sugiere condiciones de mayor estrés ambiental y una comunidad más simplificada y dominada por organismos tolerantes.

El índice de similitud de Jaccard mostró valores que oscilaron entre 0,26 y 0,71 (Tabla 13). Las mayores similitudes en la composición de taxa se observaron entre DAG y LOB (J = 0,71), CAR y DAG (J = 0,70) y DAG y BIT (J = 0,62), lo que indica que estas estaciones comparten una proporción importante de taxa. En contraste, las combinaciones que involucraron a LCU presentaron los valores más bajos de similitud (J = 0,26 con CAR; 0,28 con BIT; 0,38 con DAG; 0,41 con LOB), evidenciando que esta estación posee una composición de macroinvertebrados más diferenciada respecto a las demás.

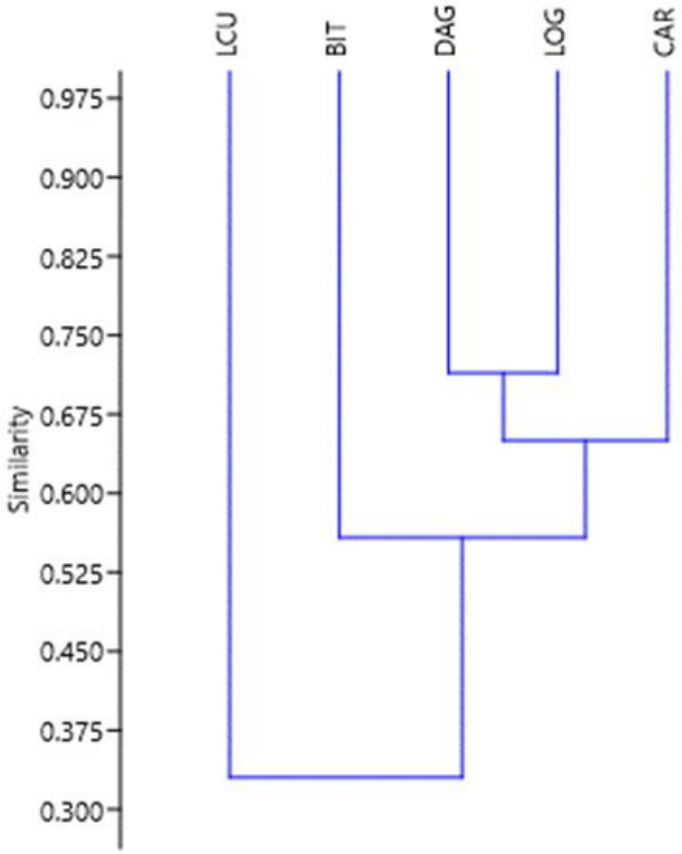
Tabla 12. Matriz de similitud de Jaccard basada en presencia/ausencia de taxa de macroinvertebrados acuáticos entre las estaciones CAR, DAG, BIT, LOB y LCU en el río Dagua.

	CAR	**DAG**	**BIT**	**LOB**	**LCU**
CAR	1	0,70	0,52	0,60	0,26
DAG	0,70	1	0,62	0,71	0,38
BIT	0,52	0,62	1	0,54	0,28
LOB	0,60	0,71	0,54	1	0,41
LCU	0,26	0,38	0,28	0,41	1

Nota. Elaboración propia

El dendrograma de agrupamiento (Figura 16) refleja este patrón, agrupando en un mismo clúster a DAG, LOB y CAR, mientras que BIT se ubica en una posición intermedia y LCU se separa tempranamente del resto de las estaciones. Este comportamiento sugiere que los tramos asociados a DAG, LOB y CAR comparten condiciones ambientales y de uso del suelo relativamente similares, mientras que LCU presenta características locales que favorecen un ensamblaje de macroinvertebrados distinto, coherente con los mayores valores de diversidad y equidad registrados en esta estación.

Figura 16. Dendrograma de agrupamiento jerárquico de las estaciones de muestreo a partir del índice de similitud de Jaccard.



Nota. Elaboración propia

5.2.3. Índice biológico de calidad del agua (BMWP)

Debido a la facilidad y eficiencia de su aplicación en contextos de monitoreo participativo, la calidad biológica del agua se evaluó mediante el índice BMWP/Col. adaptado para el Valle del Cauca (BMWP/Univalle), el cual asigna a cada familia de macroinvertebrados acuáticos un puntaje entre 1 y 10 según su tolerancia a la contaminación. La suma de estos puntajes corresponde al valor BMWP de cada estación y, adicionalmente, se calculó el índice ASPT (Average Score Per Taxon), definido como el cociente entre el BMWP total y el número de taxa presentes. Los valores de BMWP/Univalle oscilaron entre 61 y 101, mientras que el ASPT varió entre 5,55 y 6,43 (Tabla 14).

Tabla 13. Valores del índice BMWP/Univalle y ASPT para las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en las cinco estaciones de muestreo del río Dagua.

	CAR	DAG	BIT	LOB	LCU
BMWP	69	94	101	90	61
ASPT	5,75	6,27	5,61	6,43	5,55

Nota. Elaboración propia

Recordemos que, para BMWP/Col y sus adaptaciones, los rangos de calidad son:

- >150 y 101–120: Clase I, buena (aguas muy limpias a limpias)
- 61–100: Clase II, aceptable (aguas ligeramente contaminadas)
- 36–60: Clase III, dudosa (aguas moderadamente contaminadas)
- 16–35: Clase IV, crítica
- <15: Clase V, muy crítica

De acuerdo con los rangos de clasificación propuestos para el BMWP/Col., la estación BIT presentó la mejor calidad biológica del agua, con un valor de BMWP = 101, correspondiente a clase I (buena; aguas limpias). Las estaciones DAG y LOB alcanzaron valores de 94 y 90, respectivamente, que las ubican en clase II (calidad aceptable; aguas ligeramente contaminadas), mientras que CAR (BMWP = 69) y LCU (BMWP = 61) se sitúan en el límite inferior de esta misma categoría, evidenciando una mayor influencia de presiones antrópicas y un deterioro incipiente de la calidad del agua.

Los valores de ASPT, comprendidos entre 5,55 y 6,43, indican que, aunque existen signos de contaminación orgánica en todas las estaciones, la comunidad de macroinvertebrados aún incluye un número importante de familias sensibles y de tolerancia intermedia. En particular, los valores relativamente elevados de ASPT en DAG y LOB (≥ 6,2) sugieren condiciones de calidad biológica ligeramente mejores que en CAR y LCU, y son coherentes con los patrones observados en los índices de diversidad (Shannon y Simpson), donde estas estaciones presentaron mayor equidad y menor dominancia de taxa tolerantes.

5.3. CONSIDERACIONES FINALES

En síntesis, la caracterización fisicoquímica e hidrobiológica presentada en este capítulo permite exponer un posible deterioro de la calidad del agua a lo largo de la cuenca alta del río Dagua, desde condiciones aceptables y con alta riqueza biológica en los tramos de cabecera (BIT) hasta escenarios más comprometidos en sectores de menor altitud como LOB, donde convergen mayores cargas de sedimentos, sales disueltas y presiones antrópicas, reflejadas en los valores del ICA, la abundancia de coliformes y la composición de macroinvertebrados. La lectura integrada de estos parámetros evidencia que, aunque persisten comunidades biológicas relativamente diversas y con presencia de taxa sensibles, los signos de contaminación orgánica y de incremento en la conductividad y turbidez constituyen señales de alerta que requieren ser abordadas de manera temprana.

Al mismo tiempo, el proceso de formación y participación del grupo TPMA en el diseño y ejecución de los muestreos demuestra la viabilidad técnica y social de un sistema de monitoreo participativo que articule indicadores físico-químicos e hidrobiológicos con el conocimiento territorial de las comunidades, sentando así las bases para los análisis socioambientales y las propuestas de gestión comunitaria que se desarrollan en los capítulos siguientes.

CAPÍTULO VI. ACTORES Y FACTORES SOCIOAMBIENTALES

Para el desarrollo de este objetivo, en primer lugar, se trabajó con el grupo objetivo TPMA en la elaboración de un mapa de actores por comunidad. Este ejercicio resultó fundamental realizarlo antes de los talleres participativos, ya que se buscaba que la mayoría de los actores identificados estuviera presente en dichos espacios. Una vez identificados los actores y su relevancia, el grupo objetivo realizó la convocatoria en cada comunidad al taller "Problemas y soluciones de la calidad del agua".

De manera paralela, y como preparación para el taller, con el grupo TPMA se revisaron las entrevistas cortas realizadas durante los muestreos y en otros momentos donde se tuvo acceso a actores relevantes, con el fin de analizar qué conocimientos previos y percepciones tenían las personas de los territorios sobre la gestión del agua y qué acciones consideraban que afectaban o contaminaban el recurso hídrico en su entorno. Esta información se compiló y sistematizó para que sirviera como insumo para el Taller "Problemas y soluciones del agua", específicamente en la actividad de la matriz de priorización de problemas.

Finalmente, durante la ejecución de los talleres en cada comunidad, la primera actividad correspondió a la priorización de problemas con adultos y jóvenes, donde de manera paralela se realizó un ejercicio de cartografía social con niños y niñas de las comunidades de BIT y LCU. A partir de estas actividades se determinaron los problemas que pasarían a analizarse en las fases posteriores, enfocadas en la identificación de soluciones y acciones, en concordancia con el último objetivo de la investigación.

6.1. MAPA DE ACTORES EN LAS CUATRO COMUNIDADES DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO DAGUA

A continuación, se presentan los mapas de actores clave en la gestión de la cuenca alta del río Dagua, elaborados con el apoyo del grupo objetivo TPMA durante los espacios de formación y a partir de la información disponible en el Proyecto Macro. Estos mapas surgieron como una herramienta para identificar, visualizar y comprender qué instituciones, organizaciones y grupos sociales intervienen en el territorio, así como los posibles vínculos y niveles de influencia que ejercen sobre la gestión del agua.

Los actores fueron clasificados según su sector de procedencia en cinco categorías: privados, públicos, comunitarios, academia y otros (organismos de cooperación, ONG, entre otros). Esta clasificación permitió reconocer la diversidad de intereses, responsabilidades y capacidades de cada tipo de actor, lo que resulta fundamental para planear estrategias de articulación, fortalecer los procesos de monitoreo participativo y orientar futuras acciones de gestión integrada de la cuenca.

A continuación, se presentan los mapas de actores por territorio (BIT, LCU, CAR, DAG Y LOB), organizados según su naturaleza institucional y el rol que desempeñan en la gestión del agua y del territorio.

6.1.1. Actores clave BIT

El primer territorio trabajado fue BIT (Tabla 15), donde se identificaron actores vinculados principalmente a las actividades agropecuarias y comerciales, así como instituciones públicas, comunitarias y académicas que influyen en la gestión de la calidad del agua del río Bitaco.

Tabla 14. Mapa de actores para el corregimiento de Bitaco.

Tipo de actor	Actor	Tipo de participación
Privado	Sector Agrícola, ganadero y comercial. Propietarios de viviendas	Desarrollo de actividades productivas, extractivas y desechos que generan residuos de todo tipo, siendo su disposición final el río Bitaco.
Público	Autoridad Ambiental	Monitoreo y seguimiento de las actividades agroindustriales presentes en el territorio.
	Autoridad municipal	
	Autoridad departamental	
Comunitario	Comunidad de Bitaco, Juntas de acción comunal (JAC)	Población que conforma el territorio de Bitaco.
Diferentes grupos sociales	Comerciantes, Estudiantes de la institución educativa	Desarrollo de la actividad comercial a pequeña escala en la zona.
Academia	Universidad del Valle	Desarrollo de proyectos de investigación con la comunidad.
	Sena	

Fuente; Elaboración propia.

6.1.2. Actores clave LCU

El segundo territorio fue LCU (Tabla 16), particularmente en el área de influencia de la quebrada Cordobitas, se identifican actores comunitarios, privados, públicos y académicos que intervienen en la dinámica de los vertimientos y en las estrategias de conservación del afluente. También se debe resaltar que por su cercanía geográfica fueron muy importantes actores del municipio de Pavas

Tabla 15. Mapa de actores para el municipio de La Cumbre

Tipo de actor	Actor	Tipo de participación
Comunitario	Comunidad de Cordobitas y Arboledas, Junta de acción comunal (JAC) de Cordobitas y Arboledas.	Socialización de los impactos ambientales que se generan en el afluente hídrico.

Academia	SENA	Desarrollo de proyectos de investigación con la comunidad.
Privado	Sector Agrícola (Cultivos)	Control y manejo de actividades productivas que generan contaminación sobre el afluente y la captación del recurso hídrico
	Sector Ganadero	
Público	Corporación autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC)	Campañas de concientización sobre la conservación del afluente.
	Alcaldía Municipal	

Fuente: Elaboración propia (2023

6.1.3. Actores clave DAG

La tercera comunidad fue DAG, donde confluyen actores institucionales, comunitarios, privados y académicos que intervienen en la gestión de residuos, el ordenamiento territorial y las acciones de monitoreo de la calidad del agua del río Dagua, en la tabla 17 se presentan el mapa de actores para este territorio.

Tabla 16. Mapa de actores para el casco urbano del municipio de Dagua

Tipo de actor	Actor	Tipo de participación
Comunitario	Habitantes del sector y la junta de acción comunal Comunidad campesina y afro del sector	Población habitante del sector Desarrollo de las actividades agrícolas del sector
Académico	Universidad del valle	Desarrollo de los proyectos de investigación de la comunidad. Su función es Evaluar, controlar y efectuar el seguimiento ambiental de los usos del agua, del suelo, del aire y de los demás recursos naturales renovables
	Centro de aprendizaje SENA	
Público	Alcaldía municipal	Monitoreo y seguimiento de las actividades agroindustriales presentes en el humedal
	Corporación Autónoma regional del Valle del Cauca	

	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	
	Alcaldía departamental	
Privado	Sector agrícola y ganadero EcoDagua	Desarrollo de las actividades productivas y extractivas que generan fuerte tensor ambiental en el humedal Recolección de residuos sólidos aprovechables

Fuente: Elaboración propia (2023)

6.1.4. Actores clave LOB

Por último, la cuarta comunidad trabajada fue LOB, en este corregimiento y la vereda Brisas del Río se identifican actores comunitarios, institucionales, privados y académicos que interactúan con un territorio fuertemente impactado por actividades agrícolas, viales e industriales, lo que hace crítico su papel en la gestión del río Dagua, en la tabla 18 se presenta el mapa de actores para este territorio.

Tabla 17. Mapa de actores para el casco urbano del corregimiento de Loboguerrero

Tipo de actor	Actor	Tipo de participación
Público	Alcaldía municipal	Monitoreo y seguimiento de las actividades agroindustriales
	Autoridad ambiental	
Comunitario	Habitantes de Loboguerrero (comunidad brisas del río) y la junta de acción comunal	Interacción de la población con los diferentes ecosistemas
Académico	Universidad del valle	Desarrollo de los proyectos de investigación de la comunidad.
	Centro de aprendizaje SENA (C.D.T.)	
Diferentes grupos sociales	Comunidad campesina	Desarrollo de las actividades agrícolas en el sector
Privado	Sector agrícola, ganadero y dueños de viviendas y microempresas	Desarrollo de las actividades productivas y extractivas que generan fuerte tensor ambiental

Fuente: Elaboración propia (2023)

6.1.5. Análisis comparativo de actores

Finalmente, se realizado un análisis comparativo de los actores presentes en las cuatro comunidades de la cuenca alta del río Dagua, el cual se resume en la Tabla 19.

Tabla 18. Análisis Comparativo de los Mapas de Actores en la Cuenca Alta del Río Dagua

Categoría	Bitaco	La Cumbre	Dagua	Loboguerrero
Sector Privado	Sector agrícola, ganadero, comercial. Residuos al río Bitaco.	Sector agrícola/ganadero. Contaminación del afluente hídrico.	Eco Dagua (residuos sólidos). Sector agrícola/ganadero.	Sector agrícola, ganadero, microempresas. Tensores ambientales.
Sector Público	CVC, autoridades municipales/departamentales. Monitoreo agroindustrial.	CVC, Alcaldía. Campañas de conservación.	CVC, Alcaldía, Ministerio de Ambiente. Monitoreo de humedales.	Alcaldía, autoridad ambiental. Seguimiento agroindustrial.
Sector Comunitario	JAC, comunidad local. Participación territorial.	JAC Cordobitas/Arboledas. Socialización de impactos ambientales.	JAC, comunidad campesina/afro. Actividades agrícolas.	JAC, comunidad Brisas del Río. Interacción con ecosistemas.
Academia	Universidad del Valle, SENA. Proyectos de investigación.	SENA. Proyectos con la comunidad.	Universidad del Valle, SENA. Investigación comunitaria.	Universidad del Valle, SENA (CDT). Proyectos de restauración.
Otros Grupos	Comerciantes, estudiantes. Actividad comercial.	UMATA, Acuapavas. Gestión hídrica.	Fundagua, Asojuntas. Articulación institucional.	Estudiantes (Camilo Torres). Restauración del río.

Fuente: Elaboración propia**.**

Al revisar la sobreposición de actores y roles, se identificó que la CVC y autoridades municipales están presentes en las cuatro comunidades, pero con enfoques distintos: en BIT y DAG priorizan el monitoreo agroindustrial, mientras en LCU y LOB destacan campañas de conservación y restauración. El Sector agrícola/ganadero es un tensor común, especialmente en BIT y LCU, donde se señala su impacto en los afluentes (Ej: residuos en el río Bitaco y contaminación en Cordobitas).

En lo referente a la participación comunitaria, las Juntas de Acción Comunal (JAC) son claves en todas las comunidades, pero en LOB y LCU tienen un rol más activo en la socialización de impactos ambientales. En DAG, la inclusión de comunidades campesinas y afro evidencia una diversidad étnica en la gestión territorial. El rol de la academia ha jugado un papel muy importante, en este sentido, la Universidad del Valle y el SENA están presentes en los cuatro territorios, pero en LOB hay un enfoque práctico con estudiantes en restauración fluvial. Destaca el interés por recuperar especies acuáticas. Según la CVC (2023), el 65% de la contaminación hídrica en la cuenca alta del Dagua proviene de actividades agropecuarias, coincidiendo con lo reportado en BIT y LCU; Un estudio de la Universidad del Valle (2022) reveló que el 40% de los proyectos comunitarios en LOB están enfocados en restauración ecológica, superior al promedio de otras comunidades (25%).

Compilar esta información referente a actores en las diferentes comunidades fue de gran relevancia, ya que cuando se realizó la convocatoria para el taller participativo se contaba con claridad de quienes debían ser participantes activos de los mismos.

6.2. ENTREVISTAS CORTAS RELACIONADAS CON LA GESTIÓN DEL AGUA Y LA CONTAMINACIÓN

Durante los muestreos realizados en los meses de mayo y junio de 2023 los aprendices tenían como parte de sus labores entrevistas a personas cercanas a la zona de muestreo, acompañantes a los muestreos y otros actores de relevancias a los cuales pudieran tener acceso.

Estas entrevistas como se puede observar en el Anexo C contaban con preguntas claves acerca de la gestión del agua y los responsables de la misma, las acciones que quienes habitan el territorio consideraban que podían afectar el agua y aquellas acciones que se pueden y deben hacer para conservar el agua.

Las categorías de análisis se presentan en la Tabla 19.

Tabla 19. Categorías de análisis y preguntas asociadas

Categoría de análisis	Descripción	Preguntas asociadas
1. Representaciones y gobernanza del agua en el territorio	Recoge las concepciones que tienen las personas sobre qué es la gestión del agua y quiénes deben asumir la responsabilidad en el territorio (Estado, comunidad, instituciones, empresas, acueductos, etc.), así como los mecanismos de participación que reconocen.	**P1.** ¿Para usted qué es la gestión del agua? **P2.** ¿Para usted quiénes deberían tener la responsabilidad de la gestión del agua en el territorio? **P3.** ¿Qué mecanismos de participación deben consolidarse para una buena gestión del agua en el territorio? ¿Cuáles conoce?
2. Problemáticas y factores de presión sobre la calidad del agua	Agrupa las dificultades percibidas para la gestión del agua en el territorio y las actividades que se reconocen como fuentes de contaminación, incluyendo la percepción de la propia responsabilidad en dichas afectaciones.	**P4.** ¿Qué dificultades se identifican en la gestión del agua en su territorio? **P5.** Desde su punto de vista, ¿qué actividades han contribuido más con la contaminación del agua en el territorio que usted habita? **P6.** ¿Usted considera que sus actividades residenciales económicas o productivas afectan la calidad del agua del territorio?
3. Prácticas cotidianas de uso y conservación del agua	Integra las acciones concretas que los entrevistados realizan para conservar el agua y la frecuencia con la que dichas acciones se llevan a cabo, identificando hábitos y niveles de compromiso.	**P7.** ¿Qué acciones usted ha tenido para conservar el agua? **P8.** ¿Con qué recurrencia realiza estas acciones de conservación del agua?

Nota. Elaboración propia

Para cada comunidad se realizaron entre 4 y 7 entrevistas, algunas durante el muestreo a los vecinos del sector, otras a personas que acompañaban el muestreo y finalmente a algunos actores importantes del

territorio a los cuales se pudo tener acceso. El análisis de las entrevistas cortas de acuerdo con las categorías definidas se presenta a continuación.

6.2.1. Análisis de entrevistas para BIT

En el corregimiento de Bitaco se realizaron cuatro entrevistas cortas que combinaron voces institucionales y comunitarias. Participaron una funcionaria de la UMATA encargada del componente ambiental del municipio y un zootecnista que, además de docente, ejerce como vicepresidente de la Junta de Acción Comunal, así como dos habitantes del corregimiento que fueron abordados durante el muestreo y que representan percepciones cotidianas sobre el uso del agua.

En la categoría "Representaciones y gobernanza del agua en el territorio", la gestión del agua se entiende como el conjunto de mecanismos, estrategias y acciones para el manejo, conservación, distribución y uso responsable del recurso, tanto desde las instituciones como desde la comunidad. Se reconoce una corresponsabilidad entre la autoridad ambiental (CVC), la administración municipal, la UMATA, la Secretaría de Salud, las instituciones educativas, las juntas de acción comunal y la propia comunidad, enfatizando que "la gestión del agua es de todos". Entre los mecanismos de participación mencionados aparecen las capacitaciones a acueductos rurales, los procesos de educación ambiental escolar (PRAE/PRAES), el trabajo comunitario desde las JAC y las campañas impulsadas por fundaciones y entidades que apoyan la conservación de la cuenca. Estas representaciones combinan una visión técnico-institucional con una fuerte apelación al sentido de pertenencia y al papel de la educación como herramienta central para la gobernanza del agua.

En la categoría "Problemáticas y factores de presión sobre la calidad del agua", los entrevistados identifican como principales dificultades la contaminación del río Bitaco por vertimientos directos de aguas residuales domésticas, la ausencia de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y las limitaciones de infraestructura y cobertura del acueducto local. A ello se suman problemáticas asociadas al manejo inadecuado de envases de agroquímicos y fungicidas, el uso intensivo de químicos en cultivos cuyos residuos escurren a quebradas y ríos, las construcciones ilegales sin licenciamiento ni soluciones adecuadas para las aguas negras, y la expansión de la ganadería extensiva en zonas de bosque. También se señalan focos puntuales de contaminación, como marraneras que descargan directamente al río. Aunque se reconoce que "todos tenemos un impacto" sobre la calidad del agua, algunas personas consideran que sus actividades personales no afectan el recurso porque intentan actuar de manera cuidadosa; esto evidencia tensiones entre la percepción de responsabilidad individual y el reconocimiento de problemas estructurales que requieren mayor compromiso y diálogo entre los actores del territorio.

Finalmente, en la categoría "Prácticas cotidianas de uso y conservación del agua" se describen acciones tanto domésticas como comunitarias. A nivel del hogar, se mencionan prácticas de ahorro como cerrar la llave mientras se toma la ducha, utilizar solo el agua necesaria y evitar el desperdicio, así como hábitos de uso adecuado y, en algunos casos, de reutilización. Desde el ámbito institucional y organizativo, se destacan la educación ambiental a niños y niñas a través de proyectos escolares (PRAE/PRAES), las capacitaciones a usuarios de acueductos, el acompañamiento técnico de la UMATA y las acciones impulsadas por la JAC y otras entidades orientadas a la conservación de bosques y fuentes hídricas. Varias personas señalan que estas acciones se realizan "todos los días" y se integran tanto en su vida personal como en su ejercicio laboral o comunitario, configurando un conjunto de prácticas que, aunque en muchos casos son sencillas,

reflejan un compromiso cotidiano con el cuidado del agua y la transmisión de ese legado a las generaciones futuras.

6.2.2. Análisis de entrevistas para LCU

En el sector de LCU se realizaron seis entrevistas que recogen tanto voces institucionales como comunitarias. Participan un ingeniero de la UMATA que acompañó los muestreos, dos funcionarias de la administración municipal (Secretaría de Hacienda de La Cumbre y Secretaría de la Alcaldía), el rector de la IE Simón Bolívar y dos vecinas/habitantes del sector. Este conjunto de actores vincula la perspectiva técnica y de gestión ambiental (UMATA, CVC, AquaValle), la mirada político-administrativa municipal y el trabajo educativo escolar, junto con las experiencias cotidianas de residentes del territorio.

En la categoría "Representaciones y gobernanza del agua en el territorio", la gestión del agua es definida como el conjunto de acciones orientadas a conservar, distribuir equitativamente y optimizar el uso de los recursos hídricos de forma eficiente y sostenible, resaltando al agua como "líquido vital" sin el cual no podrían existir plantas, animales ni seres humanos. Las personas entrevistadas coinciden en que la responsabilidad es compartida: familias, comunidad organizada, alcaldías, CVC, UMATA, AcuaValle, comités de agua, juntas de acción comunal y las instituciones educativas. Como mecanismos de participación se mencionan el SIDEAM, las jornadas de reforestación, las campañas de preservación y limpieza de ríos y quebradas, los procesos de educación y capacitación ambiental -especialmente desde la escuela y en edades tempranas- y la necesidad de que estas acciones tengan un "norte" claro, actividades concretas y una ruta participativa. La gobernanza del agua se concibe, así, como un entramado de corresponsabilidades donde la articulación entre entidades y comunidad es central, pero aún insuficiente.

En la categoría "Problemáticas y factores de presión sobre la calidad del agua", se identifican como dificultades relevantes la falta de educación y conocimiento en torno al cuidado del agua y la insuficiente inversión en infraestructura y gestión ambiental. Se señalan como actividades que más han contribuido a la contaminación del recurso el crecimiento demográfico, la expansión agrícola y agropecuaria, la explotación minera y la actividad industrial, así como el cambio climático asociado a acciones humanas. A nivel local, se destacan problemas de manejo inadecuado de residuos sólidos (basuras acumuladas en vías y zonas turísticas, bolsas abandonadas que son dispersadas por animales), la falta de pozos sépticos y las descargas directas de aguas residuales domésticas a ríos y quebradas. También se mencionan la tala de bosques, las quemas cerca de las cuencas y la consecuente erosión que arrastra sedimentos hacia las fuentes hídricas, así como la escasez de agua y el secamiento de nacimientos en sectores como La Ventura. A esto se suma la débil articulación entre los diferentes actores responsables y la tendencia a que primen los intereses particulares sobre el bien común, lo que limita la efectividad de las acciones de gestión.

Finalmente, en la categoría "Prácticas cotidianas de uso y conservación del agua" se describen acciones tanto domésticas como comunitarias. A nivel del hogar se mencionan el control de las aguas residuales, el uso medido de agua y energía, el ahorro (evitar dejar llaves abiertas, utilizar solo el agua necesaria), la separación de residuos, el no vertimiento de aceites al alcantarillado, el reciclaje y la reutilización cuando es posible. Varias personas señalan que evitan arrojar basura a los ríos y que, cuando pueden, recogen residuos en las orillas. Desde el ámbito comunitario e institucional se resaltan la participación en jornadas de reforestación y limpieza, los procesos educativos para "organizarnos en torno al agua" y el papel de las instituciones educativas en la formación temprana de hábitos y valores ambientales en niñas, niños y sus familias. La recurrencia de estas prácticas se expresa en términos como "todos los días", "cada vez que lo

recuerdo" o "cuando hay campañas", evidenciando tanto un compromiso cotidiano declarado como la necesidad de fortalecer la continuidad y sistematicidad de estas acciones en la vida diaria del territorio.

6.2.3. Análisis de entrevistas para DAG

En el municipio de Dagua y sus corregimientos (Juntas y El Palmar) se aplicaron siete entrevistas que integran de manera clara voces comunitarias e institucionales. Participan líderes de organizaciones ambientales (grupo ecológico Soñadores de Paz de Juntas), operadores del acueducto y de la planta de tratamiento de agua potable, un profesional de apoyo al proceso de actualización del POT, una contratista vinculada al PGIRS municipal, así como un secretario de despacho y docente, todos con trayectorias de residencia prolongada en el territorio.

En la categoría "Representaciones y gobernanza del agua en el territorio", la gestión del agua se define como el conjunto de acciones orientadas a la conservación, protección, manejo adecuado y tratamiento del recurso hídrico, abarcando tanto el agua que se consume en las viviendas como las aguas residuales que se generan. Se concibe como una responsabilidad compartida: "es de todos", pero se asigna un papel central a los municipios y gobernaciones del Valle, a los entes gubernamentales y territoriales, a las empresas operadoras del servicio, a las autoridades ambientales y a las comunidades organizadas. Entre los mecanismos de participación mencionados se destacan los consejos o instancias de asesoramiento municipal en temas de agua, los procesos de educación y sensibilización ambiental, los programas para la actualización de alcantarillados y fortalecimiento de sistemas sépticos en zonas rurales, el trabajo con asociaciones y grupos ecológicos y el empoderamiento de los consejos de jóvenes como actores clave en la gestión futura del recurso. Estas narrativas evidencian una gobernanza que se imagina como articulación multinivel entre Estado local, operadores, comunidad y especialmente procesos educativos de base.

En la categoría "Problemáticas y factores de presión sobre la calidad del agua", las y los entrevistados coinciden en señalar la ausencia de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) para el casco urbano de Dagua y para corregimientos como Juntas, lo que se traduce en vertimientos directos al río Dagua a través de un sistema de alcantarillado que, además, se percibe obsoleto. A ello se suma la falta de planificación y control, la escasez de recursos económicos para programas de conservación y la baja conciencia y sensibilización de parte de la población. Como actividades que presionan la calidad del agua se mencionan la deforestación y la siembra descontrolada, la ganadería y los asentamientos humanos cerca de las fuentes hídricas, las escorrentías que arrastran frascos de venenos y residuos agrícolas, el inadecuado manejo de residuos sólidos que se depositan en orillas de ríos y quebradas, la presión sobre humedales estratégicos como la laguna Alba/Alfa y la proliferación de lavaderos de vehículos sin control sobre el destino de las aguas usadas. Estas problemáticas muestran una combinación de déficits estructurales en saneamiento básico con prácticas cotidianas que siguen recargando de contaminantes las fuentes hídricas del municipio.

Finalmente, en la categoría "Prácticas cotidianas de uso y conservación del agua" se describen tanto acciones domésticas como iniciativas comunitarias e institucionales. A nivel familiar se destacan el buen manejo de residuos sólidos, la reutilización del agua cuando es posible, el ahorro mediante el cierre de llaves, las duchas cortas, el control de fugas y el uso responsable en actividades como el lavado de vehículos. En el ámbito productivo rural se reporta el uso de pozos sépticos, el manejo de cocheras con camas profundas para evitar el lavado directo de residuos hacia las fuentes hídricas y la reducción de descargas de aguas residuales sin tratamiento. Desde lo comunitario e institucional se resaltan la

reforestación y el cercado de nacederos y cuencas, la protección de humedales como la laguna Alba/Alfa, el seguimiento al estado de las cuencas, la participación en proyectos de PGIRS y en la formulación de planes maestros de alcantarillado, así como procesos permanentes de sensibilización ambiental con la población. La mayoría de estas acciones se describen como continuas o realizadas "todos los días", lo que evidencia un núcleo de actores que incorpora el cuidado del agua en su vida cotidiana y en su trabajo, aunque reconozca que estas prácticas aún no se generalizan a todo el territorio.

6.2.4. Análisis de entrevistas para LOB

En el corregimiento de Loboguerrero se realizaron seis entrevistas que integran miradas comunitarias, técnicas e institucionales. Participan una joven tecnóloga en gestión ambiental que se desempeñaba como manicurista, un empleado de taller, una docente de la IE Camilo Torres, una dueña de galpón de gallinas, el vicepresidente del acueducto comunitario y un concejal del municipio de La Cumbre.

En la categoría "Representaciones y gobernanza del agua en el territorio", la gestión del agua se entiende como el conjunto de acciones para conservar, organizar, distribuir y mantener la sostenibilidad del recurso, incluyendo ríos, quebradas, nacimientos y el sistema de acueducto local. Se reconoce, por un lado, la responsabilidad de las juntas del acueducto, los entes de control, el Consejo Comunitario y la Junta de Acción Comunal, y por otro, la corresponsabilidad de "todos los usuarios" y del Estado colombiano, en articulación con entidades privadas como fundaciones que trabajan en la cuenca. Se mencionan mecanismos como asambleas del acueducto, capacitaciones de la unidad de saneamiento departamental, reuniones del Consejo Comunitario y decisiones del Concejo municipal ligadas a compra y protección de predios estratégicos. Sin embargo, emergen con fuerza los conflictos por la autoridad sobre el agua (acusaciones de corrupción, propuestas de privatización del acueducto y divisiones internas), así como la baja participación y apatía comunitaria frente a las convocatorias, lo que tensiona una gobernanza que, idealmente, debería basarse en la unión de las organizaciones locales y la vinculación efectiva de la comunidad.

En la categoría "Problemáticas y factores de presión sobre la calidad del agua", las personas entrevistadas enfatizan las limitaciones estructurales del sistema: un acueducto comunitario con funcionamiento "artesanal", sin tratamiento completo del agua (solo desarenadores), con frecuentes episodios de turbiedad cuando llueve y cortes que afectan el desarrollo de la jornada escolar. Se señalan la ausencia de una PTAR y el vertimiento directo de aguas residuales domiciliarias al río como una de las fuentes más graves de contaminación, sumadas a la falta de alcantarillado en algunos sectores. A ello se agregan prácticas como el manejo inadecuado de residuos sólidos (basuras arrojadas o quemadas, disposición de animales muertos y aceite usado en el río), la deforestación, las quemas, la expansión desordenada de viviendas en zonas cercanas a la fuente y las grandes obras viales y de empresas como Cartón Colombia, que generan remoción de taludes, sedimentos y cambios drásticos en el paisaje. También se mencionan problemas de subregistro de usuarios, conexiones ilegales y tarifas muy bajas que no permiten sostener mejoras en la infraestructura, así como la percepción de que el incremento de población y turismo no va acompañado de un cumplimiento adecuado de la normatividad ambiental ni de un sentido de pertenencia por la cuenca.

Finalmente, en la categoría "Prácticas cotidianas de uso y conservación del agua", se registran acciones tanto domésticas como comunitarias e institucionales. En los hogares se destacan el ahorro (no derrochar, cerrar llaves, controlar goteos), la reutilización de agua de lavadora para limpieza, la recolección de agua lluvia, el uso de filtros, la compra de detergentes "más ecológicos" y el buen manejo de residuos sólidos aprovechando el servicio de recolección. Desde el ámbito comunitario se mencionan siembras de árboles

en nacimientos y riberas, la creación de barreras vivas cerca del río, la instalación de tanques de almacenamiento gestionados por el Consejo Comunitario, el reporte de fugas y daños en la red para su pronta reparación, la participación en capacitaciones ambientales y las decisiones del Concejo municipal orientadas a comprar y reforestar predios estratégicos para proteger las cuencas. Estas prácticas se describen como realizadas "siempre que puedo" o "casi siempre", lo que evidencia un grupo de actores que ha incorporado el cuidado del agua en su vida cotidiana y en su rol comunitario, aunque reconozca que es necesario fortalecer la continuidad de estas acciones y ampliar su apropiación a un mayor número de habitantes del corregimiento.

6.2.5. Análisis comparativo de las entrevista y pautas seleccionadas como insumos para el taller "Problemas y soluciones de la calidad del agua"

Del análisis comparativo de las entrevistas realizadas en BIT, LCU, DAG y LOB se identifican patrones comunes y particularidades territoriales, como que en todas las comunidades aparece una representación compartida del agua como bien vital y de su gestión como una responsabilidad colectiva que involucra tanto a institucionalidad (alcaldías, CVC, UMATA, operadores de acueductos, instituciones educativas) como a organizaciones comunitarias (JAC, consejos comunitarios, grupos ecológicos, comités de agua) y a las familias usuarias. Sin embargo, también emergen tensiones alrededor de la gobernanza, especialmente en LOB y DAG, donde se mencionan conflictos por el control del acueducto, debilidades en la articulación entre actores y limitada participación comunitaria. Al contrastar estas narrativas, se consideró relevante exponer en el taller comunitario la relevancia de la articulación entre instituciones públicas, privadas y educativas, además, de proponer un rol activo de las personas que pertenecían al grupo objetivo TPMA, quienes siendo parte de las comunidades se estaban capacitando para realizar monitoreos participativos en las zonas de interés de la comunidad.

De manera transversal, en las cuatro comunidades se reiteran como problemáticas centrales el vertimiento de aguas residuales domésticas sin tratamiento, la ausencia o insuficiencia de plantas de tratamiento (PTAR) y alcantarillados, el manejo inadecuado de residuos sólidos, la contaminación asociada a actividades productivas (uso de agroquímicos, ganadería, lavaderos de vehículos) y la deforestación y pérdida de cobertura boscosa en rondas hídricas. En LCU y LOB se suman con fuerza los impactos del turismo y de las grandes obras de infraestructura, mientras que en BIT resaltan los residuos de agroquímicos y en DAG la presión sobre humedales. Con base en este panorama, se proyectó para el taller exponer aquellos problemas que aparecían de forma reiterada en las entrevistas –contaminación por aguas residuales, residuos sólidos, degradación de las fuentes y debilidades en la gestión comunitaria e institucional–, lo que se esperaba que fuera un insumo más para validar colectivamente los hallazgos previos y orientar la discusión hacia la búsqueda de soluciones locales y acciones concretas de mejora en la gestión del agua.

6.3. TALLER "PROBLEMAS Y SOLUCIONES DE LA CALIDAD DEL AGUA": PRIORIZACIÓN DE PROBLEMAS

A continuación, se sintetiza la experiencia desarrollada en los talleres realizados en cuatro comunidades de la cuenca del río Dagua: Cabecera Municipal (La Cumbre), Corregimiento Bitaco (La Cumbre), Corregimiento Loboguerrero (Dagua) y el Centro Poblado del Municipio de Dagua. Los talleres se basaron en metodologías participativas propuestas por Frans Geilfus en su libro "80 herramientas para el desarrollo participativo" (2002), las cuales permitieron a las comunidades priorizar problemas, identificar soluciones locales y planificar acciones concretas para mejorar la calidad del agua.

De manera inicial, y a modo de contextualización, se socializaron con los asistentes los resultados de la caracterización fisicoquímica e hidrobiológica obtenidos a partir de los muestreos realizados, así como los problemas socioambientales identificados durante el muestreo y las entrevistas. Posteriormente, se presentó una breve exposición sobre la gestión del agua, tomando como base el trabajo previo desarrollado con el grupo objetivo TPMA.

Esta contextualización tuvo como propósito acercar a los asistentes al territorio y presentar el trabajo realizado previamente por el grupo objetivo, de manera que se generara un vínculo y coherencia con la comunidad invitada. En la figura 17 se pueden observar algunas fotografías de esta primera parte del taller en cada comunidad.

Figura 17. Fotografías de la contextualización del taller participativo Problemas y Soluciones de la calidad del agua



Nota. De izquierda a derecha Dagua, La Cumbre, Loboguerrero y Bitaco.

En la primera actividad, se aplicó la matriz de priorización de problemas, la cual permitió establecer un diagrama con los principales desafíos enfrentados por cada comunidad. Esta herramienta facilitó la identificación de problemas como los vertimientos de aguas residuales domésticas y productivas, el manejo

inadecuado de residuos sólidos, la expansión descontrolada de fincas de recreo y la contaminación de acuíferos y fuentes de agua. A continuación, se presentan los resultados para cada comunidad.

6.3.1. Cabecera Municipal (La Cumbre)-LCU

El taller en esta comunidad fue llevado a cabo en las instalaciones de la IE Simón Bolívar con una asistencia de 52 personas, 39 de ellas estudiantes de la IE (ver figura 18). Como participantes relevantes se contó con la presidenta de la junta de acción comunal de ACUAPAVAS María Ordoñez, el administrador de Junta de aguas de la Vereda La Ventura Javier Mejía, la administradora de la cooperativa de la Cumbre – Dagua y el comandante del cuerpo de bomberos Milton Cesar Sánchez, además del rector de la IE Rodolfo Paredes.

Figura 18. Reporte fotográfico taller LCU-agosto 17/2023



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de LCU

En la construcción de la matriz de priorización de problemas (ver Tabla 20) se identificaron como principales problemáticas los vertimientos de aguas residuales domésticas y de procesos productivos, como por ejemplo, el mal uso de agroquímicos por parte los productores agrícolas; de ahí, continuamos, con el manejo inadecuado de residuos sólidos por parte de la población flotante del municipio, la expansión de fincas de recreo sin los permisos de planeación municipal para la captación de agua y para la disposición de sus vertimientos, la contaminación del acuífero ubicado en el corregimiento de Pavas el cual abastece a más 2100 usuarios.

En la priorización se tomó como problema principal contaminación del acuífero (frecuencia 3) ya que de este se abastece de agua a gran parte de la población del municipio y se han presentado problemas de contaminación de este acuífero por la escorrentía y la contaminación cruzada de cultivos aledaños. En segundo lugar, se tuvo en cuenta el manejo inadecuado de residuos sólidos por parte de turistas que arriban a la zona los fines de semana (frecuencia 2), estos residuos terminan contaminando los cauces del municipio.

Tabla 20. Matriz de priorización de problemas LCU

Problemas:	Aguas Residuales domésticas y de procesos productivos	Manejo inadecuado de residuos sólidos	Expansión fincas de recreo	Contaminación de acuífero de Pavas
Aguas Residuales domésticas y de procesos productivos		Manejo inadecuado de residuos sólidos	Aguas Residuales domésticas y de procesos productivos	Contaminación de acuífero de Pavas
Manejo inadecuado de residuos sólidos			Manejo inadecuado de residuos sólidos	Contaminación de acuífero de Pavas
Expansión fincas de recreo				Contaminación de acuífero de Pavas
Contaminación de acuífero de Pavas				

Nota. Elaboración propia con base a lo trabajado en el taller

En tercer lugar, se tomó la problemática de los vertimientos (frecuencia 1) la razón de que no se priorizara es que en el momento ya hay proyectos en curso que buscan controlar el 80 % de los vertimientos resultantes de las actividades domiciliarias y productivas. Como ultimó lugar se dejó la expansión de fincas de recreo sin los permisos de planeación municipal (frecuencia 0) para la captación de agua y para la disposición de sus vertimientos, los participantes plantean que este tema se debe a la falta de voluntad política y a procesos de corrupción los cuales no tiene gobernabilidad.

6.3.2. Corregimiento Bitaco (La Cumbre)-BIT

El taller en esta comunidad fue llevado a cabo en las instalaciones de la Casa de la cultura con una asistencia de 59 personas, donde participaron los agentes encargados de gestionar el recurso hídrico en el corregimiento y estudiantes de diversos grados de la I.E La Libertad (ver figura 19).

En la construcción de la matriz de priorización de problemas (ver Tabla 21) se identificaron como principales problemáticas los vertimientos de aguas residuales de procesos productivos, específicamente de las marraneras, la deforestación para la expansión de fincas de recreo sin los permisos de planeación municipal para la captación de agua y para la disposición de sus vertimientos, el mal funcionamiento de algunos acueductos veredales que surten de agua a gran parte de la población del corregimiento y el vertimiento de aguas domésticas.

Figura 19. Registro fotográfico de taller BIT-agosto 18 de 2023



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de BIT

Tabla 21. Matriz de priorización de problemas BIT

Problemas:	**Mal funcionamiento de acueducto veredales**	**Aguas Residuales de procesos productivos**	**Aguas Residuales domésticas**	**Expansión fincas de recreo**
Mal funcionamiento de acueducto veredales		Mal funcionamiento de acueducto veredales	Mal funcionamiento de acueducto veredales	Mal funcionamiento de acueducto veredales
Aguas Residuales de procesos productivos			Aguas Residuales de procesos productivos	Aguas Residuales de procesos productivos
Aguas Residuales domésticas				Aguas Residuales domésticas
Expansión fincas de recreo				

Nota. Elaboración propia con base a lo trabajado en el taller

En la priorización se tomó como problema principal los acueductos (frecuencia 3) que con IRCAS altos ya que de estos se abastece de agua a gran parte de la población y se han presentado problemas como obtención de parámetros altos como solidos suspendidos presencia de coliformes en estas fuentes de captación. En segundo lugar (frecuencia 2), se identificó un grave problema de vertimientos por parte de unas marraneras ubicadas en la vereda Puente Palo, estos lixiviados terminan contaminando los cauces del municipio; en tercer lugar (frecuencia 1), se tomó la problemática de los vertimientos domésticos la razón de que no se priorizara es que en el momento ya hay proyectos en curso que buscan controlar el 80 % de los vertimientos resultantes de las actividades domiciliarias en el casco urbano.

Como último lugar se dejó la expansión de fincas de recreo sin los permisos de planeación municipal para la captación de agua y para la disposición de sus vertimientos, los participantes plantean que este tema se debe a la falta de voluntad política y a procesos de corrupción los cuales no tiene gobernabilidad.

6.3.3. Corregimiento Loboguerrero (Dagua)-LOB

El taller en esta comunidad fue llevado a cabo en las instalaciones de la IE Camilo Torres con una asistencia de 31 personas, donde los participantes fueron amas de casa, habitantes de la tercera edad y población joven, algunos de ellos egresados del SENA de la tecnología en control ambiental (Ver figura 20).

Figura 20. Registro fotográfico de taller LOB-agosto 19 de 2023



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de LOB

En la construcción de la matriz de priorización de problemas (ver Tabla 22) se identificaron como principales problemáticas los vertimientos de aguas de procesos productivos, deforestación para cultivos de piña y aguacate (expansión de la frontera agrícola) y el mal funcionamiento del acueducto veredal que surte de agua a gran parte de la población del corregimiento.

Tabla 22. Matriz de priorización de problemas LOB

Problemas:	**Aguas Residuales de procesos productivos**	**Deforestación por cultivos**	**Mal funcionamiento de acueducto veredales**
Aguas Residuales de procesos productivos		Deforestación por cultivos	Aguas Residuales de procesos productivos
Deforestación por cultivos			Deforestación por cultivos
Mal funcionamiento de acueducto veredales			

Nota. Elaboración propia con base a lo trabajado en el taller

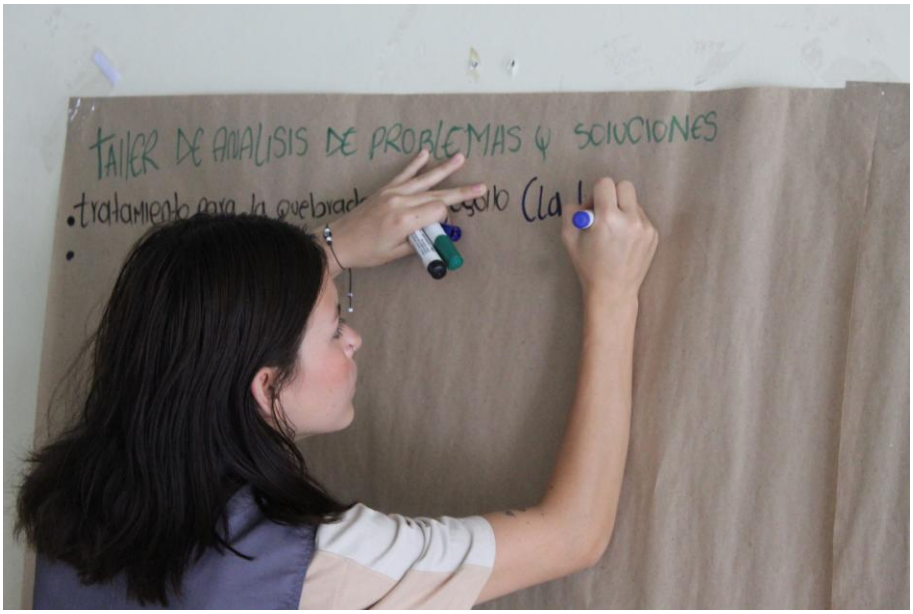
En Loboguerrero, la comunidad identificó como problemas principales la deforestación para cultivos de piña y aguacate (frecuencia 2), seguido por los vertimientos de procesos productivos (frecuencia 1) y el mal funcionamiento del acueducto veredal (frecuencia 0). Esto es coherente con la manifestación contundente de la comunidad en cuanto a acciones encaminadas a la quebrada La Chapa ya que esta es la principal fuente de abastecimiento de agua potable para el casco urbano del corregimiento y actualmente se encuentra muy afectada por procesos de deforestación en la parte alta y perdida de la franja de protección ecológica debido la expansión de cultivos de Piña y Aguacate en la parte media y baja.

6.3.4. Centro Poblado (Dagua)-DAG

El taller en esta comunidad fue llevado a cabo en las instalaciones de la IE Leonistico (ver Figura 21) con una asistencia de 22 personas, donde la mayoría correspondían a habitantes de los barrios La Esneda, Fátima 1 y 2 y Arrayanes quienes se encontraban preocupados por el estado de la calidad de agua de donde se están abasteciendo. También se presentó un enlace de la alcaldía para gestionar apoyo para el desarrollo del monitoreo participativo a las principales fuentes de abastecimiento del centro poblado de Dagua.

En esta comunidad, los problemas priorizados fueron la falta de información sobre la calidad del agua en el acueducto principal de Acuavalle y la ausencia de tratamiento en los tanques colectores que abastecen a barrios como La Esneda y Fátima. Dado que la discusión giro en torno ambos problemas y decidieron no priorizarlos, no se elaboró una matriz, sino que se enfocó la discusión alrededor de estos dos exclusivamente.

Figura 21. Registro fotográfico de taller DAG-septiembre 9 de 2023



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de DAG

Se enfatizó en la realización de un monitoreo de plaguicidas organofosforados en la zona de captación del mismo acueducto, dado que la mayoría de la población del centro poblado se abastece de este acueducto. También la comunidad hablo de la importancia de realizar monitoreos de calidad de agua en dos tanques colectores de agua los cuales no tienen ningún tipo de tratamiento convencional y abastecen los barrios de la Esneda, Los Barrios Fátima 1 y 2, y el barrio los Arrayanes. Son aproximadamente más de 154 viviendas en las que viven en promedio de cinco a seis personas.

6.4. CARTOGRAFÍA SOCIAL CON NIÑOS Y JÓVENES

En BIT y LCU se contó con una asistencia importante de estudiantes de las IE La Libertad y la IE Simón Bolívar, los niños y niñas asistentes estuvieron en la primera parte de la socialización de la contextualización de su territorio y de allí se separaron en un grupo que fue atendido por los aprendices del TPMA. Con ellos y de acuerdo con sus edades se trabajaron las siguientes temáticas: problemas identificados en los afluentes de agua de su territorio, soluciones para problemas de la contaminación, importancia y significado del agua. Los estudiantes de grado 11°si se quedaron en el taller con los adultos y jóvenes presentes

6.4.1. Cartografía social LCU: estudiantes de grados 6° y 7° IE Simón Bolívar

Con esta población (ver figura 22) se trabajó alrededor de las problemáticas de los cuerpos de agua de su territorio, aquellos que ellos conocieran y recorrieran en su cotidianidad. Además, que ideas o soluciones se les ocurrían acerca de estas problemáticas. Los estudiantes de esta institución estaban muy relacionados con la quebrada Cordobitas, por lo cual, se observó que todos los grupos giraron en torno a este lugar.

Figura 22. Registro fotográfico durante la actividad de cartografía social con estudiantes de la IE Simón Bolívar-LCU



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de LCU

Para el grado sexto se conformaron 4 grupos de estudiantes, donde como se mencionó en la metodología se asignaron roles en la mesa de trabajo y se entregó el material necesario.

Grupo #1: Grupo conformado por niños entre los 11 - 16 años. En esta cartografía social, el grupo reconoció la quebrada Cordobitas como un lugar cercano a su vida cotidiana y señaló la presencia de abundantes residuos sólidos en el cauce y sus alrededores. A partir de esta problemática, los estudiantes representaron en su cartelera las posibles consecuencias sobre el agua y plantearon acciones de cuidado orientadas a reducir la basura en el territorio. Entre estas destaca el crear una comunidad, lo cual dialoga muy bien con lo expuesto en la primera parte del taller las soluciones del agua.

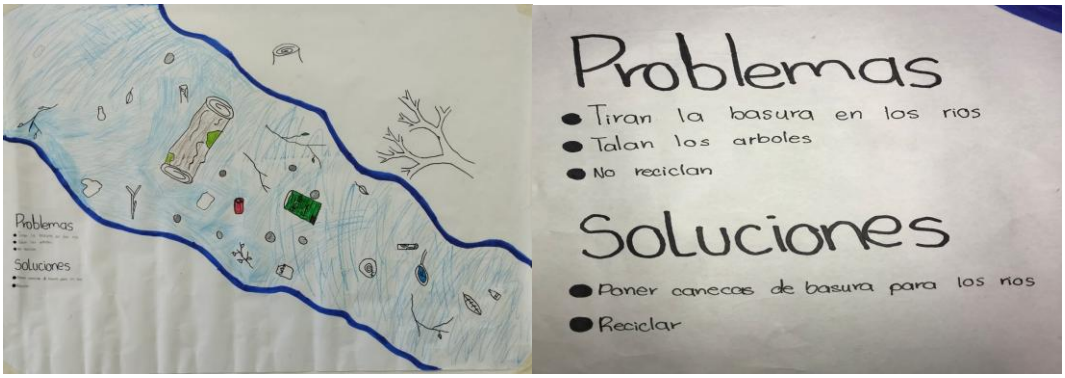
Figura 23. Registro fotográfico de cartografía social grado sexto de grupo #1-IE Simón Bolívar



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de LCU

Grupo #2: Grupo conformado por niñas entre los de 13 - 15 años. Este grupo visibilizó, además de las basuras habituales (bolsas, empaques y botellas), la presencia de pilas arrojadas a la quebrada Cordobitas, identificándolas como residuos peligrosos por su impacto en el agua y en la vida acuática. Además, identificaron la deforestación como un problema asociado con el agua. En su cartografía social propusieron alternativas para una adecuada disposición de estos residuos y enfatizaron la importancia de no arrojarlos al cuerpo de agua.

Figura 24. Registro fotográfico de cartografía social grado sexto de grupo #2-IE Simón Bolívar



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de LCU

Grupo #3: Conformado por niñas entre los 11 -14 años de edad. La cartografía elaborada por este grupo destacó que la principal problemática en la quebrada Cordobitas es la acumulación de residuos sólidos. A partir de las experiencias y recorridos cotidianos de los estudiantes, el mapa recoge su preocupación por la contaminación del agua y la necesidad de transformar las prácticas que favorecen el arrojo de basura en el entorno.

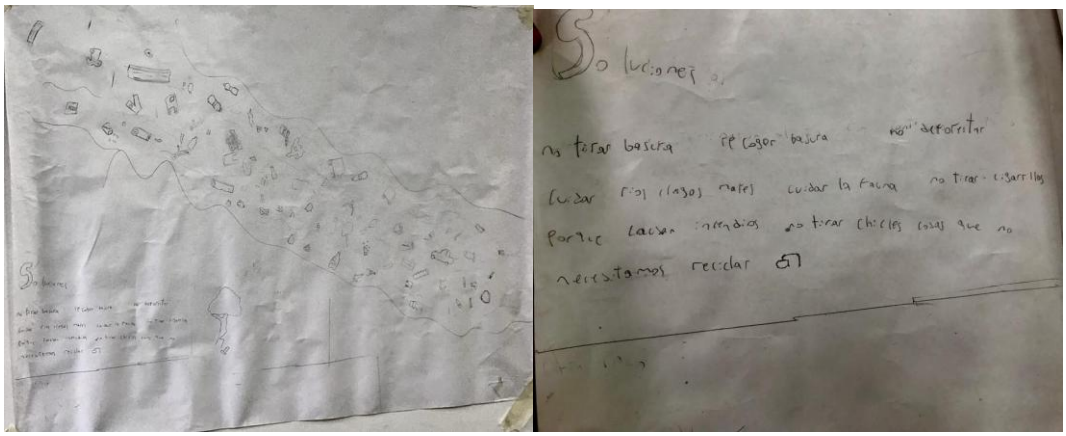
Figura 25. Registro fotográfico de cartografía social grado sexto de grupo #3-IE Simón Bolívar



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de LCU

Grupo #4: Conformado por niños entre los12 -15 años de edad, En este ejercicio, el grupo representó la quebrada Cordobitas enfatizando la presencia de plásticos, bolsas de mecato y botellas de vidrio y plástico en el cauce. Los estudiantes relataron que han observado a personas arrojando residuos directamente al cuerpo de agua, lo que se incorporó en la cartografía como una práctica problemática y como punto de partida para proponer cambios y acciones de sensibilización en la comunidad.

Figura 26. Registro fotográfico de cartografía social grado sexto de grupo #4-IE Simón Bolívar

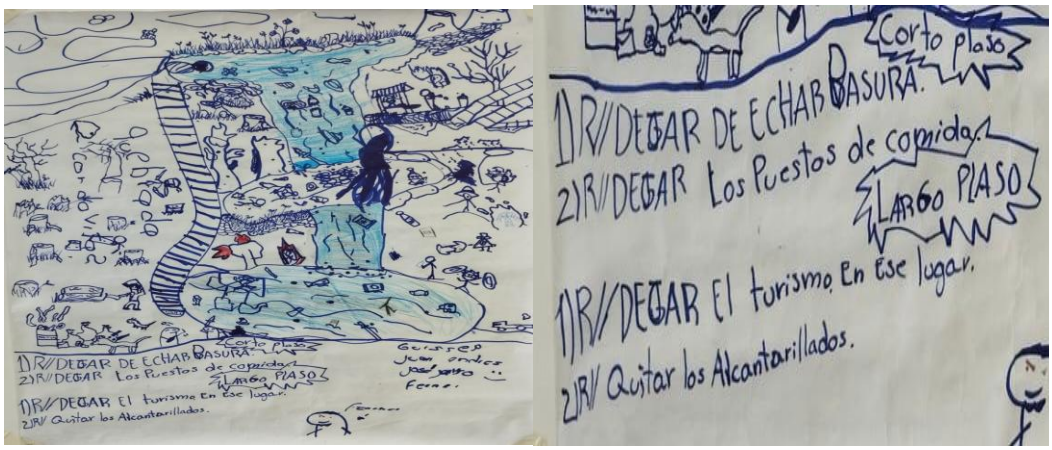


Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de LCU

Para el grado séptimo se conformaron solo 3 grupos, donde como se mencionó en la metodología se asignaron roles en la mesa de trabajo y se entregó el material necesario.

Grupo #1: Conformado por niños entre los 12 -14. En esta cartografía social, representaron la quebrada Cordobitas a partir de lo que observan cuando la recorren: presencia de plásticos, botellas de gaseosa, palillos de bombón, bolsas de mecato y otros residuos sólidos. A partir de este reconocimiento, el grupo identificó como posibles soluciones dejar el turismo, ya que asocian que gran parte de estos residuos se deben a esta actividad y los puestos de comida que se colocan para atender a la demanda de alimentos.

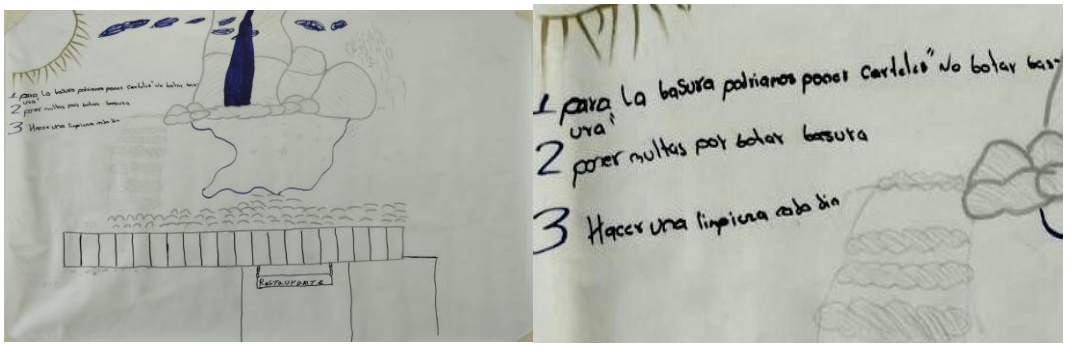
Figura 27. Registro fotográfico de cartografía social grado séptimo de grupo #1-IE Simón Bolívar



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de LCU

Grupo #2: Conformado por niños entre los 11 - 15 años. La cartografía elaborada por este grupo, evidenció que en la quebrada Cordobitas no solo se vierten residuos sólidos, sino también aceites y grasas. Los estudiantes relacionaron estas problemáticas con las actividades recreativas que se desarrollan en el lugar, donde muchas personas dejan los empaques de mecato y otros residuos en la orilla o directamente en el agua. Plantean colocar carteles de advertencia y el uso de multas.

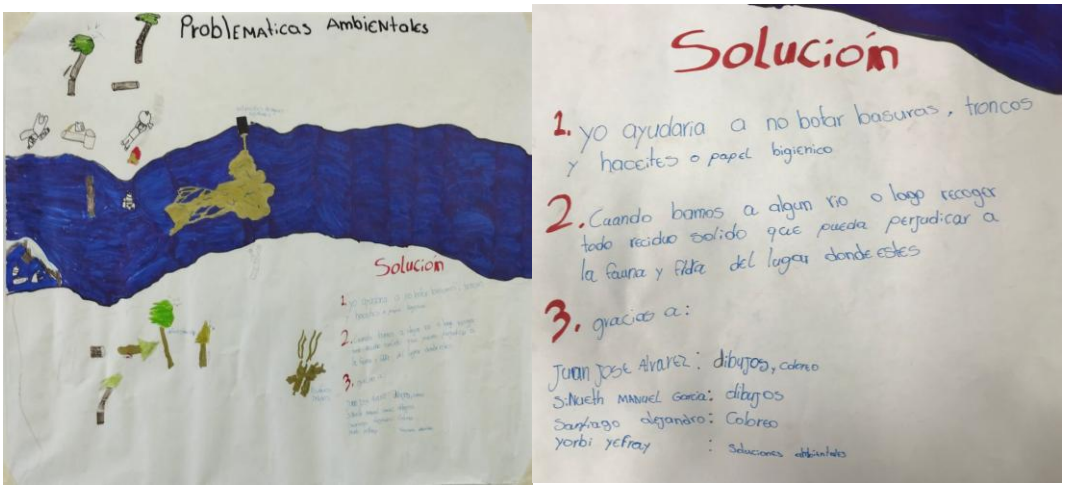
Figura 28. Registro fotográfico de cartografía social grado séptimo de grupo #2-IE Simón Bolívar



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de LCU

Grupo #3: Conformado por niños entre los 12 -14 año. Este grupo identificó en su cartografía diversas presiones sobre la quebrada Cordobitas: residuos sólidos, vertimientos de aceites, aguas residuales y la presencia de troncos y madera en los alrededores. A partir de su experiencia cotidiana, reconocieron cómo estas acciones deterioran la calidad del agua y discutieron posibles soluciones, resaltando la importancia de cambiar hábitos y fortalecer el cuidado colectivo del territorio.

Figura 29. Registro fotográfico de cartografía social grado séptimo de grupo #3-IE Simón Bolívar



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de LCU

La cartografía social trabajada con los estudiantes de sexto y séptimo permitió reconocer la centralidad de la quebrada Cordobitas en su vida cotidiana y cómo, desde sus propios recorridos, identifican una serie de problemáticas sobre el cuerpo de agua: acumulación de residuos sólidos, presencia de plásticos y envases, vertimiento de aceites y grasas, así como procesos de deforestación en el entorno. Al mismo tiempo, las y los estudiantes no solo describen las problemáticas, sino que formulan propuestas concretas -crear comunidades de cuidado, instalar señalización, aplicar sanciones y promover cambios de hábitos-, lo que evidencia el potencial de estos ejercicios participativos para fortalecer el sentido de pertenencia y la corresponsabilidad frente al territorio.

En comparación con lo encontrado en la matriz de priorización, se observa que los niños, niñas y jóvenes identifican también la problemática de los residuos sólidos derivados de la actividad turística como una situación frecuente; sin embargo, el vertimiento de aceites y la deforestación no fue un tema que haya surgido en dicha matriz. Esta diferencia sugiere que las lecturas del territorio varían según la experiencia cotidiana y el lugar de enunciación de cada grupo, y resalta la importancia de articular las percepciones de la comunidad adulta con las miradas de las nuevas generaciones, de modo que la gestión del agua integre tanto los diagnósticos técnicos como las sensibilidades y saberes locales.

6.4.2. Cartografía social BIT: estudiantes de grados 3° y 4° IE La Libertad

En esta comunidad se trabajó con estudiantes de 3 y 4 de primaria de la IE La libertad (ver figura30). Dado que tenían una menor edad. Se trabajo alrededor de la importancia del agua y que representa el agua.

Se conformaron 7 grupos mixtos, donde se asignaron roles y se entregó el material necesario. Cada grupo expuso al final a cartografía creada.

Figura 30. Registro fotográfico durante la actividad de cartografía social con estudiantes de la IE La Libertad-BIT



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de BIT

Grupo #1: En esta cartografía las y los estudiantes de 3° y 4° grado responden a la pregunta "¿Qué es para mí el agua?" resaltando que el agua es para cuidarla y no contaminarla. A través de frases sobre la salud, los ecosistemas del río y la responsabilidad de "apoyar" y proteger el río, el dibujo muestra cómo vinculan el agua con la vida cotidiana y el deber de cuidado colectivo.

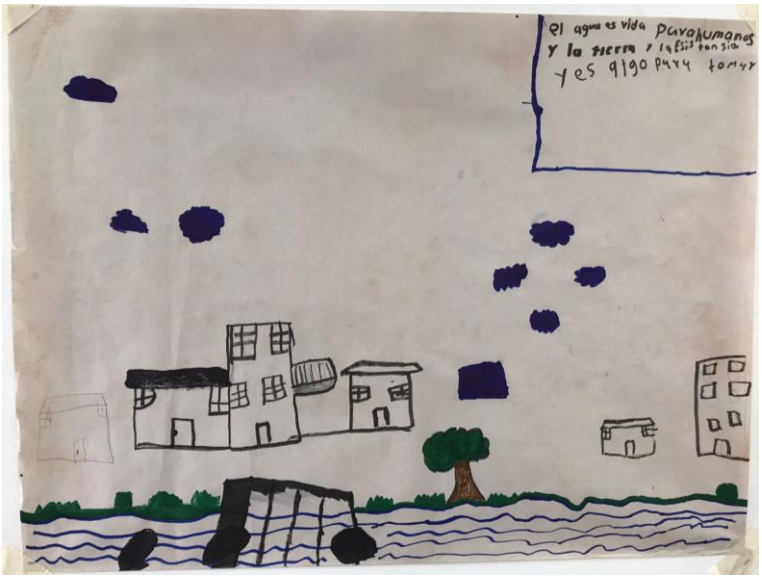
Figura 31. Registro fotográfico de cartografía social grupo #1-IE La Libertad



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de BIT

Grupo #2: En esta representación, los niños y niñas dibujan un paisaje urbano atravesado por un cuerpo de agua y lo acompañan con la frase “El agua es vida para los humanos y la tierra y es algo puro para tomar”. Aquí el agua aparece como un recurso esencial para la existencia y la alimentación, destacando su pureza y su importancia para la vida en la ciudad.

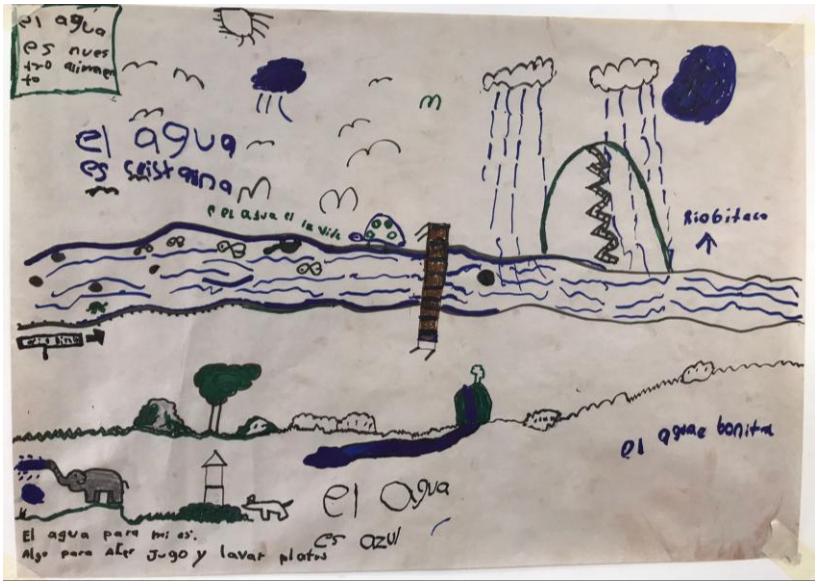
Figura 32. Registro fotográfico de cartografía social grupo #2-IE La Libertad



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de BIT

Grupo #3: Esta representación muestra una vista amplia del río Bitaco, rodeado de montañas, nubes y lluvia. Los estudiantes escriben que “el agua es vida” y la relacionan con usos cotidianos como preparar jugo o lavar platos, además de dibujar animales y vegetación en torno al río. La imagen integra la dimensión paisajística con el uso doméstico del agua, subrayando su papel en la vida diaria.

Figura 33. Registro fotográfico de cartografía social grupo #3-IE La Libertad

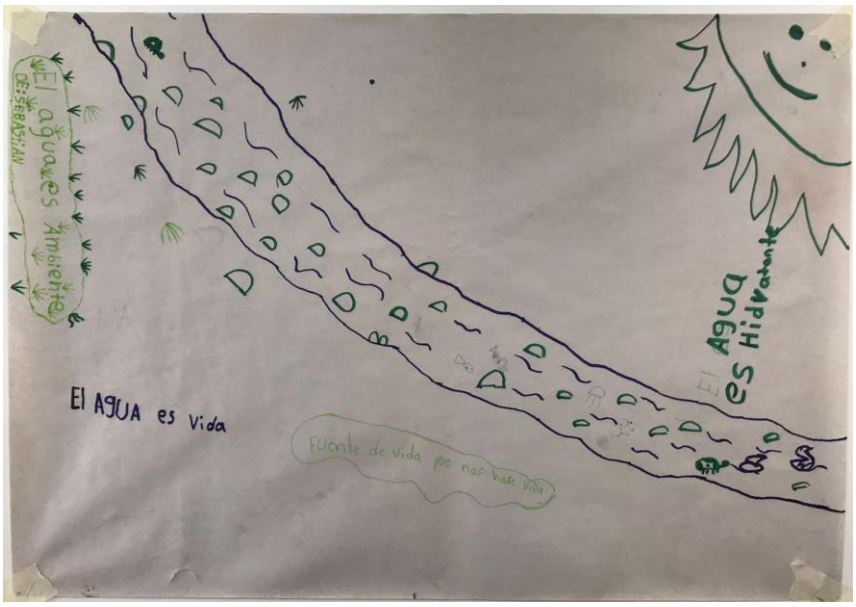


Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de BIT

Grupo #4: En esta representación, el agua aparece como una corriente que recorre todo el papel, acompañada de expresiones como “El agua es vida”, “El agua es hidratante” y “Fuente de vida que nos

hace vivir". Las y los estudiantes representan al agua como algo que corre, nutre y sostiene, reforzando su carácter indispensable para las personas y la naturaleza.

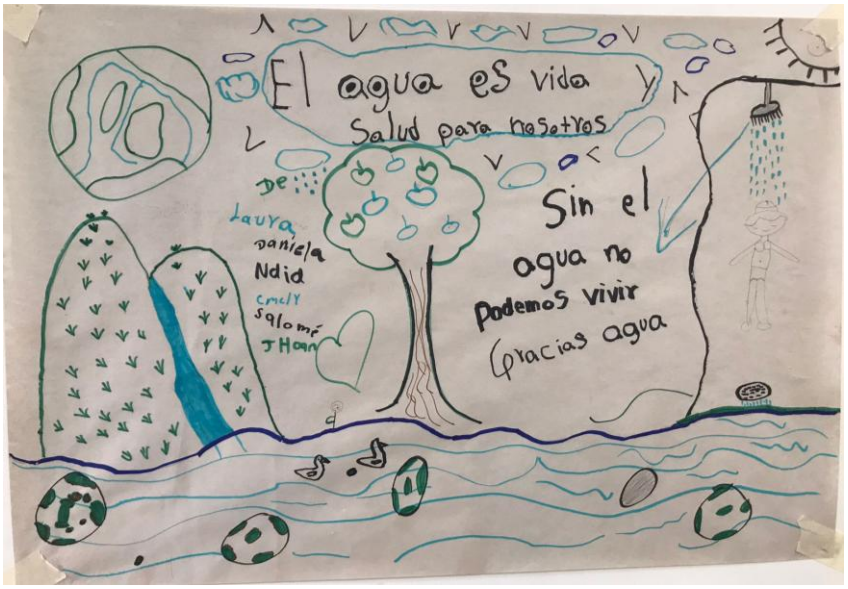
Figura 34. Registro fotográfico de cartografía social grupo #4-IE La Libertad



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de BIT

Grupo #5: Esta representación asocia el agua con la salud y el bienestar: "El agua es vida, salud para nosotros. Sin el agua no podemos vivir. Gracias agua". El dibujo incluye montañas, árboles frutales y un río, mostrando un paisaje vivo donde el agua permite la existencia de plantas, animales y personas. La frase de agradecimiento sintetiza una mirada de respeto y gratitud hacia el agua

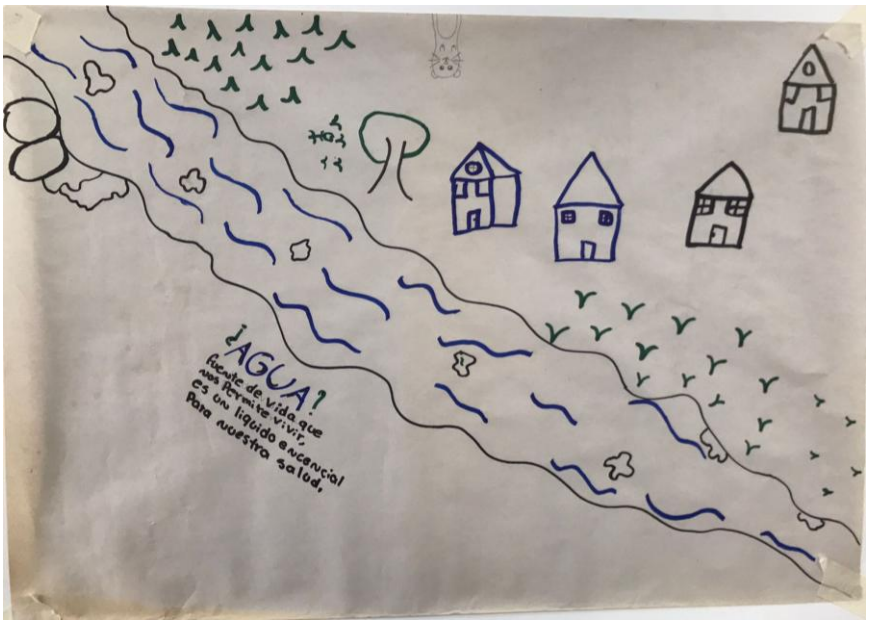
Figura 35. Registro fotográfico de cartografía social grupo #5-IE La Libertad



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de BIT

Grupo #6: En este cartel, los niños y niñas dibujan un río que atraviesa el territorio y conecta las casas con los cultivos y los árboles, mostrando cómo el agua hace posible la vida en su entorno. Acompañan la imagen con el mensaje “¿Agua? Fuente de vida que nos permite vivir, es un líquido esencial para nuestra salud”, con lo cual relacionan el río no solo con el paisaje que habitan, sino también con el bienestar y el cuidado de la salud de las personas.

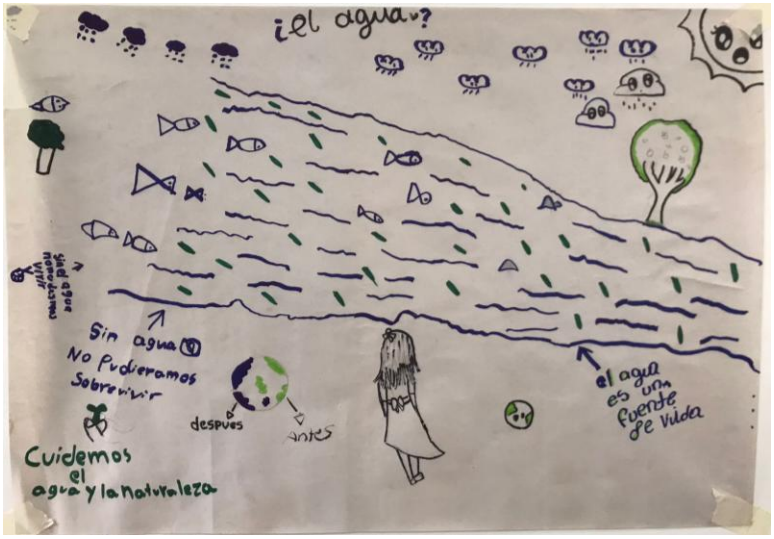
Figura 36. Registro fotográfico de cartografía social grupo #6-IE La Libertad



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de BIT

Grupo #7: En esta representación, los estudiantes representan un río lleno de peces, gotas de lluvia y árboles, junto con frases como “Sin agua no podríamos sobrevivir”, “Cuidemos el agua y la naturaleza” y “El agua es una fuente de vida”. Al incorporar dibujos del planeta “antes” y “después”, el cartel invita a reflexionar sobre las consecuencias de no cuidar el agua y la importancia de protegerla para el futuro.

Figura 37. Registro fotográfico de cartografía social grupo #7-IE La Libertad



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de BIT

En conjunto, los dibujos elaborados por las y los estudiantes de 3° y 4° de primaria de la IE La Libertad muestran que, aún a temprana edad, reconocen el agua como fuente de vida, salud y bienestar, estrechamente vinculada al río que atraviesa su territorio y al paisaje que habitan. En sus frases e imágenes aparece el agua como algo “puro”, “esencial” y “que debemos cuidar”, asociada al consumo humano, a la hidratación, a la alimentación y a la existencia de plantas y animales. Estos trabajos refuerzan la idea de que los niños y niñas no solo comprenden la importancia del agua, sino que construyen desde ahora una relación afectiva y ética con ella, que resulta fundamental para futuros procesos de educación ambiental y gestión participativa del territorio.

6.5. CONSIDERACIONES FINALES

El análisis integrado de los ejercicios de identificación de actores, las entrevistas cortas, los talleres participativos y la cartografía social permitió consolidar una lectura común de los principales factores socioambientales que afectan la cuenca alta del río Dagua. Desde estas distintas ventanas metodológicas emergen como problemas priorizados la contaminación por aguas residuales domésticas y vertimientos sin tratamiento, el uso intensivo de agroquímicos asociado a la expansión agrícola y pecuaria, el manejo inadecuado de residuos sólidos -en especial en zonas de tránsito y recreación-, la deforestación y transformación de coberturas en áreas de recarga hídrica, así como la débil capacidad institucional para ejercer control y acompañar procesos comunitarios de gestión del agua. La convergencia de estos hallazgos confirma que los conflictos en torno al recurso hídrico no son únicamente de carácter biofísico, sino que expresan relaciones desiguales de poder, modelos de desarrollo territoriales y vacíos en la gobernanza ambiental.

Al mismo tiempo, el capítulo evidenció diferencias relevantes entre las comunidades trabajadas, tanto en la configuración de sus problemas como en sus trayectorias organizativas. En territorios como BIT y LCU enfatizó en la protección de nacimientos y bosques de niebla frente a la presión de cultivos permanentes y la expansión de la frontera agropecuaria, además, de la contaminación por actividades productivas como marraneras. En DAG y LOB, por su parte, cobran mayor peso <<<<los residuos sólidos, las aguas residuales

de actividades comerciales, recreativas y de transporte, así como la percepción del río como receptor de desechos. Estas diferencias también se reflejan en los niveles de organización social y en el tipo de actores con capacidad de incidencia: en algunos casos predominan acueductos comunitarios y juntas de acción comunal, en otros tiene mayor protagonismo el comercio, el sector vial o prestadores de servicios turísticos.

Finalmente, es importante resaltar que las herramientas empleadas mostraron alcances y aportes complementarios para la construcción del monitoreo participativo. Las entrevistas cortas permitieron captar percepciones individuales sobre la gestión del agua y las responsabilidades asociadas; los talleres facilitaron la priorización colectiva de problemas; la cartografía social visibilizó espacialmente los puntos críticos, las fuentes de contaminación y los lugares de mayor valor socio ecológico desde la perspectiva de niños, niñas y jóvenes; y el mapeo de actores ayudó a reconocer relaciones de poder, vínculos de cooperación y vacíos institucionales. Esta triangulación metodológica robusteció la comprensión de los factores socioambientales y proporcionó insumos concretos -problemas priorizados, actores clave, lugares estratégicos y prácticas existentes de cuidado- para el diseño del protocolo de monitoreo comunitario que se desarrolla en el capítulo siguiente, garantizando que dicho protocolo responda a las especificidades territoriales y a las expectativas de las comunidades involucradas.

CAPITULO VII. DISEÑO PARTICIPATIVO DE MONITOREO DE LA CALIDAD AGUA

Para el desarrollo del último objetivo, orientado al diseño de un sistema de monitoreo participativo bajo liderazgo comunitario y coherente con el contexto territorial, el trabajo en el taller se organizó en dos momentos. En primer lugar, se identificaron las soluciones locales y las soluciones introducidas en el territorio frente a las problemáticas previamente priorizadas. Entre las soluciones locales se resaltó el impulso a los monitoreos participativos con el grupo objetivo TPMA, dado que su formación con el SENA y los conocimientos adquiridos se reconocieron como un recurso comunitario para las localidades de origen de sus integrantes. Asimismo, se propuso aprovechar la capacidad instalada del SENA para realizar caracterizaciones fisicoquímicas e hidrobiológicas en puntos de especial relevancia en los afluentes hídricos, previamente señalados por la comunidad.

En segundo lugar, se realizó de manera general la planificación del autodiagnóstico de dichas soluciones, con el propósito de verificar en campo la viabilidad de las respuestas o acciones propuestas para enfrentar los distintos problemas identificados. Para ello, se definieron responsables y recursos necesarios para su implementación, fortalecimiento o mejora, y se acordó establecer un seguimiento sistemático a las acciones derivadas de este autodiagnóstico.

Finalmente, como apoyo material, el Proyecto Macro contempló la entrega de kits de monitoreo y el desarrollo de procesos de formación comunitaria. Se distribuyeron kits de monitoreo de la calidad del agua y se realizaron capacitaciones en cinco localidades de la cuenca alta del río Dagua: Córdoba-LCU, LOB, BIT, CAR y DAG. Cada kit permitía evaluar parámetros fisicoquímicos del agua y recolectar macroinvertebrados acuáticos, insumos fundamentales para diagnosticar la salud del río. Las capacitaciones, dirigidas por el equipo BPM y con el apoyo del SENA, incluyeron la socialización de metodologías estandarizadas para el uso del kit, la identificación de macroinvertebrados como bioindicadores y la interpretación de los resultados obtenidos.

7.1. TALLER “PROBLEMAS Y SOLUCIONES DE LA CALIDAD DEL AGUA”: IDENTIFICACIÓN DE SOLUCIONES LOCALES E INTRODUCIDAS

Esta identificación de soluciones locales o introducidas buscó que la comunidad identificará, con el apoyo de los facilitadores, y para cada uno de los problemas considerados, cuáles fueron las soluciones que se han experimentado localmente, y cuales soluciones se han introducido o validado. En este ejercicio se dio prioridad a las soluciones locales, dejando las soluciones introducidas solamente para los casos en que las primeras no existan o no obtuvieron resultados satisfactorios.

7.1.1. Cabecera Municipal (La Cumbre)-LCU

Respecto al problema de la contaminación del acuífero la comunidad propuso en primer lugar retomar el monitoreo de calidad de agua -variables fisicoquímicas e hidrobiológicas- con apoyo del grupo TPMA al acuífero de ACUAPAVAS, el cual buscara identificar si la calidad de agua cumplía con las características de agua para consumo según la norma 2115 de 2007 y si tratar de esclarecer posibles causas de esta contaminación, este se proyectó para el 10 de octubre. Adicionalmente, le solicitaron al SENA la medición de plaguicidas organofosforados en el agua para identificar problemas de contaminación, también se le solicito al SENA y a la Universidad del Valle la capacitación de cuarenta fontaneros de los acueductos rurales en un curso complementario de potabilización de agua para el consumo y la caracterización fisicoquímica de parte de estos acueductos.

Figura 38. Reporte fotográfico taller LCU-septiembre 5/2023



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de LCU

Respecto al problema del manejo inadecuado de residuos sólidos se planteó la posibilidad de retomar el comparendo ambiental por parte de la administración municipal y la socialización de dicho comparendo a los operadores turísticos del municipio para que de esta manera los protocolos de manejo de residuos se compartan a los turistas que visitan el municipio los fines de semana.

Respecto a los vertimientos resultantes de las actividades domiciliarias y productivas se plantea la necesidad de realizar un acompañamiento a la comunidad en el diseño de un sistema de alcantarillado que permita legalizar los lixiviados del 20% de viviendas que actualmente está vertiendo de manera directa a la quebrada Cordobitas, este diseño se debe incluir en el futuro plan de desarrollo del municipio. Por otro lado, se plantea la capacitación a los productores agrícolas y pecuarios en buenas prácticas agrícolas para la conservación de la calidad de agua a través de talleres y un manual de buenas prácticas.

Respecto al tema de la expansión de fincas de recreo sin permisos se plantea a través del consejo solicitar a la alcaldía entrante hacer un inventario de estas construcciones e iniciar el proceso de legalización o en caso contrario de desmantelamiento.

7.1.2. Corregimiento Bitaco (La Cumbre)-BIT

Respecto al problema de los acueductos con IRCAS altos, se solicitó por parte de la comunidad realizar el monitoreó de calidad de agua de variables fisicoquímicas e hidrobiológicas para identificar que la calidad de agua cumpla con las características de agua para consumo según la norma 2115 de 2007, adicionalmente le solicitaron al SENA la medición plaguicida organofosforados en el agua para identificar problemas de contaminación cruzada por los cultivos presentes. también se le solicito al SENA y a la Universidad del Valle la capacitación de veinticinco fontaneros de los acueductos rurales en un curso complementario de potabilización de agua para el consumo y la caracterización fisicoquímica de parte de estos acueductos.

Figura 39.Reporte fotográfico taller BIT-agosto 18/2023



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de BIT

De acuerdo con lo anterior, se llevó a cabo una segunda reunión el día 8 de septiembre de 2023 para la planeación de una gran jornada de monitoreo a la cual se vincularan estudiantes de la I.E La Libertad, técnico y tecnólogos del SENA, funcionarios de la CVC, funcionarios de los acueductos veredales, secretaria de gobierno del municipio y personal de Agrícola Himalaya (se calculó una participación de 70 personas), para ejecutar un monitoreo el día 03 de octubre con el apoyo logístico de las organizaciones vinculadas en seis puntos identificados y priorizados por la comunidad:

- Acueductos de la Palestina, Asuenavit, Ascabit, La Castilla
- Puntos cercanos a procesos porcícolas ubicados en la vereda de Puente Palo.

Adicionalmente se tomarán muestras para la identificación de plaguicidas organofosforados en el punto denominado Sepúlveda donde hay gran cantidad de cultivos de lechuga. Por otro lado, se plantea la capacitación a los productores agrícolas y pecuarios en buenas prácticas agrícolas para la conservación de la calidad de agua a través de talleres y un manual de buenas prácticas.

Respecto a los vertimientos resultantes de las actividades domiciliarias y productivas se plantea la necesidad de realizar un acompañamiento a la comunidad en el diseño de un sistema de alcantarillado que permita legalizar los lixiviados de las viviendas que actualmente está vertiendo de manera directa al río Bitaco, este diseño se debe incluir en el futuro plan de desarrollo del municipio.

Respecto al tema de la expansión de fincas de recreo sin permisos se plantea a través del consejo solicitar a la alcaldía entrante hacer un inventario de estas construcciones e iniciar el proceso de legalización o en caso contrario de desmantelamiento.

7.1.3. Corregimiento Loboguerrero (Dagua)-LOB

Para los problemas priorizados de desforestación y vertimiento de actividades productivas, especialmente agrícolas, derivadas de los cultivos de piña y aguacate se planteó la realización de una gran jornada de monitoreo a la cual se vincularan estudiantes de la I.E Camilo Torres, técnico y tecnólogos del SENA, funcionarios de la CVC, habitantes de la comunidad interesados, el desarrollo del monitoreo va a ir acompañado de una jornada de reforestación con material vegetal el cual se encuentra en proceso de gestión con la CVC, agrícola Himalaya y el Centro Agropecuario de Buga SENA.

La fecha del monitoreo y la jornada de reforestación se programará previa adquisición del material vegetal, la actividad de reforestación va estar a cargo de los TPMA SENA y los jóvenes del corregimiento de los cuales tenemos 24 voluntarios

Figura 40. Registro fotográfico de taller LOB-agosto 19 de 2023



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de LOB

Respecto a los vertimientos resultantes de las actividades productivas se plantea la necesidad de realizar una capacitación a los productores agrícolas y pecuarios en buenas prácticas agrícolas para la conservación de la calidad de agua a través de talleres y un manual de buenas prácticas, especialmente a aquellos ubicados en la producción de piña y aguacate.

Finalmente, respecto al mal funcionamiento de acueducto veredales, la comunidad identifico como una de las soluciones implementadas como son la construcción de un desarenador y tanque de almacenamiento lo que permitiría tener un control sobre los sólidos debido a procesos de escorrentía en picos de invierno, pero lo anterior debido a la falta de apoyo por parte de entes gubernamentales y municipales no ha dado buen resultado. También se propuso solicitar al grupo objetivo TMPA un monitoreo a puntos clave de abastecimiento y al SENA y a la Universidad del Valle la capacitación fontaneros de los acueductos rurales en un curso complementario de potabilización de agua para el consumo y la caracterización fisicoquímica de parte de estos acueductos.

7.1.4. Centro Poblado (Dagua)-DAG

Para los problemas priorizados la comunidad identifico como soluciones implementadas la construcción de dos tanques de almacenamiento, dichos tanques han representado una solución para el abastecimiento de agua en poblaciones no interconectadas a la red de captación principal. La dificultad de esta solución es la falta de realizar monitoreos y seguimientos de la calidad de agua lo que no le da seguridad a los usuarios de que cumple con las condiciones de agua para el consumo.

Figura 41. Rregistro fotográfico de taller DAG-septiembre 9 de 2023



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de DAG

Lo anterior conllevo a que se planteará la realización de una gran jornada de monitoreo a la cual se vincularan estudiantes de los PRAES, CIDEA, Alcaldía municipal y técnicos y tecnólogos del SENA, funcionarios de la CVC, habitantes de la comunidad interesados, el desarrollo del monitoreo va a ir acompañado de una jornada de capacitación en calidad de agua y manejo de Kit.

La fecha del monitoreo y la capacitación se programará previa reunión con la alcaldía para afinar temas de logística y transporte, la actividad de capacitación va a estar a cargo de los TPMA SENA y los jóvenes pertenecientes a los PRAES.

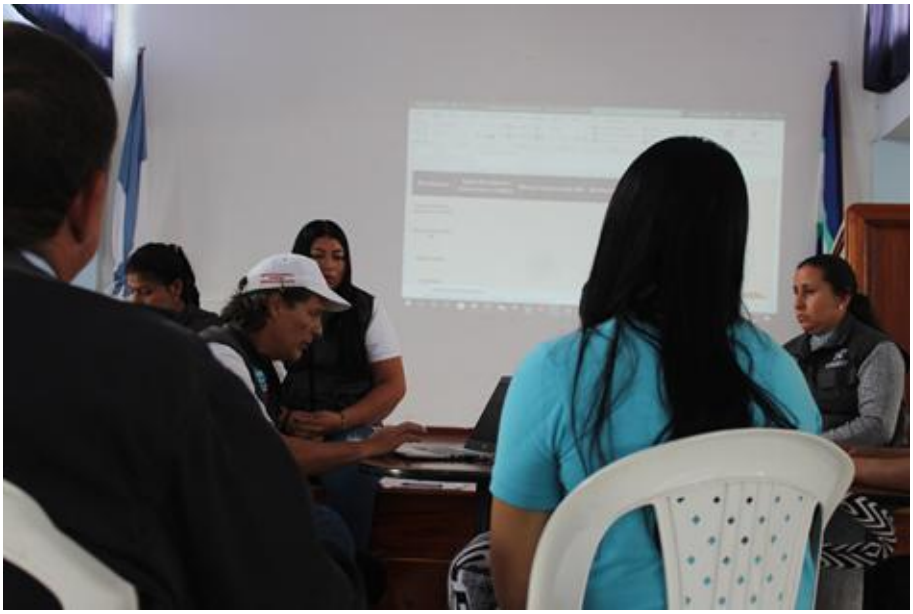
7.2. TALLER “PROBLEMAS Y SOLUCIONES DE LA CALIDAD DEL AGUA”: ACCIONES LOCALES (AUTODIAGNÓSTICO Y PLANIFICACIÓN)

La actividad de cierre se aplicó la matriz de planificación del autodiagnóstico de soluciones locales, el objetivo del ejercicio fue identificar las acciones implementadas y por implementar localmente para responder a los diferentes problemas. Se realizo en forma grupal; y permitió a los participantes, incluyendo a los técnicos, facilitadores, la toma de conciencia de su propio potencial de adaptación y de innovación, para poder evaluarlo, mejorarlo y sistematizarlo en forma organizada.

7.2.1. Cabecera Municipal (La Cumbre)

Para la comunidad de LCU, se identificó las acciones que se van a realizar para cada una de las soluciones, quienes son los responsables de ejecutarlas y de donde saldrían los recursos para hacerlo, se planteó un seguimiento y evaluación de estas acciones además de la vinculación de actores que puedan llevar este autodiagnóstico.

Figura 42. Reporte fotográfico taller LCU-agosto 17/2023



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de LCU

En la Tabla 23 encontramos de manera resumida la información compilada por la comunidad, la cual servirá como eje para planear y ejecutar las acciones propuestas derivadas de las soluciones locales identificadas. Se llegó a la conclusión de que los actores encargados para realizar el seguimiento eran los técnicos en promotoría en manejo ambiental del SENA, los fontaneros capacitados en el curso complementario y los funcionarios de INCIVA que han participado de manera activa en todo el proceso.

Tabla 23. Información compilada relativa a problemas, acciones, responsables e instrumentos con la comunidad de LCU

Problema/solución	Solución-Acción	Actores-responsables	Instrumentos
Contaminación del acuífero	Identificar calidad del agua y posibles fuentes de contaminación: Monitoreos participativos con grupo objetivo TMPA y aliados. Capacitación a fontaneros de los acueductos rurales-Solicitar capacitaciones y gestionarlas.	Grupo objetivo TMPA-Miembros de instituciones educativas, acueductos, JAC SENA y Univalle	Reuniones de alistamiento. Uso de sondas y equipos. Redacción de solicitudes.

Residuos por actividad turística	Retomar el comparendo ambiental: realizar solicitud y gestión. Reactivar el comparendo ambiental y darlo a conocer: Socialización de comparendo a operadores turísticos y turistas. Implementación de protocolos de manejo de residuos sólidos.	Administración municipal. Operadores turísticos y JAC	Talleres y capacitaciones Material impreso para turistas. Dialogo colaborativo con la autoridad ambiental.
Vertimientos por actividades domésticas y productivas	Acompañamiento a la comunidad en el diseño de un sistema de alcantarillado. Capacitación a productores agrícolas y pecuarios. Diseño de protocolos de buenas prácticas agrícolas y pecuarias para mejorar la calidad del agua.	Involucrados en el plan de desarrollo del municipio. Grupo objetivo TMPA-Miembros de instituciones educativas, acueductos, JAC. Productores agrícolas y pecuarios.	Incidencia política. Talleres de socialización y capacitación.
Expansión fincas de recreo	Inventario de construcciones y verificación de legalidad. Acciones de legalización o desmantelamiento.	Concejo municipal Alcaldía	JAC, Juntas del agua.

Nota. Elaboración de acuerdo con el taller participativo con comunidad LCU

7.2.2. Corregimiento Bitaco (La Cumbre)-BIT

Para la comunidad de BIT, se identificó las acciones que se van a realizar para cada una de las soluciones, quienes son los responsables de ejecutarlas y de donde saldrían los recursos para hacerlo, se planteó un seguimiento y evaluación de estas acciones además de la vinculación de actores que puedan llevar este autodiagnóstico.

En la Tabla 24 encontramos de manera resumida la información compilada por la comunidad, la cual servirá como eje para planear y ejecutar las acciones propuestas derivadas de las soluciones locales identificadas. Se llegó a la conclusión de que los actores encargados de realizar este seguimiento son los técnicos en promotoría en manejo ambiental del SENA, los fontaneros capacitados en el curso complementario y los estudiantes de la I.E La Libertad que han participado de manera activa en todo el proceso.

Figura 43. Registro fotográfico de taller BIT-agosto 18 de 2023



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de BIT

Tabla 24. Información compilada relativa a problemas, acciones, responsables e instrumentos con la comunidad de BIT

Problema	Solución-Acción	Actores-responsables	Instrumentos
Mal funcionamiento de acueductos veredales	Identificar calidad del agua y posibles fuentes de contaminación: Monitoreos participativos con grupo objetivo TMPA y aliados en Acueductos de la Palestina, Asuenavit, Ascabit, La Castilla. Capacitación a fontaneros de los acueductos rurales-Solicitar capacitaciones y gestionarlas.	Grupo objetivo TMPA-Miembros de instituciones educativas, acueducto veredales, CVC y Agrícola Himalaya. SENA y Univalle	Reuniones de alistamiento. Uso de sondas y equipos. Redacción de solicitudes. Talleres y capacitaciones
Vertimiento de actividades agrícolas y pecuarias	Identificar calidad del agua y posibles fuentes de contaminación: Monitoreos participativos con grupo objetivo TMPA y aliados en puntos cercanos a procesos porcícolas ubicados en la vereda de Puente Palo y cultivos de lechuga en el punto denominado Sepúlveda. Capacitación a los productores agrícolas y pecuarios.		

Vertimientos domésticos	Acompañamiento a la comunidad en el diseño de un sistema de alcantarillado.	Involucrados en el plan de desarrollo del municipio. Grupo objetivo TMPA-Miembros de instituciones educativas, acueductos, JAC.	Incidencia política. Talleres de socialización y capacitación.
Expansión fincas de recreo	Inventario de construcciones y verificación de legalidad. Acciones de legalización o desmantelamiento.	Concejo municipal Alcaldía	JAC, Juntas del agua.

Nota. Elaboración de acuerdo con el taller participativo con comunidad BIT

7.2.3. Corregimiento Loboguerrero (Dagua)-LOB

Para la comunidad de LOB, se identificó las acciones que se van a realizar para cada una de las soluciones, quienes son los responsables de ejecutarlas y de donde saldrían los recursos para hacerlo, se planteó un seguimiento y evaluación de estas acciones además de la vinculación de actores que puedan llevar este autodiagnóstico.

Figura 44. Registro fotográfico de taller LOB-agosto 19 de 2023



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de LOB

En la Tabla 25 encontramos de manera resumida la información compilada por la comunidad, la cual servirá como eje para planear y ejecutar las acciones propuestas derivadas de las soluciones locales identificadas. Se llegó a la conclusión de que los actores encargados de realizar este seguimiento son los técnicos en promotoría en manejo ambiental del SENA, los estudiantes de la I.E Camilo Torres y jóvenes de la zona que han participado de manera activa en todo el proceso.

Tabla 25. Información compilada relativa a problemas, acciones, responsables e instrumentos con la comunidad de LOB

Problema/solución	Solución-Acción	Actores-responsables	Instrumentos
Deforestación por cultivos	Identificar calidad del agua y posibles fuentes de contaminación en puntos cercanos a zonas de cultivos de piña y aguacate: Jornada de monitoreo participativo Reforestación en la jornada de monitoreo en zonas cercanas al río.	Grupo objetivo TMPA-Miembros de instituciones educativas, CVC, Centro agropecuario de Buga y Agrícola Himalaya. Voluntarios-CVC	Reuniones de alistamiento. Uso de sondas y equipos. Redacción de solicitudes. Talleres y capacitaciones. Material vegetal.
Vertimientos de procesos productivos	Capacitación a los productores agrícolas y pecuarios.	SENA y Univalle	Redacción de solicitudes. Talleres y capacitaciones
Mal funcionamiento de acueductos veredales	Construcción de desarenador y tanque de almacenamiento. Capacitación a fontaneros de los acueductos rurales-Solicitar capacitaciones y gestionarlas.	Funcionarios de acueductos veredales. Concejo municipal Alcaldía	Incidencia política. Redacción de solitud y trámite. Talleres participativos.

Nota. Elaboración de acuerdo con el taller participativo con comunidad LOB

7.2.4. Centro Poblado (Dagua)-DAG

En esta parte se identificaron las acciones que se van a realizar para cada una de las soluciones, quienes son los responsables de ejecutarlas y de donde saldrían los recursos para hacerlo, se planteó un seguimiento y evaluación de estas acciones además de la vinculación de actores que puedan llevar este autodiagnóstico.

En la Tabla 26 encontramos de manera resumida la información compilada por la comunidad, la cual servirá como eje para planear y ejecutar las acciones propuestas derivadas de las soluciones locales identificadas. Se llegó a la conclusión de que los actores encargados de realizar este seguimiento y capacitación son los técnicos en promotoría en manejo ambiental del SENA, los estudiantes pertenecientes al PRAES y el CIDEA los cuales han recibido con antelación la capacitación en la toma de muestras y aplicación de índices biológicos.

Tabla 26. Información compilada relativa a problemas, acciones, responsables e instrumentos con la comunidad de DAG

Problema/solución	Solución-Acción	Actores-responsables	Instrumentos
Información calidad del agua	Jornada de monitoreo participativo en tanques de almacenamiento y	Grupo objetivo TMPA-Miembros de	Reuniones de alistamiento.

acueducto ACUAVALLE	puntos cercanos al abastecimiento del acueducto de ACUAVALLE.	instituciones educativas, CIDEA, CVC y habitantes de barrios afectados. Alcaldía municipal para gestión de transporte	Uso de sondas y equipos. Redacción de solicitudes. Talleres y capacitaciones.
Falta de tratamiento a tanques			

Nota. Elaboración de acuerdo con el taller participativo con comunidad DAG

Figura 45. Registro fotográfico de taller DAG-septiembre 9 de 2023



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de DAG

7.3. ENTREGA DE KITS Y CAPACITACIONES EN EL MARCO DEL PROYECTO DE MONITOREO PARTICIPATIVO DEL AGUA

Como actividad final de la presente investigación, y bajo la responsabilidad de la autora, se realizó la entrega de los kits de monitoreo de la calidad del agua a las comunidades participantes, junto con la respectiva capacitación para su uso. El detalle del kit para la medición de la calidad del agua se presenta en el ANEXO E; esta información fue socializada y entregada a cada comunidad. Cada kit permite evaluar parámetros fisicoquímicos del agua y recolectar macroinvertebrados acuáticos, herramientas clave para diagnosticar la salud del río. Las capacitaciones, dirigidas por el equipo BPM y con el apoyo del SENA, incluyeron la presentación de metodologías estandarizadas para el uso del kit, la identificación de macroinvertebrados como bioindicadores y la interpretación de los resultados obtenidos.

Es importante resaltar que, si bien el taller “problemas y soluciones de la calidad del agua” no se llevó a cabo en la comunidad del CAR y, por ende, el grupo objetivo TPMA no continuó con los monitoreos en esta zona, dicha comunidad sí fue incluida en la entrega de los kits de monitoreo.

Las fechas y registro fotográfico de las capacitaciones en las cinco localidades de la cuenca del Río Dagua se presentan a continuación: Córdoba-LCU (12/09/2023), LOB (13/09/2023), BIT (10/10/2023 y 14/12/2023), CAR (15/12/2023) y DAG (14/12/2023).

Figura 46. Entrega de kit y capacitación del Sistema de monitoreo participativo en Córdoba-LCU



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de LCU-Cordobitas

Figura 47. Entrega de kit y capacitación del Sistema de monitoreo participativo en LOB





Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de LOB

Figura 48. Entrega de kit y capacitación del Sistema de monitoreo participativo en BIT





Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de BIT

Figura 49. Entrega del aplicativo y la socialización en CAR



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de CAR

Figura 50. Entrega del aplicativo y el kit de monitoreo de la calidad del agua en DAG



Nota. Fotografía tomada por el autor y el grupo TMPA durante el taller con la comunidad de DAG

Las capacitaciones contaron con la participación activa de estudiantes de últimos grados (10° y 11°) de instituciones educativas locales, como la I.E. José María Córdoba y la I.E. La Libertad, liderados por docentes de ciencias naturales y rectores. Además, asistieron actores clave de la comunidad, como miembros de juntas de acción comunal, representantes de acueductos, autoridades ambientales (CVC, SADS) y empresas agrícolas (Agrícola Himalaya). En Bitaco y Dagua, se destacó la presencia de docentes vinculados al Proyecto Ambiental Escolar (PRAES), evidenciando un enfoque pedagógico y comunitario. La diversidad de participantes reflejó un esfuerzo por integrar a sectores educativos, sociales e institucionales en la gestión del agua.

Además de la entrega física de los kits, se socializó un aplicativo digital para registrar datos de monitoreo, facilitando la identificación de puntos de muestreo, problemáticas locales y actividades económicas en la cuenca. En el corregimiento de Loboguerrero y el casco urbano del municipio de Dagua, la entrega se adaptó al calendario escolar, dejando el aplicativo bajo custodia de líderes comunitarios. Se realizaron sesiones teórico-prácticas, donde los participantes interactuaron con los kits y discutieron estrategias para

la conservación del río. Estas actividades fortalecieron las capacidades locales, promoviendo una red de monitoreo participativo sostenible con instituciones educativas y comunidades como actores principales.

7.4. CONSIDERACIONES FINALES

Este capítulo consolida el tránsito desde la identificación de problemas hacia la construcción colectiva de respuestas y dispositivos concretos para la gestión comunitaria del agua en la cuenca alta del río Dagua. A partir del taller “problemas y soluciones de la calidad del agua”, la planificación del autodiagnóstico y la entrega de kits de monitoreo, se reconocieron y fortalecieron soluciones locales ya en marcha -como los monitoreos participativos, las jornadas de reforestación, la mejora de acueductos veredales o los tanques de almacenamiento-y se articularon con soluciones introducidas vinculadas a la formación técnica, el acompañamiento institucional y la medición de parámetros específicos (como plaguicidas).

Aunque cada comunidad priorizó problemas y acciones acordes con su contexto -contaminación del acuífero y residuos turísticos en LCU, acueductos con IRCAS altos y presión agrícola en BIT, deforestación y vertimientos productivos en LOB, abastecimiento y calidad del agua en DAG-, el capítulo demuestra que es posible tejer un marco común de monitoreo participativo sustentado en el liderazgo del grupo TPMA, el apoyo del SENA y la Universidad del Valle, y la participación activa de instituciones educativas, PRAES, CIDEA, CVC y autoridades locales. La incorporación de un aplicativo digital y de procesos de capacitación teórico–prácticos refuerza, además, las capacidades locales para registrar, interpretar y dar seguimiento a la información generada. De este modo, las estrategias participativas presentadas en este capítulo no solo responden a factores socioambientales específicos, sino que sientan las bases para un sistema de monitoreo comunitario dinámico, apropiado por las comunidades y con potencial de continuidad más allá de la presente investigación.

CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES

En la presente investigación se evidenció, a partir de la caracterización fisicoquímica e hidrobiológica, un gradiente de deterioro de la calidad del agua en la cuenca alta del río Dagua, desde condiciones relativamente favorables en los tramos de cabecera hasta escenarios más comprometidos en los sectores de menor altitud. La integración de indicadores como el ICA, la presencia de coliformes y la composición de macroinvertebrados permitió identificar señales tempranas de contaminación orgánica y cambios en las propiedades del agua asociados a presiones antrópicas crecientes. En el desarrollo de este objetivo se demostró, además, la viabilidad técnica de un proceso de monitoreo en el que la comunidad, a través del grupo TPMA, participa activamente en el diseño, toma de muestras y comprensión de los resultados, configurando un primer peldaño para el posterior desarrollo del sistema de monitoreo participativo.

La identificación de los factores socioambientales y el trabajo con actores claves profundizó en la comprensión de los problemas que afectan la cuenca alta del río Dagua, al integrar el mapeo de actores, las entrevistas cortas, los talleres participativos y la cartografía social. Este enfoque permitió reconocer que los problemas priorizados -contaminación por aguas residuales y residuos sólidos, uso intensivo de agroquímicos, deforestación y debilidad en la gobernanza del agua-se expresan de manera diferenciada en cada comunidad, de acuerdo con sus dinámicas productivas, su historia organizativa y la configuración de sus actores clave. Desde el enfoque de sistemas socioecológicos, el desarrollo de este objetivo mostró que los conflictos en torno al agua no son solo de orden biofísico, sino que reflejan relaciones de poder, modelos de desarrollo territoriales y brechas de corresponsabilidad en la gestión del recurso hídrico.

El desarrollo del último objetivo avanzó desde la lectura de problemas hacia la construcción y fortalecimiento de respuestas comunitarias mediante la implementación de estrategias participativas orientadas al diseño del sistema de monitoreo de la calidad del agua. Los talleres “problemas y soluciones de la calidad del agua”, la planificación del autodiagnóstico, la entrega de kits y la incorporación de un aplicativo digital permitieron articular soluciones locales ya existentes con herramientas técnicas introducidas desde el proyecto. Este proceso evidenció que la integración de saberes empíricos y conocimientos técnicos, en diálogo con instituciones como el SENA y la Universidad del Valle, fortalece la capacidad de las comunidades para registrar, interpretar y utilizar la información generada, consolidando así las bases operativas y organizativas del sistema de monitoreo participativo adaptado al contexto local.

A escala general, el diseño e implementación de un sistema de monitoreo participativo de la calidad del agua adaptado a las condiciones socioecológicas de la cuenca alta del río Dagua representa un avance significativo en la gobernanza del recurso hídrico. La integración de herramientas participativas y metodologías transdisciplinarias demostró que es posible construir estrategias de gestión ambiental que reconozcan la complejidad de los sistemas socioecológicos y que, al mismo tiempo, se mantengan anclados a las realidades cotidianas de las comunidades. Estos resultados pueden servir como referente para otras regiones que enfrentan desafíos similares en torno a la gestión del agua y la degradación de ecosistemas acuáticos.

Desde una perspectiva metodológica y política, la investigación corroboró que las estrategias participativas constituyen una herramienta efectiva para fortalecer la gobernanza del agua. Los procesos de capacitación, las prácticas de campo y la participación en el diseño del sistema de monitoreo promovieron la apropiación social del conocimiento, en coherencia con los principios de la investigación-acción participativa y de la ciencia ciudadana. La articulación entre saberes técnicos y saberes locales permitió construir soluciones

más sostenibles y socialmente equitativas, al tiempo que consolidó vínculos de cooperación entre comunidades, instituciones educativas, entidades ambientales y autoridades locales.

No obstante, el estudio también puso en evidencia limitaciones relevantes. La infraestructura tecnológica disponible en algunas comunidades, la dependencia de apoyos institucionales intermitentes y la necesidad de recursos para asegurar la continuidad de los monitoreos constituyen desafíos para la sostenibilidad de las estrategias implementadas. A ello se suma la variabilidad temporal y espacial de los parámetros de calidad del agua, que plantea retos para la interpretación de los datos y para la toma de decisiones a largo plazo. Estas limitaciones subrayan la importancia de fortalecer las redes interinstitucionales, asegurar financiamiento estable e incorporar tecnologías emergentes y enfoques adaptativos que incrementen la precisión, la frecuencia y la representatividad del monitoreo.

Finalmente, los resultados de esta investigación resaltan la necesidad de establecer alianzas formales entre comunidades locales, instituciones gubernamentales y organizaciones académicas que garanticen la continuidad y escalabilidad del sistema de monitoreo participativo. La inclusión de los aprendizajes y evidencias generadas en esta tesis en políticas públicas e instrumentos de planificación relacionados con la gestión integral del recurso hídrico puede contribuir a consolidar la corresponsabilidad y la participación ciudadana como ejes de la gestión ambiental en la cuenca alta del río Dagua. De esta manera, el proceso desarrollado no solo responde a problemas actuales, sino que también fortalece la capacidad del territorio para anticipar y enfrentar futuros desafíos asociados al cambio climático y a otras presiones antropogénicas.

CAPÍTULO IX. RECOMENDACIONES

El desarrollo de la presente investigación permitió identificar aprendizajes y vacíos específicos en la gestión de la calidad del agua en la cuenca alta del río Dagua, así como en el diseño e implementación de un sistema de monitoreo participativo con liderazgo comunitario. A partir de la integración de los resultados se formulan las siguientes recomendaciones.

9.1. PARA LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO DAGUA

9.1.1. Anclar el sistema de monitoreo participativo a decisiones concretas de gestión del agua

Los datos recolectados por las comunidades y el grupo objetivo en el monitoreo comunitario no pueden quedar como insumo aislado. Se recomienda que la CVC y las alcaldías de Dagua y La Cumbre incorporen formalmente los puntos de muestreo, variables y umbrales definidos en los monitoreos comunitarios en los instrumentos de planificación (POMCA Dagua, PBOT, PUEAA y PGIRS), de manera que los resultados del monitoreo desencadenen decisiones explícitas sobre el manejo de rondas protectoras, priorización de inversiones en saneamiento básico, control de vertimientos de centros recreativos y porcícolas, y medidas de manejo en zonas de alta presión agropecuaria.

9.1.2. Priorizar zonas de amortiguación y conservación en función del gradiente de calidad

Dado que aún se conservan tramos con mejor calidad ecológica en cabeceras y áreas con cobertura boscosa, se recomienda que la CVC y los gobiernos locales utilicen los resultados hidrobiológicos y de BMWP como criterio para priorizar acciones de conservación y restauración. Esto implica delimitar y hacer cumplir franjas forestales protectoras en nacederos y márgenes de quebradas; articular estas áreas con las Reservas Naturales de la Sociedad Civil y el DRMI El Chilcal; y establecer acuerdos de manejo con productores agrícolas y pecuarios en las zonas identificadas como fuentes de contaminación difusa.

9.1.3. Diseñar estrategias diferenciales por comunidad según tensores socioambientales

El análisis comparativo de actores, entrevistas y talleres evidenció que los problemas predominantes y los arreglos de gobernanza difieren entre Bitaco, La Cumbre, Dagua y Loboguerrero. Por ello, se recomienda que las acciones de gestión no se formulen de manera homogénea para toda la cuenca alta, sino mediante estrategias territoriales específicas: En territorios con fuerte presencia agropecuaria y uso intensivo de agroquímicos (por ejemplo, zonas altas de Bitaco y La Cumbre), privilegiar acuerdos de reconversión productiva, manejo integrado de suelos y reducción del uso de insumos.

En centros poblados y zonas de recreación (Dagua, Loboguerrero), priorizar el fortalecimiento de sistemas de alcantarillado, tratamiento de aguas residuales y gestión de residuos sólidos, vinculando a prestadores de servicios y operadores turísticos.

9.2. PARA EL FORTALECIMIENTO DEL MONITOREO PARTICIPATIVO Y LA GOBERNANZA COMUNITARIA

9.2.1. Consolidar instancias locales de gobernanza del monitoreo

Los resultados demostraron que la articulación entre el grupo TPMA del SENA, las Juntas de Acción Comunal, los acueductos comunitarios y las instituciones educativas es clave para sostener el sistema de

monitoreo. Se recomienda formalizar "Comités Comunitarios de Monitoreo del Agua" en cada comunidad, con funciones claras como custodia de los equipos y del aplicativo, programación de campañas, validación comunitaria de resultados y comunicación con la CVC y las alcaldías. Estos comités deberían reconocerse en los CIDEA municipales y en los espacios de concertación del POMCA, de manera que su rol sea vinculante y no solo consultivo.

9.2.2. Garantizar la sostenibilidad técnica y financiera del sistema diseñado

La experiencia de campo mostró que la principal debilidad del monitoreo participativo no es la voluntad comunitaria, sino la continuidad de recursos (reactivos, calibración de equipos, conectividad para el aplicativo, transporte a puntos de muestreo). Se recomienda construir, con participación de los actores locales, un plan de sostenibilidad que combine los aportes de los municipios amparados de inversión en cuencas abastecedoras; convenios de cooperación entre Universidad del Valle, SENA y CVC; y contribuciones de empresas presentes en la cuenca (agroindustria, turismo, minería legal) bajo esquemas de compensación ambiental y responsabilidad social.

9.2.3. Reorientar la educación ambiental con base en las percepciones y vacíos identificados

La cartografía social con niños, niñas y jóvenes y las entrevistas con personas adultas evidenciaron que ciertos problemas (residuos sólidos y olores) son altamente visibilizados, mientras otros tensores críticos (agroquímicos, deforestación en zonas de recarga, vertimientos de actividades productivas) aparecen subrepresentados en las narrativas locales. Se recomienda que los PRAES, PROCEDAS y demás estrategias de educación ambiental incorporen estos hallazgos para trabajar no solo sobre "basuras en el río", sino sobre prácticas productivas cotidianas y su relación con la calidad del agua. Además, utilizar los resultados del monitoreo (curvas de diversidad, índices BMWP, valores de ICA) como material pedagógico que permita a estudiantes y comunidades interpretar la salud del río más allá de lo visible.

9.3. PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

9.3.1. Profundizar en la dimensión temporal y en nuevos contaminantes

Esta investigación permitió capturar un panorama acotado temporalmente, del estado de la cuenca alta del río Dagua. Se recomienda que futuros estudios incorporen campañas de monitoreo comunitarios multianuales y en diferentes épocas climáticas, con el fin de evaluar la variabilidad estacional e interanual de la calidad del agua; que se integren el análisis de contaminantes emergentes (plaguicidas específicos, fármacos, metales pesados en zonas mineras) y su relación con las actividades productivas identificadas.

9.3.2. Evaluar los impactos sociales y políticos del monitoreo participativo en la gobernanza del agua

Finalmente, se recomienda desarrollar investigaciones que no solo midan la calidad del agua, sino que analicen cómo la experiencia de monitoreo participativo transforma las relaciones de poder, la capacidad de incidencia comunitaria y los conflictos socioambientales en la cuenca. Ello implica estudiar, por ejemplo, cómo los datos generados por las comunidades son usados en negociaciones con instituciones, en procesos judiciales o en la redefinición de proyectos productivos, aportando evidencia sobre el potencial del monitoreo participativo como herramienta de justicia hídrica y de construcción de resiliencia socio-ecológica.

4.1.3. El Carmen (municipio de Dagua)

El Carmen es un corregimiento de Dagua (Valle del Cauca), a ~34 km de Cali, con altitud media de ~1.471 m s. n. m. y temperatura media cercana a 20 °C. La mayor parte de las parcelaciones se ubica hacia el suroccidente del corregimiento. El acueducto y alcantarillado de la cabecera están a cargo de Acuavalle S. A., con captación en la quebrada Cogollo y conducción por gravedad a la planta de tratamiento. Algunas veredas carecen de sistemas formales de acueducto y se abastecen mediante derivaciones desde quebradas o nacimientos.

La economía es principalmente agropecuaria (café, plátano, maíz, fríjol, frutales; ganadería bovina y porcina), con presencia de turismo comunitario y artesanías. Entre los principales factores se encuentran deforestación por expansión de frontera agrícola y urbana, manejo inadecuado de aguas residuales y uso de agroquímicos que incrementan la presión sobre fuentes hídricas locales.

REFERENCIAS

A. Lumb, D. H. (2006). Application of ccme Water Quality Index to Monitor Water Quality: A Case Study of the Mackenzie River Basin, Canada. *Environmental Monitoring and Assessment*, pp. 411-429.

Agrícola Himalaya S.A. (s.f.). *Agrícola Himalaya*. Obtenido de https://www.agricolahimalaya.com/es/nosotros/

Aguirre, M. A., Buitrago-Bermudez, O., & Bolaño-Tróchez, F. (2021). Mecanismos de coordinación en la planificación de cuencas hidrográficas en Colombia: el caso del río Dagua. *Sociedad y Economía*. doi:https://doi.org/10.25100/sye.v0i43.9207

Aguirre, M. A., López-Ibarra, L. I., & Bolaños-Trochez, F. (2017). Percepção da paisagem, água e ecossistemas na bacia do rio Dagua, Valle del Cauca, Colômbia. *Perspectiva Geográfica*, 109-126.

Aguirre, M. A.-I.-T.-G.-B. (2017). Percepción del paisaje, agua y ecosistemas en la cuenca del río Dagua, Valle del Cauca, Colombia. *Perspectiva Geográfica*, 22(1), 109-126.

Alcadía Municipio Dagua. (2009). *POT Dagua Valle del Cauca.* Obtenido de https://repositoriocdim.esap.edu.co/handle/123456789/11214

Alcaldía de La Cumbre. (2020). Obtenido de https://www.lacumbre-valle.gov.co/

Alcaldía Municipa de Dagua . (s.f.). Obtenido de https://www.dagua-valle.gov.co/

Álvarez Caicedo L.M. (2019). *Elaboración de un sistema de biomonitoreo de la calidad del agua del río Dagua.* Cali: Universidad del Valle.

American Public Health Association. (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.* American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation.

APHA. (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.* Washington DC, USA: American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation. Obtenido de https://beta-static.fishersci.com/content/dam/fishersci/en_US/documents/programs/scientific/technical-documents/white-papers/apha-water-testing-standard-methods-introduction-white-paper.pdf

Arias-Arévalo, P., & Pacheco-Valdés, N. (2023). Implementación de pagos por servicios ambientales en la cuenca del río Cali, Colombia: una mirada desde los sistemas socioecológicos. *Revista de Economia e Sociologia Rura*. doi:https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.256251

Ballesteros-Navia, Y.-V., Cantera, J., & Peña Salamanca , E. (2022). Efecto de variables abióticas en la fauna hiporreica del río Dagua, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 589-606. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9436799

Bednarz, R. (2009). Amazing Volunteers. *The Volunteer Monitor*.

Berkes, F. &. (2005). Conocimiento, aprendizaje y la flexibilidad de los sistemas socioecológicos. . *Gaceta ecológica*, (77), 5-17.

Biodiversa-Corporación para la gestión ambiental. (20 de mayo de 2025). *Comunicaciones Corporación Biodiversa*. Obtenido de https://biodiversaenlinea.org/la-cuenca-alta-del-rio-dagua-un-bosque-lleno-de-vida-que-avanza-hacia-su-proteccion-legal/

Bonet, A. J. (2010). Hermenéutica diatópica, localismos globalizados y nuevos imperialismos culturales: orientaciones para el diálogo intercultural. *Cuadernos Interculturales*, 8(14), 145-163.

Bonney, R. C. (2009). Citizen science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *BioScience*, 977-984.

Burgos, A. P. (2013). Un enfoque de sistemas para modelar el Monitoreo Ambiental Basado en la Comunidad: un caso de monitoreo participativo de la calidad del agua en zonas rurales de México. *Environ Monit Assess*, 10297–10316. doi: https://doi-org.bd.univalle.edu.co/10.1007/s10661-013-3333-x

Cadenas, U.-G. A. (2015). Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica. *L'Ordinaire des Amériques*, 218.

Campos, A. M. (2020). Diagnóstico participativo de calidad de agua como herramienta para la gestión ambiental. El caso del Municipio de Vichadero, Rivera, Uruguay. Tekoporá. *Revista Latinoamericana de Humanidades Ambientales y Estudios Territoriales.*, 2(1), 74-97.

Cantera Kintz , J., Carvajal Escobar , Y., & Castro Heredia, L. (2009). *Caudal Ambiental. Conceptos, experiencias y desafíos.* Cali: Programa Editorial Universidad del Valle. doi:https://doi.org/10.25100/peu.202

CAO. (2008). *Monitoreo Participativo del Agua Guía para Prevenir y Manejar el Conflicto.* Washington.: Oficina del Asesor en Cumplimiento/Ombudsman.

Capdevielle, A. C. (2020). Mapeo de servicios ecosistémicos para la planificación del territorio: una experiencia con abordaje participativo. Tekoporá. *Revista Latinoamericana de Humanidades Ambientales y Estudios Territoriales.* , 2(1), 33-57.

Carrasco, N. (2020). Miradas decoloniales, interculturales y ecología política en la gobernanza de territorios. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 25(88), 34-40.

Casillas-García, L. F.-M.-V.-H. (2021). Development of a specific water quality index for the protection of aquatic life of a highly polluted urban river. *Ecological Indicators*, 129, 107899.

Castro, M. (2008). *Caracterización del régimen de caudal ambiental en la cuenca baja de río Dagua.* Cali: Universidad del Valle.

CIAT, CGIAR, CVC. (2015). *Portafolio de estrategias para la mitigación y adaptación al cambio climático: Municipio de Dagua, Valle del Cauca.* Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ecopedia.cvc.gov.co/sites/default/files/archivosAdjuntos/portafolio_de_estrategias_de_adaptacion_-_dagua_0.pdf

CLACSO. (2020). *Cartografías del conflicto ambiental en Argentina.* Buenos Aires: CICCUS . Obtenido de https://www.clacso.org/wp-content/uploads/2020/06/Cartografias-del-conflicto-ambiental.pdf

Clavijo-Romero, M., & Rincón-Ruiz, A. (2024). Co-producción de conocimientos para la gobernanza de la cuenca del río Coello en Tolima, Colombia. *Gestión y ambiente*. doi:https://doi.org/10.15446/ga.v27n1.118335

Colin, F. &. (1998). *Monitoring of water quality: The contribution of advanced technologies.* Elsevier.

Conesa - Fernández, V. (1996). *Los instrumentos de la gestión ambiental en la empresa. .* Madrid: Ediciones Mundi - Prensa. p. 44.

Consejo Comunitario del Alto y Medio Dagua. (2012). *Caracterización física, biológica, socioeconómica y cultural de la cuenca alta del río Dagua. FUNDAPAV. Colombia* (Vol. II). (O. O. Noviteño, Ed.) Buenaventura, Colombia: Fundación Social Agroambiental Pacífico Vivo. Obtenido de https://etnoterritorios.org/apc-aa-files/92335f7b3cf47708a7c984a309402be7/sistemas_productivosc.pdf

CORFOPAL. (2025). *Corfopal*. Obtenido de https://corfopal.org/cba-1

Cosquer, A. R.-J. (2012). Observations of everyday biodiversity: a new perspective for conservation? *Ecology and Society,*. doi:http://dx.doi.org/10.5751/ES-04955-170402

Couto, J. F. (2021). Avaliação e monitoramento participativo na gestão da qualidade da água. *Além dos Muros da Universidade*, 6(1), 01-11.

Crampton , J. (2010). *Mapping: A Critical Introduction to Cartography and GIS.* Wiley-Blackwell. Obtenido de https://www.wiley.com/en-us/Mapping%3A+A+Critical+Introduction+to+Cartography+and+GIS-p-9781405121729

CVC. (2014). *Resolución 0076 de 2014: Objetivos de calidad del recurso hídrico para la cuenca del río Dagua.* Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cvc.gov.co/sites/default/files/2018-08/Resolucion-No-076-2014-objetivos-calidad-recurso-hidrico-cuenca-dagua%20.pdf

CVC. (2015). *Acuerdo CD 073 de 2015: Declaratoria del Distrito Regional de Manejo Integrado El Chilcal (Dagua).* Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2018-09/Acuerdo_073-Distrito_Regional_Manejo_Integrado_Chilcal_0.pdf

CVC. (2017). *Balance oferta-demanda de agua cuenca del río Dagua.* Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2024-01/BALANCE%20Dagua_2022.pdf

CVC. (2023). *Reporte hidroclimatológico mensual – junio de 2023.* Obtenido de https://portal-hidroclimatologico.cvc.gov.co/content/reporte-hidroclimatologico-mensual-junio-de-2023

CVC. (2023). *Reporte hidroclimatológico mensual – mayo.*

CVC. (2025). *Portal de GeoCVC*. Obtenido de https://geo.cvc.gov.co/

Daily, G. C. (1997). Nature's Services. Societal Dependence on Natural Ecosystems. . *United States of America: Island Press.*, 392 pp.

Departamento Administrativo de Planeación de la Gobernación del Valle del Cauca. (2013). *Anuario Estadístico del Valle del Cauca.* Obtenido de http://anuarioestadisticovalle.comli.com/

Domínguez , E., & Fernández, H. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos : sistemática y biología.* Tucumán: Fundación Miguel Lillo. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/260417584_Macroinvertebrados_bentonicos_Sudamericanos_Sistematica_y_Biologia

El tiempo . (24 de 10 de 2012). Obtenido de Parar minería ilegal de oro en Zaragoza pide CVC al Gobierno: https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-12332522

Escobar, A. (1995). El Desarrollo Sostenible. Diálogo de Discursos. *Ecología política*, 7-25.

Fallot, A. y.-C. (2014). Sistemas socio-ecológicos: Un enfoque integral para comprender las interacciones de los seres humanos y la naturaleza. Experiencia de modelación participativa en tres territorios de América Latina. *Revista Virtual REDESMA*, 86-95.

Fals Borda, O., & Rodrigues Brandao, C. (1987). *Investigación participativa.* Montevideo : Instituto del Hombre. Obtenido de https://sentipensante.red/letras/investigacion-participativa/

Farhad, S. (2012). Los sistemas socio-ecológicos. Una aproximación conceptual y metodológica. *XIII Jornadas de economía crítica*, 265-280.

Farhad, S. (2012). Los sistemas socio-ecológicos. Una aproximación conceptual y metodológica. *XIII Jornadas de economía crítica*, 265-280.

Ferrández O, V. (1996). Comprender y amar la naturaleza: . *Dimensión ecológica del cristianismo*, Madrid.

Folke, C. C. (2002). .Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations. . *AMBIO: A journal of the human environment* , 31(5), 437-440.

Forero, L. C. (2014). Índice de calidad ecológica con base en macroinvertebrados acuáticos para la cuenca del río Negro (ICE RN-MAE), Colombia. . *Revista de Biología Tropical*, 233-247.

Fraisl, D. H. (2022). Citizen science in environmental and ecological sciences. . *Nature Reviews Métodos Primers*(2), 64 . Obtenido de https://doi-org.bd.univalle.edu.co/10.1038/s43586-022-00144-4

Freire, P. (1970). *Pedagogía del oprimido.* Buenos Aires : Siglo XXI. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.servicioskoinonia.org/biblioteca/general/FreirePedagogiadelOprimido.pdf

Gamarra , Y., Restrepo , R., Cerón-Vivas, A., Villamizar, M., & Arenas , R. (2017). Aplicación del protocolo CERA-S para determinar la calidad ecológica de la microcuenca Mamarramos (cuenca Cane-Iguaque), Santuario de Fauna y Flora Iguaque (Boyacá), Colombia. *Biota Colombiana*, 11-29. doi:https://doi.org/10.21068/c2017.v18n02a02

Gamboa Becerra, H. A. (2018). *Estimación del índice de riesgo ecológico (IRE) del ecosistema fluvial de la cuenca del río Dagua.* Cali: Universidad del Valle.

García, J. S. (2017). Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña. *UGCiencia*, 47-62.

Geilfus , F. (2009). *80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico,.* San José de Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Obtenido de https://evalparticipativa.net/wp-content/uploads/2019/05/02.-80-herramientas-para-el-desarrollo-participativo.pdf

González López , N., Carvajal Escobar, Y., & Loaiza Cerón, W. (2016). Análisis de sequías meteorológicas para la cuenca del río Dagua, Valle del Cauca, Colombia. *Tecnura*, 101-114. Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257046835008

Guerrero, E. D. (2006). La aplicación del enfoque ecosistémico en la gestión de los recursos hídricos. . *UICN*, 78.

Gutiérrez Serna, S., Carvajar Escobar , Y., & Ávila Díaz , Á. (2013). Estudio de la Influencia del Fenómeno El Niño - Oscilación del Sur en la Oferta Hídrica de la Cuenca Hidrográfica del Río Dagua. *Entre cienc. ing.*, 26-33. doi:10.31908/19098367.648.

Gutiérrez, A. T. (2018). Los Objetivos de Desarrollo Sostenible como el último paso tecnificador del discurso de Desarrollo. *Revista Internacional de Cooperación y Desarrollo*, 5(2), 211-224.

Harley, J. B. (2002). The new nature of maps: essays in the history of cartography. *Baltimore: The Johns Hopkins University Press*. Obtenido de https://www.ub.edu/geocrit/b3w-404.htm

Holling CS. (1996). Engineering resilience versus ecological resilience. *Engineering within ecological constraints*, pp 31–44.

Holling, C. S. (1996). Engineering resilience versus ecological resilience. . *Engineering within ecological constraints*, 32.

Horton , R. (1965). An index number system for rating water quality. Journal of Water Pollution Control Federation. *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 300-306.

IDEAM. (2022). *Estudio Nacional del Agua 2022: Resumen ejecutivo.* Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ideam.gov.co/sites/default/files/prensa/boletines/2024-08-23/resumen_ejecutivo_estudio_nacional_del_agua_2022_0.pdf

IDEAM. (2025). *Índice de Calidad del Agua en corrientes superficiales (ICA).* Obtenido de https://bart.ideam.gov.co/indiecosistemas/ind/agua/hm/HM_ICA.pdf

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. (2004). *Guía para el monitoreo y seguimiento del agua.* Bogotá, D.C. .

Ionus, O. (2010). WATER QUALITY INDEX-ASSESSMENT METHOD OF THE MOTRU RIVER WATER QUALITY (OLTENIA, ROMANIA). *Annals of the University of Craiova. Series Geography/Analele Universitatii din Craiova.*, 13.

Iribarne, P. &. (2021). Aportes para el monitoreo participativo de la calidad del agua del río Tacuarembó en el noreste uruguayo. *Revista de Extensión Universitaria*, (14), 1-18.

Jaccard, P. (1901). Étude de la distribution florale dans une portion des Alpes et des Jura.

Johannes, R. E. (2002). Did indigenous conservation ethics exist. *Traditional Marine Resource Management and Knowledge Information Bulletin,*, 14(3), 3-7.

Lefebvre, H. (1991). *The production of space* . Cambridge, Massachusetts : BLACWELL . Obtenido de https://iberian-connections.yale.edu/wp-content/uploads/2020/04/The-production-of-space-by-Henri-Lefebvre-translated-by-Donald-Nicholson-Smith.pdf

Leff, E. (2011). *Aventuras de la Epistemología Ambiental: De la articulación de Ciencias al Diálogo de Saberes.* . Mexico.

Lenat , D., & Resh, V. (2001). Taxonomy and Stream Ecology: The Benefits of Genus- and Species-Level Identifications. *Journal of the North American Benthological Society*, 287-298. doi:10.2307/1468323

Lewin, K. T. (1946). *La investigación acción participativa. La investigación-acción y los problemas de las minorías, .*

Loaiza Cerón, W. (2014). *Evaluación de sequías meteorológicas y procesos de adaptación de las comunidades agrícolas de la cuenca del Río Dagua-Valle del Cauca.* Cali: Univalle.

Loaiza Cerón, W. (12 de 8 de 2021). Evaluación de sequías meteorológicas y procesos de adaptación de las comunidades agrícolas de la cuenca del Río Dagua-Valle del Cauca. Caso de estudio: microcuenca la Centella.

Lucero Rincón, C., Peña Salamanca , E., Cantera , J., & Vera Lizcano , O. (2023). Assessment of mercury and lead contamination using the bivalve Anadara tuberculosa (Arcidae) in an estuary of the Colombian Pacific. *Mar Pollut Bull*. doi:10.1016/j.marpolbul.2022.114519

Mancera-Pinedo, J. E., Pinto , G., & Vilardy, S. (2013). *Patrones de distribución estacional de masas de agua en la bahía de Santa Marta, Caribe colombiano: Importancia relativa del upwelling y outwelling.* Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-97612013000200007&script=sci_abstract&tlng=es

Marcote, P. V. (2005). Planteamiento de un marco teórico de la Educación Ambiental para un desarrollo sostenible. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 4(1), 187-208.

Margalef, R. (1951). *Diversidad de especies en las comunidades naturales.* Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada de Barcelona. Obtenido de https://scispace.com/pdf/diversidad-de-especies-en-las-comunidades-naturales-18tmrlipkj.pdf

minambiente. (2010). *minambiente.gov.co.* Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Politica-nacional-Gestion-integral-de-recurso-Hidrico-web.pdf

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política nacional para la gestión integral del recurso hídrico.* Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia. Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/

Moran, E. F. (2005). *Seeing the forest and the trees: human-environment interactions in forest ecosystems.* Mit Press.

Moreno, A. S. (2013). La gestión comunitaria del agua en México y Ecuador: otros acercamientos a la sustentabilidad. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 165-179.

Moreno, A. S. (2013). La gestión comunitaria del agua en México y Ecuador: otros acercamientos a la sustentabilidad. Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible, . *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible, 9(2),*, 165-179.

Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad.* Zaragoza: M&T–Manuales y Tesis SEA. Obtenido de http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf

Moscovici, S. (1981). *Representaciones sociales.* Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Moscovici, S. (1981). *Representaciones sociales.* Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Mosqueira Campos, A., & Lavaggi, M. (2020). Diagnóstico participativo de calidad de agua como herramienta para la gestión ambiental. El caso del Municipio de Vichadero, Rivera, Uruguay. *Tekoporá. Revista Latinoamericana de Humanidades Ambientales y Estudios Territoriales*, 74-97. doi:https://doi.org/10.36225/tekopora.v2i1.32

Mosquera, R. (2016). La Evaluación de Riesgo Ecológico en Ecosistemas Acuáticos Usando el Enfoque de Sistemas Socio-ecológicos. *Universidad del Valle-Cali*, p 28.

Neary, D. G. (2009). Linkages between forest soils and water quality and quantity. *Forest ecology and management*, 258(10), 2269-2281.

Nieto, N. (2011). La gestión del agua: tensiones globales y latinoamericanas. *Política y cultura*, 157-176.

Núñez, M. A. (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *Revista Virtual*, 5(1), 1.

Oana, I. (20 de 10 de 2010). *Water Quality Index - Assessment Method of the Motru River Water Quality (Oltenia, Romania)", nia)".* Obtenido de analegeo: http://analegeo.ro/wp-content/uploads/2010/12/5.-IONUS-Oana.pdf

Odemis, B. &. (2007). Monitoring water quality and quantity of national watersheds in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 215-229.

ONU. (04 de 12 de 2021). *Organización Mundial de las Naciones Unidas*. Obtenido de https://www.un.org/es/about-us

Oregon Departament of Environmental Quality. (1994). *Issue Paper: Hydrogen Ion Concentration (Ph).* Portland, OR.

Ortiz, M. &. (2008). La Investigación Acción Participativa: aporte de Fals Borda a la educación popular. *Espacio abierto*, 17(4), 615-627.

Oscoz, J., Galicia, D., & Miranda, R. (2011). *Identification Guide of Freshwater Macroinvertebrates of Spain.* Springer. doi:10.1007/978-94-007-1554-7_1

Paré, L. G. (2012). Al filo del agua: cogestión de la subcuenca del rio Pixquiac, Veracruz. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología (INE-Semarnat)*.

Patrimonio Natural ORG. (10 de mayo de 2024). *Atuncela, una apuesta nacional e internacional de conservación ambiental*. Obtenido de https://www.patrimonionatural.org.co/atuncela-una-apuesta-nacional-e-internacional-de-conservacion-ambiental/

Pelletier, M. E. (2020). Resiliencia de los sistemas acuáticos: revisión e implicaciones de gestión. . *Aquat Sci* .

Perea Tamayo, M. A. (2020). *Revisión de alternativas para el diseño de una red de monitoreo participativo de cantidad y calidad de agua en el Oriente antioqueño.* Universidad de Antioquia, Antioquia, Medellin.

Perevochtchikova, M. A.-S.-R. (2016). Monitoreo comunitario participativo de la calidad del agua: caso Ajusco, México. *ecnología y ciencias del agua*, 7(6), 5-23.

Pesce, S. F. (2000). Use of water quality indices to verify the impact of Córdoba City (Argentina) on Suquía River. . *Water research*, 34(11), 2915-2926.

Pinilla, G. (2000). Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. En F. U. Lozano, *Compilación Bibliográfica* (págs. 7-66 p). Bogotá, D.C: Centro de investigaciones científicas.

Piza Cubides, H. Y. (2009). *La cartografía social como instrumento metodológico en los procesos de construcción de territorio a partir de la participación ciudadana en la planeación territorial y la construcción del espacio público.* Bógota: Pontificia Universidad Javeriana.

Quiroga Martínez, R. (2005). *Estadísticas del medio ambiente en América Latina y el Caribe: avances y perspectivas.* CEPAL.

Ramirez, A. R. (1997). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulaciones y aplicación. *CT&F-Ciencia, Tecnología y Futuro*, 1(3), 135-153.

Ramírez, A., & Viña , G. (1998). Limnología Colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. *Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano*, 70-72.

Resh, V., & Rosenberg, D. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.* New York: Chapman & Hall.

Riechmann, J. (2016). *Sobre sustentabilidad y desarrollo sostenible. El Mundo que queremos.* Madrid: Mira Eds.

Riechmann, J. (2016). *Sobre sustentabilidad y desarrollo sostenible. El Mundo que queremos.* Madrid, España.: Mira Eds. Obtenido de https://seipaz.org/wp-content/uploads/06Jorge%20Riechmann%20SOBRE%20SUSTENTABILIDAD%20Y%20DESARROLLO%20SOSTENIBLE.pdf

Rodríguez-Becerra, M. (2002). Gestión ambiental en América Latina y el Caribe: Evolución, tendencias y principales prácticas. *Banco Interamericano de Desarrollo.*

Rojas Ortiz, A., & Campo Ramírez, L. (2018). Valoración de la calidad del agua a partir de la visión de agentes sociales en la cuenca hidrográfica del río Dagua. *Entorno Geografico*.

Roldán, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia.* Medellín: ondo para la Protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis". Obtenido de https://books.google.com.co/books/about/Gu%C3%ADa_para_el_estudio_de_los_macroinvert.html?id=ItVgAAAAMAAJ&redir_esc=y

Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia.Uso del método BMWP/Col.* Medellín: Editorial de la Universidad de Antioquia. Obtenido de https://books.google.com.co/books?id=ZEjgIKZTF2UC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false

Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamerica. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 254-274.

ROMERO ROJAS, J. A. (2002). *Tratamiento de Aguas Residuales:Teoría y Principios de Diseño.* Bogota: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Romero Rojas, J. A. (2004). *Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño.* . Bogotá: Escuela Colombiana de Ingenieros.

Rossman, L., & Liebman, J. (1974). *Optimal regionalization of wastewater treatment for water quality management.* Urbana. Illionois: University of Illinois at Urbana-Champaign. Obtenido de https://hdl.handle.net/2142/90301

Salas-Zapata, W. A.-O. (2012). Marco conceptual para entender la sustentabilidad de los sistemas socioecológicos. . *Ecología austral,* , 74-79.

Samboní, N. (2009). *Estimación del índice de escasez empleando los indicadores de calidad y contaminación del agua en la cuenca alta del Río Cauca (Doctoral dissertation, Tesis de Maestría.* Santiago de Cali: UNIVALLE.

Sampieri, R. H. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* . México.: McGraw Hill.

Sanahuja, J. (2016). *La Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible: Nuevas metas multilaterales de Paz y Seguridad.* Madrid: Mira Eds.

Sandoval Moreno, A. (2011). Manejo del agua: Contrastes entre lo comunitario y lo gubernamental en la Ciénega de Chapala. *Revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 367-385.

Sandoval-Moreno, A. (2011). Entre el manejo comunitario y gubernamental del agua en la Cienaga de Chapala, Michoacán, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 367-385.

Sandoval-Moreno, A., & Günther, M. (2013). La gestión comunitaria del agua en México y Ecuador: otros acercamientos a la sustentabilidad. *Ra Ximhai*, 165-179. Obtenido de chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/461/46128964012.pdf

Santos, B. D. (2011). Epistemologías del sur. *Utopía y praxis latinoamericana*, 16(54), 17-39.

Sawyer, C. N., McCarty, P. L., & Parkin, G. F. (2005). *Chemistry for environmental engineering and science.* McGraw-Hill.

Sermeño Chicas, J., Serrano Cervantes, L., & Gutiérrez Fonseca , P. (Marzo de 2010). Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. *Determinación de la calidad ambiental de las aguas delos ríos de El Salvador, utilizando invertebrados acuáticos: índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010)*. Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/87810404/A_20METODOLOGIA_20DETERMINAR_20CALIDAD_20AGUA_20CON_20INSECTOS_20ACUATICOS-libre.pdf?1655781253=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDeterminacion_de_la_calidad_ambiental_de.pdf&Expires=17755895

Shannon , C., & Weaver, W. (1948). The mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*. Obtenido de https://monoskop.org/images/b/be/Shannon_Claude_E_Weaver_Warren_The_Mathematical_Theory_of_Communication_1963.pdf

Shirk, J. L. (2012). Public participation in scientific research: a framework for deliberate design. *Ecology and society*.

Shiva, V. (2003). *Las guerras del agua: privatización, contaminación y lucro.* Mexico: Siglo XX1.

Simpson, E. (1949). Measurement of Diversity. *Nature*. doi:https://doi.org/10.1038/163688a0

Surasky, J. (2016). *De los ODM a los ODS: diferentes miradas de la nueva agenda. Una agenda mirada desde el SUR. Jornadas In-ternacionales. Un Nuevo horizonte común: La agenda 2030 y los Objetivos de Desarro-llo Sostenible, Vit.* Vitoria-Gazteiz.

Surasky, J. (2016). De los ODM a los ODS: diferentes miradas de la nueva agenda. *Cooperación Sur-Sur, Política exterior y modelos de desarrollo en América Latina*, 67-95.

Thimmel, S. (2006). *Las canillas abiertas de América Latina II: la lucha contra la privatización del agua y los desafíos de una gestión participativa y sustentable de los recursos hídricos.* Montevideo Uruguay: Casa Bertolt Brecht.

Thorp, J., & Rogers, D. (2010). *Freshwater Invertebrates in Southern Africa* . Ciudad del Cabo: Universidad de Ciudad del Cabo.

Torres Loaiza, E. (2000). *Diseño del Plan de desarrollo sostenible y criterios para el manejo integral de la cuenca hidrográfica del Río Dagua.* Obtenido de https://red.uao.edu.co/handle/10614/5600

Turner, N. J. (2006). Coming to understanding: developing conservation through incremental learning in the Pacific Northwest. . *Human ecology,* , 34(4), 495-513.

UNESCO. (2018). *Water quality monitoring and assessment: A guide for citizen science and participatory approaches*. Obtenido de https://ihp-wins.unesco.org/citizens4water/

UNESCO. (2021). UNESCO Recommendation on Open Science. *The General Conference of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* . París. doi:https://doi.org/10.54677/MNMH8546

Universidad del Valle . (2016b). *Informe final: Identificación de actores sociales en la cuenca del río Dagua. Actividad 1, tarea 4. Proyecto de Investigación Estrategias para la Recuperación y Manejo Integrado del Recurso Hídrico en las Cuencas del Cauca y Dagua en el Valle del Cauca.* Cali: En proceso editorial.

Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira. (22 de 06 de 2016). *Noticias UNAL*. Obtenido de El 32.71 % del río Dagua estaría afectado por la minería: https://www.palmira.unal.edu.co/index.php/noticias/unnoticias/284-el-32-71-del-rio-dagua-estaria-afectado-por-la-mineria

Valderrama G., F. y. (1984). *Ecología y recursos naturales.* Cali: Editorial XYZ.

Vargas, G. F. (2017). Análisis de la gestión ambiental desde el concepto de sistemas socio-ecológicos. Estudio de caso cuenca hidrográfica del río Guabas, Colombia. . *Gestión y ambiente*, 62-81.

World Health Organization. (2017). *Guidelines for drinking-water quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum.* Obtenido de https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950

WWF. (2019). *Reporte de salud Mira y Mataje Ecuador y Colombia.* WWF.

Zahraa Zahraw Al-Janabi. (2021). A brief review of water quality indices and their applications. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* Baghdad, Iraq & Istanbul, Turkey. doi:10.1088/1755-1315/779/1/012088

Zapata, F. &. (2016). *La investigación-acción participativa.* Obtenido de http://mountain. pe/recursos/attachments/article/168/Investigaci on-Accion-Participativa-IAP-Zapata-y-Rondan. pdf.

Zuñiga, M. (2010). Diversidad, distribución y ecología del orden Plecoptera (Insecta) en Colombia, con énfasis en Anacroneuria (Perlidae). *Momentos de Ciencia-Universidad de la Amazonía*, 101-112.

Zúñiga, M. D. (2009). Bioindicadores de calidad de agua y caudal ambiental. *Caudal ambiental: conceptos, experiencias y desafíos*, 176-200.

ANEXOS

ANEXO A. Reporte de taller "Socialización de metodologías para el monitoreo de la calidad del agua en la cuenca"

El objetivo del taller fue presentar las diferentes metodologías para la evaluación de la calidad de agua in situ y como se prestaría apoyo por parte de la institución.

Tabla 27. Reporte de taller "Socialización de metodologías para el monitoreo de la calidad del agua en la cuenca" para LOB

Lugar	Loboguerrero
Fecha de la actividad:	Octubre 18 de 2022 Hora de inicio 0800 a las 1200
Generalidades:	La socialización se realizó en la sede de la Junta de acción comunal del corregimiento de Loboguerrero, previo a la reunión se solicitó a la lideresa de la junta de acción comunal se convocaran participación de 1 profesor de la Institución educativa, 5 estudiantes, 1 policía ambiental, 4 representantes de la junta de acción comunal y 4 representantes del consejo comunitario.
Profesionales (Nombres)	Equipo BPM
Instituciones Acompañantes (Nombre de la institución y del representante)	Institución educativa Camilo Torres Junta de Acción Comunal del corregimiento de Loboguerrero. Representante de la mesa municipal. Presidente de la Junta de Acción Comunal del municipio del Carmen.
Participantes:	Se presentaron 10 jóvenes (3 mujeres y 7 hombres) de los grados 9º y 10º, acompañados de dos docentes (Harold Mauricio González y Samir Sandoval) de la IE Camilo Torres. De la junta de acción comunal del corregimiento de Loboguerrero se presentaron cinco personas, entre los roles de los participantes se encuentra la presidenta de la junta, la tesorera y la secretaria. Adicionalmente se presentaron actores que velan por la limpieza del río de manera particular

Nota. Tomado de informe a Proyecto Macro

Tabla 28. Reporte de taller "Socialización de metodologías para el monitoreo de la calidad del agua en la cuenca" para DAG

Lugar	Casco Urbano Municipio de Dagua
Fecha de la actividad:	Octubre 19 de 2022 Hora de inicio 0800 a las 1200
Generalidades:	La socialización se realizó en el auditorio de la casa de la cultura, inicio una hora tarde, a las 9:00 am. Los primeros en ingresar al ambiente fueron los niños

	del grado quinto de primaria de la Institución Educativa Leonistico, y después fueron llegando los diferentes actores de las demás instituciones.
Profesionales (Nombres)	BPM
Instituciones Acompañantes (Nombre de la institución y del representante)	Fundagua, representante Mariela Gallego. Asocamelias, Duvna Velasco. Asojuntas Dagua, Victoria Andrea Mira. Acueducto Veredal San Bernardo, Hugo A Botero. CVC DAR Pacifico, Angela Maria Rodriguez. Asojuaquin, Maria Fernanda Paz. Institución educativa Leonistico, Estudiantes y docentes. Secretaria de Educación, Juan Jose Olave
Participantes:	Se presentaron 33 niños del grado de quinto de primaria (15 niñas y 18 niños) de los grados 9º y 10º, acompañados del docente Kevin Camilo Galleo de la IE Leonistico. De las demás instituciones se presentaron 12 personas (5 mujeres y 7 hombres), los asistentes tenían en común haber trabajado o están trabajando en temas relacionados con el río y sus problemáticas.

Nota. Tomado de informe a Proyecto Macro

Tabla 29. Reporte de taller "Socialización de metodologías para el monitoreo de la calidad del agua en la cuenca" para CAR

Lugar	El Carmen
Fecha de la actividad:	Octubre 20 de 2022 Hora de inicio 0800 a las 1200
Generalidades:	La actividad de socialización de desarrollo a partir de las 8:30 am en el salón de la junta de acción comunal del municipio del Carmen, los primeros en llegar fueron los estudiantes de la institución educativa santa teresita del niño Jesús los cuales conforman el grupo de PRAES, En el transcurso de la actividad se presentaron el presidente de la junta de acción comunal y personal de la comunidad
Profesionales (Nombres)	BPM
Instituciones Acompañantes (Nombre de la institución y del representante)	Institución educativa Santa Teresita de Niño Jesús. Junta de Acción Comunal, German Tulio Gutiérrez. UES Valle, Jhonathan Charria Auxiliar e ingeniero Mateo Gómez. Francy Escobar Quintero, Estudiante del Diplomado
Participantes:	De la institución Educativa Santa Teresita de niño Jesús se presentaron 16 estudiantes (6 niñas y 10 niños) de los grados de sexto, séptimo, octavo, noveno

	y décimo, acompañados por una docente de la institución, este grupo de niños y jóvenes pertenecen al PRAES de la institución. De la comunidad y otras instituciones se presentaron 5 personas.

Nota. Tomado de informe a Proyecto Macro

Tabla 30. Reporte de taller "Socialización de metodologías para el monitoreo de la calidad del agua en la cuenca" para LCU

Lugar	La Cumbre
Fecha de la actividad:	Octubre 21 de 2022
Generalidades:	La actividad de socialización inició a las 9:00 de la mañana en la sala de juntas de la alcaldía municipal, para esta ocasión no se convocó a estudiantes de las instituciones educativas presentes en el casco urbano del municipio, ya que en desarrollo del monitoreo participativo de calidad de agua se va a realizar en el corregimiento de Bitaco.
Profesionales (Nombres)	BPM
Instituciones Acompañantes (Nombre de la institución y del representante)	UMATA La Cumbre, Mónica Camayo. JAC Veredales, Maria Luisa Ordoñez. Acaapavas, Ruben Américo Gómez. Acueducto La Cumbre, Diana Rojas. JAC Bitaco, Pedro Nel Gómez. Policía Nacional, Leiver Riascos. Gobernación del Valle, Stefany Alvarado Reina. Gestor de convivencia, Carlos Arturo Gómez
Participantes:	Se presentaron nueve personas de diferentes instituciones, cada una de ellas está relacionada con el tema de la gestión del recurso Hídrico. En esta reunión no estuvo presente la comunidad estudiantil por razones de logística ya que no se contó con un espacio grande, adicionalmente se buscó el apoyo de la alcaldía y UMATA para que el desarrollo se realice en el corregimiento de Bitaco.

Nota. Tomado de informe a Proyecto Macro

ANEXO B. Reporte de muestreos para análisis fisicoquímicos e hidrobiológicos

A continuación, se presenta el reporte de cada muestreo, donde el objetivo de cada uno fue realizar mediciones de parámetros fisicoquímicos in situ y la recolección de macroinvertebrados acuáticos mediante redes (Suber, D y de pantalla).

Monitoreo de la calidad del agua en el casco urbano de Bitaco (mayo 8 de 2023)

- **Participantes**

En la tabla 1, podemos observar el listado de participantes que hicieron parte del monitoreo participativo de la calidad del agua.

Tabla 31 Listado de participantes del monitoreo participativo, realizado en el casco urbano de Bitaco

Profesionales **(Nombres)**	**Equipo BPM (Biología, Plantas y Microorganismos) – Universidad del Valle** - **Ray Steven Arce Sánchez** - **Karen Yissell Castro** - **Juan Camilo Castañeda** - **Juan Felipe Ríos** - **Angélica Restrepo Méndez**
Instituciones Acompañantes	SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje)
Participantes	Se contaron con la presencia de aproximadamente 27 personas. - 21 aprendices del SENA (CDTI – Centro de Diseño Tecnológico e Industrial) - 2 instructores del SENA - 4 integrantes del Equipo BPM

Nota. Elaboración propia

- **Desarrollo y conclusiones**

El muestreo realizado con los aprendices del SENA se inició a las 10:30 Hrs. con la explicación del uso de la sonda multiparámetrica HANNA HI 9829 y se calcularon los parámetros fisicoquímicos en dos puntos de muestreo con sus respectivas tres replicas. Posteriormente, se socializó la metodología de recolección de los macroinvertebrados y mediante la red Surber D y de pantalla se colectaron los individuos en frascos de 250 ml de capacidad y viales de vidrio con alcohol al 70 % debidamente rotulados. El muestreo finalizó a la 13:00 Hrs.

Los puntos de toma de muestras se muestran en la figura 51

Figura 51. Mapa de localización de los puntos de muestreos en el corregimiento de Bitaco



Fuente: Elaboración propia (2023)

Monitoreo de la calidad del agua en el casco urbano de El Carmen (mayo 16 de 2023)

- **Participantes**

En la tabla 2, se puede observar el listado de participantes que hicieron parte del monitoreo participativo de la calidad del agua.

Tabla 32. **Listado de participantes del monitoreo participativo, realizado en el casco urbano de El Carmen.**

Profesionales **(Nombres)**	**Equipo BPM (Biología, Plantas y Microorganismos) – Universidad del Valle** - **Ray Steven Arce Sánchez** - **Karem Yissell Castro** - **Juan Felipe Ríos** - **Angélica Restrepo Méndez**
Instituciones Acompañantes **(Nombre de la institución y del representante)**	SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje)
Participantes	Se contaron con la presencia de aproximadamente 26 personas. - 21 aprendices del SENA (CDTI – Centro de Diseño Tecnológico e Industrial) - 2 instructores del SENA - 4 integrantes del Equipo BPM

Nota. Elaboración propia

- **Desarrollo y conclusiones**

Las actividades iniciaron a las 10:00 Hrs. en conjunto con los aprendices del SENA en el punto de muestreo denominado El Carmen. Se realizaron las mediciones de los parámetros fisicoquímicos con la Sonda Multiparamétrica HANNA HI 9829 en dos puntos de muestreos con sus respectivas 3 réplicas. Posteriormente se llevó a cabo la recolección de los macroinvertebrados mediante la red Surber, Red D y de pantalla y luego fueron depositados en frascos plásticos de 250 ml de capacidad y viables de vidrios con alcohol al 70 % debidamente rotulados. El monitoreo participativo finalizó a las 12:30 Hrs.

Monitoreo de la calidad del agua en el casco urbano de Dagua (mayo 23 de 2023)

- **Participantes**

En la tabla 3, se puede observar el listado de participantes que hicieron parte del monitoreo participativo de la calidad del agua.

Tabla 33 Listado de participantes del monitoreo participativo, realizado en el casco urbano de Dagua.

Profesionales **(Nombres)**	**Equipo BPM (Biología, Plantas y Microorganismos) – Universidad del Valle** - **Ray Steven Arce Sánchez** - **Karem Yissell Castro** - **Juan Felipe Ríos** - **Angélica Restrepo Méndez**
Instituciones Acompañantes **(Nombre de la institución y del representante)**	SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje)
Participantes	Se contaron con la presencia de aproximadamente 26 personas. - 21 aprendices del SENA (CDTI – Centro de Diseño Tecnológico e Industrial) - 2 instructores del SENA - 4 integrantes del Equipo BPM

Nota. Elaboración propia

- **Desarrollo y conclusiones**

El muestreo inicio a las 11:00 Hrs en el casco Urbano del municipio de Dagua, en conjunto con los aprendices del SENA. En la zona se seleccionaron dos puntos de muestreo y tres lugares para la realización de las réplicas. Se tomaron los respectivos parámetros fisicoquímicos con la Sonda Multiparamétrica HANNA HI 9829.Adicionalmente, se recolectaron mediante las redes (Surber, D y de pantalla) a contracorriente del rio los macroinvertebrados y fueron envasados en frascos de plásticos de 250 ml y viales de vidrios debidamente rotulados para su posterior análisis en el laboratorio. El trabajo de campo finalizo a las 13:00 Hrs.

En la siguiente figura 52 se muestra los puntos de muestreo.

Figura 52. Puntos de muestreo río Dagua



Fuente: Google maps (2024)

Monitoreo de la calidad del agua en el casco urbano de Loboguerrero (junio 6 de 2023)

- **Participantes**

En la tabla 4, se puede observar el listado de participantes que hicieron parte del monitoreo participativo de la calidad del agua.

Tabla 34. **Listado de participantes del monitoreo participativo, realizado en el casco urbano de Loboguerrero.**

Profesionales **(Nombres)**	**Equipo BPM (Biología, Plantas y Microorganismos) – Universidad del Valle** - **Ray Steven Arce Sánchez** - **Juan Felipe Ríos** - **Angélica Restrepo Méndez**
Instituciones Acompañantes **(Nombre de la institución y del representante)**	SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje)
Participantes	Se contaron con la presencia de aproximadamente 25 personas. - 21 aprendices del SENA (CDTI – Centro de Diseño Tecnológico e Industrial) - 2 instructores del SENA - 4 integrantes del Equipo BPM

Nota. Elaboración propia

- **Desarrollo y conclusiones**

Las actividades iniciaron a las 10:30 Hrs en la zona ubicada en el casco urbano del corregimiento de Loboguerrero. Se contó con la presencia de aprendices del SENA, y con los que se realizaron las mediciones de los parámetros fisicoquímicos de las dos zonas designada con sus respetivas 3 réplicas. Posteriormente, se recolectaron los macroinvertebrados utilizando las redes (Surber, D y de pantalla) a contracorriente y depositándose en frascos de plástico de 250 ml y viales de vidrio debidamente rotulados para su posterior análisis en el laboratorio. El trabajo en campo finalizó a las 12:30 Hrs.

En la figura 53 se muestra imágenes satelitales del corregimiento de Loboguerrero.

Figura 53. Localización del centro poblado del corregimiento de Loboguerrero



Fuente: Google (2023)

Monitoreo de la calidad del agua en el casco urbano de la Cumbre (junio 27 de 2023)

- **Participantes**

En la tabla 5, podemos observar el listado de participantes que hicieron parte del monitoreo participativo de la calidad del agua.

Tabla 35 Listado de participantes del monitoreo participativo, realizado en el casco urbano de La Cumbre.

Profesionales (Nombres)	Equipo BPM (Biología, Plantas y Microorganismos) – Universidad del Valle - Ray Steven Arce Sánchez - Juan Felipe Ríos
Instituciones Acompañantes (Nombre de la institución y del representante)	SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje)
Participantes	Se contaron con la presencia de aproximadamente 25 personas. - 21 aprendices del SENA (CDTI – Centro de Diseño Tecnológico e Industrial) - 2 instructores del SENA - 4 integrantes del Equipo BPM

Nota. Elaboración propia

- **Desarrollo y conclusiones**

Las actividades iniciaron a las 10:00 Hrs en la zona ubicada en el casco urbano de la Cumbre. Se contó con la presencia de aprendices del SENA, y con los que se realizaron las mediciones de los parámetros fisicoquímicos de las dos zonas designada con sus respetivas 3 réplicas. Posteriormente, se recolectaron los macroinvertebrados utilizando las redes (Surber, D y de pantalla) a contracorriente y depositándose en frascos de plástico de 250 ml y viales de vidrio debidamente rotulados para su posterior análisis en el laboratorio. El trabajo en campo finalizó a las 12:30 Hrs.

La imagen satelital del municipio de La Cumbre se muestra a continuación en la figura 54:

Figura 54. Localización del municipio La Cumbre Valle del Cauca



Nota. Tomado de Google Earth (2023)

La ubicación de los puntos de muestreo ubicados en la Quebrada Cordobitas se puede observar en la figura 55.

Figura 55. Localización del área de Estudio de la Quebrada cordobitas



Nota. Tomado de Google Maps (2023)

ANEXO C. Formato de entrevista y compilación general

SENA

CENTRO DISEÑO
TECNOLOGICO INDUSTRIAL

1. **ELEMENTOS GENERALES DE LA ENTREVISTA**

Entrevistador: _____

Fecha de entrevista: (Mes)_____(Día)_____(Año) _

Lugar:_____Hora _____

2. **DATOS DEL ENTREVISTADO**

Nombre	
Edad	18-30☐ 31-40☐ 41-51☐ +51☐
Género	M☐ F☐
Municipio/Corregimiento/Vereda de residencia	_____/_____/_____
Tiempo de residencia en el sector	
Nivel educativo	
Profesión u oficio	

3 PREGUNTAS A ACTORES SOCIALES RESPECTO A LA GESTIÓN DEL AGUA Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA

PREGUNTAS	RESPUESTAS
1. ¿Para usted que es la gestión del agua?	
2. ¿Para usted quienes deberían tener la responsabilidad de la gestión del agua en el territorio?	
3. ¿Qué mecanismos de participación deben consolidarse para una buena gestión del agua en el territorio? ¿Cuáles conoce?	
4. ¿Qué dificultades se identifican en la gestión del agua en su territorio?	
5. ¿Desde su punto de vista que actividades han contribuido más con la contaminación del agua en el territorio que usted habita?	
6. ¿Usted considera que sus actividades residenciales económicas o productivas afectan la calidad del agua del territorio?	
7. ¿Qué acciones usted ha tenido para conservar el agua?	
8. ¿Con que recurrencia realiza estas acciones de conservación del agua?	

A continuación, se presenta el número de entrevistas seleccionadas por territorio, el nombre de los participantes se ha omitido, pero se colocan sus roles:

Tabla 36. Número de entrevistados y roles

Comunidad	N° entrevistados	Entrevistados
BIT	6	• Encargada de la parta ambiental de la UMATA • Vicepresidente de la Junta de Acción comunal del Corregimiento de Bitaco. • 2 vecinos del sector.
LCU	6	• Ingeniero de la UMATA • Secretaria de hacienda del municipio de La Cumbre y vecina del sector • Secretaría de la alcaldía y vecina del sector • Rector IE Simón Bolívar • 2 vecinos del sector-abordados durante el muestreo.
DAG	7	• Representante legal del grupo ecológico Soñadores de Paz de Juntas Dagua • Profesional en Ciencias Políticas; se desempeña como apoyo a la participación en el proceso de actualización del POT.

		• Vecino del sector que ha realizado múltiples capacitaciones en gestión ambiental, fundamentación ambiental, gestión del riesgo y desastres, entre otras. • Fontanero del acueducto de Juntas de Dagua. • Operador de planta de tratamiento de agua potable. • Contratista; brinda apoyo en el PGIRS (Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos). • Secretario de Discapacidad municipal y profesor en un colegio.
LOB	6	• Vecina del sector y tecnóloga en gestión ambiental • Bachiller, vecino del sector y empelado de taller • Docente IE Camilo Torres • Vecina y dueña de galpón de gallinas • Vicepresidente del acueducto comunitario de los Loboguerrero. • Concejal de municipio de La Cumbre

Nota. Elaboración propia

ANEXO D. Reporte de taller "Problemas y soluciones de la calidad del agua"

En las siguientes tablas se presentan las generalidades y participantes del taller en cada comunidad.

Tabla 37.Generalidades de taller en Casco Urbano de La Cumbre

GENERALIDADES DE TALLER	
Lugar	Cabecera Municipal, Municipio de la Cumbre.
Fecha de la actividad:	Agosto 17 de 2023 Hora de inicio 0800 a las 1200
La socialización se realizó en la sede de la institución educativa Simón Bolívar, previo a la reunión se solicitó a los aprendices TPMA se convocaran la participación de profesores de la Institución educativa, estudiantes, policía ambiental, representantes de la junta de acción comunal y representantes del consejo comunitario, representantes de los acueductos rurales, alcaldía, CVC, representante de Acuavalle y el representante de Vallecaucana de aguas.	
PARTICIPANTES	
Profesionales (Nombres)	Equipo BPM Técnico promotoría en manejo ambiental SENA
Instituciones Acompañantes (Nombre de la institución y del representante)	Rector Institución educativa Simón Bolívar Profesores y estudiantes de la Institución educativa Simón Bolívar Alcaldía Municipal La Cumbre Secretaria de medio ambiente. Representante CVC Representante Vallecaucana de aguas Representante Acuavalle Representante Covimar Representante Agrícola Himalaya Representante Junta de acción comunal de ACUAPAVAS. Representante UES Valle
Participantes: N° participantes: 52	Se presentaron 39 jóvenes de los grados 6º, 7º y 11º, acompañados de dos docentes Nelson Daniel Zapata y Martha Cecilia Velázquez de la IE Simón Bolívar.

	En la primera jornada se trabajó con los estudiantes de la institución educativa Simón Bolívar. Con los grados 6º y 7º se realizó el ejercicio de la cartografía social de soluciones y los estudiantes 11º participaron de manera directa en el taller. Adicionalmente se contó con la participación de la presidenta de la junta de acción comunal de ACUAPAVAS Maria Ordoñez, el administrador de Junta de aguas de la Vereda La Ventura Javier Mejía, la administradora de la cooperativa de la Cumbre – Dagua y el comandante del cuerpo de bomberos Milton Cesar Sánchez, además del rector de la IE Rodolfo Paredes. La segunda jornada se realizó en la casa de la cultura el día 05 de septiembre donde se contó con la participación del Alcalde Municipal Wilmar Carvajal González, el profesional Pedro Luis Barco de Valle cauca de aguas, el profesional Iraldo Andrés Gómez de ACUAVALLE, el profesional de la CVC Ramiro Palma, la funcionaria de la UES Valle Deisy Prado, el encargado del eje ambiental de Agrícola Himalaya Daniel López, el representante de ACUAPAVAS Ruben Américo Gómez, la representante de COVIMAR Beatriz Rojas.

Nota. Tomado de reporte a Proyecto Macro

Tabla 38. Generalidades de taller en Corregimiento de Bitaco

GENERALIDADES DE TALLER	
Lugar	Corregimiento Bitaco, municipio de La Cumbre.
Fecha de la actividad:	Agosto 18 de 2023 Hora de inicio 0800 a las 1200
La socialización se realizó en la sede de la casa de la cultura, previo a la reunión se solicitó a los aprendices TPMA se convocaran la participación de profesores de la Institución educativa, estudiantes, policía ambiental, representantes de la junta de acción comunal y representantes del consejo comunitario, representantes de los acueductos rurales, alcaldía, CVC, representante de Acuavalle, el representante de Vallecaucana de aguas, agrícola Himalaya y representante de la Alcaldía Municipal.	
PARTICIPANTES	
Profesionales (Nombres)	BPM Técnico promotoría en manejo ambiental SENA
Instituciones Acompañantes (Nombre de la institución y del representante)	Profesores y estudiantes de la Institución educativa La Libertad Profesor investigador principal de la Universidad del Valle Secretaria de gobierno. Representante CVC

	Gerente acueducto de la Libertad Representante JAC Bitaco Representante Agrícola Himalaya Representante UMATA Representante UES Valle
Participantes: N° participantes: 59	La reunión se llevó a cabo el 18 de agosto en las instalaciones de la casa de la cultura donde participaron los agentes encargados de gestionar el recurso hídrico en el corregimiento y estudiantes del grado de 11 de la I.E La Libertad (11 jóvenes), la organización del taller estuvo a cargo del TPMA SENA y la Universidad del Valle. En este espacio se pudieron aplicar las herramientas planteadas en la introducción del presente informe y se proyectó una segunda reunión que se llevó a cabo el 08 de septiembre en la I.E La Libertad la cual fue organizada por la Docente Olga Oviedo y donde se contó con una mesa de trabajo de 12 personas para planear la logística para realizar un monitoreo de calidad de agua en seis puntos importantes la protección del agua para el consumo de los habitantes del corregimiento y las poblaciones aguas abajo. También dada una solicitud expresa hecha por el docente Danilo Vázquez de la I.E La Libertad se realizó un ejercicio de cartografía con los estudiantes de los grados 3° Y 4° sobre las problemáticas y soluciones de calidad de agua del río Bitaco, en total fueron 38 estudiantes que realizaron el ejercicio.

Nota. Tomado de reporte a Proyecto Macro

Tabla 39.Generalidades de taller en corregimiento de Loboguerrero

GENERALIDADES DE TALLER	
Lugar	Corregimiento de Loboguerrero, municipio de Dagua.
Fecha de la actividad:	Agosto 19 de 2023 Hora de inicio 1400 a las 1600
Para el desarrollo del presente taller se aplicaron las metodologías de desarrollo participativas identificadas en la introducción del presente documento, la asistencia se caracterizó por amas de casa, habitantes de la tercera edad y población joven, algunos de ellos egresados del SENA de la tecnología en control ambiental. Los aprendices del TPMA se encargaron de la organización del evento organizando las matrices en físico y asegurando la participación de 31 personas en el taller, el rector de la institución Camilo Torres nos facilitó las instalaciones del auditorio.	
PARTICIPANTES	

Profesionales (Nombres)	BPM Técnico promotoría en manejo ambiental SENA
Instituciones Acompañantes (Nombre de la institución y del representante)	Profesores y estudiantes de la Institución educativa Camilo Torres Corporación UNIMINUTO de Dios Representante CVC Representante Acuavalle Habitantes de la comunidad Estudiantes y egresados del SENA Representante consejo comunitarios Sabaletas. Representante UES Valle
Participantes: N° participantes: 31	La asistencia se caracterizó por amas de casa, habitantes de la tercera edad y población joven, algunos de ellos egresados del SENA de la tecnología en control ambiental. Los aprendices del TPMA se encargaron de la organización del evento organizando las matrices en físico y asegurando la participación de 31 personas en el taller, el rector de la institución Camilo Torres nos facilitó las instalaciones del auditorio.

Nota. Tomado de reporte a Proyecto Macro

Tabla 40. Generalidades de taller en Casco Urbano de Dagua

GENERALIDADES DE TALLER	
Lugar	Centro poblado del Municipio de Dagua
Fecha de la actividad:	Septiembre 09 de 2023 Hora de inicio 1400 a las 1600
Para el desarrollo del presente taller se aplicaron las metodologías de desarrollo participativas identificadas en la introducción del presente documento, la asistencia se caracterizó por amas de casa, habitantes de la tercera edad y población joven, algunos de ellos egresados del SENA de la tecnología en control ambiental. Los aprendices del TPMA se encargaron de la organización del evento organizando las matrices en físico y asegurando la participación de 25 personas en el taller, el rector de la I.E Leonistico nos facilitó las instalaciones del auditorio. Se concertaron dos reuniones, una con la alcaldía para socializar las necesidades planteadas por la comunidad y el apoyo a la logística del monitoreo, la segunda reunión se planteó con el docente Osiris	

de Jesús Cuellar el cual tiene a su cargo los estudiantes del PRAES y es el presidente del CIDEA con el fin de realizar un taller práctico de calidad de agua con esta población.	
PARTICIPANTES	
Profesionales (Nombres)	BPM Técnico promotoría en manejo ambiental SENA
Instituciones Acompañantes (Nombre de la institución y del representante)	Policía Ambiental Habitantes del barrio la Esneda Habitantes del Barrio Fatima 1 y 2 Habitantes del barrio los Arrayanes Enlace alcaldía Municipal Profesores y estudiantes I.E Leonistico, El Halcón de oro
Participantes: N° participantes: 22	Se hicieron presentes alrededor de 20 personas de los barrios antes mencionados y que se encuentran preocupados por el estado de la calidad de agua de donde se están abasteciendo. Se presento Diana Zúñiga como enlace de la alcaldía, con esta persona se planteó una reunión en el consejo con funcionarios de la alcaldía para el 14 de septiembre donde se busca su apoyo para el desarrollo del monitoreo participativo a las principales fuentes de abastecimiento del centro poblado de Dagua.

Nota. Tomado de reporte a Proyecto Macro

ANEXO E. El kit para medición de la calidad del agua

El Kit de monitoreo de agua de bajo costo del programa GREEN de Lamotte viene en la presentación que se observa en la Figura 56.

Figura 56 Kit de monitoreo de calidad de agua



Fuente: GreenForest (2023)

Dentro del kit de monitoreo se encuentran una serie de pasos para tener en cuenta:

1 Recolección de muestra
2 Medición de las Bacterias coliformes
3 Desecho de los análisis de los coliformes
4 Procedimiento de oxígeno disuelto
5 Procedimiento para calcular el porcentaje de saturación
6 Procedimiento para calcular la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
7 Procedimiento para calcular nitratos
8 Procedimiento para calcular pH
9 Procedimiento para calcular fosfatos
10 Procedimiento para calcular la temperatura
11 Procedimiento para calcular la turbidez

Recolección de muestra

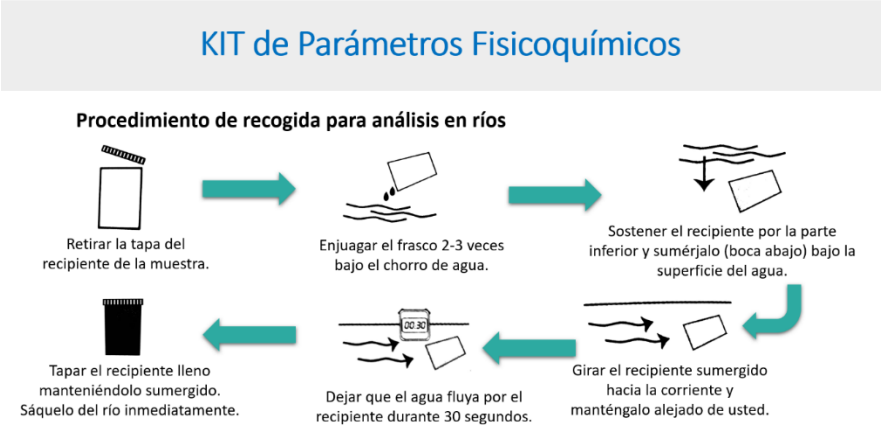
Para la recolección de la muestra el manual (GreenForest, 2023) al usuario está dispuesto de una serie de indicaciones que se mencionaran a continuación a manera de un flujograma para una mejor comprensión. En las figuras 57 y 58 se muestran el proceso de recolección de datos.

Figura 57 Proceso de recolección de muestras



Fuente: GreenForest (2023)

Figura 58 Procedimiento de recogida para análisis en ríos

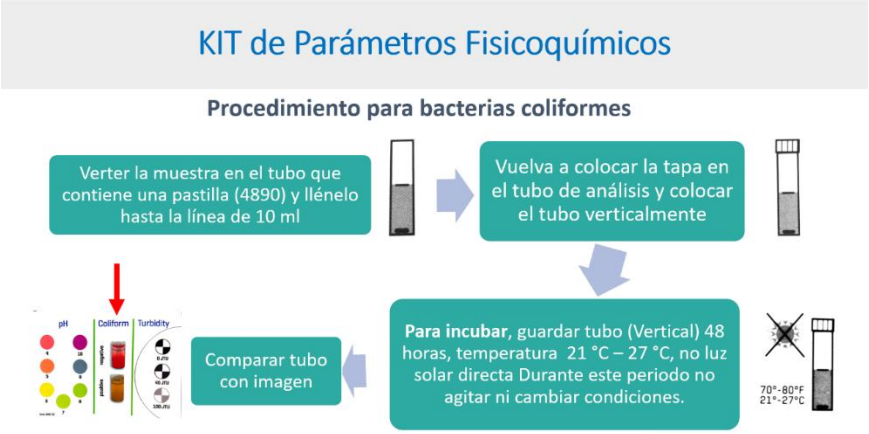


Fuente: GreenForest (2023)

Medición de las Bacterias coliformes

Las bacterias coliformes fecales se encuentran de forma natural en el tracto digestivo humano, pero son muy escasas o inexistentes en aguas no contaminadas. En aguas de pozos u otras fuentes de agua potable no debería haber bacterias coliformes. Su presencia en el agua es una indicación clara de contaminación por aguas residuales o fecales. Aunque las bacterias coliformes no son patógenas en sí, pueden presentarse con patógenos intestinales peligrosos para la salud humana. En el Análisis de presencia/ausencia total de coliformes detecta todas las cepas de bacterias coliformes y puede indicar contaminación fecal. En la Figura 59 se presenta el procedimiento para la recolección de datos coliformes.

Figura 59 Procedimiento para bacterias coliformes

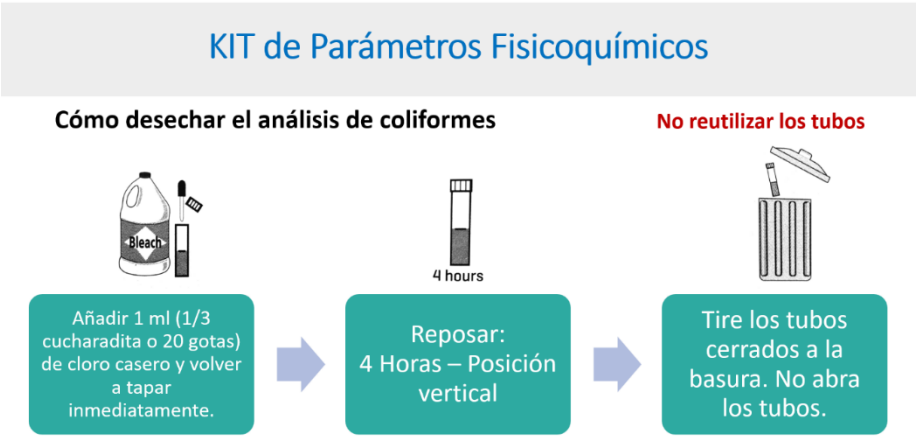


Fuente: GreenForest (2023)

Desecho de los análisis de los coliformes

En la Figura 60 se muestra como desechar los datos obtenidos de los análisis de coliformes.

Figura 60 Como desechar los análisis de los coliformes



Fuente: GreenForest (2023)

Procedimiento de oxígeno disuelto

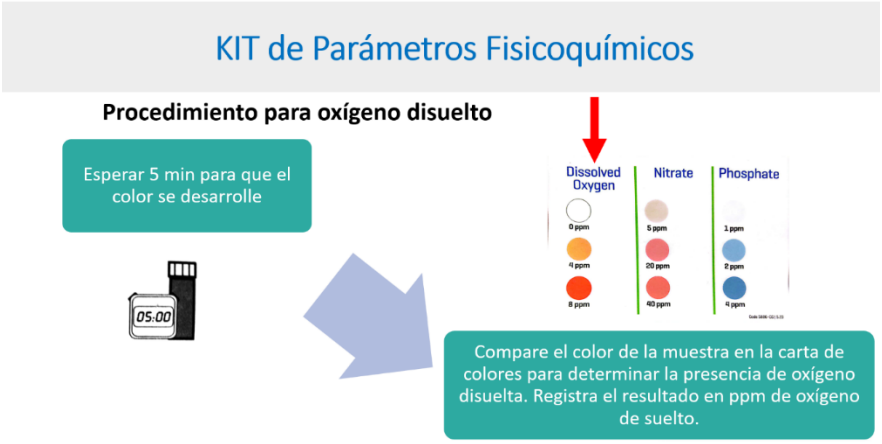
El oxígeno disuelto (OD) es importante para la salud de los ecosistemas acuático. Los animales acuáticos necesitan de oxígeno para sobrevivir. Las aguas naturales con niveles de Oxígeno disuelto bastantes altos suelen ser ambientes saludables y estables en los que puede haber diversidad de organismos acuáticos. Los cambios naturales y de origen humano en el medico acuático pueden afectar la disponibilidad de oxígeno disuelto. En las Figuras 61 y 62 se muestran el procedimiento para la recolección de datos de oxígeno disuelto.

Figura 61 Procedimiento para la recolección de datos del oxígeno disuelto



Fuente: GreenForest (2023)

Figura 62 Procedimiento para la toma de datos oxígeno disuelto

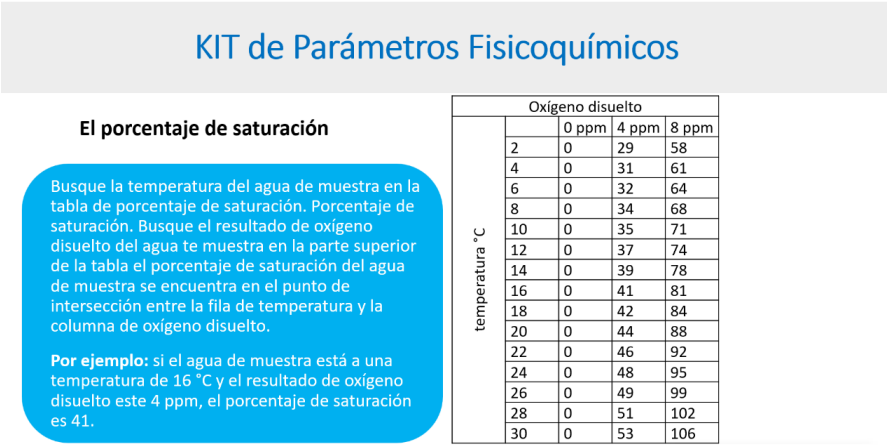


Fuente: GreenForest (2023)

Procedimiento para calcular el porcentaje de saturación

El porcentaje de oxígeno disuelto es una medida importante en la calidad del agua. El agua fría puede contener más oxígeno disuelto que en el agua caliente. Por ejemplo, el agua a 28°C de temperatura estará 100% saturada con 8 ppm de oxígeno disuelto. Sin embargo, el agua a 8°C puede contener hasta 12 ppm antes de estar 100% saturada. Los altos niveles de bacterias debido a la contaminación por aguas residuales o grandes cantidades de plantas en descomposición pueden hacer que el porcentaje de saturación disminuya. Esto puede causar fluctuaciones bastante acentuadas en los niveles de oxígeno disuelto a lo largo del día, lo que puede afectar la capacidad de plantas y animales para vivir. En la Figura 63se muestra el procedimiento para calcular este indicador.

Figura 63 Procedimiento para calcular la saturación



	Oxígeno disuelto			
temperatura °C		0 ppm	4 ppm	8 ppm
	2	0	29	58
	4	0	31	61
	6	0	32	64
	8	0	34	68
	10	0	35	71
	12	0	37	74
	14	0	39	78
	16	0	41	81
	18	0	42	84
	20	0	44	88
	22	0	46	92
	24	0	48	95
	26	0	49	99
	28	0	51	102
	30	0	53	106

Fuente: GreenForest (2023)

Procedimiento para calcular la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno disuelto que utilizan las bacterias al descomponer los residuos orgánicos. En aguas lentas y ríos contaminados las bacterias consumen gran parte del oxígeno disuelto al robarlo a otros organismos acuáticos para vivir. En la Figura 64 se muestra el procedimiento para la toma de datos.

Figura 64 Procedimiento para calcular DBO



Fuente: GreenForest (2023)

Procedimiento para calcular nitratos

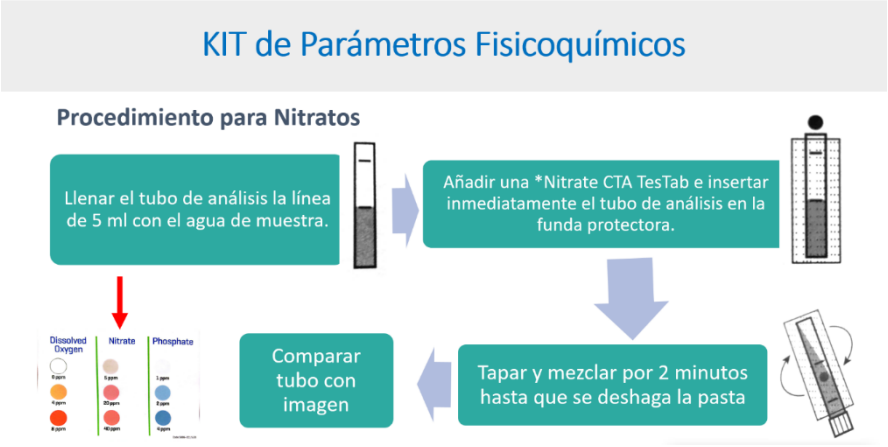
El nitrato es un nutriente que necesitan todas las plantas y animales acuáticos para producir proteína. La descomposición de plantas y animales nuestros y las excreciones de animales vivos liberan nitrato en el sistema acuático. El exceso de nutrientes como el Nitrato contribuyen al aumento del crecimiento vegetal

y a su descomposición, promueve la descomposición bacteriana y, por lo tanto, reduce la cantidad de oxígeno en el agua.

Si bien, las aguas residuales son la principal fuente de exceso de nitratos añadidos a las aguas naturales, también los fertilizantes y vertidos agrícolas contribuyen a que haya niveles altos de nitratos.

El agua potable con altos niveles de nitrato puede disminuir la capacidad de nuestros glóbulos rojos para transportar oxígeno. En la Figura 65 se muestra el procedimiento para la toma de datos.

Figura 65 Procedimiento para calcular Nitratos



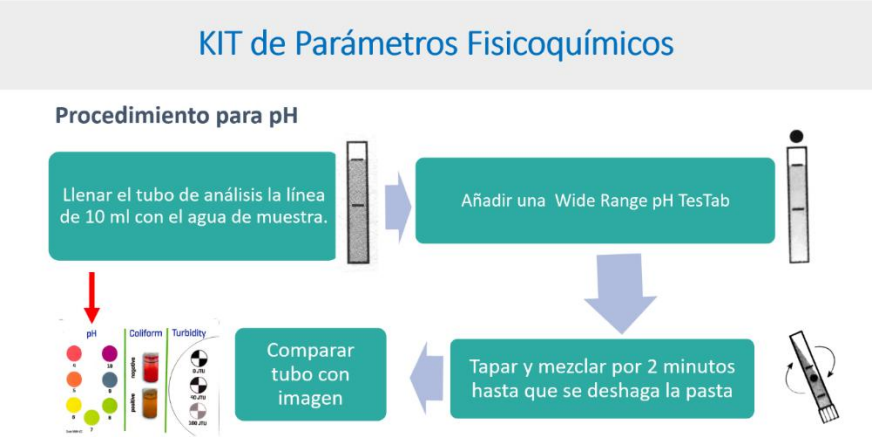
Fuente: GreenForest (2023)

Procedimiento para calcular pH

El pH es una medida para saber si el agua es más ácida o básica. La escala de pH va de 0 (Muy ácida) a 14 (Muy Básico), siendo 7 neutro. El pH del agua natural usualmente varía entre 6,5 y 8,2. La mayoría de los organismos acuáticos se han adaptado a un nivel de pH especifico, y pueden morir ante el más mínimo cambio en el pH del agua.

El pH puede verse afectado por los residuos industriales, los vertidos agrícolas o el drenaje incorrecto de minas. En la Figura 66 se muestra el procedimiento para la toma de datos.

Figura 66 Procedimiento para calcular pH



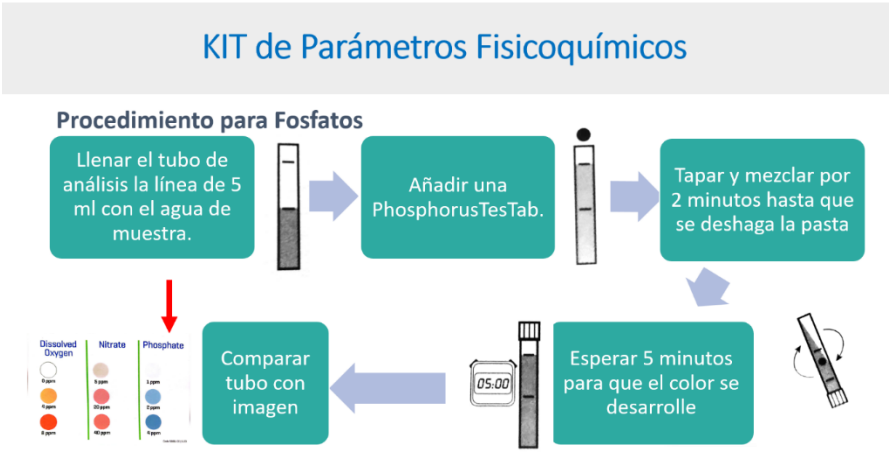
Fuente: GreenForest (2023)

Procedimiento para calcular fosfatos

El fosfato es un nutriente necesario para el crecimiento vegetal y animal, y también un elemento fundamental en las reacciones metabólicas. Los niveles altos de este nutriente pueden llevar a un crecimiento vegetal excesivo, al aumento de la actividad bacteriana y a la disminución de los niveles de oxígeno disuelto.

El fosfato proviene de varias fuentes, incluyendo los restos humanos y animales, la contaminación industrial y los vertidos agrícolas. En la Figura 67 se muestra el procedimiento para la toma de datos.

Figura 67 Procedimiento para calcular Fosfatos

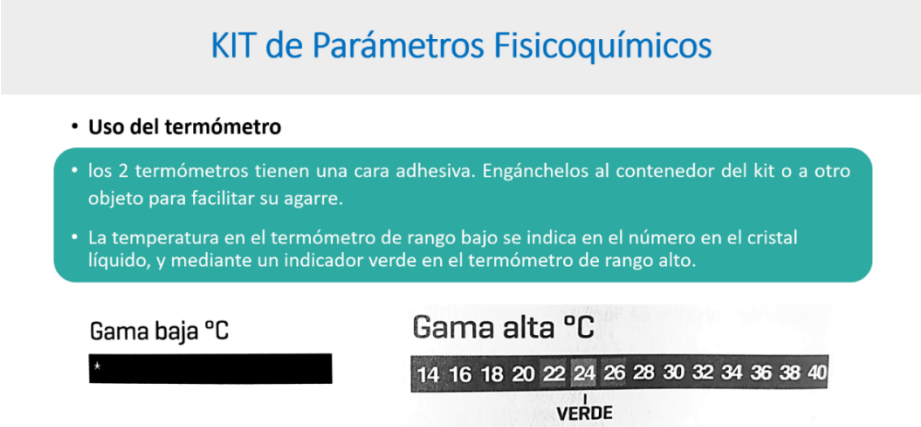


Fuente: GreenForest (2023)

Procedimiento para calcular la temperatura

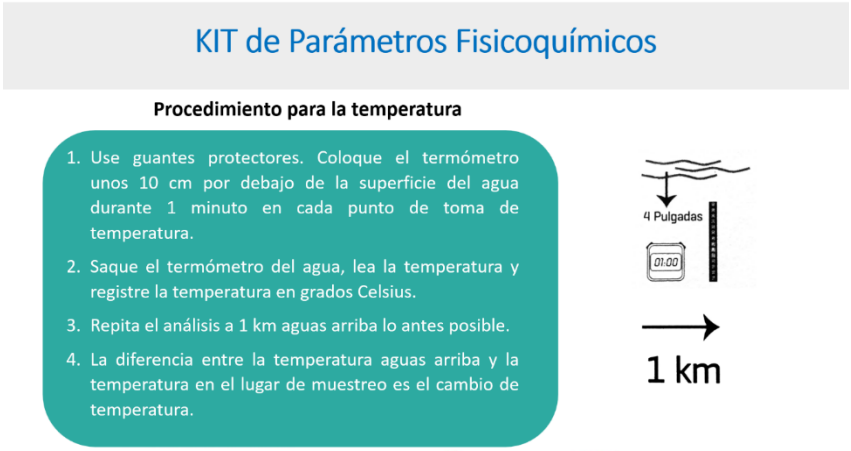
La temperatura influye en gran medida en la calidad del agua. La temperatura afecta la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, la tasa fotosintética de las plantas acuáticas y la sensibilidad de los organismos a los residuos tóxicos, parásitos y enfermedades. La contaminación térmica o la evaluación de agua caliente proveniente de las fábricas son factores que pueden provocar cambios de temperatura que amenazan el equilibrio de los sistemas acuáticos. En las Figuras 68 y 69 se muestran los procedimientos para calcular la temperatura.

Figura 68 Procedimiento para calcular la temperatura



Fuente: GreenForest (2023)

Figura 69 Procedimiento para calcula la temperatura

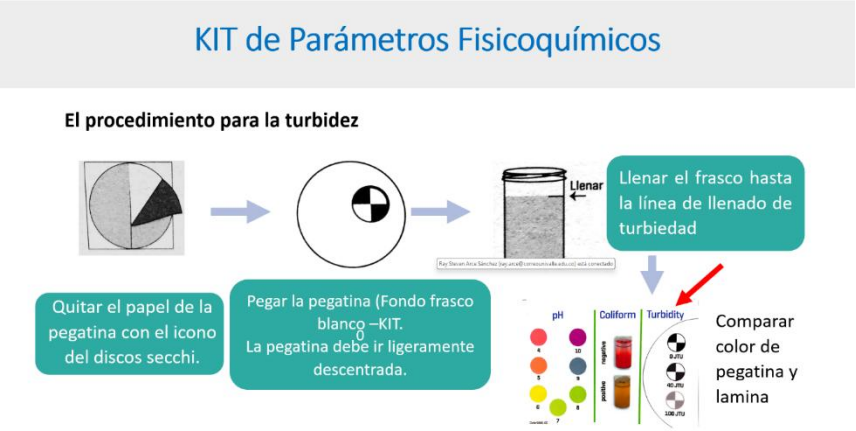


Fuente: GreenForest (2023)

Procedimiento para calcular la turbidez

La turbidez es una medida de la claridad relativa del agua. El agua turbia se debe a la materia en suspensión y coloidal como arcilla, sedimentos, materia orgánica e inorgánica y organismos microscópicos. La turbidez no debe de confundirse con el color, ya que el agua de color oscuro puede seguir siendo clara y no turbia. El agua turbia puede proceder de la erosión del suelo, los vertidos urbanos, la proliferación de algas y los cambios en los sedimentos del fondo debido a animales que se alimentan en este y el tráfico de embarcaciones. En la Figura 70 se muestra el procedimiento para calcular la turbidez.

Figura 70. Procedimiento para calcular la turbidez



Fuente: GreenForest (2023)

ANEXO F. Reporte de entrega de los kits de monitoreo de la calidad del agua a las diferentes comunidades de la cuenca del Río Dagua

En la entrega se socializó la cantidad de parámetros que son medibles con el kit y la metodología utilizada para obtener el diagnostico de cada uno de ellos. También se explicó la dinámica de recolecta de los macroinvertebrados acuáticos y como permitían indicar la calidad del agua del Río Dagua.

Tabla 41. Reporte de entrega de kit comunidad de LOB

Lugar:	Corregimiento de Loboguerrero (Dagua) – I. E. Camilo Torres
Fecha de la Actividad:	13/09/2023
Generalidades:	La capacitación sobre el kit de monitoreo de calidad del agua se llevó a cabo en la Institución Educativa La Libertad, ubicada en el corregimiento de Bitaco en el municipio de la Cumbre, donde se contó con la participación de un grupo de jóvenes pertenecientes al nivel de escolaridad de secundaria de la institución, liderados por la docente Olga Oviedo.
Profesionales (Nombres)	Equipo BPM Técnico promotoría en manejo ambiental SENA
Instituciones acompañantes (Nombre de la institución y del representante)	• Docente Institución Educativa la Libertad • Estudiantes de la Institución Educativa la Libertad • Representantes de la CVC • Administración Acueducto LCDA y de los diferentes acueductos de la zona • Representantes de Agrícola Himalaya • Secretaria de Ambiente SADS • Representante de ASCABI • Representantes de la Alcaldía

Nota. Tomado de informe en Proyecto Macro

Tabla 42.Reporte de entrega de kit comunidad de CAR

Lugar:	Corregimiento del Carmen (Dagua) – I. E. Santa Teresita del Niño Jesús
Fecha de la Actividad:	15/12/2023
Generalidades:	La citación de la reunión estaba pactada a las 9 AM en la cual se hizo una socialización del aplicativo a personas de la comunidad, entre ellos se encontraba el presidente de la junta de acción comunal integrantes de la comunidad. Debido a que la institución santa teresita del niño Jesús ya se encontraba en vacaciones, se procedió a dejar el aplicativo con el presidente de la junta Acción un comunal Rodrigo Collazos.
Profesionales	Equipo BPM

(Nombres)	
Instituciones acompañantes (Nombre de la institución y del representante)	• Participantes de la comunidad • Presidente e integrantes de la de acción comunal del Carmen

Nota. Tomado de informe en Proyecto Macro

Tabla 43. Reporte de entrega de kit comunidad de DAG

Lugar:	Casco Urbano de Dagua-Colegio Leonístico
Fecha de la Actividad:	14/12/2023
Generalidades:	La citación de la reunión estaba pactada a las 2:00 pm en la cual se hizo una socialización del aplicativo a personas de la comunidad, quien recibió el aplicativo fue la coordinadora del colegio leonístico en representación del rector Bernardo Vicente Guerrero.
Profesionales (Nombres)	Equipo BPM
Instituciones acompañantes (Nombre de la institución y del representante)	• La Coordinadora del Colegio Leonístico • Integrantes de la comunidad

Nota. Tomado de informe en Proyecto Macro

Tabla 44. Reporte de entrega de kit comunidad de BIT

Lugar:	Corregimiento de Bitaco (La Cumbre) – I. E. La Libertad
Fecha de la Actividad:	14/12/2023
Generalidades:	La citación de la reunión estaba pactada a las 1:00 pm en la cual se hizo una socialización del aplicativo a personas con las personas de la Institución Educativa la Libertad y cuál es tuvo presente 2 docentes del PRAES: y dentro de ellos se encontraba la profesora Olga Oviedo que es la persona con la que se ha venido trabajando todo el sistema de monitoreo de calidad de agua en Bitaco.
Profesionales (Nombres)	Equipo BPM Técnico promotoría en manejo ambiental SENA
Instituciones acompañantes	• Docentes Institución Educativa la Libertad • Estudiantes de la Institución Educativa la Libertad

(Nombre de la institución y del representante)	

Nota. Tomado de informe en Proyecto Macro

ANEXO G. Listado de macroinvertebrados recolectados y su clasificación taxonómica, identificados principalmente a nivel de género en los cinco puntos

Tabla 45. Listado de macroinvertebrados recolectados en los cinco puntos de muestreo e identificados principalmente a nivel de género

CAR	**1**	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	Anacroneuria	8
CAR	1	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	Atopsyche	Atopsyche	1
CAR	1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes	Baetodes	8
CAR	1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Camelobaetidius	Camelobaetidius	229
CAR	1	Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae		Chironomidae	19
CAR	1	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae		Elmidae	3
CAR	1	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	Heterelmis	Heterelmis	5
CAR	1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	Leptohyphes	Leptohyphes	36
CAR	1	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	leptonema	leptonema	17
CAR	1	Arthropoda	Insecta	Odonata	Libellulidae		Libellulidae	8
CAR	1	Annelida	Clitellata	Hplotaxida	Nadidae		Nadidae	2
CAR	1	Arthropoda	Insecta	Diptera	Simuliidae		Simuliidae	109
CAR	1	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	smicridea	smicridea	46
CAR	1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Thraulodes	Thraulodes	11
CAR	1	Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Veliidae		Veliidae	1
DAG	1	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	Anacroneuria	22
DAG	1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	baetodes	baetodes	6
DAG	1	Arthropoda	Insecta	Odonata	calopterygidae		calopterygidae	9
DAG	1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Camelobaetidius	Camelobaetidius	29
DAG	1	Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae		Chironomidae	15
DAG	1	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	elmidae morfo		elmidae morfo	2

DAG	1	Arthropoda	Insecta	Elmidae	Elmidae	heterelmis	heterelmis	1
DAG	1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	Leptohyphes	Leptohyphes	16
DAG	1	Arthropoda	Insecta	Odonata	Libellulidae		Libellulidae	10
DAG	1	Arthropoda	Insecta	Diptera	Psychodidae	maruina	maruina	1
DAG	1	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	psephenidae		psephenidae	2
DAG	1	Arthropoda	Insecta	Diptera	Simuliidae		Simuliidae	24
DAG	1	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	smicridea	smicridea	67
DAG	1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Thraulodes	Thraulodes	3
DAG	1	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	Atopsyche	Atopsyche	1
DAG	1	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	leptonema	leptonema	22
DAG	1	Arthropoda	Insecta	Elmidae	Elmidae	macrelmis	macrelmis	1
DAG	1	Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Naucoridae		Naucoridae	2
DAG	1	Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Veliidae		Veliidae	3
BIT	1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Americabaetis	Americabaetis	2
BIT	1	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	Anacroneuria	2
BIT	1	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Ptilodactylidae	Anchytarsus	Anchytarsus	1
BIT	1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes	Baetodes	31
BIT	1	Arthropoda	Insecta	Odonata	calopterygidae		calopterygidae	23
BIT	1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Camelobaetidius	Camelobaetidius	106
BIT	1	Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae		Chironomidae	33
BIT	1	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Dysticidae		Dysticidae	1
BIT	1	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	elmidae morfo		elmidae morfo	1
BIT	1	Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Gerridae		Gerridae	1
BIT	1	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	Heterelmis	Heterelmis	2
BIT	1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	Leptohyphes	Leptohyphes	21

BIT	1	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	Leptonema	Leptonema	8
BIT	1	Arthropoda	Insecta	Odonata	Libellulidae		Libellulidae	17
BIT	1	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	macrelmis	Macrelmis (Adulto)	1
BIT	1	Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Naucoridae		Naucoridae	5
BIT	1	Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	Physa	Physa	2
BIT	1	Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Planariidae		Planariidae	1
BIT	1	Arthropoda	Insecta	Lepidoptera	Pyralidae		Pyralidae	1
BIT	1	Arthropoda	Insecta	Diptera	Simuliidae		Simuliidae	103
BIT	1	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	smicridea	smicridea	4
BIT	1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Thraulodes	Thraulodes	5
BIT	1	Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Veliidae		Veliidae	25
LOB	1	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	Anacroneuria	20
LOB	1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes	Baetodes	16
LOB	1	Arthropoda	Insecta	Diptera	Blepharoceridae		Blephaceridae	1
LOB	1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Camelobaetidius	Camelobaetidius	13
LOB	1	Arthropoda	Insecta	Diptera	chironomidae		chironomidae	9
LOB	1	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	leptonema	leptonema	26
LOB	1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae		Leptophlebiidae	5
LOB	1	Arthropoda	Insecta	Diptera	Simuliidae		Simuliidae	101
LOB	1	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	smicridea	smicridea	13
LOB	1	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	Atopsyche	Atopsyche	2
LOB	1	Arthropoda	Insecta	Odonata	calopterygidae		calopterygidae	8
LOB	1	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae		Elmidae	1
LOB	1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	Leptohyphes	Leptohyphes	6

LOB	1	Arthropoda	Insecta	Odonata	Libellulidae		Libellulidae	9
LOB	1	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae		Macrelmis (Adulto)	1
LOB	1	Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Naucoridae		Naucoridae	2
LOB	1	Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Veliidae		Veliidae	3
LCU	1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes	Baetodes	10
LCU	1	Arthropoda	Insecta	Odonata	calopterygidae		calopterygidae	17
LCU	1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Camelobaetidius	Camelobaetidius	13
LCU	1	Arthropoda	Insecta	Diptera	chironomidae		chironomidae	28
LCU	1	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydroptilidae	Hydroptila	Hydroptila	1
LCU	1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	Leptohyphes	Leptohyphidae	8
LCU	1	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	macrelmis	macrelmis	5
LCU	1	Arthropoda	Insecta	Diptera	Psychodidae	maruina	maruina	1
LCU	1	Arthropoda	Insecta	Diptera	Simuliidae		Simuliidae	23
LCU	1	Arthropoda	Insecta	Coleptera	Elmidae		Elmidae	7
LCU	1	Annelida	Clitellata	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae		Glossiphonidae	1
LCU	1	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	leptonema	Leptonema	4
LCU	1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae		Leptophlebidae	12
LCU	1	Arthropoda	Insecta				Morfo 1	1

Filo	Clase	Order	Familia	Género
Annelida	Clitellata	Basommatophora	Baetidae	Americabaetis
Arthropoda	Gastropoda	Coleoptera	Blepharoceridae	Anacroneuria
Mollusca	Insecta	Diptera	calopterygidae	Anchytarsus
Platyhelminthes	Turbellaria	Elmidae	Chironomidae	Atopsyche
4	4	Ephemeroptera	Dysticidae	Baetodes
		Hemiptera	Elmidae	Camelobaetidius
		Hplotaxida	Gerridae	Elmidae

		Lepidoptera	Glossiphoniidae	Heterelmis
		Odonata	Heterelmis	Hydroptila
		Elmidae	Hydrobiosidae	Leptohyphes
		Chironomidae	Hydropsychidae	leptonema
		Plecoptera	Hydroptilidae	macrelmis
		Rhynchobdellida	Leptohyphidae	maruina
		Trichoptera	Leptophlebiidae	Physa
		Tricladida	Libellulidae	smicridea
		15	macrelmis	Thraulodes
			Nadidae	16
			Naucoridae	
			Perlidae	
			Physidae	
			Planariidae	
			psephenidae	
			Psychodidae	
			Ptilodactylidae	
			Pyralidae	
			Simuliidae	
			Veliidae	
			27	