



Evaluar la calidad del agua de la quebrada “Doña María” a través de macroinvertebrados y variables fisicoquímicas, para la construcción de bases pedagógicas en el cuidado de las fuentes hídricas del corregimiento de San Antonio de Prado, 2017.

**Juliana Amador Upegui
Carolina Cardona Castro**

**Trabajo de grado para optar el título de Administradoras en Salud con énfasis en
Gestión Sanitaria y Ambiental**

**Asesora
Eliana Contreras Martínez
Magíster en Biología**

**Universidad de Antioquia
Facultad Nacional de Salud Pública
Héctor Abad Gómez
2018**

Tabla de contenido

Lista de tablas.....	5
Lista de cuadros	6
Lista de figuras	7
Lista de anexos	9
Glosario de términos.....	10
Siglas utilizadas	13
Resumen.....	14
1 INTRODUCCIÓN	15
2 MARCO DE REFERENCIA	18
2.1 Marco teórico	18
2.2. Marco geográfico	24
2.3. Marco legal	24
3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	27
4 OBJETIVOS.....	30
4.1 Objetivo General	30
4.2 Objetivos específicos	30
5 JUSTIFICACIÓN	31
6. METODOLOGÍA	33
6.1 Área de estudio:	33
6.2 Muestreo de Macroinvertebrados acuáticos	34
6.3 Actividades de campo	37
6.3.1 Muestreo N°1.....	38
6.3.2 Muestreo N°2.....	39
6.4 Actividades de laboratorio	40

6.4.1 Procesamiento de las muestras	40
6.4.2 Identificación taxonómica y preservación	40
6.5 Análisis de datos	43
6.6 Sensibilización y capacitación comunitaria	45
6.6.1 Temáticas	46
6.6.2 Capacitación a integrantes del Semillero de Investigación en Salud, Ambiente y Salud Ocupacional SISAO	47
6.6.3 Sensibilización a la comunidad de San Antonio de Prado	49
7. RESULTADOS	57
7.1 Objetivo 1 - Identificar las diferentes familias de macro invertebrados y aplicar el índice de bioindicación BMWP/COL	57
7.1.1 TRAMO 1	57
7.1.2 TRAMO 2	62
7.1.3 TRAMO 3	66
7.1.4 COMPARACIÓN ENTRE SITIOS	69
7.2 Objetivo 2: Realizar análisis fisicoquímico en los diferentes tramos de la quebrada Doña María	75
7.2.1 Resultados de laboratorio y campo	78
7.2.2 Caracterización de la calidad del agua	78
7.3 objetivo 3: Sensibilizar a los actores que se encuentran relacionados con el cuidado y conservación de la cuenca hídrica de San Antonio de Prado en las temáticas de conservación del recurso hídrico y en la aplicación del índice de Bioindicación BMWP/ Col	88
7.3.1 Capacitación a integrantes del Semillero de Investigación en Salud, Ambiente y Salud Ocupacional SISAO	88
7.3.2 Sensibilización a la comunidad de San Antonio de Prado	89
7.3.3 Comparación de las quebradas La Cabuyala y La Manguala	86
7.3.4 Articulación en los procesos comunitarios del Corregimiento SADEP	89
8. DISCUSIÓN	92

9. CONCLUSIONES.....	94
10. PROPUESTAS	96
11. AGRADECIMIENTOS	97
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
13. ANEXOS.....	109

Lista de tablas

Tabla 1. Puntajes asignados a las diferentes familias de macroinvertebrados* (23)	44
Tabla 2. Total de individuos del tramo N°1 de la quebrada Doña María colectados en los muestreos 1 (21 de marzo) y 2 (21 de junio), 2017.	58
Tabla 3. Total de individuos del tramo N°2 de la quebrada Doña María colectados en los muestreos 1 (21 de marzo) y 2 (21 de junio), 2017.	63
Tabla 4. Total de individuos del tramo N°3 de la quebrada Doña María colectados en los muestreos 1 (21 de marzo) y 2 (21 de junio), 2017.	67
Tabla 5. Total de individuos colectados en las dos quebradas muestreadas en los talleres prácticos, los días 4 y 11 de junio, 2017.	87

Lista de cuadros

Cuadro 1. Marco jurídico	25
Cuadro 2. Marco normativo	26
Cuadro 3. Clasificación de la calidad del agua con base en el indicador BMWP/Col, significado y colores para las representaciones (23).....	45
Cuadro 4. Características ecológicas de las familias dominantes en el tramo medio-alto de la quebrada Doña María.....	59
Cuadro 5. Características ecológicas de las familias dominantes en el tramo medio de la quebrada Doña María.....	64
Cuadro 6. Características ecológicas de las familias dominantes en el tramo bajo de la quebrada Doña María.....	68
<i>Cuadro 7. Resultados del cálculo del índice BMWP/Col (Roldán, 2003) para cada sitio..</i>	<i>75</i>
Cuadro 8. Datos de los sitios de muestreo de la quebrada Doña María.....	77
Cuadro 9. Problemas encontrados por los participantes del taller teórico en la cartografía socio ambiental del corregimiento de San Antonio de Prado.	90
Cuadro 10. Resultados obtenidos en la actividad denominada línea del tiempo	77
Cuadro 11. Aspectos positivos y a mejorar socializados en la ejecución del taller teórico N°1	79
Cuadro 12. Aspectos positivos y aspectos a mejorar en el taller teórico N°2, 10 junio 2017	81
Cuadro 13. Entrega de certificado de participación a guardabosques de la Reserva El Romeral.....	86
Cuadro 14. Comparación de la calidad del agua de las quebradas La Manguala y La Cabuyala según índice BMWP/Col y cantidad de familias encontradas.	89

Lista de figuras

Figura 1. Ubicación de la quebrada Doña María en el programa Argis	34
Figura 2. Tramo medio-alto en el Puente Real entre Astilleros y el Salado.	35
Figura 3. Tramo medio-alto en el Puente Real entre Astilleros y el Salado.	36
Figura 4 . Tramo medio-bajo ubicado en la vereda La Verde	36
Figura 5. Recolección de material con red Surber en tramo medio-alto. Muestra No. 1 ...	37
Figura 6. Calibración del equipo multiparamétrico para muestreos físicos y químicos	40
Figura 7. Identificación de macroinvertebrados con estereoscopio.	42
Figura 8. Libro de identificación de macroinvertebrados (Roldán)	42
Figura 9. Invitación enviada por medios electrónicos a los integrantes del semillero SISAQ.	48
Figura 10. Maqueta ilustrativa del proceso de potabilización del agua	51
Figura 11. Exposición del segundo bloque programático sobre bioindicación. Taller N°1 sede la Toluca, San Antonio de Prado, 2017.	53
Figura 12. Contextualización realizada por el Sr Carlos Mario Uribe (Dr Corporación PRO ROMERAL) en el taller práctico.	54
Figura 13. Separación del material en campo sobre bandejas blancas.	56
Figura 14. Familias dominantes en el tramo medio-alto de la quebrada Doña María.	61
Figura 15. Familias dominantes en el tramo medio-alto de la quebrada Doña María.	65
Figura 16. Familias dominantes en el tramo medio-bajo de la quebrada Doña María.	69
Figura 17. Total de individuos colectados en el tramo 1 de la quebrada Doña María.....	71
Figura 18. Presencia de las familias de macroinvertebrados en los 3 tramos de la quebrada Doña María.....	74
Figura 19. Variación de la temperatura en los tres tramos de la quebrada Doña María	78
Figura 20. Variación de pH en los tres tramos muestreados de la quebrada Doña María ...	79
Figura 21. Potencial de Oxido Reducción en los tres tramos de la quebrada Doña María..	80
Figura 22. Sólidos disueltos totales presentes en los tres tramos de la quebrada Doña María	81

Figura 23. Oxígeno Disuelto presentes en los tres tramos muestreados de la quebrada Doña María.....	82
Figura 24. Demanda bioquímica de oxígeno presente en los tres tramos de la quebrada Doña María.....	83
Figura 25. Presencia de Coliformes totales y Fecales (E. Coli) en los tres tramos muestreados de la quebrada Doña María.....	84
Figura 26. Conductividad eléctrica presentada en los tres tramos de la quebrada Doña María.....	85
Figura 27. Salinidad obtenida en los tres tramos de la quebrada Doña María.....	86
Figura 28. Variación de la turbiedad presentada en los tres tramos muestreados de la quebrada Doña María.....	87
Figura 29. Capacitación realizada el 23 de mayo a 8 integrantes del semillero SISAO.....	89
Figura 30. Socialización y realización de mapas cartográficos por grupos.....	91
Figura 31. Identificación y escritura de macroinvertebrados por los participantes de los talleres.....	92
Figura 32. Desarrollo de actividad denominada “conociendo los macroinvertebrados”.....	92
Figura 33. Socialización de la actividad denominada línea del tiempo.....	78
Figura 34. Participantes observando los macroinvertebrados en la superficie de una roca, quebrada La Manguala.....	82
Figura 35. Participantes del taller práctico N°2 en la quebrada La Manguala, Reserva Manguala-Limona, San Antonio de Prado.....	84
Figura 37. Distribución y total de macroinvertebrados colectados en las quebradas La Manguala y La Cabuyala, 2017.....	88
Figura 38. Participación en el “Foro por el Agua” con el fin de divulgar la experiencia de participación comunitaria dentro del corregimiento SADEP.....	91

Lista de anexos

Anexo 1. Resultados de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos tomados en campo y analizados por el laboratorio GDCON.	109
Anexo 2. Ejemplo de certificado entregado a uno de los participantes de la sensibilización comunitaria.....	111
Anexo 3. Carta de invitación entregada a cada uno de los posibles participantes de los talleres.	112
Anexo 4. Agenda definitiva para el manejo del tiempo y las actividades a desarrollar en los talleres	113
Anexo 5. Contenido de las temáticas en cada bloque programático.....	115
Anexo 6. Algunos listados de asistencia de los talleres teóricos y prácticos.....	127
Anexo 7. Algunos plegables entregados a los participantes y facilitados por la corporación Pro Romeral	129
Anexo 8 Mapa de cartografía socioambiental realizado por un grupo de participantes	132
Anexo 9 Resultados de los parámetros físico-químicos tomados en campo por el equipo multiparamétrico. (Este anexo puede observarse digitalmente en la carpeta de Anexos del DVD).....	133
Anexo 10. Presentaciones bases en PowerPoint para la realización de los talleres y socialización de resultados. Memorias (Este anexo puede observarse digitalmente en la carpeta de Anexos del DVD)	133

Glosario de términos

Agua contaminada: Agua que ha sido afectada o deteriorada su calidad original, producto de la incorporación de elementos indeseables o contaminantes. (1)

Agua residual: agua que procede de viviendas, poblaciones o zonas industriales y arrastra suciedad y detritus.(1)

Análisis fisicoquímico de agua: Son aquellos procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para evaluar sus características físicas, químicas o ambas. (2)

Análisis microbiológico del agua: Son los procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para consumo humano para evaluar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos. (2)

Bioindicadores: un bioindicador es un organismo o un conjunto de ellos que muestra la propiedad de responder a la variación de un determinado factor abiótico o biótico del ecosistema, de tal manera que la respuesta quede reflejada en el cambio de valor en una o más variables de cualquier nivel del organismo; estas variables o características, o sus cambios, pueden llamarse también variables bioindicadores (3).

Bentónico: Pertenece o relativo al bentos, y se define como un conjunto de organismos que viven en los fondos acuáticos.(4)

BMWP (Biological Monitoring Working Party): Índice biológico británico modificado y adaptado a las características geomorfológicas y climáticas de los ríos. Este índice da puntuación a 131 familias de macroinvertebrados que son utilizados como indicadores, de acuerdo con la correspondiente sensibilidad a la contaminación. La suma de los valores de todas las familias identificadas da un valor final del índice que nos permite clasificar los puntos de control en 5 clases, cada una de las cuales corresponde a un nivel diferente de calidad ecológica de las aguas. (5)

Calidad del agua: Aquellas condiciones que deben darse en el agua para que ésta mantenga un ecosistema equilibrado y para que cumpla unos determinados objetivos de

calidad (calidad ecológica). O como el conjunto de características físicas, químicas y microbiológicas que la definen. (6)

Contaminación hídrica: Cuando la cantidad de agua servida pasa de cierto nivel, el aporte de oxígeno es insuficiente y los microorganismos ya no pueden degradar los desechos contenidos en ella, lo cual hace que las corrientes de agua se asfixien, causando un deterioro de la calidad de las mismas, produciendo olores nauseabundos e imposibilitando su utilización para el consumo. (7)

Contaminación: Cambio indeseable de las propiedades físicas, químicas y biológicas que puede provocar efectos negativos en los diferentes componentes del medio ambiente. (8)

Macroinvertebrado acuático: Se denominan macroinvertebrados acuáticos aquellos invertebrados con un tamaño superior a 500 μm , entre los que se incluyen animales como esponjas, planarias, sanguijuelas, oligoquetos, moluscos o crustáceos, entre los que se encuentran los cangrejos. Sin embargo, el grupo de invertebrados acuáticos más ampliamente distribuido en las aguas dulces es el de los insectos. En la mayoría de éstos, los estados inmaduros (huevos y larvas) son acuáticos, mientras que los adultos suelen ser terrestres. (7)

Muestreo: Acción de escoger muestras representativas de la calidad o condiciones medias de un todo. Selección de una pequeña parte estadísticamente determinada, utilizada para inferir el valor de una o varias características del conjunto. (4)

Vertimientos: cualquier descarga líquida hecha a un cuerpo de agua o a un alcantarillado. (4)

Monitoreo ambiental: Proceso de observación repetitiva, con objetivos bien definidos relacionado con uno o más elementos del ambiente, de acuerdo con un plan temporal. (1)

Máximo nivel permisible: Norma impuesta por instituciones nacionales, gubernamentales, Comités Nacionales o Internacionales, que indica la concentración o dosis de un contaminante que no debe ser sobrepasada, para evitar poner en peligro un organismo, con la finalidad de proteger la calidad ambiental, y la salud humana. Estos niveles, casi siempre significan un balance entre los intereses de pureza ambiental y el desarrollo económico. (1)

Taxón: Categoría taxonómica de la biota correspondiente a cualquier nivel jerárquico. (8)

Programa ambiental: Planificación de las actividades y de los objetivos específicos de una entidad para asegurar la protección del medio ambiente que comprende las medidas adoptadas o previstas para alcanzar dichos objetivos y, en caso necesario, los plazos fijados para la aplicación de tales medidas. (8)

Siglas utilizadas

- OMS: Organización Mundial de la Salud
- BMWP: Biological Monitoring Working Party
- FNSP: Facultad Nacional de Salud Pública
- SISAO: Semillero de investigación en Salud, Ambiente y Salud Ocupacional
- UVA: Unidad de vida articulada
- SADEP: San Antonio de Prado
- JAC: Junta de Acción Comunal
- PIOM: Plan de ordenamiento y manejo de microcuencas
- CE: Conductividad eléctrica
- MSNM: Metros sobre el nivel del mar
- UNT: Unidades nefelométricas de turbiedad

Resumen

Con el objetivo de evaluar la calidad del agua de la quebrada Doña María en pro de la construcción de bases pedagógicas en el corregimiento de San Antonio de Prado mediante el análisis de los parámetros físicos, químicos, biológicos y microbiológicos, fueron muestreados los tramos medio-alto (Astilleros), medio (El Kiosko) y medio-bajo (La verde) de la quebrada Doña María ubicada en el corregimiento de San Antonio de Prado.

La metodología utilizada en los muestreos biológicos se basó mediante la colecta del sustrato con una red Surber y una red D-net para el primer y segundo muestreo respectivamente, entre los periodos de marzo y junio del 2017. En cada punto de muestreo también se registraron variables fisicoquímicas y microbiológicas.

Los resultados del estudio evidencian que existen diferencias significativas en cada uno de los tramos evaluados, para un total de 1867 macroinvertebrados recolectados, identificados y analizados los cuales respondían a las características propias de los tramos haciendo una relación directa con las condiciones ecológicas de cada lugar. Con respecto a la composición de macroinvertebrados, el primer tramo es el que presenta mayor diversidad y abundancia de individuos. El 58% corresponde al muestreo del tramo número 1 “Astilleros”, y el 20% y 22% corresponden al tramo número 2 y 3, respectivamente.

Para el componente de bases pedagógicas se realizó un curso/taller con diferentes actores del corregimiento en temas de Bioindicación y conservación del recurso hídrico, desarrollado con diversas actividades teórico/prácticas con el fin de generar instrumentos que permitan la toma de decisiones y de la misma manera facilitar el aprendizaje y el apoyo a los monitoreos de sistemas fluviales del corregimiento.

Palabras clave: Macroinvertebrados, índice de Bioindicación, calidad de agua, quebrada Doña María.

1 Introducción

La calidad del agua de un afluente se basa en las características físicas, químicas, biológicas y ecosistémicas presentes en el medio, las cuales varían según las condiciones climáticas, actividades realizadas en la cuenca, características de flora y fauna y del recorrido que hace el agua en un trayecto. En las últimas décadas se ha presentado un creciente interés por conocer el estado de los cuerpos acuáticos y su evolución en el tiempo con el fin de encontrar estándares de juicio de “Calidad de Agua” que permitan satisfacer las demandas de uso del recurso (9).

Según la OMS, el deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial con el crecimiento de la población humana, la expansión de la actividad industrial, agrícola y la amenaza del cambio climático como causa de importantes alteraciones en el ciclo hidrológico (10). Históricamente la gestión de la calidad del agua ha contribuido directa e indirectamente a alcanzar las metas establecidas en diferentes estrategias encaminadas a garantizar la sostenibilidad ambiental, como se ejemplifica con los ocho Objetivos Del Milenio (ODM) (11).

Teniendo en cuenta lo anterior, puede considerarse de gran importancia el realizar un estudio que determine la calidad del agua de un afluente, con el fin de proporcionar bases fundamentadas y resultados reales a una comunidad que vive, necesita y usa un recurso hídrico cercano para la subsistencia de sus necesidades básicas, afluente que, además, es de gran importancia para las condiciones del cuerpo hídrico principal de una ciudad como lo es Medellín y su Río Aburrá. En este sentido, la presente propuesta está direccionada a evaluar la calidad del agua de la quebrada Doña María, la cual sufre diferentes presiones a lo largo de su trayecto en el corregimiento de San Antonio de Prado, acciones que finalmente afectan y disminuyen la calidad del agua del Río Medellín, según los resultados obtenidos del Convenio De Asociación Para El Comanejo De Las Áreas Y Ecosistemas De

Importancia Ambiental Del Corregimiento De San Antonio De Prado, Municipio De Medellín (12).

La evaluación de la quebrada Doña María se realizó a través del Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col), índice de bioindicación que fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores (13).

El concepto de bioindicador aplicado a la evaluación de calidad de agua, es definido como: “Especie”, que posee requerimientos particulares con relación a una o un conjunto de variables físicas o químicas, tal que los cambios de presencia/ausencia, número, morfología o de conducta de esa especie en particular, indique que las variables físicas o químicas consideradas, se encuentran cerca de sus límites de tolerancia (14).

En la ecología de los ríos, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos es de principal importancia para el entendimiento de la estructura y el funcionamiento de estos ecosistemas, como eslabón fundamental de la cadena trófica sirviendo de alimento a los peces, aves y anfibios asociados al medio acuático; como indicadores biológicos de la calidad del agua y como componentes del sistema acuático aportando riquezas y diversidad. Además, esta comunidad también provee una importante herramienta para monitoreo y programas de manejo (15).

La vigilancia biológica es reconocida, en los Estados Unidos y en Europa, como un componente esencial de los programas de vigilancia de la calidad del agua (16). Así, la vigilancia biológica y la vigilancia fisicoquímica de los ríos están consideradas como instrumentos complementarios. En general, la vigilancia biológica mide los efectos de las perturbaciones sobre las comunidades biológicas en el sitio. La vigilancia fisicoquímica mide agentes estresantes o en otras palabras la contaminación medioambiental (17).

Según la ‘Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d’eau douce du Québec’, los Macroinvertebrados bentónicos han sido establecidos como buenos indicadores de la salud de los ecosistemas acuáticos debido a su estado sedentario, ciclo variado de vida, gran diversidad y su tolerancia variable a la contaminación y a la degradación del hábitat (17).

Por consiguiente, el desarrollo de esta investigación resulta importante ya que se evidencia el papel de bioindicadores en la valoración de los ecosistemas acuáticos y como por medio de su aplicación se fortalecen los procesos de participación para la toma de decisiones de las comunidades sobre el estado de conservación de la quebrada frente a las entidades ambientales competentes.

Teniendo en cuenta la importancia de la quebrada Doña María, fuente de abastecimiento y brazo principal del Río Medellín y destacando la utilidad de implementación del índice de bioindicación BMWP, se hace imperante construir un diagnóstico que oriente al objetivo general del proyecto de investigación: Evaluar la calidad del agua de la quebrada “Doña María” a través de macroinvertebrados y parámetros fisicoquímicos, para la construcción de bases pedagógicas en el cuidado de las fuentes hídricas del corregimiento de San Antonio de Prado, 2017.

2 Marco de referencia

2.1 Marco teórico

El acelerado crecimiento poblacional, la industrialización y la urbanización son causas directamente asociadas a la contaminación de los cuerpos de agua. En el siglo XIX se realizaron los primeros estudios para determinar el daño ecológico causado al recurso hídrico en donde se encontraron las relaciones entre ciertas especies y el grado de calidad del agua (18). Los ecosistemas acuáticos mantienen una gran diversidad de organismos, incluso mayor a los terrestres, por lo que los impactos como la contaminación inducen a cambios en la estructura de las comunidades, la función biológica de los sistemas acuáticos y al propio organismo, afectando su ciclo de vida, crecimiento y su condición reproductiva (19).

Las especies indicadoras son aquellos organismos (o restos de los mismos) que ayudan a descifrar cualquier fenómeno o acontecimiento actual (o pasado) relacionado con el estudio de un ambiente. Las especies tienen requerimientos físicos, químicos, de estructura del hábitat y de relaciones con otras especies. A cada especie o población le corresponden determinados límites de estas condiciones ambientales entre las cuales los organismos pueden sobrevivir (límites máximos), crecer (intermedios) y reproducirse (límites más estrechos) (20). La estabilidad ecológica de un afluente puede ser vista como una tendencia a reducir cambios en el flujo de energía, lo que conlleva a que la estructura ecológica de las comunidades varíe con las condiciones ambientales estacionales; así, estas variaciones temporales y espaciales en la composición de especies y abundancia de individuos en las poblaciones son importantes para la estabilidad del sistema entero (13).

Los posibles efectos de una alteración de las condiciones del medio donde una comunidad habita, pueden evidenciarse a diferentes niveles. Si la perturbación es muy grande (por ejemplo, una contaminación por vertidos domésticos que agota el oxígeno del agua) los dos

efectos se notan a nivel de la comunidad entera con la única presencia de unas pocas especies tolerantes; perturbaciones intermedias (por ejemplo, un incremento de nutrientes) pueden dar lugar a otros cambios menos drásticos, como la desaparición de unas pocas especies o el incremento de la densidad de otras ya presentes o la aparición de unas terceras, más tolerantes al factor de estrés. Finalmente, algunas perturbaciones (un ligero incremento de las sales, por ejemplo) pueden no modificar la estructura de la comunidad, pero sí dar lugar a otros cambios no perceptibles a este nivel pero sí a nivel individual. Este es el caso de la presencia de tóxicos en el agua, induce en los organismos respuestas metabólicas para intentar compensar el problema generado por las condiciones del medio (21).

En este sentido, el biomonitoreo se define como un conjunto de técnicas basadas en la reacción y sensibilidad de distintos organismos vivos a diversas sustancias contaminantes presentes en el ambiente (22). Es una herramienta importante para caracterizar y comparar diferentes sitios de cuerpos de aguas en diferentes épocas.(23) En un contexto más general, el término se define como una técnica científica para evaluar los impactos ambientales, incluyendo la exposición humana a sustancias químicas naturales y sintéticas, con base en el muestreo y análisis de un individuo (24). De igual manera, se define como el uso sistemático de las respuestas biológicas que permiten evaluar los cambios en el entorno y establecer un programa de control de calidad ambiental (25).

La evaluación de contaminación por biomonitoreo puede realizarse de dos modos: En primer lugar, mediante el estudio de los efectos sobre los organismos indicadores preexistentes en el ecosistema de interés y a través de la toma de muestras del ambiente de interés y el análisis en el laboratorio de la presencia de contaminantes sobre organismos indicadores modelo. Estos índices biológicos pueden dar información no sólo de las condiciones momentáneas, sino también de lo sucedido en momentos previos a la toma de las muestras. Además, con la medición de parámetros físicos y químicos, el biomonitoreo permite evaluar el impacto que la actividad humana tiene en el medio ambiente, ya sea en ecosistemas abiertos como en efluentes industriales (22).

En concordancia con lo anterior, los macroinvertebrados acuáticos se definen como aquellos organismos que se pueden ver a simple vista; es decir, todos aquellos organismos que tengan tamaños superiores a 0.5 mm de longitud. El prefijo “macro” indica que esos organismos son retenidos por redes de tamaño entre 200–500 mm (26). Estos organismos viven sobre el fondo de lagos y ríos, enterrados en el fondo, sobre rocas, y troncos sumergidos, adheridos a vegetación flotante o enraizada, algunos nadan libremente dentro del agua o sobre la superficie (13).

Las razones por las cuales se consideran los macroinvertebrados como buenos indicadores de calidad del agua, son principalmente por su diversidad, amplia distribución y fácil recolección; son sedentarios en su mayoría y, por tanto, reflejan las condiciones de su hábitat y permiten el análisis espacial de la contaminación; son relativamente fáciles de identificar; representan los efectos de las variaciones ambientales de corto tiempo; proporcionan información para integrar efectos acumulativos; poseen ciclos de vida largos (semanas y/o meses), lo que puede ser usado para remontar efectos de contaminación durante periodos más largos; se reconocen a simple vista; pueden cultivarse en el laboratorio; responden rápidamente a los tensores ambientales y varían poco genéticamente (21). Así mismo, ofrecen distintas ventajas, incluyendo, una taxonomía en general bien conocida a nivel de familia y género, el uso de muchas especies en estudios experimentales sobre los efectos de la contaminación, poder ser muestreados de forma sencilla y barata, la sensibilidad de muchos taxa (grupos de organismos emparentados) a diferentes tipos de contaminación y la propensión de cierta especie para entrar en la columna de agua (p. ej., el flujo), que puede indicar la presencia de un contaminante. Afirmando que los invertebrados acuáticos son indudablemente los organismos más extensamente usados en el biomonitoreo de agua dulce (27).

Los primeros estudios de macroinvertebrados acuáticos en Colombia se iniciaron en la década de los años setenta (28). Las identificaciones preliminares se realizaron con base en las claves disponibles en esa época, desarrolladas en su mayoría por especialistas

norteamericanos y europeos. Una vez verificado el primer reporte con especialistas, se encontró que la mayoría del material estaba incorrectamente identificado, pues las claves de estos autores estaban hechas para zonas templadas. Por lo tanto, era necesario elaborar claves con base en las recolectas hechas en el territorio colombiano (13). Al inicio de la década de 1980 y con el apoyo de entomólogos americanos, se comenzó la elaboración de claves taxonómicas para cada uno de los grupos de macroinvertebrados acuáticos presentes en Colombia. En este proyecto participaron estudiantes del Programa de Biología de la Universidad de Antioquia, quienes aportaron a través de sus trabajos de pregrado valiosa información al conocimiento de los diferentes órdenes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. Como producto de estos estudios Gabriel Roldán (1988) publicó la “Guía para el Estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia”, trabajo que sirvió de referencia para el inicio del conocimiento de las comunidades de estos organismos en diferentes regiones de Colombia y de Latinoamérica (28).

El método BMWP Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores (29). El método sólo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica (13). La aplicación de este método se ha desarrollado en variados estudios, uno de ellos fue realizado por la Universidad Mayor de San Simón (Bolivia), sobre los índices biológicos de la calidad del agua, donde se pudo identificar y describir los principales grupos de organismos indicadores de la calidad de los afluentes y a su vez se pudo conocer la importancia del uso de estos indicadores para beneficio humano, en el cual se pudo percibir que los macroinvertebrados son los más recomendados por ser un grupo muy heterogéneo que crea la posibilidad de varias respuestas a diferentes tipos de presiones ambientales, la vida sedentaria de la mayoría de estas especies hace posible que se realicen estudios espaciales y sus ciclos de vida relativamente largos, permiten realizar estudios de variación temporales (22).

Por otra parte, en el departamento de Caldas (Colombia), se realizó en el año 2012 el estudio de la *Calidad del agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná*, basado en la evaluación de la calidad del agua por medio del índice biótico BMWP y EPT, ejecutado en tres muestreos de las quebradas El Diamante, La Oliva y el río Chinchiná, ubicadas en la cuenca alta del río Chinchiná. Donde se colectaron un total de 7486 macroinvertebrados y se encontró que la estación uno y dos presentaron aguas muy limpias con puntajes de 155 y 157 respectivamente y la estación tres aguas no contaminadas, con un valor de 109. Así mismo, se evaluaron variables fisicoquímicas en cada sitio de muestreo y se relacionaron los resultados obtenidos con los índices bióticos BMWP y EPT, lo que indicó, que existen diferencias entre la calidad de agua de las estaciones 1 y 2 con respecto a la estación 3 (30).

Adicionalmente, en la jurisdicción del Departamento de Antioquia, se analizó la calidad del agua de la Quebrada La Pópala teniendo como base de estudio, las variables físicas, químicas, microbiológicas y macroinvertebrados acuáticos. Para el análisis de macroinvertebrados se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Weaver (1949), dominancia de Simpson (1949) y equidad de Pielou (1966) y también se aplicaron los índices bióticos BMWP modificado para Antioquia por Roldán (2003) y el índice ETP. Se encontró que los resultados de las variables físico-químicas y de macro invertebrados acuáticos de mayor distribución indican mejores condiciones ambientales en las estaciones 1 y 2, y un deterioro del agua en el sitio de muestreo ubicado cerca de la desembocadura de esta corriente al Río Cauca (31).

Así mismo, para el año 2013 en el monitoreo ambiental de la cuenca hidrográfica del Río Medellín, en la jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, entre la alianza con la Universidad de Antioquia, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad de Medellín y la Universidad Nacional, se destaca la importancia de los organismos acuáticos para determinar la calidad de las aguas, al mismo tiempo se analiza la presencia de diversos organismos a lo largo del río Aburrá – Medellín y la variación en su composición y

abundancia como indicadores de la calidad del agua en los diferentes tramos de la cuenca. Además se destaca que en el punto de muestreo más alto del río (en la estación San Miguel), se encuentra una mayor riqueza de macroinvertebrados y la mayoría de éstos indican una buena calidad de agua (32).

Para el año 2015, se realiza en San Antonio de Prado, el monitoreo de aguas y humedales dentro del convenio de asociación para el comanejo de las áreas y ecosistemas de importancia ambiental para el corregimiento, donde se estudian puntos específicos enmarcados en el monitoreo de aguas, el estado ambiental de humedales, la bioindicación con macroinvertebrados y la evaluación de la calidad de retiros y cauces. Para el estudio de bioindicación con macroinvertebrados se recolectaron muestras de 64 sitios referenciados en 19 quebradas afluentes de la quebrada Doña María, se procesaron e identificaron un total de 9.855 individuos repartidos en 5 phylum, 12 órdenes, 56 familias y 61 géneros (12). Igualmente para el mismo estudio, se resalta la necesidad de incluir a las comunidades en las problemáticas ambientales presentes y se recomienda trabajar en los asuntos de cultura ambiental y sentido de pertenencia territorial, de manera que los fenómenos de contaminación y degradación ambiental, sean mejor reconocidos (12). Así mismo, se considera indispensable incluir la participación de las comunidades locales, las cuales podrán utilizar el biomonitoreo como un sistema de alarma temprana en caso de contaminación y contribuir así a la conservación de sus ambientes acuáticos (18). El monitoreo de la calidad del agua, particularmente el biomonitoreo puede ser una herramienta de participación y ciencia ciudadana de gran impacto en nuestros países (23).

El objeto de estudio de esta investigación es la Quebrada Doña María localizada en jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) y de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA) ubicada al suroccidente de Medellín.

2.2. Marco geográfico

La cuenca Doña María se encuentra localizada al occidente del Valle de Aburrá. Nace en el Cerro del Padre Amaya en San Antonio de Prado a 3150 msnm. La parte alta y media de la cuenca pertenecen a este corregimiento y la parte baja la ocupa el perímetro urbano de Itagüí desembocando en el Río Medellín a 1514 msnm (33). Limita al occidente con los municipios de Heliconia y Angelópolis, al oriente con el corregimiento de AltaVista, al norte con los corregimientos San Cristóbal y Palmitas y al sur con los municipios de Itagüí y La Estrella (12).

La parte de la cuenca correspondiente a San Antonio de Prado tiene un área de 6061 ha, siendo la cuenca de mayor extensión del municipio de Medellín, de esta área, 5602 ha (92.4%) se encuentra en suelo rural, 372,8 ha (6.1%) es suelo urbano y el restante 1.4% es área de expansión. El área completa de la cuenca, incluyendo lo correspondiente a San Antonio de Prado, La Estrella e Itagüí es de 71,4 Km². A esta tributan directamente más de 90 microcuencas (La Manguala, La Despensa, La Limona, La Cabuyala, La Cajones, El Barcino, La Zulia, La Astillera, La Larga, La Piedra Gorda, La Isabela, La Popala, La Zorrita, La Guapante, etc.), todas jóvenes, con fuertes pendientes, alta rugosidad y recorridos cortos (12).

2.3. Marco legal

A continuación, se hará mención del marco normativo que reglamenta el actual estudio, enmarcado a evaluar la calidad del agua de uno de los afluentes principales de San Antonio de Prado.

Cuadro 1. Marco jurídico

Ley, Decreto o Resolución	Define
Decreto 1575 de 2007 (48)	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
Resolución 2115 de 2007 (49)	Se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano
Código Sanitario Nacional Ley 09 de 1979 (50)	Art. 51 a 54: Control y prevención de las aguas para consumo humano. Art. 55 aguas superficiales. Art. 69 a 79: potabilización de agua
Decreto 79 de 1986 (51)	Conservación y protección del recurso agua
Ley 99 de 1993 (52)	Prevención y control de contaminación de las aguas.
Decreto 605 de 1996 (53)	Reglamenta los procedimientos de potabilización y suministro de agua para consumo humano
Decreto 1076 de 2015 (54)	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible

Cuadro 2. Marco normativo

Guía o Política	Define
Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia (13)	Caracterización de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia
Documento CONPES 1750 de 1995 (55)	Políticas de manejo de las aguas
Documento CONPES 3550 de 1995 (56)	Lineamientos para la formulación de la política integral de salud ambiental con énfasis en los componentes de calidad de aire, calidad de agua y seguridad química
Plan Decenal de Salud Pública 2012-2021 (57)	Salud ambiental
Objetivos del Desarrollo Sostenible (58)	<p>Objetivo #6 Agua limpia y saneamiento</p> <p>Objetivo #13 Acción por el clima</p> <p>Objetivo #14 Vida submarina</p>

3 Planteamiento del problema

Uno de los principales problemas que en la actualidad aquejan a las poblaciones es la contaminación de las fuentes hídricas, la cual se ve agudizada por el crecimiento de la industrialización, lo cual conlleva al incremento de las actividades humanas causantes de generar o aportar en grandes cantidades de contaminantes al agua (34). Entre los contaminantes más significativos del agua generados por las actividades humanas se encuentran microbios patógenos, nutrientes, sustancias que consumen el oxígeno del agua, metales pesados y materia orgánica persistente, así como sedimentos en suspensión y pesticidas, los cuales, en su mayoría, provienen de fuentes difusas (no localizadas) (35).

En los países desarrollados, la normatividad ha restringido el vertido de contaminantes a la industria y a los procesos agrícolas en los lagos, arroyos y ríos. Por otro lado, en los países en vías de desarrollo más del 80% de las aguas residuales se descargan sin tratamiento (34). En efecto, pese a que Colombia es el sexto país con mayor oferta hídrica en el mundo (35), el Ministerio de Medio Ambiente calcula que la mitad de los recursos hídricos tienen problemas de calidad y se estima que la industria, el sector agropecuario y las aguas domésticas generan 9 mil toneladas de materia orgánica contaminante de los acuíferos (36).

Colombia posee abundante agua que no está siendo utilizada correctamente y cuya disponibilidad es un problema para muchos municipios como es el caso de Medellín, la cual registra 4.217 fuentes hídricas. En el último monitoreo, realizado en el 2014 por la Contraloría General de Medellín sobre recursos naturales los investigadores señalan que esta situación es preocupante, pues han observado cómo en los últimos cinco años, la categoría de calidad ‘deficiente’ ha venido creciendo desde 32,4% en 2010 hasta un 45,6% en 2014 (37). Así mismo, según los resultados del monitoreo de aguas y humedales del convenio de asociación para el comanejo de las áreas y ecosistemas de importancia ambiental para el corregimiento de San Antonio de Prado, se evidencia que algunos de los

afluentes del corregimiento han rebasado la oferta natural de agua, teniendo en cuenta además que gran parte del agua se encuentra en un estado de deterioro tal que hace imposible su tratamiento y además, a que la invasión de retiros tanto de los trayectos de quebradas como de las zonas de nacimientos garantizan menos oferta del agua en tiempos de sequía (12).

La quebrada Doña María, es un afluente que se caracteriza por ser el brazo más importante del río Medellín. Además, algunos de los ramales importantes de la quebrada, como el afluente de La Manguala (12) alimentan por captación directa de agua, a diferentes puntos de recolección para el aprovechamiento de los habitantes del corregimiento de SADEP; quienes, han manifestado su inconformidad frente a la actual problemática por las altas cargas contaminantes de aguas residuales, residuos sólidos, químicos y desechos industriales en forma indiscriminada y constante de la quebrada (33).

Actualmente se aplican tres criterios para medir la calidad del agua: variables físicas, químicas y biológicas, teniendo más utilización los fisicoquímicos, pero siendo estos de alto costo y de mayor complejidad. La implementación de indicadores biológicos tiene varias ventajas respecto a los análisis físico- químicos, por ejemplo, que las poblaciones de animales y plantas acumulan información que los análisis fisicoquímicos no detectan, es decir, las especies y comunidades bióticas responden a efectos acumuladores intermitentes que en determinado momento un muestreo de variables químicas o físicas pasan por alto. Además, como no es factible tomar muestras de toda la biota de un sistema acuático, la selección de algunas pocas especies indicadoras simplifica y reduce los costos de valoración sobre el estado del ecosistema, a la vez que se obtiene solo la información pertinente, desechando un cúmulo de datos difícil de manejar e interpretar (38).

A lo largo de este proyecto de investigación, se ha evidenciado la importancia que tiene el trabajo comunitario en los procesos de búsqueda para consolidar procesos participativos e incluyentes. La sensibilización en el uso y aplicación del índice de bioindicación resulta importante así como la conservación de las fuentes hídricas, para el fortalecimiento de los

procesos de participación para la toma de decisiones de la comunidad sobre el estado de conservación de los afluentes hídricos del corregimiento, contribuyendo con la generación de información y reportes necesarios para las entidades ambientales competentes del sector, como: Acueductos veredales, Mesa Ambiental de San Antonio de Prado, integrantes de las Juntas de Acción Comunal, entre otros actores.

Teniendo en cuenta la importancia de la quebrada Doña María, fuente de abastecimiento y brazo principal del Municipio de Medellín y destacando la utilidad de implementación del índice de bioindicación BMWP, se hace imperante construir un diagnóstico que permita responder la siguiente pregunta de investigación ¿cuál es la calidad del agua de la quebrada “Doña María” ubicada en el corregimiento de San Antonio de Prado a través de la aplicación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos y biológicos?

4 Objetivos

4.1 Objetivo General

Evaluar la calidad del agua de la quebrada “Doña María” a través de macroinvertebrados y variables fisicoquímicas, para la construcción de bases pedagógicas en el cuidado de las fuentes hídricas del corregimiento de San Antonio de Prado, 2017.

4.2 Objetivos específicos

- Identificar las diferentes familias de macroinvertebrados que se encuentran en el tramo medio-alto, medio y medio-bajo de la Quebrada “Doña María” para la aplicación del índice de Bioindicación BMWP/COL
- Realizar análisis fisicoquímico en los diferentes tramos de la quebrada Doña María
- Sensibilizar a los actores que se encuentran relacionados con el cuidado y conservación de la cuenca hídrica de San Antonio de Prado en las temáticas de conservación del recurso hídrico y en la aplicación del índice de Bioindicación BMWP/COL

5 Justificación

En la actualidad, la evaluación de la calidad del agua, contribuye a alcanzar las metas establecidas en los Objetivos del Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas), donde se pueden resaltar: Salud y bienestar, Agua limpia y saneamiento, y Ciudades y comunidades sostenibles (ODS) (7) lo que destaca la importancia y pertinencia de identificar diferentes características en la quebrada Doña María, teniendo en cuenta, que este proyecto de investigación es útil para abarcar un problema de contaminación y contribuir al mejoramiento del estado de la quebrada, del medio ambiente y de la comunidad, por medio del empoderamiento social, la toma de decisiones y las acciones que han sido llevadas a cabo en busca de corregir y recuperar las fuentes hídricas del corregimiento.

La ejecución de este proyecto tuvo un gran número de beneficiarios involucrados, entre los que se pueden resaltar: la comunidad del corregimiento de San Antonio de Prado y sus diferentes actores: Mesa Ambiental, Juntas de Acción comunal (El Vergel, Barichara, Rosaleda, Aragón, Limonar), miembros de la Junta de Acción Local, guardabosques, miembros de la Corporación PRO ROMERAL, Mesa del agua y diferentes acueductos veredales del sector. Además de aportar al programa de Administración en salud: con énfasis en gestión sanitaria y ambiental, se articularon integrantes activos del semillero SISAQ, quienes fueron capacitados previamente en temas de conservación del recurso hídrico y Bioindicación con macroinvertebrados, para servir de apoyo en los talleres teórico/prácticos ejecutados con la comunidad.

Lo anterior se dio a través de la creación de fundamentos sólidos en el análisis biológico del agua (con macroinvertebrados), temática que no se incluye dentro del pensum del programa académico actual. Por otro lado, se generó interés e inquietud en los estudiantes de la facultad en sus diferentes énfasis, específicamente los estudiantes del énfasis ambiental, quienes realizaron diferentes cuestionamientos dentro del proceso de separación e

identificación del material y reconociendo que este eje temático es un pilar fundamental dentro de nuestra formación profesional en el estudio de la calidad del agua.

Además, se fortaleció la participación comunitaria mostrando resultados positivos en la ejecución de alternativas para el mejoramiento de las cuencas hídricas del corregimiento y se brindan instrumentos para el monitoreo, estudio y la toma de decisiones, apoyando directamente todo el proceso de Monitoreo de calidad Ambiental de las Aguas del Corregimiento, llevado a cabo por la Mesa Ambiental y la Corporación Pro Romeral de San Antonio de Prado.

6. Metodología

6.1 Área de estudio:

La quebrada Doña María es una de las cuencas más grandes y caudalosas entre las tributarias del río Aburrá. Es la cuenca a cuyo cauce principal vierten las 18 quebradas incluidas en el programa de monitoreo ambiental de calidad del agua y de los retiros de quebradas en San Antonio de Prado (12). En la parte alta y media de la cuenca se encuentra el corregimiento de San Antonio de Prado (corregimiento del municipio de Medellín) principalmente rural, como también lo es la fracción del territorio correspondiente al municipio de La Estrella. En la parte baja se encuentra el municipio de Itagüí, quien posee el mayor porcentaje de área urbanizada en la cuenca (39).

En el corregimiento de San Antonio de Prado, la quebrada Doña María comienza a presentar gran deterioro de su calidad, debido a la presencia de diversas actividades que ejercen presión sobre ella. Es prácticamente desde el casco urbano del corregimiento que la quebrada comienza su deterioro principalmente por el vertimiento de aguas residuales domésticas. En la parte baja, la industrialización contribuye al deterioro debido al arrojado de desechos industriales (40).

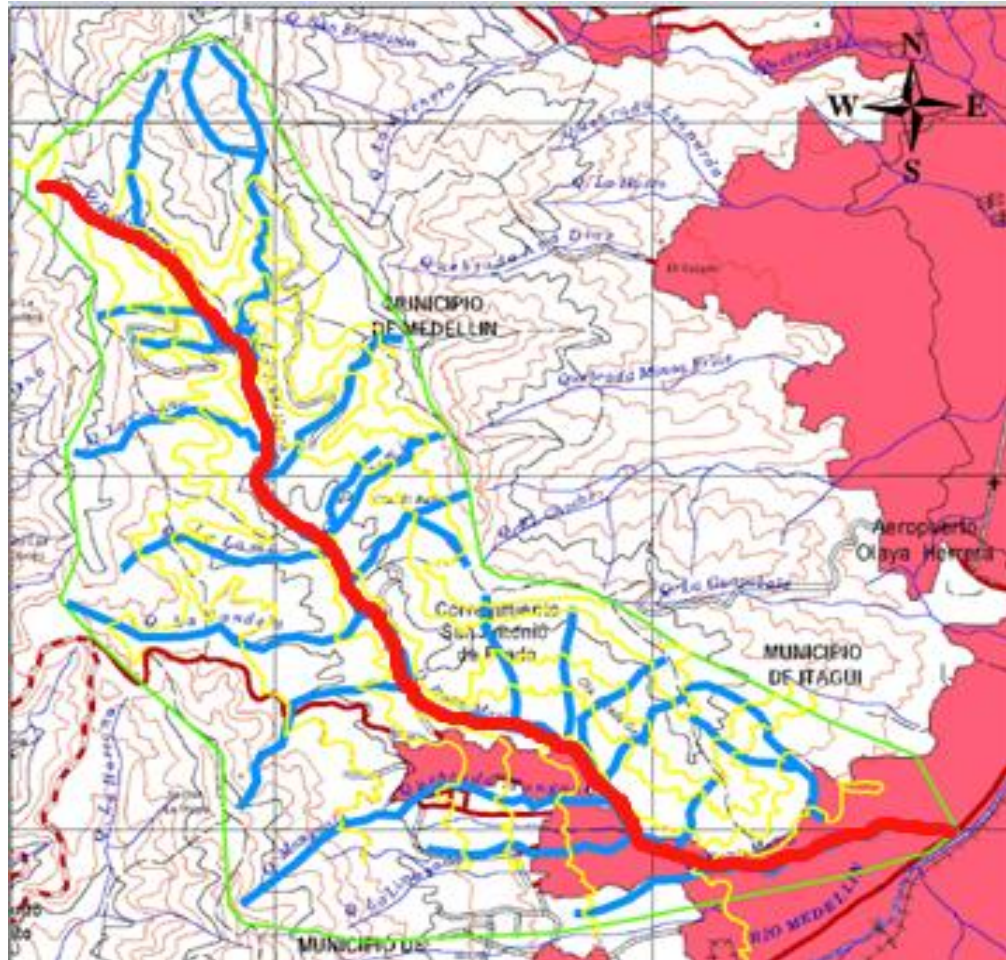


Figura 1. Ubicación de la quebrada Doña María en el programa ArcGIS

6.2 Muestreo de Macroinvertebrados acuáticos

Se realizó un estudio de carácter descriptivo teniendo como elemento de intervención principal la observación, ya que a través de este instrumento se pueden conocer detalladamente las características que definen la calidad del agua de la quebrada Doña María.

Para la toma de muestras de análisis fisicoquímicos y biológicos (macroinvertebrados), se seleccionaron 3 puntos ubicados en los tramos medio-alto en el Puente Real entre Astilleros y el Salado, tramo medio a la altura de “El Kiosco”, y tramo medio-bajo en la vereda “La Verde”, seleccionados estratégicamente teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Nivel de profundidad del cauce de la quebrada Doña María máximo de 70cm
- Ingreso accesible por vía terrestre
- Espacio adecuado para la realización del muestreo
- Sitio apto en cuestiones de seguridad personal
- Velocidad de la corriente estable que permita la instalación de los equipos de muestreo y del personal.
- Sitios de muestreos con diferentes características ecosistémicas, asentamientos humanos, actividades antrópicas y naturales.

La recolección de los datos se ejecutó longitudinalmente, tomando dos muestras entre los periodos de Marzo – Junio del año 2017, para analizar los cambios ocurridos por las condiciones a las cuales se ve sometida la cuenca (Factores que determinan el ciclo de vida de los macroinvertebrados, precipitaciones climáticas, descargas de ARA, ARI, ARD).

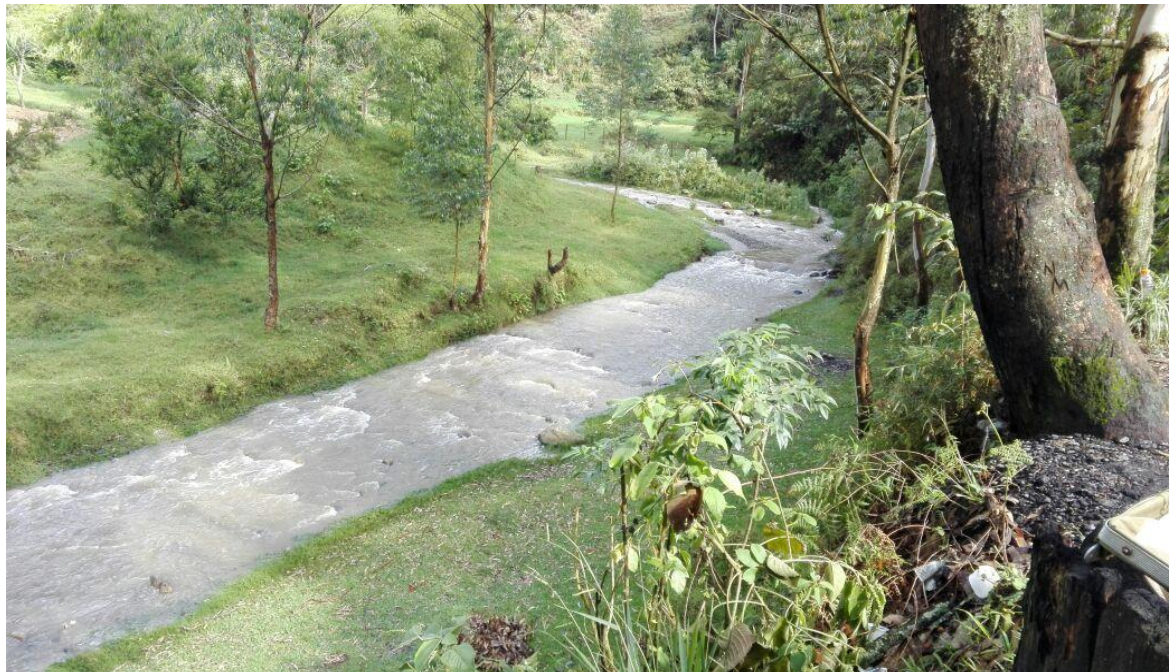


Figura 2. Tramo medio-alto en el Puente Real entre Astilleros y el Salado.



Figura 3. Tramo medio-alto en el Puente Real entre Astilleros y el Salado.



Figura 4 . Tramo medio-bajo ubicado en la vereda La Verde

6.3 Actividades de campo

Para la aplicación del índice BMWP/COL, fue necesario tomar como unidad de análisis a los macroinvertebrados, los cuales facilitan el estudio de los resultados y sobre quien se basa el índice de bioindicación para aplicar los parámetros de caracterización del agua. Para la recolección de los macroinvertebrados se utilizaron 2 técnicas: Uso de red Surber y D-Net para la colecta en la longitud de la quebrada (que comprende zonas lenticas y lólicas) y método de recolección manual con levantamiento de rocas, ramas sumergidas y troncos, en cuya superficie se encontraron numerosos organismos acuáticos adheridos, donde se utilizaron pinzas de aluminio de punta fina para facilitar la recolección y no dañar las estructuras externas de los macroinvertebrados. Así mismo, se realizó deposición del material en recipientes con alcohol al 96%. La técnica de recolección se aplicó de igual manera para los dos muestreos en los diferentes tramos, e inclusive en el desarrollo de las actividades prácticas del trabajo comunitario. (Figura 5)



Figura 5. Recolección de material con red Surber en tramo medio-alto. Muestra No. 1

6.3.1 Muestreo N°1

El día 21 de marzo de 2017 se realizó la primera toma de muestras de macroinvertebrados en la quebrada Doña María. En primer lugar, se identificaron los microhábitats específicos preferidos por los macroinvertebrados para proceder al ingreso de la quebrada con la Red D-Net, las pinzas y las bolsas plásticas para almacenar el material colectado.

En segundo lugar, para iniciar el proceso de recolección de macroinvertebrados, una persona se ubicaba en contra de la corriente mientras sostenía la red con ambas manos, mientras la otra, colocada en dirección contraria de la corriente, removía el fondo con los pies y con las manos. El material removido se acumulaba en la red y con él, los macroinvertebrados que se encontraba en el sustrato. Posteriormente y con la ayuda de las pinzas, se recolectó el material que se encontraba en la superficie de las rocas, en los retiros de la quebrada y en las partes donde algunos macroinvertebrados quedaban adheridos en la malla. Una vez terminada la recolección del material, se depositó en bolsas plásticas y se adicionó alcohol al 96%, con el fin de conservar las estructuras de los organismos acuáticos para su futura identificación y análisis.

Dada la importancia de conocer las características ecosistémicas alrededor de la quebrada fue importante realizar una observación detallada de las condiciones que se presentaban en el lugar del muestreo como la presencia de asentamientos humanos, instalación de tuberías que podían ser punto de contaminación para la quebrada, presencia de animales, cobertura vegetal, disposición de residuos a lo largo del trayecto y construcción de estructuras dentro de la quebrada.

El monitoreo cubrió un área total de 30 metros a lo largo de la quebrada, para un muestreo representativo y suficiente de macroinvertebrados, finalizando el muestreo de este punto a las 10:07 am

6.3.2 Muestreo N°2

Exactamente tres meses después, el día 21 de junio se realizó el segundo muestreo en los sitios anteriormente definidos para recolectar el material biológico. Para este muestreo se utilizó una red Surber en donde el proceso de muestreo se realizó de la misma manera que en el primer muestreo. En esta oportunidad, con el fin de complementar los resultados del estado actual de la calidad del agua se realizaron muestreos físicos, químicos y microbiológicos en campo, utilizando un equipo multiparamétrico modelo *HI 9828* (calibrado con anterioridad para graduar los sensores) y determinar los siguientes parámetros: PH, Temperatura, Oxígeno disuelto, Conductividad eléctrica, Salinidad, TDS, Potencia de Oxido reducción (*Figura 6*). El equipo Hanna 9828 tomó entre 47 y 60 datos por cada parámetro, los cuales procedieron a ser promediados para su posterior análisis.

Por otra parte, para el análisis de los parámetros Coliformes totales y fecales, DQO, DBO (5) y Turbidez se tomaron las respectivas muestras puntuales en los tres sitios de muestreo, las cuales se llevaron al laboratorio acreditado GDCON Grupo de Diagnóstico y Control de la Contaminación de la Universidad de Antioquia y certificado por el IDEAM y la ONAC. En el caso de la muestra del DBO (5) se añadieron 5 gotas de Ácido sulfúrico (H_2SO_4) para conservarla, además, se refrigeraron con hielo y geles enfriantes hasta la recepción de las muestras.



Figura 6. Calibración del equipo multiparamétrico para muestreos físicos y químicos

6.4 Actividades de laboratorio

6.4.1 Procesamiento de las muestras

Las muestras colectadas se colocaron en bandejas de colores claros, bien iluminadas, y con la ayuda de pinzas de aluminio de punta fina se procedió a la separación de los organismos. El sedimento se fue removiendo cuidadosamente de un extremo a otro de la bandeja, hasta asegurarse de que no quedaran organismos.

6.4.2 Identificación taxonómica y preservación

Una vez separado el material, se trasladaron los organismos a pequeños frascos de plástico que contenían alcohol etílico al 96%.

Posteriormente, a través de un estereoscopio, se hizo la determinación de los macroinvertebrados hasta el nivel de familia, por medio de una clasificación taxonómica donde se observó la longitud relativa del cuerpo, colores, presencia de manchas, presencia de tentáculos, el número de las patas, presencia de vellosidades, alas, presencia o no de agallas y otras características ilustradas en la Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia desarrollado por Gabriel Roldán Pérez donde se realiza una introducción del animal a describir, sus características biológicas, ecológicas, su distribución geográfica y las características taxonómicas que lo identifican, analizando el macroinvertebrado desde una vista dorsal, ventral y lateral (41) (*Figura 7*). Además se estudiaron otras guías de claves taxonómicas como la Guía para la identificación de macroinvertebrados acuáticos y claves para macroinvertebrados de ríos de Chile de Alejandro Palma, la guía de identificación de macroinvertebrados en agua dulce realizada por la organización Stroud “Water research center” y la guía de campo de los macroinvertebrados para la quebrada Menzuly en Santander-Colombia. Cada recipiente de plástico, fue marcado internamente con una etiqueta que identifica el lugar de toma de muestra, el tramo de recolección, los colectores, el orden del animal, la familia y la fecha.



Figura 7. Identificación de macroinvertebrados con estereoscopio.



Figura 8. Libro de identificación de macroinvertebrados (Roldán)

6.5 Análisis de datos

Para el análisis de los resultados según el material colectado, el estudio se basó en la Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia, Guía de campo para los macroinvertebrados de la quebrada Menzuly, Santander Colombia y Guía para la identificación de Macroinvertebrados de agua dulce para la respectiva identificación de los organismos, hasta el nivel de familia (*Figura 8*). Además, se contó con el apoyo de Rodrigo Gallego y Eliana Contreras, biólogos con experiencia, que lograban verificar las características particulares de cada organismo acuático.

Así mismo, se utilizó el índice de Bioindicación BMWP/COL referenciado en el libro de Biodiversidad, conservación y uso de los macroinvertebrados dulceacuícolas de México, Centroamérica, Colombia, Cuba y Puerto Rico (23) para determinar las puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados según su sensibilidad a la contaminación, dónde se asignó un valor entre 1 y 10 según correspondiera el caso (41), además se pudo diagnosticar la calidad del agua y el valor resultante de cada tramo como se evidencia en el *Cuadro 3. Clasificación de la calidad del agua con base en el indicador BMWP/Col, significado y colores para las representaciones.*

Tabla 1. Puntajes asignados a las diferentes familias de macroinvertebrados* (23)

FAMILIAS	PUNTAJES
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Griptopterygidae, Lampyridae, Odontoceridae, Perlidae, Polymitarcyidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Coryphoridae, Ephemeraeidae, Euthyplociidae, Gomphidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Limnephilidae, Oligoneuriidae, Philopotamidae, Platystictidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Atyidae, Calamoceratidae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydraenidae, Hydroptilidae, Leptoceridae, Lymnaeidae, Naucoridae, Palaemonidae, Pseudothelphusidae, Trichodactylidae, Saldidae, Sialidae, Sphaeriidae.	8
Ancylidae, Baetidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Crambidae, Dicteriadidae, Dixidae, Elmidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydrobiidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Lestidae, Ochteridae, Pyralidae.	7
Aeshnidae, Ampullariidae, Caenidae, Corydalidae, Dryopidae, Dugesiidae, Hyriidae, Hydrochidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Mycetopodidae, Pleidae, Staphylinidae.	6
Ceratopogonidae, Corixidae, Gelastocoridae, Gyrinidae, Libellulidae, Mesoveliidae, Nepidae, Notonectidae, Planorbidae, Simuliidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Belostomatidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Ephydriidae, Glossiphoniidae, Haliplidae, Hydridae, Muscidae Scirtidae, Empididae, Dolichopodidae, Hydrometridae, Noteridae, Sciomyzidae.	4
Chaoboridae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Stratiomyidae, Tipulidae.	3
Chironomidae (cuando no es la familia dominante), Isotomidae, Culicidae, Psychodidae, Syrphidae.	2
Haplotaxida, Tubificidae.	1

*Tabla tomada de: Alonso-Eguális, Perla Mora, Manuel Campbell, Bruce Springer, Monika Diversidad, conservación y uso de los macroinvertebrados dulceacuícolas de México, Centroamérica, Colombia, Cuba y Puerto Rico. [Trabajo de grado Administración

en Salud énfasis Gestión Sanitaria y Ambiental]. Medellín: Facultad Nacional de Salud Pública, 2017

Cuadro 3. Clasificación de la calidad del agua con base en el indicador BMWP/Col, significado y colores para las representaciones (23)

Clase	Calidad	Valor del BMWP/ Col	Significado	Color
I	Buena	≥ 150	Aguas muy limpias	Blue
		123-149	Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	71-122	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de la contaminación	Green
III	Dudosa	46-70	Aguas moderadamente contaminadas	Yellow
IV	Crítica	21-45	Aguas muy contaminadas	Brown
V	Muy crítica	< 20	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica	Red

*Tabla tomada de: Alonso-egu, Perla Mora, Manuel Campbell, Bruce Springer, Monika Diversidad, conservación y uso de los macroinvertebrados dulceacuícolas de México, Centroamérica, Colombia, Cuba y Puerto Rico. [Trabajo de grado Administración en Salud énfasis Gestión Sanitaria y Ambiental]. Medellín: Facultad Nacional de Salud Pública, 2017

6.6 Sensibilización y capacitación comunitaria

Se realizó un taller teórico y uno práctico con 2 grupos de diferentes roles y cargos participativos en San Antonio de Prado, donde se tuvo el apoyo continuo de la Corporación Pro Romeral con sus instalaciones, materiales y personal de apoyo, y además se contó con

la participación de integrantes del Semillero SISAO de la Universidad de Antioquia, quienes fueron capacitados con antelación.

Los talleres teóricos se realizaron el día sábado 03 y 10 de junio de 2017 en el horario de 1:00pm a 5:00pm en las instalaciones del aula ambiente La Toluca, ubicada en la vereda El Vergel y los talleres prácticos se desarrollaron en 2 quebradas del corregimiento (La Cabuyala y La Manguala), los días domingo de 9:00am a 12:00m.

6.6.1 Temáticas

La capacitación de los semilleros y el contenido de los talleres teóricos y prácticos se realizaron con la ayuda de docentes de la Facultad Nacional de Salud Pública a quienes se les pidió sugerencia de las temáticas y actividades a desarrollar en las dos semanas de trabajo. En este sentido, se realizó una agenda (*Anexo 4*) para el manejo de los tiempos de las actividades y se realizó una presentación de PowerPoint dividida en dos bloques programáticos, el primero basado en la conservación del recurso hídrico, enfermedades hídricas, causas y consecuencias de la contaminación del agua; y el segundo enfocado a la Bioindicación con macroinvertebrados donde se expusieron los siguientes temas: (el contenido completo de cada temática se encuentra en el *Anexo 10*)

Primer bloque programático:

- Qué es el agua potable
- Importancia de la potabilización del agua para la salud
- Requisitos para considerar el agua potable, según OMS
- Procesos de potabilización del agua
- Contaminación del agua
- Agentes que contaminan el agua
- Causas de contaminación del recurso hídrico

- Consecuencias de la contaminación del recurso hídrico
- Enfermedades hídricas
- Escasez de la agua

Segundo bloque programático:

- Qué es monitoreo
- Monitoreo de afluentes hídricos
- Análisis físicos, químicos, microbiológicos y biológicos
- Macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua
- Clasificación de macroinvertebrados y su hábitat
- Índice de bioindicación BMWP/Col (Roldán, 2003)
- Descripción metodológica del trabajo en campo
- Claves taxonómicas para identificar macroinvertebrado
- Principales órdenes y familias de macroinvertebrados

6.6.2 Capacitación a integrantes del Semillero de Investigación en Salud, Ambiente y Salud Ocupacional SISAO

Es importante resaltar la participación que tuvo el Semillero de investigación en Salud, Ambiente y Salud Ocupacional SISAO en las diferentes actividades realizadas con la comunidad del corregimiento de San Antonio de Prado. Con el propósito de incluir al semillero en la ejecución del trabajo de investigación para aportar nuevos conocimientos a los semilleristas y tener un apoyo en el desarrollo de los talleres comunitarios, se convocó públicamente por medios electrónicos a todos los integrantes del semillero SISAO con el ánimo de dictar una capacitación en los temas de conservación del recurso hídrico y bioindicación; y presentar la oportunidad de participación de algunos integrantes en la ejecución del objetivo N°3 de este proyecto los días 3,4,10 y 11 de junio en un taller teórico dictado en el aula ambiental La Toluca y un taller práctico realizado en la quebrada La Cabuyala o La Manguala del corregimiento de San Antonio de Prado. (*Figura 9*)

Además de las temáticas mencionadas anteriormente, se realizó una actividad de acercamiento con los macroinvertebrados donde se mostraba a los estudiantes, las características taxonómicas más representativas y se hizo entrega de un formato para conocer la evaluación de la calidad del agua con el índice de Bioindicación BMWP/Col (Roldán, 2003), donde se expuso un caso para la aplicación del índice. Por otro lado, se dio a conocer la agenda programada para trabajar con la comunidad y se explicó cada una de las actividades a desarrollar, con el objetivo de que los estudiantes tuvieran claridad de su papel como equipo de apoyo en el trabajo comunitario. Finalmente se agradeció por la participación e interés y se recibieron sugerencias sobre el desarrollo de las actividades y la distribución del tiempo agendado.



Capacitación: Bioindicación con macroinvertebrados y conservación del recurso hídrico

“Una oportunidad de acercamiento en bioindicación y participación comunitaria”

Martes 23 de Mayo, desde la 1:00pm



Certificado de participación
N° de personas participantes: 5-8

CORPORACIÓN PRO ROMERAL

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803

Figura 9. Invitación enviada por medios electrónicos a los integrantes del semillero SISAO.

6.6.3 Sensibilización a la comunidad de San Antonio de Prado

6.6.3.1 Convocatoria de participantes

La selección de los participantes se hizo a través de una base de datos facilitada por la Corporación Pro Romeral en donde se encontraban personas, grupos y organizaciones con interés ambiental de los diferentes sectores del corregimiento de San Antonio de Prado. Luego de la obtención de la base de datos se dio paso a la convocatoria por medio del envío de una carta (invitación) física donde se animó a las personas a participar por la metodología dinámica de los talleres y donde se especificaba el propósito de la sensibilización, la intensidad horaria, la fecha, el lugar de ejecución de la actividad (*Anexo 3*), además de esto se realizaron llamadas telefónicas para la confirmación de asistencia al evento.

6.6.3.2 Actividades integradas al desarrollo de los talleres

- **Mapa cartográfico Socioambiental:** Para la realización de la actividad 1 se dividió el auditorio en 5 grupos a los cuales se les hizo entrega del croquis del Corregimiento de San Antonio de Prado con el objetivo de que ubicaran los afluentes principales, los posibles focos de contaminación y las actividades económicas que allí se realizan buscando así un reconocimiento y ubicación del territorio.
- **Emparejamiento de tarjetas:** Para llevar a cabo dicha actividad se hizo entrega de unas tarjetas con diferentes causas y consecuencias de la contaminación del agua, donde los participantes debían establecer una relación entre las tarjetas, según correspondiera.

- **Conociendo a los macroinvertebrados:** Se dispuso de seis cajas de Petri con diferentes macroinvertebrados sobre una hoja blanca, pinzas, lupa y un lapicero, con el objetivo de que los talleristas observaran los individuos vistos en la exposición y logaran identificar según lo explicado, la familia o el orden de los mismos.
- **Línea del tiempo:** Se dividió el auditorio en dos grupos a los cuales se les hizo entrega de un papel periódico el cual tenía una línea del tiempo trazada y dividida en tres periodos: 10-15 años atrás, actualidad, y futuro. La actividad consistía en asociar los tres periodos de tiempo con la evolución que ha tenido el agua en el corregimiento, asociando los hábitos de conservación, el crecimiento poblacional y la disponibilidad del recurso hídrico para el futuro.
- **Observación de maqueta:** Para abarcar la temática de “Procesos de potabilización del agua” se contó con una maqueta que logró ilustrar el contenido de la explicación realizada. Dicha maqueta fue prestada por María Patricia Zapata, docente de la Facultad Nacional de Salud Pública. (*Figura 10*)



Figura 10. Maqueta ilustrativa del proceso de potabilización del agua

6.6.3.3 Desarrollo de los talleres teórico/práctico

Taller teórico

Inicialmente, para dar inicio a la sesión, se realizó una breve explicación del proyecto de trabajo de grado, se dio a conocer nuestro programa académico y se presentó el grupo de apoyo conformado por semilleristas de la FNSP. Además, se invitó a las personas de la comunidad a la construcción y apropiación del espacio para cumplir con el objetivo del taller y finalmente se agradeció por la participación y asistencia.

En primera instancia se realiza la actividad 1 denominada cartografía socio ambiental, donde los participantes debían ubicar sobre el croquis entregado, los posibles focos de contaminación y las actividades económicas realizadas en el corregimiento, con el fin de realizar un reconocimiento, identificación y ubicación del territorio. Una vez terminada la actividad se socializaron los mapas en donde un representante por grupo salía a exponer el

trabajo, además se abrió un espacio para la discusión y el debate de lo encontrado. Con esta actividad se dio un contexto inicial de las temáticas a desarrollar en el taller y es así como se inicia con la exposición del primer bloque programático sobre conservación de las fuentes hídricas donde se exponen las temáticas anteriormente mencionadas.

Antes de proceder a dar el refrigerio y tomar 15 minutos para el receso, se hace entrega del material de la próxima actividad denominada “Emparejamiento de tarjetas”, para realizar la asociación de causas y consecuencias de la contaminación. Así mismo, y con el objetivo de realizar una sensibilización sobre la actual problemática de contaminación y escasez del agua, se entregan los materiales (papel periódico y marcadores) para realizar la actividad denominada “línea del tiempo”, donde debían analizar la evolución del recurso hídrico en diferentes periodos de tiempo dentro del corregimiento de San Antonio de Prado.

Después de realizada ésta sesión se da paso al receso donde se entrega el refrigerio a los participantes. Luego del receso, se da inicio al segundo bloque programático donde se exponen las temáticas de bioindicación con macroinvertebrados como se ilustra en la siguiente imagen: (*Figura 11*)



Figura 11. Exposición del segundo bloque programático sobre bioindicación. Taller N°1 sede la Toluca, San Antonio de Prado, 2017.

Al finalizar la explicación y luego de resolver las dudas del aula, los participantes salieron al pasillo a realizar la última actividad del día denominada “Conociendo a los macroinvertebrados” donde se dividieron por pequeños grupos para lograr identificar algunas características mencionadas en el aula y tener un mejor acercamiento a los macroinvertebrados donde podían cogerlos con las pinzas y observarlos detalladamente con la lupa. Además del contacto con los invertebrados, se buscó que los talleristas escribieran en una hoja los órdenes y las familias que podían observar en las cajas de Petri.

La actividad culminó recordando a los participantes algunos implementos que debían llevar para la salida de campo del domingo y además se hizo entrega de 2 plegables para su posterior revisión y lectura en casa, con el fin de fundamentar los conceptos vistos en clase.

Taller práctico

El día domingo 04 de junio de 2017, nos dirigimos con la comunidad a las quebradas objeto de estudio, donde se inició con la retroalimentación del tema de bioindicación, realizando diferentes preguntas a los participantes sobre conceptos vistos en el taller teórico como: ¿Qué debemos observar a la hora de iniciar un muestreo? ¿Cómo ven las condiciones ecosistémicas alrededor de la quebrada? Según esas condiciones, ¿Creen que encontraremos diversidad de macroinvertebrados? ¿Qué es lo primero que se debe hacer para iniciar el muestreo? ¿Cuál es el hábitat apropiado para encontrar los macroinvertebrados? ¿Cuál es la técnica apropiada para la recolección? ¿Dónde vamos a depositar el material?, luego de realizar las preguntas se socializaron dudas con la guía de claves de macroinvertebrados que les fue entregada el día anterior, la cual era fundamental para la aplicación en el día práctico.

Para el desarrollo del taller práctico, se contó con el acompañamiento del Sr. Carlos Mario Uribe García, Director de la Corporación Pro Romeral, quien realizó una contextualización general de la cuenca, su recorrido histórico y la importancia que tiene para el corregimiento.



Figura 12. Contextualización realizada por el Sr Carlos Mario Uribe (Dr Corporación PRO ROMERAL) en el taller práctico.

Una vez finalizada la contextualización, algunos participantes se ofrecieron voluntariamente para meterse en la quebrada y realizar la recolección, la cual se hizo de manera manual (buscando sobre las rocas, las orillas, restos vegetales y troncos en descomposición) y con una red D-Net donde un participante ubicó la red en contra de la corriente mientras sus compañeros removían los microhábitats.

Una vez recolectado el material se separó el sustrato en campo, repartiendo bandejas blancas que facilitarían la identificación y con la ayuda de las claves explicadas el día anterior, los asistentes pudieron reconocer algunas características simples para diferenciar los macroinvertebrados y así agruparlos por familias (*Figura 13*). Teniendo esta agrupación lista, se realizó un ejercicio de aplicación con el índice de Bioindicación BMWP/COL. Para esto se les hizo entrega de un formato con las familias y sus respectivos puntajes para determinar según el material encontrado, las posibles condiciones de la calidad del agua y se aclaró que el muestreo realizado no era representativo, porque solo se analizó un punto de muestreo con pocos metros de aplicación en toda la quebrada y lo ideal sería tener varios sitios de muestreo. La práctica se desarrolló de esta manera, ya que el objetivo principal del taller práctico era profundizar los conceptos vistos en la sesión teórica.



Figura 13. Separación del material en campo sobre bandejas blancas.

Finalmente se socializaron los resultados y las posibles causas de lo encontrado y se culminó la sesión agradeciendo a los asistentes por su interés y su participación. Además, se abrió un espacio para comentarios y sugerencias.

6.6.6.4 Socialización y entrega de certificados

Con el fin de socializar los resultados obtenidos en las salidas de campo, se convoca nuevamente a las personas participantes a los talleres a un encuentro programado para el jueves 29 de junio, donde además se entregaron los certificados de participación a cada uno de los integrantes que asistió a la totalidad del curso/taller. Se realizó la entrega de un certificado de asistencia al curso/taller donde se describía el nombre del participante, la finalidad por la cual se llevó a cabo la sensibilización comunitaria, el nombre de la actividad como tal y finalmente el nombre y las firmas de las estudiantes que ejecutaron la propuesta de investigación y realizaron las actividades, del director de la corporación Pro Romeral, Carlos Mario Uribe y del coordinador del programa académico, Gilberto Arenas Yepes. (Anexo 2)

7. Resultados

7.1 Objetivo 1 - Identificar las diferentes familias de macro invertebrados y aplicar el índice de bioindicación BMWP/COL

7.1.1 Tramo 1

7.1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

En primer lugar, se realizó un reconocimiento de la zona, donde se pudo notar en el margen derecho de la cuenca, la presencia de ganado, el cual es foco de contaminación alrededor de la fuente, así mismo se pudo evidenciar la realización de actividades recreativas como fogatas y balnearios lo que conlleva a la generación de residuos sólidos. En el margen izquierdo se reconoció la presencia de viviendas, las cuales no contaban con un sistema de tratamiento de aguas domésticas.

Dentro de la observación de las condiciones ecosistémicas, se pudo notar alta cobertura vegetativa, donde resalta la presencia de especies como el Yarumo, el Eucalipto y Pinos. En relación a la fauna, se observaron gavilanes, vacas, gallos, perros, mariposas y diferentes especies de aves.

7.1.1.2 COMPOSICIÓN TAXONÓMICA

Se recolectaron en total 1086 individuos en los dos eventos de muestreo, el primer muestreo presentó una mayor abundancia con 664 individuos repartidos en 9 órdenes y 22 familias de macroinvertebrados. Y en la segunda visita se encontraron 422 individuos, repartidos en 7 órdenes y 18 familias de macroinvertebrados, notándose una disminución respecto al total de individuos colectados en el primer muestreo (*Tabla 2*).

Tabla 2. Total de individuos del tramo N°1 de la quebrada Doña María colectados en los muestreos 1 (21 de marzo) y 2 (21 de junio), 2017.


Clase	Orden	Familia	Número de individuos		Puntaje BMWP/Col
			Muestreo 1	Muestreo 2	
Insecta	Hemíptera	Naucoridae	12	7	8
Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	153	53	7
Insecta	Odonata	Gomphidae	70	15	9
Insecta	Odonata	Libellulidae	18	1	5
Insecta	Megaloptera	Corydalidae	20	3	6
Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	16	61	7
Insecta	Diptera	Tipulidae	18	1	3
Insecta	Odonata	Calopterygidae	17	0	7
Insecta	Trichoptera	Helicopsychidae	12	29	8
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	17	4	7
Gastropoda	Gastropoda	Physidae	6	0	3
Insecta	Trichoptera	Leptohyphidae	42	56	7
Insecta	Trichoptera	Calamoceratidae	4	5	8
Insecta	Hemiptera	Veliidae	15	1	-
Insecta	Coleoptera	Ptilodactylidae	9	22	10
Insecta	Coleoptera	Elmidae	35	15	7
Insecta	Plecoptera	Perlidae	117	0	10
Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	64	12	9
Insecta	Coleoptera	Dryopidae	5	0	6
Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	9	15	8
Insecta	Hemiptera	Gerridae	2	0	-
Insecta	Diptera	Blephariceridae	3	0	10
Insecta	Diptera	Simuliidae	0	35	5
Insecta	Diptera	Chironomidae	0	87	2
TOTAL DE INDIVIDUOS COLECTADOS			664	422	1086

Según el total de individuos colectados en los 2 muestreos del tramo número 1 de la quebrada Doña María, las cuatro familias más abundantes fueron: Hydropsychidae,

Perlidae, Chironomidae y Gomphidae, como se evidencia en la *Figura 14*. Por otra parte, las tres familias que presentaron menor abundancia fueron Blephariceridae con 3 individuos, Tipulidae y Libellulidae con 1 individuo.

Estas familias poseen diferentes características ecológicas que pueden reflejar las condiciones ecosistémicas de la quebrada. Es decir, cada individuo posee un grado de sensibilidad o tolerancia a la contaminación hídrica. Algunas características ecológicas de las familias encontradas en el tramo N°1 son:

Cuadro 4. Características ecológicas de las familias dominantes en el tramo medio-alto de la quebrada Doña María.

	<p>Las larvas de Hydropsychidae se caracterizan por sus obvias agallas filamentosas sobre la superficie ventral a lo largo de su abdomen; presentan los tres segmentos torácicos esclerosados y ganchos abdominales bien desarrollados para asirse de rocas y troncos sumergidos. Se consideran de vida libre pues no construyen casas como en las otras familias de este orden. Son indicadores de agua medianamente contaminada(42)</p>
--	---



Los Chironómidos viven muy poco, de días a semanas. Las larvas son generalmente acuáticas, de cuerpo alargado y tubular, con doce segmentos abdominales bien definidos, cabeza bien desarrollada y pequeña; no poseen patas.

Se alimentan de mezclas de algas, bacterias y materia orgánica que encuentran en los sedimentos. Toleran bajas concentraciones de oxígeno disuelto. (42)



Las ninfas de lo plecópteros viven en aguas rápidas, limpias y bien oxigenadas, debajo de piedras, troncos, ramas y hojas. Se encuentran generalmente en aguas rápidas, turbulentas, frías y altamente oxigenadas, es por esta razón que se consideran excelentes bioindicadores de calidad de agua. (14)

	<p>La familia Gomphidae está dentro de la orden odonatos, conocidos como “caballitos del diablo” o “libélulas”. Se encuentran en charcos y ciénagas, con abundante vegetación en las orillas. Se les considera indicadores de aguas entre limpias y medianamente contaminadas con materia orgánica. (42)</p>
---	--

Familias dominantes Tramo medio-alto "Astilleros"

■ Hydropsychidae ■ Perlidae ■ Chironomidae ■ Gomphidae

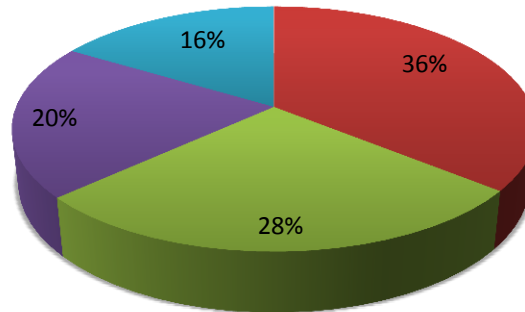


Figura 14. Familias dominantes en el tramo medio-alto de la quebrada Doña María.

7.1.1.3 INDICE BMWP/COL

El sitio N°1 obtuvo un puntaje de **145** según el índice de bioindicación BMWP, lo que indica que son “aguas no contaminadas” es decir, se caracteriza por tener agua de “buena” calidad.

Para el segundo muestreo se obtuvo un puntaje de **116** según el índice de bioindicación BMWP, indicando para este segundo análisis, “aguas ligeramente contaminadas”.

7.1.2 Tramo 2

7.1.2.1 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

En el sitio No. 2, “El Kiosko”, se inició con la observación de los retiros de la quebrada. En el margen izquierdo se evidenció la presencia de asentamientos humanos aproximadamente a 100 metros de la quebrada, también se observó una gran extensión de cultivo de caña brava; en el margen derecho se evidencia monocultivo de café, plátano y hortalizas. La cobertura vegetal se da principalmente por arbustos, helechos, eucaliptos y pinos. Dentro de la quebrada se realizan actividades como la extracción de material de lecho para construcción. Es importante resaltar que en uno de los afluentes de la quebrada Doña María (La Despensa) se vierten aguas de marranera, lo que contamina evidentemente la cuenca principal.

Se inició con el monitoreo a las 10:30am, el cual cubrió un área total de 15 metros a lo largo de la quebrada, distancia que se determinó por las condiciones de accesibilidad, ya que se encontraban una gran cantidad de rocas al ingreso de la quebrada, lo que dificultaba caminar sobre el lecho de la misma.

7.1.2.2 COMPOSICIÓN TAXONÓMICA



En el primer evento de muestreo, para el segundo tramo, se recolectaron e identificaron un total de **243** individuos repartidos en 10 órdenes y 26 familias de macroinvertebrados como se puede observar en la *Tabla 3*. Por otra parte, en el segundo evento, se obtuvo un total de **128** individuos, repartidos en 6 órdenes y 10 familias, notándose una disminución en cantidad de individuos en relación al muestreo realizado 3 meses atrás.

Tabla 3. Total de individuos del tramo N°2 de la quebrada Doña María colectados en los muestreos 1 (21 de marzo) y 2 (21 de junio), 2017.

Clase	Orden	Familia	Número de individuos		Puntaje BMWP/Col
			Muestreo 1	Muestreo 2	
Insecta	Diptera	Tipulidae	16	1	3
Insecta	Odonata	Calopterygidae	12	0	7
Gastropoda	Gastropoda	Physidae	42	0	3
Insecta	Trichoptera	Helicopsychidae	7	0	8
Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	17	4	7
Insecta	Odonata	Gomphidae	5	2	9
Insecta	Diptera	Simuliidae	72	16	3
Insecta	Plecoptera	Perlidae	3	28	10
Insecta	Odonata	Libellulidae	16	1	5
Insecta	Diptera	Chironomidae	15	29	2
Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	1	0	9
Insecta	Coleoptera	Elmidae	22	5	7
Malacostraca	Amphipoda	Hyaellidae	1	0	7
Insecta	Diptera	Muscidae	1	0	4
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	1	17	7
Insecta	Diptera	Limoniidae	1	0	-
Insecta	Lepidoptera	Crambidae	1	0	7
Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	1	0	8
Insecta	Coleoptera	Ptilodactylidae	1	0	10
Insecta	Odonata	Coenagrionidae	2	0	7
Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	1	0	7
Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	2	25	9
Insecta	Odonata	Polythoridae	1	0	10
Insecta	Coleoptera	Scarabaeidae	1	0	-
Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	1	0	8
TOTAL DE INDIVIDUOS COLECTADOS			243	128	371

Una vez identificados los macroinvertebrados del tramo N°2, se obtuvo que las cuatro familias más dominantes en los dos muestreos realizados entre los periodos de marzo y junio del 2017, fueron Simuliidae, Physidae, Chironomidae y Perlidae (*Figura 15*). Por lo contrario, las familias Muscidae, Hydrobiosidae, Crambidae, Hydrophilidae, Leptohiphidae, Polythoridae, Sphaeriidae, fueron las menos dominantes con 1 individuo.

Cuadro 5. Características ecológicas de las familias dominantes en el tramo medio de la quebrada Doña María

	<p>En muchas partes del mundo, la familia Simuliidae son transmisoras de enfermedades parasitarias. Las larvas acuáticas son elongadas, con cuerpo en forma de botella; al final del abdomen tienen unas ventosas y un par de ganchos que les sirven para fijarse en las rocas o troncos, en lugares en donde la corriente es fuerte.</p> <p>Son indicadoras de agua corriente y oxigenada. (42)</p>
	<p>Viven asociados a los sedimentos de sistemas lénticos y lóticos. Las conchas de las especies de Physidae tienen una abertura larga y grande, terminan en punta y carecen de opérculo, así mismo, se caracterizan por ser delgadas y transparentes, lo que permite ver a trasluz el cuerpo del molusco en su interior.</p> <p>Son tolerantes a bajas concentraciones de oxígeno disuelto ya que son pulmonados y toman el oxígeno del aire a través de espiráculos. (42)</p>

* Las familias Perlidae y Chironomidae también son dominantes en este tramo de la quebrada, pero sus características ecológicas ya fueron descritas anteriormente. (Cuadro 4. Características ecológicas de las familias dominantes en el tramo medio-alto de la quebrada Doña María. Cuadro 4)

Familias dominantes en el tramo medio "El Kiosko"

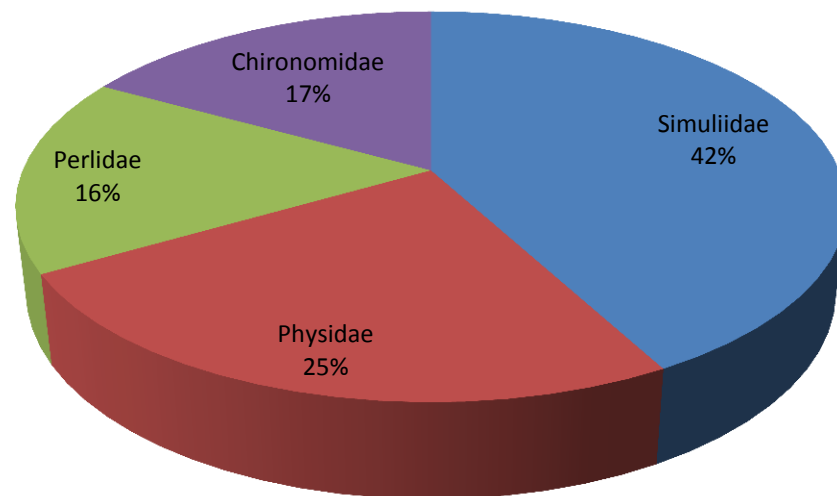


Figura 15. Familias dominantes en el tramo medio-alto de la quebrada Doña María.

7.1.2.3 INDICE BMWP/COL

En el segundo sitio de muestreo, se obtuvo un puntaje de **167** según el índice de bioindicación BMWP, lo que indica que son “aguas muy limpias” es decir, se caracteriza por tener agua de “buena” calidad. Por otro lado, para el segundo muestreo de este tramo, se obtuvo un puntaje de **64** según el índice de bioindicación BMWP, categorizando estas aguas como “aguas moderadamente contaminadas”. Resultado que puede asociarse a la cantidad de individuos colectados para este muestreo N°2.

7.1.3 Tramo 3

7.1.3.1 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

Finalmente, a las 12:38 pm se inició el último muestreo en el tramo número tres “La Verde”, el tramo medio-bajo de la quebrada. En el margen derecho se pudo notar la presencia de actividades ganaderas y asentamientos humanos (Entre 5-6 viviendas a su alrededor). Por otra parte, en el margen izquierdo fue notoria la existencia de las actividades agrícolas como el cultivo de caña brava. Dentro de la cobertura vegetal resaltó la presencia de arbustos y plantas de poco tamaño.

7.1.3.2 COMPOSICIÓN TAXONÓMICA

En este último tramo, se identificaron un total de **277** individuos repartidos en 7 órdenes y 14 familias de macroinvertebrados, ilustrados en la *Tabla 4*.


Según el segundo muestreo de este tramo, se identificaron **133** individuos, distribuidos en 6 órdenes y 9 familias de macroinvertebrados.

Tabla 4. Total de individuos del tramo N°3 de la quebrada Doña María colectados en los muestreos 1 (21 de marzo) y 2 (21 de junio), 2017.

Clase	Orden	Familia	Número de individuos		Puntaje BMWP/Col
			Muestreo 1	Muestreo 2	
Gastropoda	Gastropoda	Physidae	10	0	3
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	62	6	7
Insecta	Odonata	Calopterygidae	2	0	7
Insecta	Odonata	Libellulidae	8	3	5
Insecta	Odonata	Gomphidae	4	2	9
Insecta	Diptera	Tipulidae	9	0	3
Insecta	Diptera	Muscidae	1	0	4
Insecta	Coleoptera	Ptilodactylidae	2	0	10
Insecta	Diptera	Culicidae	3	0	2
Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	8	1	7
Insecta	Diptera	Simuliidae	110	8	8
Insecta	Diptera	Chironomidae	46	105	2
Clitellata	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	8	2	4
Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	4	0	9
Insecta	Plecoptera	Perlidae	0	4	10
Insecta	Diptera	Psychodidae	0	2	7
TOTAL DE INDIVIDUOS COLECTADOS			277	133	410

Después de la separación, identificación y análisis del material, se pudo observar que las familias Chironomidae, Baetidae, Simuliidae y Physidae fueron las más dominantes para este tramo (*Figura 16*), en el caso contrario de las familias que presentaron menos abundancia como: Muscidae, Psychodidae, Ptilodactylidae y Calopterygidae con una variación de 1 a 2 individuos por familia.

Cuadro 6. Características ecológicas de las familias dominantes en el tramo bajo de la quebrada Doña María

	<p>Las ninfas de la familia Baetidae son acuáticas, de tamaño pequeño (<10 mm) y sus cuerpos adornados con coloraciones marrones de diferentes tonalidades. Sus cabezas son bien definidas y redondeadas con antenas visibles, poseen agallas laminosas insertadas a lo largo de sus segmentos abdominales y un par de filamentos terminales al final del abdomen; son buenos nadadores y su cuerpo aplanado les permite arrastrarse entre el bentos de corrientes y cascadas de sistemas lóticos, donde se alimentan de pefiritón y material vegetal que encuentran sobre troncos y piedras (42)</p>
<p>* Las familias Chironimidae, Simuliidae y Physidae también son dominantes en el tramo N°3, pero sus características ecológicas ya fueron descritas anteriormente. (<i>Cuadro 4</i>) y (<i>Cuadro 5</i>)</p>	

Familias dominantes en el tramo medio-bajo "La Verde"

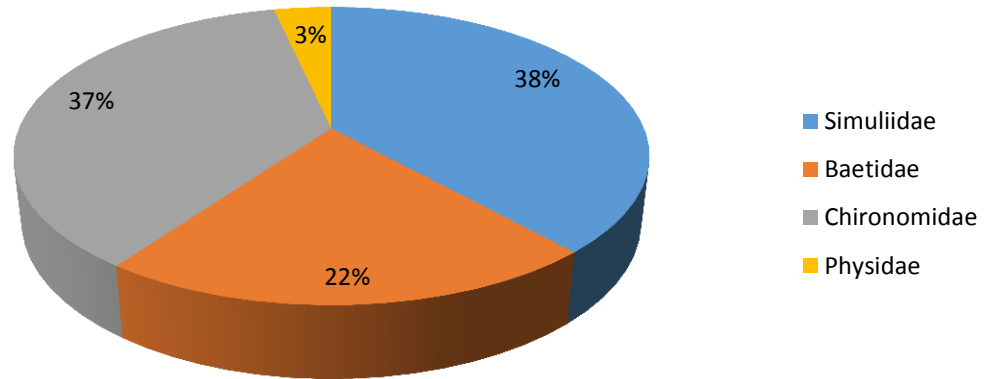


Figura 16. Familias dominantes en el tramo medio-bajo de la quebrada Doña María.

7.1.3.3 INDICE BMWP/COL

En el último sitio de muestreo, se obtuvo un puntaje de **80** según el índice de bioindicación BMWP, lo que indica que son “ligeramente contaminadas” clasificando este tramo como aguas “aceptables”.

Para el segundo muestreo y según el índice de bioindicación BMWP, se obtuvo un puntaje de **51**, lo que caracteriza las aguas como “moderadamente contaminadas” en el rango III de clasificación.

7.1.4 Comparación entre sitios

Con el fin de obtener un panorama global de lo que ocurre en la quebrada Doña María, se realizó una comparación entre los tramos 1,2, y 3 según la relación existente entre los resultados biológicos y la observación de lugar de análisis.

Con un total de **1867** individuos colectados en los 2 muestreos correspondientes a los periodos de marzo y junio del 2017, el **58%** corresponde al material del tramo número 1

“Astilleros”, lo que permite asociar este resultado a sus condiciones ecosistémicas, ya que este sitio se caracterizó por su alta cobertura vegetal, factor que facilita el ciclo de vida de los macroinvertebrados. Por consiguiente, las familias que dominan este sitio de muestreo se caracterizan por predominar en aguas de buena calidad, además sujeto a la diversidad y riqueza que se encontró, con una total de 24 familias, evidenciado en la siguiente gráfica:

Total de individuos colectados en el tramo 1 de la quebrada Doña María

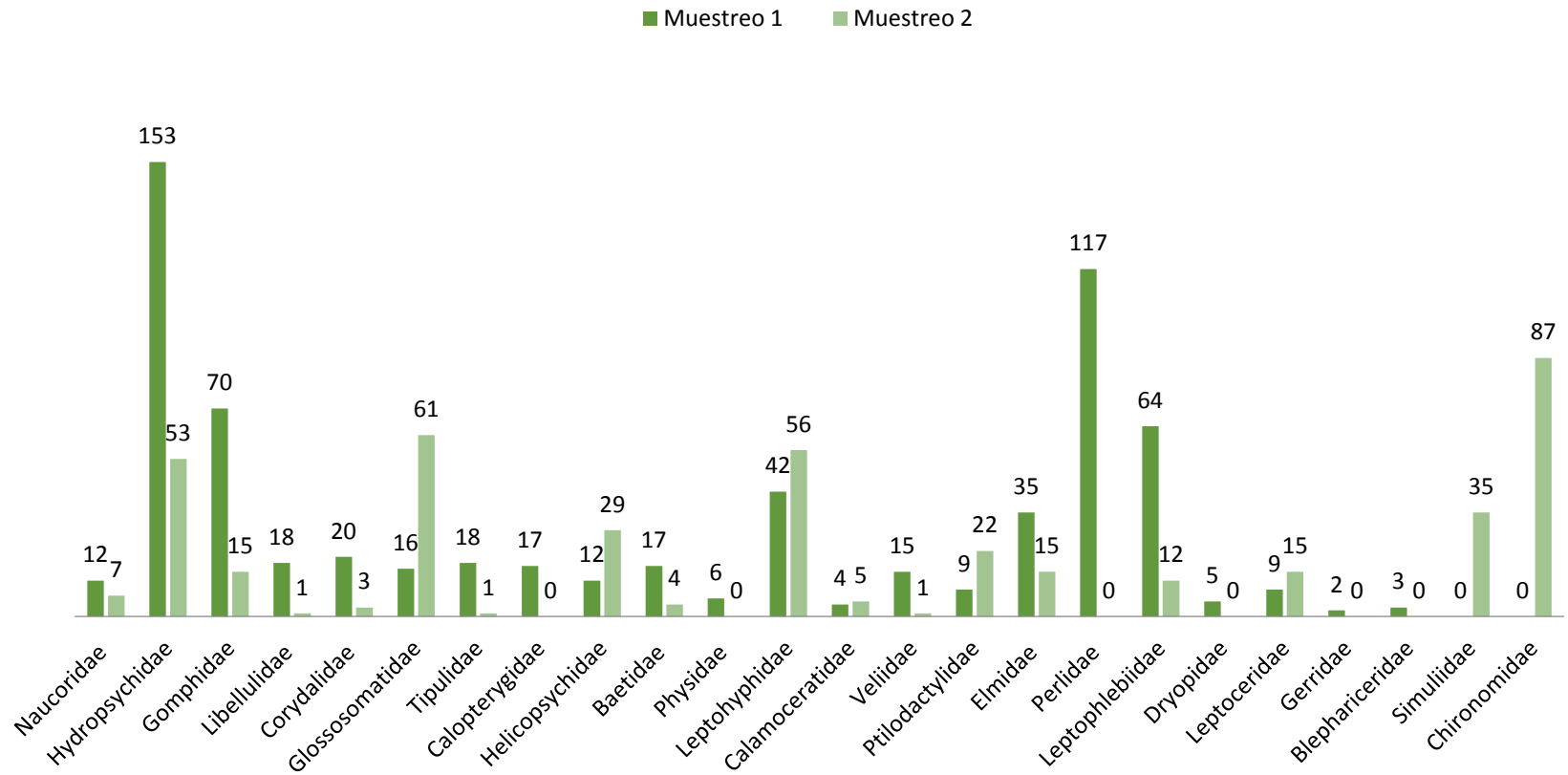


Figura 17. Total de individuos colectados en el tramo 1 de la quebrada Doña María

En ese mismo sentido, el número de individuos para el tramo número 2 y 3, corresponden al **20%** y **22%** respectivamente, datos que podrían generar discusión, ya que un supuesto es que en el tramo número 2 se encuentre mayor diversidad de individuos respecto al tramo 3, dadas sus condiciones que proporcionan un mejor hábitat para los mismos. Sin embargo, este resultado se debe a las condiciones meteorológicas por las precipitaciones del día anterior, las características geomorfológicas y vertimientos puntuales que se presentan en el lugar, igualmente la gran cantidad de flujo de la corriente no permitía que algunos macroinvertebrados pudieran adherirse a la superficie rocosa con diferentes partes de su cuerpo.

Así mismo, se realizó una comparación de la presencia de cada familia en los diferentes tramos. En total se encontraron 37 familias de macroinvertebrados en las que se evidenció la presencia y/o ausencia en cada uno de los tramos dependiendo de las condiciones del lugar respecto a las necesidades de adaptación de cada individuo, como se ilustra en la *Figura 18*.

Por otro lado, según el puntaje BMWP/Col obtenido para cada sitio de muestreo, se encontró que para el muestreo N°1 realizado el 21 de marzo, los resultados reflejan mejores condiciones de la quebrada en comparación con los resultados del muestreo realizado tres meses después, condición que probablemente se ve reflejada por las precipitaciones presentadas en los días anteriores al muestro N°2, además por posibles descargas de marraneras que se presentaron el mismo día y fueron identificados por olores en el ambiente.

Así mismo, el tramo medio “El Kiosko” presentó variaciones significativas en sus 2 muestreos, por lo que se puede concluir que para el muestreo N°1 se encontró mayor diversidad de individuos con mayores puntajes, que pudieron ser arrastrados desde puntos más altos de la quebrada.

En definitiva, para los 2 muestreos, el tramo medio-bajo ubicado en la vereda La Verde, presentó condiciones desfavorables en relación a los tramos ubicados en zonas más altas de la quebrada Doña María, se evidencian efectos de contaminación que provienen de descargas puntuales a la quebrada, poco cobertura vegetal y descarga directa de alcantarillados domésticos teniendo en cuenta que esta zona es la mas urbanizada de las analizadas anteriormente.

Presencia de las familias de macroinvertebrados en los 3 tramos de la quebrada Doña María, 2017

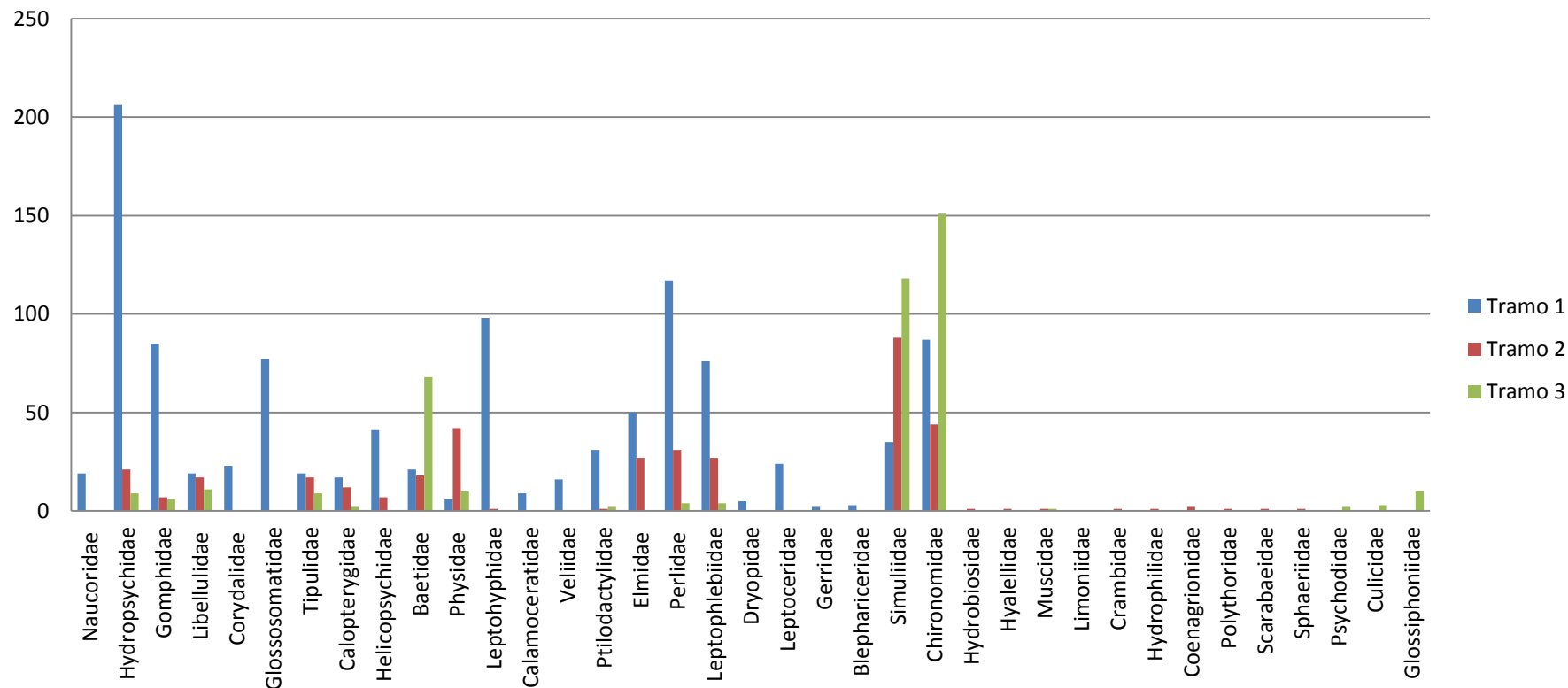


Figura 18. Presencia de las familias de macroinvertebrados en los 3 tramos de la quebrada Doña María

Cuadro 7. Resultados del cálculo del índice BMWP/Col (Roldán, 2003) para cada sitio

QUEBRADA	TRAMO	MUESTREOS	SUMA BMWP/COL	CALIDAD	SIGNIFICADO
DOÑA MARÍA	Medio-Alto “Astilleros”	Muestreo 1 21 marzo	145	Buena	Aguas no contaminadas
		Muestreo 2 21 junio	116	Aceptable	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación
	Medio “El Kiosko”	Muestreo 1 21 marzo	167	Buena	Aguas muy limpias
		Muestreo 2 21 junio	64	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
	Medio- Bajo “La Verde”	Muestreo 1 21 marzo	80	Aceptable	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación
		Muestreo 2 21 junio	51	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas

7.2 Objetivo 2: Realizar análisis fisicoquímico en los diferentes tramos de la quebrada

Doña María

La calidad del agua se determina con el análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos ya que demuestran de manera más precisa el estado en el que se encuentra la quebrada (43). Por esta razón, para el muestreo N°2 realizado el 21 de junio se realizó una toma de muestras con un total de 13 parámetros evaluados. En cada punto de muestreo

se hizo georreferenciación con GPS con el fin de tener coordenadas precisas de la recolección de las muestras. Los parámetros monitoreados en los tres tramos fueron los siguientes:

Fisicoquímicos: Temperatura, pH, potencial de oxido reducción (ORP), oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, salinidad, presión atmosférica, DQO, DBO5 y turbiedad.

Microbiológicos: Coliformes totales y fecales

Biológicos: Macroinvertebrados

Cuadro 8. Datos de los sitios de muestreo de la quebrada Doña María.

ID	SITIO	COORD X	COORD Y	Altura (msnm)	Fecha/hora	Ubicación	Características	Observaciones
DM-1	Doña María 1 (Media - Alta)	1.179.280	823.284	1.948	21/06/2017 10:06 am	50-100 metros arriba del puente rial, entre Yarumalito y El Salado	Temp. Aire 20°C TempAgua 17°C Agua levemente turbia, sin olor	Lluvia la noche anterior
DM-2	Doña María 2 (Media)	1.176.932	824.790	1.826	21/06/2017 11:30 am	50 metros debajo de la desembocadura de La Despensa	Temp. Aire 22°C TempAgua 18,5°C Agua turbia amarillenta (por lavado de arenas aguas arriba, evidencia de aceites en la superficie, Olor moderado se encontró una Briola (pez) Temp. Aire 19,2°C TempAgua 19,8°C	Lluvia la noche anterior
DM-3	Doña María 3 (Media - Alta)	1.176.047	827.125	1.712	21/06/2017 1:00 pm	100 metros abajo del puente de la entrada a la Verde	Agua turbia amarilla, olor moderado. Ambas márgenes de los retiros presentan buenas coberturas en rastros, pero hay invasión, cultivos y algo de rastros	Lluvia la noche anterior

7.2.1 Resultados de laboratorio y campo

En el *Anexo 1* pueden observarse los resultados entregados por el laboratorio GDCON, correspondientes a muestreo #2. Igualmente se incluyen las mediciones para parámetros que fueron obtenidos directamente en campo mediante el uso del multiparamétrico de Hanna HI9828.

7.2.2 Caracterización de la calidad del agua

Se presentan a continuación los resultados obtenidos para cada una de las variables monitoreadas en los sitios de muestreo definidos para la quebrada Doña María.

7.2.2.1 Temperatura

La temperatura del agua afecta a la solubilidad de sales y gases y en general a todas sus propiedades químicas y a su comportamiento microbiológico. Esta variable se encuentra ligada a la absorción de radiación solar (8) Como se observa en la *Figura 19*, los valores presentaron un rango de temperatura entre 16°C y 19°C.

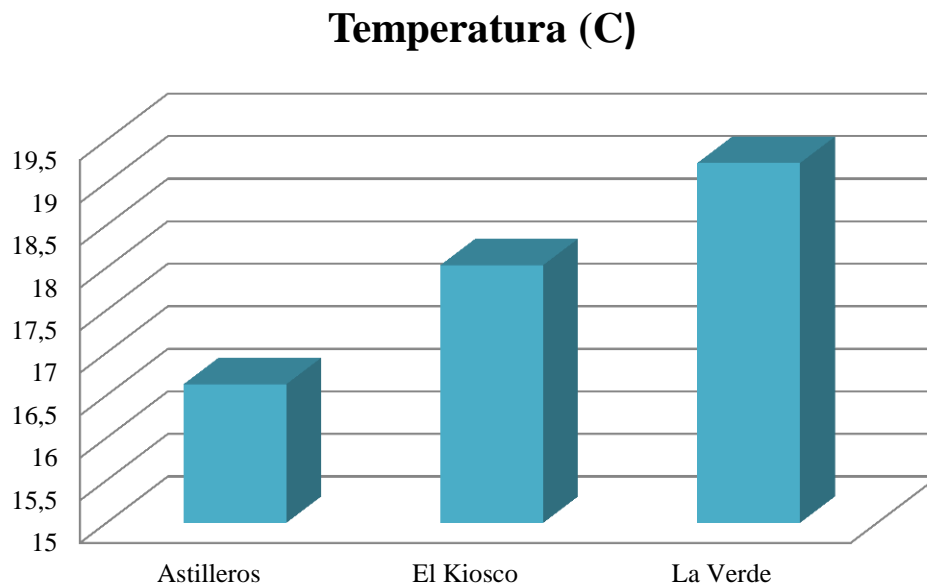


Figura 19. Variación de la temperatura en los tres tramos de la quebrada Doña María

7.2.2.2 PH

El PH permite determinar si una sustancia es ácida, neutra o alcalina. Se mide en una escala a partir de cero a catorce. En la escala 7, la sustancia es neutra, los valores por debajo de 7 indican que la sustancia es acida y por encima de esta son sustancias alcalinas o básicas (44). En este sentido, en la *Figura 20*, los tramos de la quebrada Doña María presentan un PH por encima de 7, es decir, son aguas básicas o alcalinas.

De acuerdo con el decreto 1076 de 2017 los sitios de muestreo cumplen con los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso a los diferentes fines que allí se definen (45). Por otra parte, si los tramos evaluados fueran con fines para consumo este parámetro cumpliría con lo que se define dentro de la resolución 2115 de 2007 ya que se encuentra dentro del rango de 6.5- 9, agua apta para consumo humano.

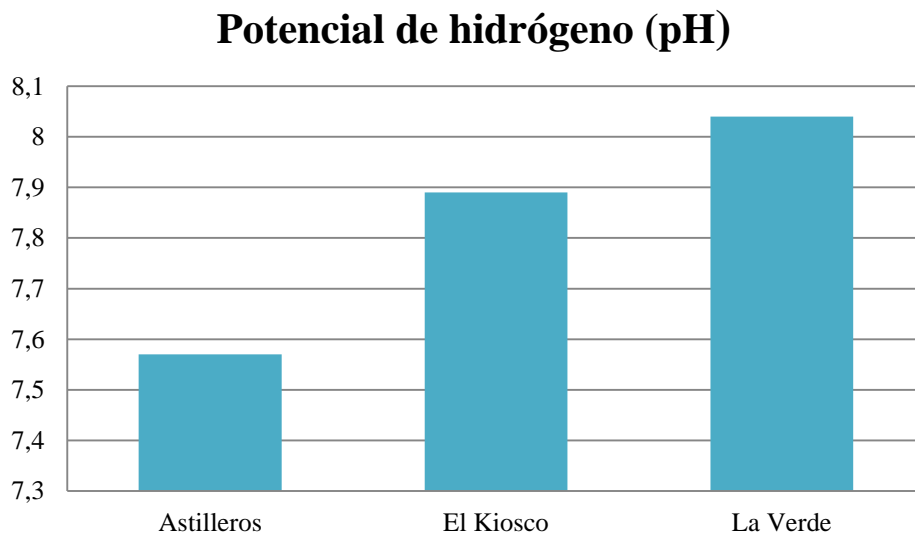


Figura 20. Variación de pH en los tres tramos muestreados de la quebrada Doña María

7.2.2.3 Potencial de Oxido-reducción

Es una forma de medir la energía química de oxidación-reducción mediante un electrodo, convirtiéndola en energía eléctrica. El potencial de óxido- reducción es positivo cuando se produce una oxidación y negativo cuando se produce una reducción (8). Como se puede observar en la *Figura 21*, los tramos 2 y 3 presentan resultados negativos, normalmente asociados al PH

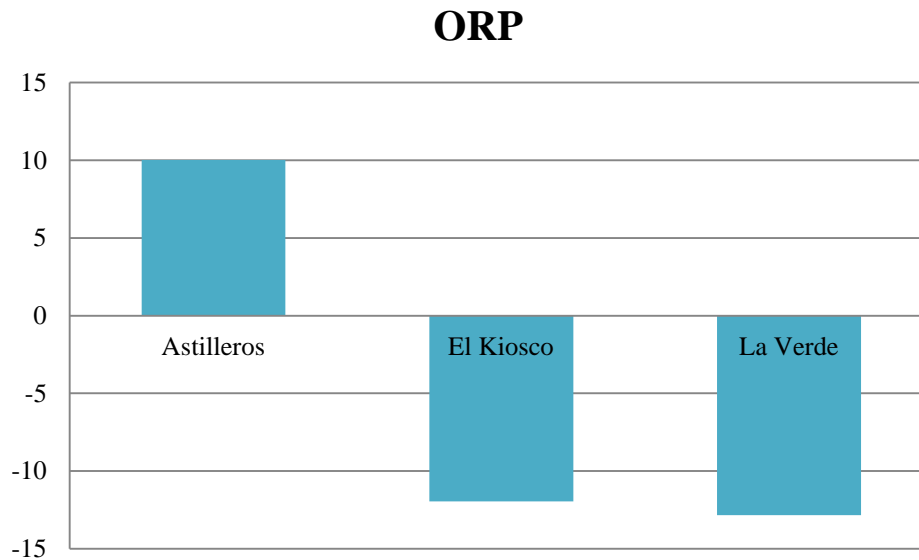


Figura 21. Potencial de Oxido Reducción en los tres tramos de la quebrada Doña María

7.2.2.4 Solidos Totales

Los TDS son la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua. Esto incluye cualquier elemento presente en el agua que no sea (H₂O) molécula de agua pura y sólidos en suspensión (46). Como se ilustra en la gráfica 9 los sólidos disueltos totales van incrementando desde la parte alta hasta la más baja de la quebrada Doña María. Estos resultados caracterizan esta fuente hídrica como receptora de contaminantes generados en las actividades agrícolas, residenciales e industriales. (*Figura 22*)

Sólidos disueltos totales

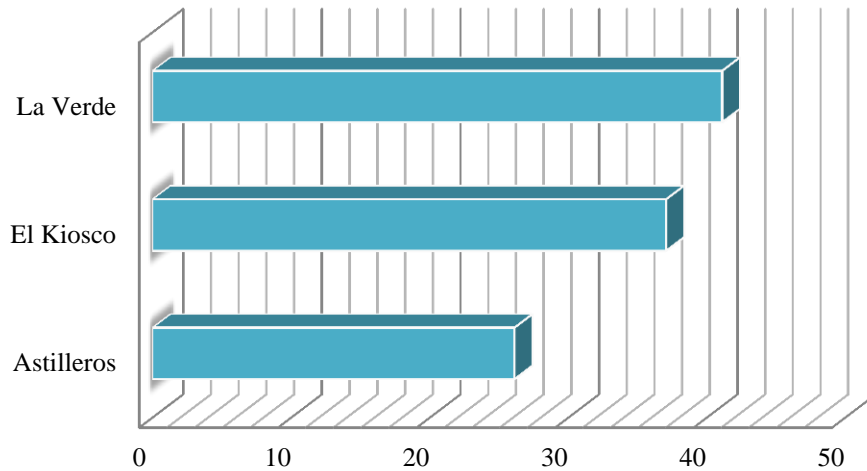


Figura 22. Sólidos disueltos totales presentes en los tres tramos de la quebrada Doña María

7.2.2.5 Oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y demanda química de oxígeno (DQO)

Los resultados de Oxígeno disuelto a lo largo del trayecto de la quebrada Doña María se mantuvieron dentro de los umbrales mínimos definidos en la normatividad ambiental vigente. En este sentido, la poca variabilidad de las concentraciones de oxígeno disuelto son producto de los contenidos de materia orgánica introducidos en la quebrada Doña María y reflejados en la DBO (5), DBO. (Figura 23)

Las muestras de agua de los tramos respecto a los niveles de DBO (5) caracterizan estos tramos como aguas contaminadas. En el PIOMS formulado por el Área Metropolitana se observa que la estación PC24 corresponde a parte del tramo número 1 y es allí donde empieza a ser notorio el aumento de este parámetro ya que el afluente quebrada Cajones posee un importante porcentaje de suelos destinados a uso pecuario (49%) (47). Además, aunque para aguas abajo de la quebrada se encuentren los mayores porcentajes de uso del suelo correspondientes a conservación la presencia de áreas residenciales ocasiona

incrementos importantes en las concentraciones dado al número de vertimientos identificados en los retiros de la quebrada Doña María.

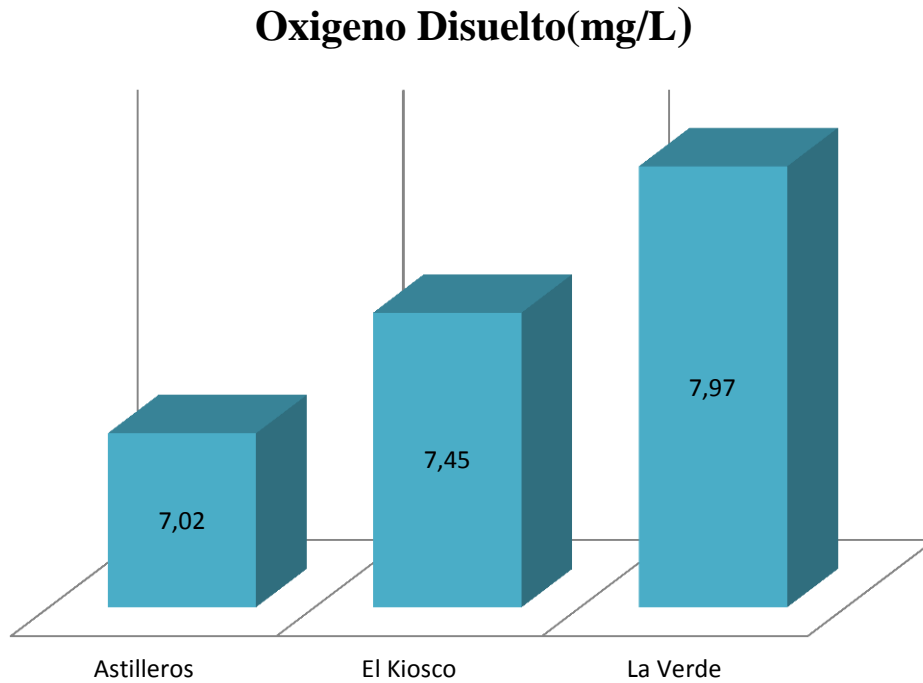


Figura 23. Oxígeno Disuelto presentes en los tres tramos muestreados de la quebrada Doña María.

DBO(5) (Mg/L)

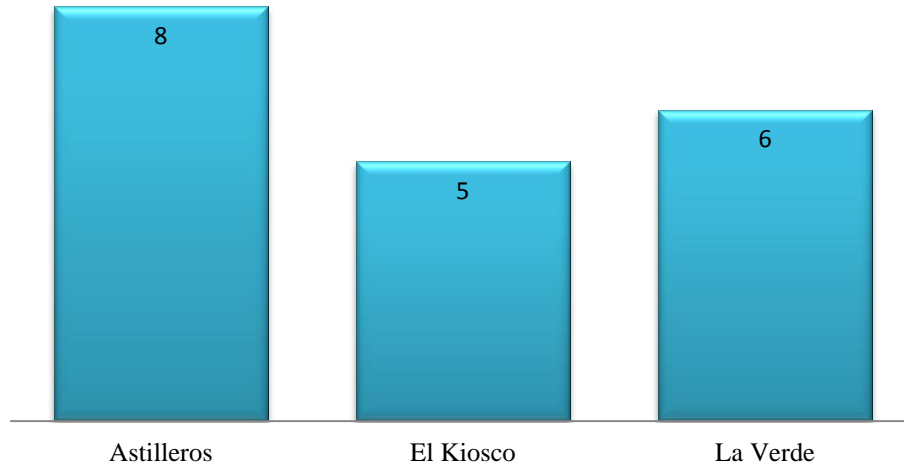


Figura 24. Demanda bioquímica de oxígeno presente en los tres tramos de la quebrada Doña María

7.2.2.6 Coliformes totales y fecales

El número de coliformes totales como coliformes fecales que se reportan en las muestras analizadas, superan en mayor parte los valores permisibles establecidos en el Decreto 1076 de 2017 (45). De acuerdo con el mapa de usos del suelo elaborado y presentado por el AMVA y UNAL en el año 2006 la parte alta de la cuenca para el caso de los coliformes totales presentaban valores bajos por encontrarse en un corredor de protección, sin embargo, es notable que las actividades económicas y el incremento de las zonas de expansión urbanística en zonas estratégicas de conservación del recurso hídrico ha interferido en la calidad del mismo.

Por otro lado, los sitios de muestreo ubicados aguas abajo se caracterizan por poseer un suelo de uso pecuario, agropecuario y residencial en los retiros de la cuenca, en donde los residuos que se generan desde estos sectores se introducen en la quebrada ocasionando la alta presencia de microorganismos patógenos como se observan en la *Figura 25*:

Coliformes totales y fecales

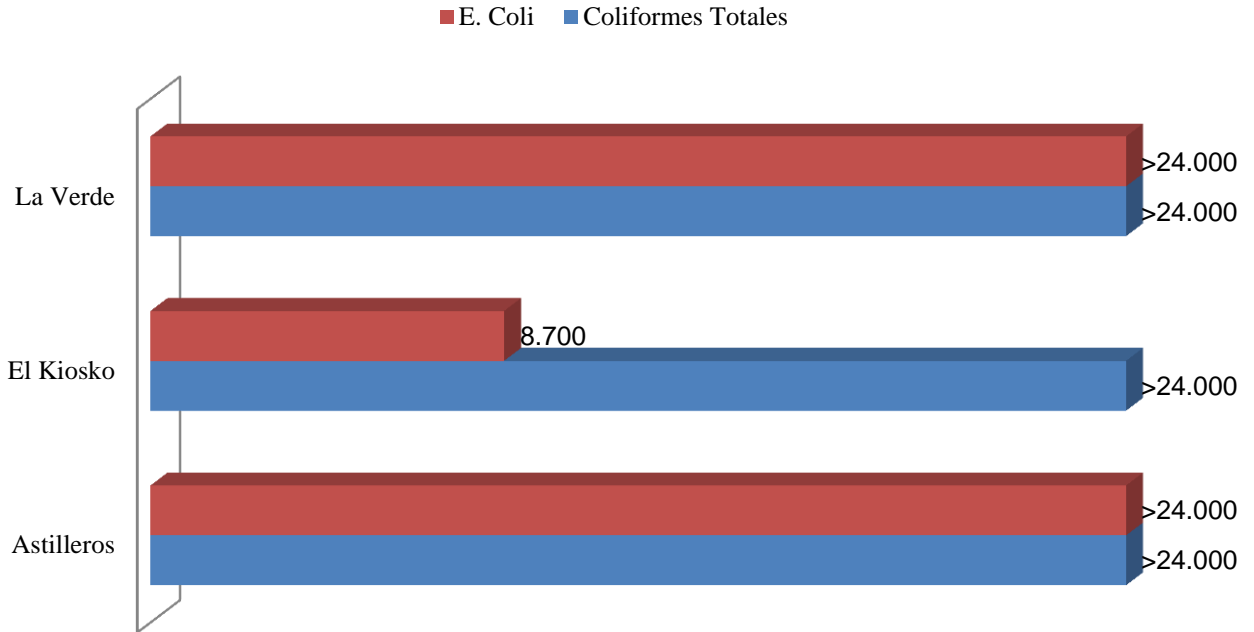


Figura 25. Presencia de Coliformes totales y Fecales (E. Coli) en los tres tramos muestreados de la quebrada Doña María

Para estos parámetros, resulta importante mencionar que según las condiciones ecosistémicas del tramo 1 en comparación al tramo 2, se esperaba que los resultados de coliformes fueran favorables para el primer sitio de muestreo. A pesar de esto, el día de muestreo hubo una posible descarga de una marranera en el tramo medio-alto, hecho que se evidenció por olores presentados en el ambiente al momento de coleccionar la muestra y razón por la cual pudo haberse presentado esta variación.

7.2.2.7 Conductividad eléctrica y Salinidad

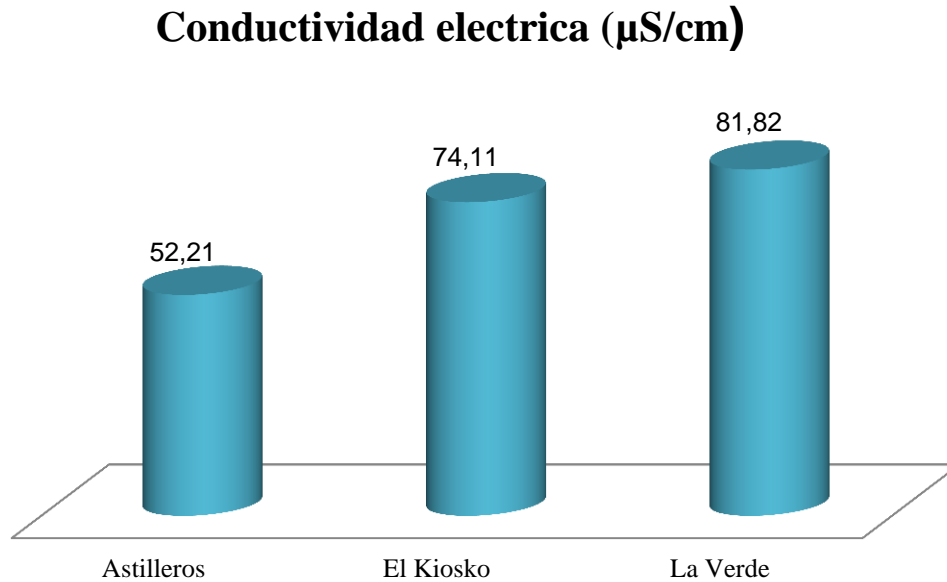


Figura 26. Conductividad eléctrica presentada en los tres tramos de la quebrada Doña María

La conductividad eléctrica expresa la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, lo cual a su vez está relacionado con la cantidad de sales (iones) disueltas o su concentración en un momento dado. (12)

Normalmente los sólidos salinos (Sales) se encuentran en las corrientes hídricas y lagos en forma disuelta en diferentes proporciones y una vez disueltas se descomponen en iones cargados positiva y negativamente, a través de los cuales puede conducirse la corriente eléctrica en el agua.

La salinidad y la conductividad están relacionadas porque la cantidad de iones disueltos aumentan los valores de ambas. Las sales afectan la calidad del agua potable o de riego. También influyen en la biota acuática y cada organismo tolera una gama de valores de conductividad, aunque esto depende también en gran parte de la composición iónica en el agua. (21)

En la *Figura 26*, se evidencia el ascenso de la CE a medida que disminuye la altura (m.s.n.m) en cada tramo y a su vez es notorio el aumento de la salinidad en cada uno de los sitios muestreados.

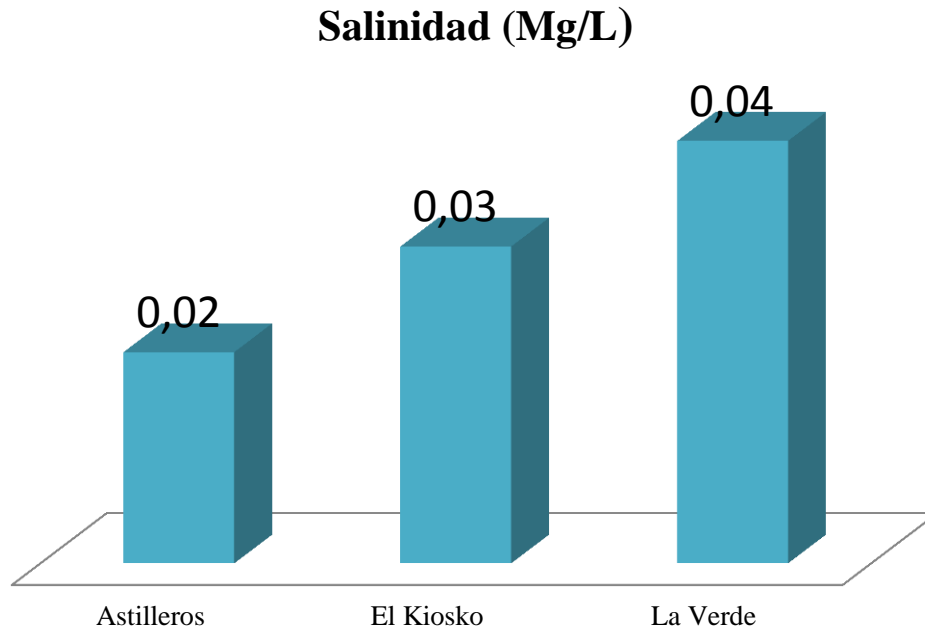


Figura 27. Salinidad obtenida en los tres tramos de la quebrada Doña María

7.2.2.8 Turbiedad

Este parámetro está relacionado con el grado de transparencia y limpieza del agua que a su vez depende de la cantidad de sólidos en suspensión del agua. Se mide mediante la absorción que sufre un haz de luz al atravesar un determinado volumen de agua.

En la resolución 1076/2015, desde el artículo 104 al 107 se contemplan como valores de una fuente “aceptable” para tratamiento, un valor de turbiedad de <2 UNT, y para fuentes “regulares” para tratamiento un valor entre 2 y 40 UNT, en una fuente “deficiente” para

tratamiento valores entre 40 y 150 UNT y finalmente en una fuente “muy deficiente” valores >150 UNT.

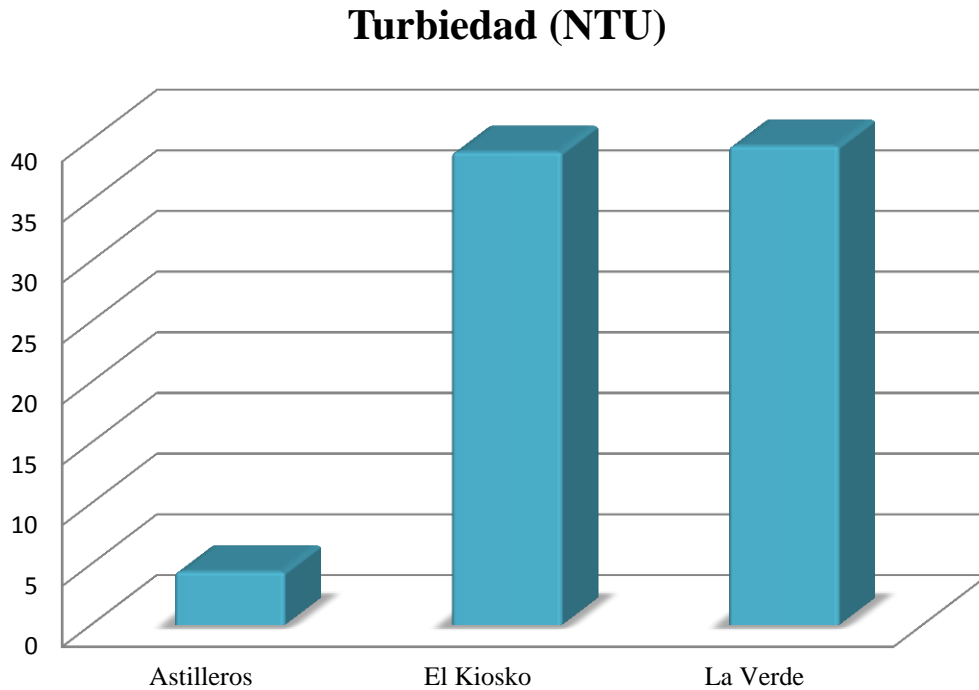


Figura 28. Variación de la turbiedad presentada en los tres tramos muestreados de la quebrada Doña María

Según los lineamientos normativos, se considera que los tres tramos de la quebrada Doña María están contemplados dentro de un rango “regular” ya que tiene un valor de 4,4 UNT. Para el tramo medio y medio-bajo, los resultados son semejantes, ya que poseen 39 y 39,5 unidades nefelométricas de turbidez respectivamente. Sin embargo, a pesar de que los tres sitios muestreados se encuentran en la misma categorización, hay que resaltar que la turbiedad encontrada en el tramo medio-alto de la quebrada Doña María es considerablemente menor en comparación a los otros dos tramos, como se ilustra en la *Figura 28*, es decir el agua del tramo mas alto de la quebrada es más claro y transparente.

7.3 objetivo 3: Sensibilizar a los actores que se encuentran relacionados con el cuidado y conservación de la cuenca hídrica de San Antonio de Prado en las temáticas de conservación del recurso hídrico y en la aplicación del índice de Bioindicación BMWP/ Col

A lo largo del proyecto, se realizaron diversos procesos de sensibilización comunitaria que permitieron incluir a diferentes actores del corregimiento en los monitoreos de la calidad de agua de su territorio, proceso que fortaleció a la comunidad del corregimiento de San Antonio de Prado, a la corporación PRO ROMERAL, al semillero SISAO y contribuyó al enriquecimiento de la propuesta de investigación.

7.3.1 Capacitación a integrantes del Semillero de Investigación en Salud, Ambiente y Salud Ocupacional SISAO

El día martes 23 de mayo de 2017 a la 1:00pm, se realizó en las instalaciones de la Facultad Nacional de Salud Pública de la Universidad de Antioquia, la capacitación abierta al Semillero de Investigación en Salud, Ambiente y Salud Ocupacional SISAO, donde se contó con la asistencia de 8 integrantes del semillero, de los cuales 4 personas fueron programadas para apoyar el proceso comunitario los días 3 y 4 de junio y 3 personas se programaron para asistir los días 10 y 11 de junio. Luego de culminar la capacitación, los estudiantes manifestaron interés e intriga en la temática de bioindicación con macroinvertebrados, la cual era nueva para ellos. (*Figura 29*)



Figura 29. Capacitación realizada el 23 de mayo a 8 integrantes del semillero SISAQ.

Así mismo, finalizada la realización de los talleres teóricos con la comunidad se realizó una corta socialización con los semilleristas que participaron en la sensibilización comunitaria, con el fin de hacer un diagnóstico de las actividades realizadas durante la sesión, donde manifestaron su agradecimiento por permitir realizar un trabajo de grado que fuera incluyente con los estudiantes de la facultad y además hicieron mucho hincapié en la experiencia metodológica y comunitaria que adquirieron a lo largo del proceso.

7.3.2 Sensibilización a la comunidad de San Antonio de Prado

7.3.2.1 Convocatoria de participantes

Luego de entregar las cartas físicas y realizar la convocatoria, se pudo contar con la asistencia de más de 10 actores de diferentes gremios del corregimiento de San Antonio de Prado, entre los que participaron integrantes de la Mesa Ambiental del corregimiento, diferentes líderes de las Juntas de Acción comunal de los barrios ubicados en El Vergel, Barichara, Rosaleda, Aragón y Limonar, miembros de la Junta de Acción Local,

guardabosques, miembros de la Corporación PRO ROMERAL, Mesa del agua e integrantes de diferentes acueductos veredales del corregimiento.

En total se contó con la asistencia de 24 habitantes del corregimiento y 6 integrantes del semillero SISAO. (*Anexo 6*)

7.3.2.2 Actividades integradas al desarrollo de los talleres

Mapa cartográfico Socioambiental: Luego de ejecutar la actividad, se socializaron los mapas de cada grupo de trabajo, donde los participantes manifestaron las siguientes problemáticas:

Cuadro 9. Problemas encontrados por los participantes del taller teórico en la cartografía socio ambiental del corregimiento de San Antonio de Prado.

Grupo 1 - sábado 3 de junio	Grupo 2 - sábado 10 de junio
1. Deficiente sistema de alcantarillado. Contaminación por las aguas residuales.	1. Crecimiento demográfico como causa del aumento de residuos sólidos
2. Actividades porcícolas y avícolas	2. Presencia de industrias porcícolas
3. presencia de monocultivos de Pino Conífero	3. Formación de suelos sedimentados
4. Captaciones ilegales de agua	4. Empresas de abonos orgánicos que realizan un inadecuado tratamiento y contaminan el agua
5. Riego de lixiviados por parte de los camiones recolectores de basura que se dirigen al relleno sanitario El Guacal	5. Presencia del Relleno Sanitario “El Guacal”, considerado foco problemático ambiental y social que va en contra de la riqueza hídrica del corregimiento
6. Presencia de animales domésticos con enfermedades críticas	-
7. Inadecuado tratamiento de pozos sépticos	-



Figura 30. Socialización y realización de mapas cartográficos por grupos.

Emparejamiento de tarjetas: Esta actividad fue desarrollada por el primer grupo de talleristas donde surgieron algunas recomendaciones por parte de los integrantes ya que la actividad era muy subjetiva porque algunas causas de contaminación podían tener variadas consecuencias. Por esta razón se decidió cambiar la actividad para el siguiente fin de semana, con el segundo grupo de trabajo.

Conociendo a los macroinvertebrados: Con la ejecución de esta actividad, se evidenció que los participantes comprendieron las claves de identificación brindadas en la exposición del segundo bloque temático.



Figura 31. Identificación y escritura de macroinvertebrados por los participantes de los talleres



Figura 32. Desarrollo de actividad denominada “conociendo los macroinvertebrados”

Línea del tiempo:

Cuadro 10. Resultados obtenidos en la actividad denominada línea del tiempo

Grupo 1 – sábado 10 de junio			Grupo 2 – sábado 10 de junio		
PASADO	ACTUALIDAD	FUTURO	PASADO	ACTUALIDAD	FUTURO
<p>1950 Grande expansión de tierra donde el agua corría libremente.</p> <p>Las personas recogían el agua directamente de la quebrada ya que no existía el concepto de salubridad y la generación de enfermedades por microbios.</p> <p>1995 La captura del agua se empezó a realizar por diferentes entidades.</p> <p>Aumento de urbanizaciones en el corregimiento.</p> <p>Presencia de plantas de saneamiento, se formalizaron los acueductos.</p> <p>2013 San Antonio de Prado presenta una situación crítica con el agua.</p> <p>Se realiza el Plan de Manejo Integral para proteger los servicios ecosistémicos del corregimiento.</p> <p>En los periodos del 2015-2016 se dan recortes de agua en la comunidad</p>	<p>2017 Escasez de agua</p> <p>Las concesiones de agua en las urbanizaciones no tienen en cuenta el POT.</p> <p>Pocos afluentes hídricos en buena calidad.</p>	<p>2030 Agudización de la escasez del agua</p> <p>Compra de agua</p> <p>Ecosistemas alterados</p> <p>Rápida proliferación de enfermedades hídricas</p> <p>2050 <u>Guerra mundial del agua</u></p>	<p>1965 Fuentes hídricas más limpias Buena convivencia entre las comunidades Sentido de pertinencia Abundancia del recurso hídrico En la quebrada La Cabuyala se realizaban baños Abundancia de la vida acuática</p> <p>2000 Expansión urbanística Cambio en la cultura social</p> <p>2002 Se agudiza la problemática de contaminación</p> <p>En el casco urbano se desaparecen los acueductos municipales</p> <p>2008 Consumo desmesurado del agua Contaminación acelerada en el suelo, aire y agua</p>	<p>2017 Transición de lo rural</p> <p>Perdida de flora y fauna</p> <p>Desequilibrio de los ecosistemas.</p> <p>En la vereda San José no hay zonas verdes.</p> <p>Construcción de edificaciones sobre humedales.</p> <p>San Antonio de Prado se está convirtiendo en una bomba de tiempo.</p>	<p>2030 Corregimiento colapsado en infraestructura y medio ambiente</p> <p>Pérdida del paisaje</p> <p>El corregimiento se convierte en un modelo mercantil no sostenible</p>



Figura 33. Socialización de la actividad denominada línea del tiempo

7.3.2.3 Desarrollo de los talleres teórico/práctico

Taller teórico, grupo 1

El taller tuvo la asistencia de 19 integrantes de diferentes gremios del corregimiento de San Antonio de Prado y 4 miembros del Semillero de Investigación en Salud, Ambiente y Salud Ocupacional SISAO. En general, la comunidad manifestó un cumplimiento de expectativas, al igual que los miembros del semillero y las investigadoras. Luego de la ejecución de toda la programación planeada, se sacaron los siguientes aspectos positivos de la sesión y además se analizaron aspectos a mejorar para actividades futuras. (Anexo 6)

Cuadro 11. Aspectos positivos y a mejorar socializados en la ejecución del taller teórico N°1

Aspectos positivos-taller teórico N°1	Aspectos a mejorar-taller teórico N°1
Hubo muy buena asistencia por parte de los diferentes actores de la comunidad.	Mejorar el diseño de la actividad 2 “Emparejamiento de tarjetas” ya que hubo confusión en el desarrollo y la actividad quedó corta con el objetivo de la temática
Los asistentes se mostraron muy dispuestos durante la realización de todas las actividades.	Realizar una observación detallada de las palabras desconocidas para dar claridad a los participantes
El acompañamiento de los semilleros fue fundamental para el desarrollo de las actividades ya que fueron un apoyo constante y mostraron afinidad e interés por el trabajo con la comunidad	No dar agradecimientos antes de culminar toda la sección ya que impide el cierre exitoso del encuentro.
Participaron activamente, realizaron comentarios frente a las temáticas y la relación con su realidad e indagaron respecto a las inquietudes que tenían.	Mantener un tono de voz adecuado al dirigirse al auditorio.
Al finalizar la sesión la comunidad quedó agradecida por el papel que toma la Universidad en la integración de procesos comunitarios.	No suponer que los asistentes desconocen totalmente las temáticas a desarrollar.

Taller práctico 1

En el trabajo en campo, se tuvo la asistencia de 12 participantes y 2 miembros del Semillero SISAQ. El punto de muestreo N°1 estuvo ubicado en la quebrada La Cabuyala, alrededor de la vereda El Vergel, hacia el costado izquierdo de la Unidad de Vida

Articulada, UVA, lugar que fue construido sobre dos humedades lo que afectó las condiciones actuales de la quebrada.

De acuerdo a las observaciones realizadas se pudo notar presencia de residuos sólidos alrededor de la quebrada, presencia de cultivos de cebolla, riego de sustancias orgánicas e inorgánicas, sistemas de alcantarillado ineficiente, poca cobertura vegetal, reducción del caudal de la quebrada y se evidenció un agua aparentemente contaminada, condiciones que claramente van en contra de un ambiente ecosistémico propicio para el ciclo de vida de los macroinvertebrados.

Durante el muestreo los participantes lograron identificar algunos macroinvertebrados a simple vista como los caracoles (Physidae), insectos con casita (Trichoptera) y gusanos (Dípteros). En este sentido, los caracoles, mostraron una abundancia alta en comparación a los demás invertebrados colectados, resaltando que el puntaje de éstos ($BMWP/Col = 2$) indica que son muy tolerantes a la contaminación o que pueden desarrollar su ciclo vital en aguas contaminadas.

Por otra parte, se concluyó que las condiciones de la quebrada La Cabuyala no son aptas para el desarrollo integral de los macroinvertebrados, ya que alrededor de ella hay muchas acciones que perturban su calidad.

Finalmente, algunas personas manifestaron la importancia de seguir vinculando la academia con el trabajo comunitario y la integración participativa.

Taller teórico 2

El sábado 10 de junio se contó con la participación de 5 actores del corregimiento y la presencia de 2 semilleristas de SISAO.

Cuadro 12. Aspectos positivos y aspectos a mejorar en el taller teórico N°2, 10 junio 2017

Aspectos positivos-Taller teórico N°2	Aspectos a mejorar
La realización de la actividad denominada “Línea del tiempo” permitió a los participantes la construcción del análisis situacional de la problemática de escasez del agua a nivel del corregimiento.	Puntualidad
Aunque la asistencia al taller fue mínima (debido a que el mismo día, se celebraban las fiestas Patronales del corregimiento), consideramos que fue un encuentro en donde se tuvo mejor acompañamiento, disposición y participación de los asistentes en todas las actividades.	
Los talleristas manifestaron que el taller era una oportunidad para hacer políticas y generar herramientas que permitan el empoderamiento de la comunidad	
El acompañamiento de los integrantes del semillero fue fundamental para el desarrollo de las actividades ya que fueron un apoyo constante y mostraron afinidad e interés por el trabajo con la comunidad	
El apoyo continuo de la corporación PRO ROMERAL y sus integrantes facilitó en gran medida la planeación, ejecución y financiación de los talleres.	
Se mejoró el manejo de conceptos para el público	

Taller práctico 2

El taller tuvo la asistencia de 9 participantes, 5 personas del grupo N°2 y 4 personas del primer taller que voluntariamente quisieron participar de la salida de campo, además se contó con la participación de 1 miembro del Semillero de Investigación SISAQ.

Para llegar al punto donde se hizo el muestreo, era necesario realizar una caminata dentro de la Reserva Natural Manguala –Limona, un área protegida del SIMAP y ecosistema

estratégico de la Reserva El Romeral. Es importante mencionar que la Reserva Manguala-Limona ofrece agua limpia para varios acueductos comunitarios, aire limpio y fresco, posee un corredor biológico que contribuye a la regulación del clima local, la biodiversidad, la educación ambiental, el paisajismo local, entre otros beneficios que destacan la Alcaldía de Medellín y la Corporación Pro Romeral (12). Así mismo, la reserva se considera como una zona de conservación que cuenta con presencia de guardabosques y acueductos comunitarios.

Antes de iniciar el ascenso hacia el punto de la quebrada donde se hizo el muestreo, el señor Carlos Mario Uribe, director de la corporación Pro Romeral, realizó una contextualización sobre la problemática actual en la que se encuentra la quebrada La Manguala, afluente que se ve amenazado por diferentes actividades de ecoturismo. En el transcurso del muestreo, los participantes lograron identificar algunos macroinvertebrados a simple vista como insectos con casita (Trichoptera), patinadores (Hemíptera) y libélulas (Odonatos).



Figura 34. Participantes observando los macroinvertebrados en la superficie de una roca, quebrada La Manguala

Cabe agregar que debido a la participación de algunos integrantes del grupo de trabajo N°1, se pudo hacer una comparación exhaustiva en campo sobre las condiciones observadas en las 2 quebradas trabajadas. Finalizando el recorrido, nos dirigimos nuevamente a la centralidad del corregimiento donde se concluyeron los siguientes aspectos positivos en cuanto al trabajo realizado:

- Los asistentes se manifestaron interesados en continuar con el proceso de capacitación desde otros espacios con la vinculación de otros actores interesados en el tema.
- Los participantes cumplieron con los compromisos dejados en el taller teórico puesto que en el momento del muestreo hicieron la relación de los plegables entregados con la identificación de macroinvertebrados que se lograban ver a simple vista.
- Con la participación de varios integrantes que asistieron a la primer salida de campo en la quebrada La Cabuyala, se pudo dar un enriquecimiento general al espacio, ya que ellos mismos, daban conclusiones verídicas sobre el estado y retiros de la quebrada, relacionando estas condiciones a la presencia o no de macroinvertebrados y realizando una comparación constructiva en el fortalecimiento de las temáticas vistas en el taller teórico.



Figura 35. Participantes del taller práctico N°2 en la quebrada La Manguala, Reserva Manguala-Limona, San Antonio de Prado.

7.3.2.4 Socialización de resultados y entrega de certificados

El día jueves 29 de junio a las 4:00pm se realizó la socialización de los resultados obtenidos en las dos salidas de campo, donde se invitó a todos los participantes de los talleres teórico/prácticos para que juntos realizáramos un diagnóstico de lo aprendido en los 2 fines de semana.

Al iniciar el encuentro se expuso una presentación en PowerPoint con los resultados de la recolección del trabajo práctico donde se ilustraron los macroinvertebrados encontrados y se realizó un análisis comparativo entre las dos quebradas trabajadas. Así mismo, se contó con la participación del director de la corporación Pro Romeral, quién contribuyó a guiar la presentación y abrió el debate para la discusión.

Por otra parte, se compartió con el público algunas imágenes y resultados obtenidos en los talleres teóricos y se abrió un espacio para las inquietudes, comentarios y/ sugerencias a lo que las personas respondieron:

- “Nos gustaron mucho los talleres, ¿cuándo van a realizar los próximos?”
- “Su participación como estudiantes universitarias hace que estos espacios se enriquezcan con su conocimiento”
- “¡Gracias por las actividades, estuvieron muy buenas!”
- “Por favor sigan involucrando a la comunidad en proyectos como estos, ya que son de beneficio para todo el territorio”

Finalmente se llamó a cada persona para entregar los certificados y agradecer por la participación y el apoyo en las actividades, como se observa en la *Figura 36*.



Figura 36. Entrega de certificado de participación a guardabosques de la Reserva El Romeral.

7.3.3 Comparación de las quebradas La Cabuyala y La Manguala

Cuadro 13. Entrega de certificado de participación a guardabosques de la Reserva El Romeral

Q. La Cabuyala	Q. La Manguala
Ubicada al lado de la UVA, quién fue construida sobre humedales importantes del corregimiento.	Ubicado en la Reserva Natural La Limona-La Manguala
Presencia de residuos sólidos alrededor de la quebrada	Área protegida con presencia de guardabosques
Presencia de cultivos de cebolla	Presencia de bocatoma de acueducto comunitario
Sustancias orgánicas e inorgánicas	Alta cobertura vegetal → Permitiendo el ciclo de vida de macroinvertebrados
Agua aparentemente contaminada	Agua aparentemente cristalina
Poca cobertura vegetal	
Reducción del caudal	
Sistema de alcantarillado ineficiente	

Tabla 5. Total de individuos colectados en las dos quebradas muestreadas en los talleres prácticos, los días 4 y 11 de junio, 2017.

Clase	Orden	Familia	Número de individuos		Puntaje BMWP/Col
			Q. La Cabuyala	Q. La Manguala	
Insecta	Diptera	Simuliidae	3	6	3
Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	8	30	7
Gastropoda	Gastropoda	Physidae	21	0	3
Clitellata	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	1	0	4
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	0	1	7
Insecta	Trichoptera	Leptoxyphidae	0	3	7
Insecta	Odonata	Calopterygidae	0	1	7
Insecta	Hemiptera	Gerridae	0	3	7
Insecta	Coleoptera	Psephenidae	0	1	10
Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	0	3	8
Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	0	2	7
Insecta	Coleoptera	Ptilodactylidae	0	1	10
Insecta	Coleoptera	Elmidae	0	1	7
Insecta	Lepidoptera	Crambidae	0	2	7
Insecta	Trichoptera	Calamoceratidae	0	7	8
Insecta	Hemiptera	Veliidae	0	3	-
TOTAL DE INDIVIDUOS COLECTADOS			33	64	97

Total de familias colectadas en los talleres prácticos de dos quebradas de San Antonio de Prado

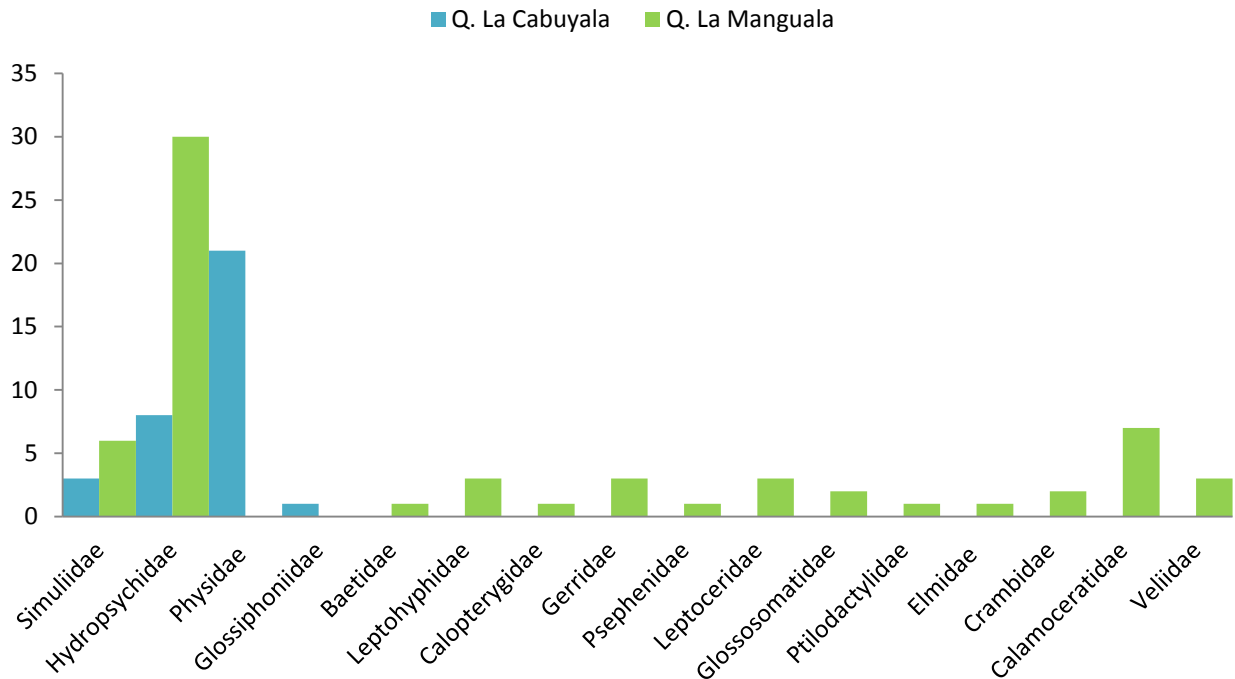


Figura 37. Distribución y total de macroinvertebrados colectados en las quebradas La Manguala y La Cabuyala, 2017.

Teniendo como base la figura anterior, se puede observar la diversidad de familias que se encontraron en la quebrada La Manguala, en comparación con la quebrada La Cabuyala. Así mismo son evidentes las familias dominantes para ambos afluentes, en la quebrada La Manguala predominó la familia Hydropsychidae (puntaje de 7), reflejando condiciones ecosistémicas apropiadas para el desarrollo del ciclo de vida de macroinvertebrados. Por otro lado, para la quebrada La Cabuyala, la familia Physidae (puntaje de 3) fue la más abundante en el muestreo realizado, lo que evidencia el posible grado de contaminación que presenta el afluente en comparación con la quebrada La Manguala.

Cuadro 14. Comparación de la calidad del agua de las quebradas La Manguala y La Cabuyala según índice BMWP/Col y cantidad de familias encontradas.

QUEBRADA	MUESTREOS	CANTIDAD DE FAMILIAS	CALIDAD	SIGNIFICADO
La Cabuyala	4 de Junio 2017	4	Muy crítica	Aguas Fuertemente contaminadas
La Manguala	11 de Junio 2017	14	Aceptable	Aguas no contaminadas

La diversidad entre las quebradas es muy diferente, la quebrada La Manguala, presenta mejores condiciones ecosistémicas y alta cobertura vegetal, y por ello se evidencia la cantidad de familias colectadas. Por otra parte, los problemas de contaminación y las diferentes presiones que tiene la quebrada La Cabuyala, imposibilitan el desarrollo adecuado de muchos macroinvertebrados.

7.3.4 Articulación en los procesos comunitarios del Corregimiento SADEP

Como resultado del proceso de sensibilización comunitaria y teniendo en cuenta los actores involucrados en los talleres teóricos y prácticos, recibimos una invitación especial por parte de la presidenta de la Junta de Acción Comunal Vergel Centro, para participar en el “Foro por el agua” dentro de las Cátedras de Paz- José Horacio Betancur, organizado por el Sistema de Bibliotecas Públicas y la Alcaldía de Medellín, con el objetivo de realizar una intervención sobre la experiencia de participación comunitaria en el marco de la realización de los talleres y actividades realizados en afluentes importantes del corregimiento. (Figura 38)

La presentación se realizó en el teatro del Parque Biblioteca José Horacio Betancur, en San Antonio de Prado, donde se contó con la presencia de actores importantes del



corregimiento, como presidentes de JAC, líderes sociales y ambientales, integrantes de la Mesa Ambiental del corregimiento, cuerpo estudiantil y docente y demás actores influyentes en el sector. Así mismo, participaron diferentes representantes del Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres DAGRD, del Sistema de Bibliotecas Públicas de Medellín y de la Alcaldía.

En el marco de la presentación de la experiencia y por medio de una exposición en PowerPoint, se habló de la alianza de la Universidad de Antioquia y la corporación Pro Romeral para la ejecución del objetivo orientado a sensibilizar a la comunidad del corregimiento en temas de conservación del recurso hídrico y en bioindicación con macroinvertebrados. Igualmente se compartió el proceso de la realización de los talleres teóricos y prácticos con la comunidad y los resultados obtenidos en los muestreos de las quebradas La Manguala y La Cabuyala, temática de vital importancia para los panelistas que continuarían con la discusión del foro.



Foro por el agua
Cátedra de paz, José Horacio Betancur

Viernes 30 de junio
4:00 p.m.
Teatro
Jóvenes y adultos

Panelistas:
Dario Zapata, líder social y ambiental de San Antonio de Prado
Gefrey Valencia, líder social y ambiental de San Antonio de Prado
Mario Rico, coordinador Mesa Ambiental de San Antonio de Prado
Luis F. Taborda Rueda, ingeniero asesor Junta de Servicios El Vergel
Yury Cano Murillo, representante legal Junta de Servicios El Vergel

Intervenciones especiales a cargo de:
Willington Castaño, presidente JVC Villa Ángel.
Juliana Amador, estudiante salud pública U de A.
Carlos Mario López, geólogo DGRD.

P.B. SAN ANTONIO DE PRADO

Apoyan:

Mesa de Trabajo

www.bibliotecasmedellin.gov.co


Alcaldía de Medellín
Cuenta con vos

SISTEMA DE BIBLIOTECAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN

Figura 38. Participación en el “Foro por el Agua” con el fin de divulgar la experiencia de participación comunitaria dentro del corregimiento SADEP.

Así mismo, y teniendo en cuenta la articulación con el Parque Biblioteca José Horacio Betancur, se recibió una invitación para dictar una clase teórica y una práctica (en el mes de octubre) sobre el uso de macroinvertebrados acuáticos con jóvenes del grado 11 pertenecientes al Semillero Ambiental Eco-Parque La Guinea de SADEP.

8. Discusión

Respecto a la formación profesional del egresado en el énfasis ambiental, se considera necesaria la inclusión de la temática de bioindicación dentro de los currículos académicos, puesto que consideramos que la evaluación biológica de la calidad del agua es importante dentro del perfil ocupacional de un Administrador en salud con énfasis en gestión sanitaria y ambiental.

En relación a los resultados del índice de bioindicación utilizado (BMWP), se considera pertinente resaltar que las variaciones presentadas en los tramos estudiados de la quebrada Doña María se deben a las diferentes condiciones del ecosistema, convirtiéndose en un determinante de calidad y cantidad de macroinvertebrados. Por ejemplo, en el tramo 2, aunque presentaba mejores condiciones ecosistémicas que el tercer tramo, allí, se realizaban actividades que afectaban la presencia y permanencia de comunidades acuáticas. En ese sentido, la red de monitoreo ambiental realizada en el Río Medellín, hace alusión en que el desarrollo de los macroinvertebrados en un afluente no depende solo de los niveles de contaminación, sino de las condiciones que representan el estado del lecho, las orillas, la presencia de vegetación, trabajos de canalización y explotación de material, entre otros factores (32).

La bioindicación se utilizó como instrumento principal para la sensibilización comunitaria, eje transversal de nuestro proyecto de investigación, puesto que facilitó el fortalecimiento y articulación de los diferentes actores en las temáticas de interés y permitió el proceso de apropiación del territorio en pro del cuidado y conservación de las quebradas del corregimiento, generando así la armonización en la toma de decisiones para futuras intervenciones de carácter ambiental y social, tal y como se describe en el libro de conservación y uso de los macroinvertebrados, en donde se considera que el biomonitoreo



puede ser una herramienta de participación y ciencia ciudadana de gran impacto en nuestros países (23).

La utilización de parámetros físicos, químicos, biológicos y microbiológicos, no difieren uno del otro, puesto que todos son importantes porque responden a diferentes escenarios de análisis según el tipo de aplicación, por el contrario, la ejecución de todos los parámetros en un estudio, reflejan la realidad y dan credibilidad y confiabilidad, arrojando así un resultado más completo del medio ecosistémico.

Una de las mayores limitaciones fue la falta de implementación de los análisis fisicoquímicos en los dos muestreos desarrollados, debido a los escasos recursos económicos con los que contaba el proyecto.

9. Conclusiones

En la implementación del método biológico, para evaluar la calidad del agua de la quebrada Doña María, se recolectaron, identificaron y analizaron un total de **1.994** macroinvertebrados, correspondientes a los muestreos realizados en tramos definidos de la quebrada Doña María en los periodos marzo y julio, así como los muestreos de los talleres prácticos realizados con la comunidad del corregimiento de San Antonio de Prado, en las quebradas La Manguala y Cabuyala. Esta cifra representa la diversidad ecológica que se encuentra en la cuenca y demuestra la existencia de condiciones variables que permiten el desarrollo de la vida acuática y a la vez definen el estado actual de la calidad del agua para la quebrada Doña María.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación de la calidad del agua, se afirma que existen diferentes presiones en la quebrada, lo que afecta directamente a la reducción de espacios para una mejor calidad de vida de la población, la pérdida de los servicios ecosistémicos y ambientales y la pérdida de un recurso natural no renovable, en donde la escasez y el acceso son cada vez más significativos.

El proceso de educación ambiental con la comunidad del corregimiento, superó las expectativas propuestas, ya que se cumplió con el objetivo principal de sensibilización en temas de conservación del recurso hídrico y bioindicación con macroinvertebrados, permitiendo la construcción de espacios para la discusión y análisis de las problemáticas actuales de la cuenca y la formulación de propuestas encaminadas a la conservación, recuperación y restauración de componentes ambientales, así como la formación de líderes ambientales o movilización ciudadana en pro del mejoramiento de la calidad de vida. Este proceso, permitió la inclusión en el desarrollo de proyectos propios de la comunidad, como la participación en diferentes espacios donde se pudieron establecer alianzas estratégicas



con diferentes actores para construir bases pedagógicas y promover la réplica del conocimiento.

10. Propuestas

Con el fin de controlar los efectos negativos y potenciar los positivos de forma eficiente y eficaz en la microcuenca de la quebrada Doña María, se deben implementar estrategias como el desarrollo de la cultura ambiental, a partir de procesos educativos que contengan programas y proyectos enmarcados hacia el fortalecimiento de participación ciudadana, articulación de los diferentes actores, conservación y restauración de la biodiversidad de la microcuenca, los cuales se encuentran definidos dentro del PIOM de la quebrada La Pichacha y pueden tomarse como base para el plan de ordenamiento de la quebrada Doña María. Además, como se plantea en el monitoreo de aguas y humedales de SADEP, debido al poco fortalecimiento de políticas públicas y continuidad en los procesos socioambientales iniciados en el corregimiento, se incide a la pérdida real de las oportunidades presentes y futuras para las comunidades.

Tomar como base el desarrollo de esta propuesta de investigación con el objetivo de implementarlo en otras quebradas del corregimiento, ciudad y departamento, resaltando la importancia del trabajo con las comunidades para la apropiación de su territorio y el cuidado de sus fuentes hídricas.

11. Agradecimientos

Las autoras manifiestan su agradecimiento a todas las personas y entidades que de una u otra forma han puesto su semilla y han colaborado en la cosecha de este trabajo. Especialmente queremos agradecer a nuestras familias por su fe, acompañamiento, confianza y apoyo incondicional en el proceso formativo que nos ha hecho mejores seres humanos, a punto de retribuir a la sociedad todo lo que se ha logrado durante este crecimiento continuo.

A los docentes, quienes con su guía y liderazgo nos han dado la luz necesaria para descubrir nuestro que hacer como Administradoras en Gestión Sanitaria y Ambiental posibilitándonos en la formación hasta el punto de ser frutos maduros para la sociedad.

A la comunidad de San Antonio de Prado y a la Corporación Pro Romeral quienes nutrieron más que con su saber, experiencia y cultura con su calidad como personas haciendo posible la materialización de esto que empezó como un sueño y hoy es nuestra realidad.

Finalmente, a los estudiantes de la Facultad Nacional de Salud Pública, que fueron parte de este proceso y quienes aportaron con su tiempo, motivación e interés de aprender para el desarrollo de esta investigación.

12. Referencias bibliográficas

1. Gil. MJ, Soto AM, Usma JI, Gutierrez OD. Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. Producción más limpia. 2012 Dic; (7): 52-73
2. Colombia. Ministerio de Ambiente Desarrollo Sostenible. Resolución 2115 de 2017, junio 22, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Bogotá: El Ministerio; 2017
3. González D. Bioindicadores como aliados en el monitoreo de condiciones ambientales. Éxito empresarial [Internet] 2014; (252): 1-4 [Consultado 2017 Junio 03] Disponible en: http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_252_240214_es.pdf
4. Colombia. Corporación Autónoma Regional del Tolima. Proyecto Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica Mayor del rio Coello. [Internet]. Tolima; 2012 [Consultado 2017 Junio 09] Disponible en: http://www.cortolima.gov.co/2006/images/stories/centro_documentos/coello/2_10_BIODIVERSIDAD.pdf
5. Domínguez E, Hernández RF. Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. [Internet]. Argentina: Fundación Miguel Lillo; 2009 [Consultado 2017 Junio 13]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/260417584_Macroinvertebrados_bentonic

os Sudamericanos Sistemática y Biología

6. Banco Mundial. Gestión de recursos hídricos: Panorama general [internet]. [Consultado 2017 Junio 25]. Disponible en: <http://www.bancomundial.org/es/topic/waterresourcesmanagement/overview>.
7. Sánchez V, Guiza B. Glosario de términos sobre medio ambiente [Internet] [Consultado 2017 Junio 25]. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0008/000855/085533SB.pdf>
8. De la Orden EA. Contaminación. [Internet] [Consultado 2017 Junio 25]. Disponible en: <http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/007-contaminacion.pdf>
9. Hahn-vonHessberg CM, Toro R, Grajales D, Duque A, Uribe GM. Determinación de la Calidad del Agua mediante Indicadores Biológicos Y Físicoquímicos, En La Estación Piscícola, Universidad De Caldas, Municipio De Palestina, Colombia. 2009; (13): 89-105
10. Organización de las Naciones Unidas. Calidad del agua [Internet]. Decenio Internacional para la Acción “ El agua fuente de vida” [Internet]. [Consultado 2017 Junio 25]. Disponible en: <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
11. Organización Mundial de la Salud. Objetivos del Desarrollo del Milenio [Internet]. [Consultado 2017 Junio 28]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs290/es/>
12. Alcaldía de Medellín, Proromeral. Convenio de asociación para el Comanejo de las

- areas y ecosistemas de importancia ambiental del Corregimiento de San Antonio de Prado, Municipio de Medellín [Internet]. [Consultado 2017 Junio 25]. Disponible en: <https://promermal.files.wordpress.com/2015/01/monitoreo-aguas-y-humedales-2015-2016.pdf>
13. Roldan G. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. Rev Acad Colomb Cienc Exactas Fis Nat [Internet] 2016; 40 (155): 254-274 [Consultado 2017 Junio 25]. Disponible en: <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/335>
 14. Vergara D. Entomofauna lítica bioindicadora de la calidad del agua [Trabajo de grado para optar al título de Magister Scientiae en Medio Ambiente y Desarrollo]; 2009 [Consultado 2017 Junio 28]. Disponible en: http://www.bdigital.unal.edu.co/2177/1/43615961.2009_1.pdf
 15. Colombia. Corporación Autónoma Regional del Tolima. Proyecto Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica Mayor del río Coello. [Internet]. Tolima; 2012 [Consultado 2017 Junio 09] Disponible en: http://www.cortolima.gov.co/2006/images/stories/centro_documentos/coello/2_10_BIODIVERSIDAD.pdf
 16. Universidad de Pamplona. La Calidad del agua- Valoración y Monitoreo [Internet]. [Consultado 2017 Agosto 03]. Disponible en: http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo1.pdf
 17. Plan Saint- Laurent. Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertebrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier [Internet]. [Consultado 2017 Julio 08]. Disponible en:

<http://www.obvcapitale.org/wp-content/uploads/2012/07/benthiques.pdf>

18. Universidad de Costa Rica. Biomonitorio acuatico [Internet]. [Consultado 2017 Agosto 03]. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/20082>
19. Rosales E, Sanchez S. Uso de Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad del agua del río Palacagüina, Norte de Nicaragua. Ciencias Ambientales [Internet] 2013; 66:75 [Consultado 2017 Junio 25]. Disponible en: <http://repositorio.unan.edu.ni/6112/2/118-443-1-PB.pdf>
20. Puig A. Bioindicadores/ Indicadores Biologicos. [Internet]. [Consultado 2017 Julio 08]. Disponible en: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Bioindic.htm>
21. Prat N, Rios B, Acosta R, Rieradevall. Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. [Internet]. Argentina: Fundación Miguel Lillo; 2009 [Consultado 2017 Agosto 13]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/260417584_Macroinvertebrados_benticos_Sudamericanos_Sistematica_y_Biologia
22. Segretin ML. Biomonitorio ambiental y tratamiento de efluentes. . [Internet]. Argentina: Fundación Miguel Lillo; 2009 [Consultado 2017 Agosto 13]. Disponible en: <http://www.argenbio.org/adc/uploads/pdf/Biomonitorio%20y%20tratamiento%20de%20efluentes.pdf>
23. Egu A, Mora P, Campbell M, Springer B, Monik. Diversidad, conservación y uso de los macroinvertebrados dulceacuícolas de México, Centroamérica, Colombia, Cuba y Puerto Rico. Bioma [Internet] 2016 [Consultado 2017 Agosto 17].

Disponible

en:

<http://ri.ues.edu.sv/9139/>

24. Zhou Q, Zhang J, Fu J, Shi J, Jiang G. Biomonitoring: An appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem. *Anal Chim Acta* [Internet] 2008 Nov; (606): 135-150 [Consultado 2017 Agosto 17]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18082645>
25. Torres MA, Barros MP, Campos S, Pinto E, Rajamani S, Colepicolo P. Biochemical biomarkers in algae and marine pollution: a review. *NCBI* [Internet] 2008 [Consultado 2017 Agosto 19]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18599121>
26. Carvacho C. Estudio de los macroinvertebrados bentónicos y desarrollo de un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Limari en Chile [Trabajo de grado para optar al título de Magister en Ecología] Barcelona: Universitat de Barcelona; 2012 [Consultado 2017 Junio 28]. Disponible en: http://www.ub.edu/fem/docs/treballs/TESIS_MASTER_Caroline%20Carvacho.pdf
27. Bonada N, Prat N, Resh V, Statzner B. Developments in Aquatic Insect Biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches. *Annual Review of Entomology. Annu. Rev. Entomol* [Internet] 2006; (51): 495-523 [Consultado 2017 Junio 25]. Disponible en: http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/water/paper/cistup_TR1/DEVELOPMENTS%20IN%20AQUATIC%20INSECT%20BIOMONITORING.pdf
28. Roldán G. Desarrollo de la limnología en Colombia: Cuatro décadas de avances progresivos. *Actual Biol* [Internet] 2009;31(91):227–37 [Consultado 2017 Junio 29]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/acbi/v31n91/v31n91a9.pdf>

29. Sánchez M. El índice biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party Score), modificado y adaptado al cauce principal del río pamplonita Norte de Santander. Bistua [Internet] 2005; 3(2) [Consultado 2017 Septiembre 18]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90330207>
30. Mesa AM, Rubio J, Dias L, Walteros J. Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná. Caldasia [Internet] 2012; 34(2): 443-456 [Consultado 2017 Mayo 27]. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/39163/46608>
31. Milan W, Quintero O, Aguirre N. Quebrada La Popala: Un análisis de calidad del agua desde algunas variables fisicoquímicas, microbiológicas y los macroinvertebrados acuáticos. Gest. Ambient [Internet] 2011; 14 (1) 85-94 [Consultado 2017 Mayo 27]. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/25447>
32. Universidad de Antioquia, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad de Medellín, Universidad Nacional de Colombia. Red de monitoreo ambiental en la cuenca hidrográfica del río Medellín- Aburrá en jurisdicción del Área Metropolitana fase III. [Internet] [Consultado 2017 Mayo 27]. Disponible en: http://www.metropol.gov.co/recursohidrico/Informes/BOLETINES/Componente_Biol%C3%B3gico_R%C3%ADo_Aburr%C3%A1_Medell%C3%ADn.pdf
33. Contraloría General de la República. Informe Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente Municipio de Medellín [Internet] [Consultado 2017 Julio 02]. Disponible en: <file:///C:/Users/caroc/Downloads/Informe%20Estado%20de%20los%20Recursos%20Naturales%20y%20del%20Ambiente%20Municipio%20de%20Medell%C3%AD>

[n%202014.pdf](#)

34. UNESCO. Agua para todos, Agua para la vida. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo [Internet] [Consultado 2017 Julio 07]. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001494/149406s.pdf>
35. UNESCO. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP) [Internet]. [Consultado 2017 Julio 19]. Disponible en: <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/all-facts-wwdr3/fact-15-water-pollution>
36. Universidad Nacional de Colombia. El 50% del agua en Colombia es de mala calidad. [Internet]. [Consultado 2017 Julio 22]. Disponible en: <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/el-50-del-agua-en-colombia-es-de-mala-calidad.html>
37. Morales P. Piden cuidar las quebradas de Medellín y el Valle de Aburrá. El Tiempo. 2015 Nov 24; [Internet]. [Consultado 2017 Julio 22]. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16439950>
38. Perevochtchikova M. La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. Scielo [Internet] 2013; 22(2): 283-312 [Consultado 2017 Julio 29]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/gpp/v22n2/v22n2a1.pdf>
39. CORANTIOQUIA. Plan de ordenación y manejo de la microcuenca de la quebrada Doña María municipios de Itagúí, La Estrella y Medellín [Internet]. [Consultado 2017 Agosto 23]. Disponible en: <http://cia.corantioquia.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=12725>

40. CIDBINEMA. Cuenca de la quebrada Doña Maria-Corregimiento de San Antonio de Prado [Internet]. [Consultado 2017 Agosto 24]. Disponible en: <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Abril2006/CD1/pdf/spa/doc7741/doc7741-9a.pdf>
41. Roldan G. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP Col. 1era ed. [Internet] Medellín: Universidad de Antioquia.; 2003 [Consultado 2017 Julio 29]. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=ZEjgIKZTF2UC&printsec=frontcover&hl=e&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
42. Gamarra Y, Restrepo R, Cajigas AA. Guía de campo de los macroinvertebrados acuáticos de la quebrada Menzuly- Santander-Colombia [Internet] Bucaramanga, Colombia.; 2012 [Consultado 2017 Sep 14]. Disponible en: http://www.academia.edu/6031723/Gu%C3%ADa_de_campo_de_los_macroinvertebrados_acu%C3%A1ticos_de_la_quebrada_Menzuly_Santander_-_Colombia
43. Gómez J. Determinación de la calidad del agua mediante variables fisicoquímicas y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del Río Garagoa [Trabajo de grado para optar al título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente]; 2014 [Internet]. [Consultado 2017 Agosto 24]. Disponible en: <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1803/tesisJAGG.pdf>
44. Gallegos R. Medición del “PH” de ácidos, bases y sales [Internet]. [Consultado 2017 agosto 27]. Disponible en: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Universidad+tecn>

ol@gica+equinoccial#0

45. Colombia. Ministerio de Ambiente Desarrollo Sostenible. Decreto 1076 de 2015, junio 22, Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá: El Ministerio; 2015
46. PanaChlor. Sólidos Disueltos Totales (TDS) & Electroconductividad (EC) [Internet]. [Consultado 2017 Sep. 02]. Disponible en: [http://panachlor.com/wp-content/uploads/pdf/Solidos-Disueltos-Totales-\(TDS\)-Electroconductividad-\(EC\).pdf](http://panachlor.com/wp-content/uploads/pdf/Solidos-Disueltos-Totales-(TDS)-Electroconductividad-(EC).pdf)
47. Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia. Actualización del Estado del arte del recurso hídrico en el Departamento de Antioquia 2010-2012 [Internet]. [Consultado 2017 Sep. 18]. Disponible en: http://www.cta.org.co/media/k2/attachments/Libro_Estado_del_Recurso_Hidrico_2013_feb_21-2.pdf
48. Colombia. Ministerio de Protección Social. Decreto 1575 de 2007, mayo 09, por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.. Bogotá: El Ministerio; 2007
49. Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución 2115 de 2007, junio 22, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano: El Ministerio; 2007
50. Colombia. Congreso de Colombia. Ley 09 de 1979, enero 24, Por la cual se dictan Medidas Sanitarias: El Congreso; 1979

51. Colombia. Congreso de Colombia. Decreto 79 de 1986, diciembre 30, por la cual se prevee a la conservación de agua y se dictan otras disposiciones: Congreso de Colombia; 1986
52. Colombia. Congreso de Colombia. Ley 99 de 1993, diciembre 22, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones: Congreso de Colombia; 1993
53. Colombia. Congreso de Colombia. Decreto 605 de 1996, marzo 27, por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994 en relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo: Congreso de Colombia; 2015
54. Colombia. Congreso de Colombia. Decreto 1076 de 2015, mayo 26, Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible: Congreso de Colombia; 2015
55. Colombia. Consejo Nacional de Política Económica y Social. CONPES 1750 de 1995. Política de manejo de las aguas: Consejo Nacional de Política Económica y Social; 1995
56. Colombia. Consejo Nacional de Política Económica y Social. CONPES 3350 de 1995. Lineamientos para la formulación de la política integral de salud ambiental con énfasis en los componentes de calidad de aire, calidad de agua y seguridad química; Consejo Nacional de Política Económica y Social 1995
57. Ministerio de Salud y Protección Social. Plan Decenal de Salud Pública [Internet]. [Consultado 2017 Sep. 25]. Disponible en:



<https://www.minsalud.gov.co/plandecenal/Paginas/home2013.aspx>

58. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Objetivos del Desarrollo Sostenible [Internet]. [Consultado 2017 Sep. 25]. Disponible en: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

13. Anexos

Anexo 1. Resultados de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos tomados en campo y analizados por el laboratorio GDCON.

F3-GE-PR-001-GDCON v10	INFORME 17-0484	Página 1 de 2
		INFORME DE RESULTADOS
	Código: F3-GE-PR-001-GDCON	Aprobó: AREL
	Versión: 10	
	Fecha de emisión: 2016/07/18	
		
LABORATORIO ACREDITADO NIC-150/NIC-136252005 Resolución Nº 2564 del 11 de diciembre de 2014		
NÚMERO DE INFORME: 17-0484	FECHA DE EMISIÓN: 2017/07/14	
LABORATORIO: Grupo Diagnóstico y Control de la Contaminación - GDCON	TELÉFONO: (4) 2196571	
DIRECCIÓN: Calle 62 #52-59 Torre 2. Laboratorio 232. Sede de Investigación Universitaria - SIU Universidad de Antioquia. Medellín, Antioquia		
FECHA DE RECEPCIÓN: 2017/06/21	COTIZACIÓN: 0409	
Aprueban este informe:		
CARGO:	PROFESIONAL:	MATRÍCULA:
Coordinador Físicoquímica	Paula Andrea Lara R.	05237221295ANT
Coordinador Instrumental	Duvan Esteban Hoyos O.	PQ-4431
Coordinador Microbiología	Any Carolina Garcés M.	Resolución N° 5-0764
Coordinador Muestreos	Jhon Edilson Castrillon C.	Resolución N° 5-0764
Director GDCON	Gustavo Peñuela M.	PQ-0316
FIRMA:		
		(Original firmado)
		(Original firmado)
		(Original firmado)
		(Original firmado)
		(Original firmado)
Notas:		
• Los resultados consignados en el presente informe sólo están relacionados con el ítem ensayado.		
• Este informe no debería ser reproducido parcialmente sin aprobación escrita del GDCON.		
INFORMACIÓN DEL CLIENTE		
ENTIDAD: Juliana Amador	TELÉFONO: ND	
NIT: ND	CONTACTO: Juliana Amador	
DIRECCIÓN: ND	EMAIL: amadorpegui@gmail.com	
INFORMACIÓN DE TOMA Y RECEPCIÓN DE LA MUESTRA		
CÓDIGO DE MUESTREO: N/A*	FECHA DE MUESTREO: N/A*	
PLAN DE MUESTREO: N/A*	PROCEDIMIENTO: N/A*	
LUGAR DE MUESTREO: N/A*		
Condiciones ambientales: N/A*	Especificaciones de muestreo: N/A*	
Notas:		
*La toma de la muestra no fue realizada por el laboratorio. El análisis partió de la muestra tal y como fue recibida.		

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO INTERNO	DESCRIPCIÓN/MUESTRA	PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	FECHA DE ANÁLISIS
17-0484-1	DM-1 QUEBRADA DOÑA MARIA TRAMO #1-AC	- Coliformes totales*	SM 9223 B; Ed. 2012, Enzima sustrato multicelda, 35°C/18h, Colilert	$> 2.4 \cdot 10^4$ ¹ NMP/100mL	No reportada	2017/06/22
17-0484-1	DM-1 QUEBRADA DOÑA MARIA TRAMO #1-AC	- E.coli*	SM 9223 B; Ed. 2012, Enzima sustrato multicelda, 35°C/18h, Colilert	$> 2.4 \cdot 10^4$ ¹ NMP/100mL	No reportada	2017/06/22
17-0484-1	DM-1 QUEBRADA DOÑA MARIA TRAMO #1-AC	DBOS (AC-AR)*	SM 5210 D; Ed. 2012	8 mg O ₂ /L	No reportada	2017/06/22
17-0484-1	DM-1 QUEBRADA DOÑA MARIA TRAMO #1-AC	DQO (AC-AR)*	SM 5220 D; Ed. 2012	<10,000 mg O ₂ /L	No reportada	2017/07/06
17-0484-1	DM-1 QUEBRADA DOÑA MARIA TRAMO #1-AC	Turbiedad (AP-AT**)(AC-AR)*	SM 2130 B; Ed. 2012	4,40 NTU	No reportada	2017/06/22
17-0484-2	DM-2 QUEBRADA DOÑA MARIA TRAMO #2-AC	- Coliformes totales*	SM 9223 B; Ed. 2012, Enzima sustrato multicelda, 35°C/18h, Colilert	$> 2.4 \cdot 10^4$ ¹ NMP/100mL	No reportada	2017/06/22
17-0484-2	DM-2 QUEBRADA DOÑA MARIA TRAMO #2-AC	- E.coli*	SM 9223 B; Ed. 2012, Enzima sustrato multicelda, 35°C/18h, Colilert	$8.7 \cdot 10^3$ ¹ NMP/100mL	No reportada	2017/06/22
17-0484-2	DM-2 QUEBRADA DOÑA MARIA TRAMO #2-AC	DBOS (AC-AR)*	SM 5210 D; Ed. 2012	5 mg O ₂ /L	No reportada	2017/06/22
17-0484-2	DM-2 QUEBRADA DOÑA MARIA TRAMO #2-AC	DQO (AC-AR)*	SM 5220 D; Ed. 2012	<10,000 mg O ₂ /L	No reportada	2017/07/06
17-0484-2	DM-2 QUEBRADA DOÑA MARIA TRAMO #2-AC	Turbiedad (AP-AT**)(AC-AR)*	SM 2130 B; Ed. 2012	39,0 NTU	No reportada	2017/06/22
17-0484-3	DM-3 QUEBRADA DOÑA MARIA TRAMO #3-AC	- Coliformes totales*	SM 9223 B; Ed. 2012, Enzima sustrato multicelda, 35°C/18h, Colilert	$> 2.4 \cdot 10^4$ ¹ NMP/100mL	No reportada	2017/06/22
17-0484-3	DM-3 QUEBRADA DOÑA MARIA TRAMO #3-AC	- E.coli*	SM 9223 B; Ed. 2012, Enzima sustrato multicelda, 35°C/18h, Colilert	$> 2.4 \cdot 10^4$ ¹ NMP/100mL	No reportada	2017/06/22
17-0484-3	DM-3 QUEBRADA DOÑA MARIA TRAMO #3-AC	DBOS (AC-AR)*	SM 5210 D; Ed. 2012	6 mg O ₂ /L	No reportada	2017/06/22
17-0484-3	DM-3 QUEBRADA DOÑA MARIA TRAMO #3-AC	DQO (AC-AR)*	SM 5220 D; Ed. 2012	<10,000 mg O ₂ /L	No reportada	2017/07/06
17-0484-3	DM-3 QUEBRADA DOÑA MARIA TRAMO #3-AC	Turbiedad (AP-AT**)(AC-AR)*	SM 2130 B; Ed. 2012	39,5 NTU	No reportada	2017/06/22

*Acreditado por el IDEAM. | **Acreditado por el ONAC. | ***Acreditado por el IDEAM y el ONAC. | Los Parámetros sin asterisco NO se encuentran acreditados.
ND: No disponible. | NA: No Aplica.

OBSERVACIONES, OPINIONES E INTERPRETACIONES

N/A

— FINAL DEL INFORME DE RESULTADOS 17-0484 —



Anexo 2. Ejemplo de certificado entregado a uno de los participantes de la sensibilización comunitaria.



La Facultad Nacional de Salud Pública de la Universidad de Antioquia
y la Corporación Pro Romeral, certifican que

UALDIBI RUIZ DUQUE
C.C 1214715904

Participó en el **Curso/Taller sobre Bioindicación y Conservación del Recurso Hídrico**,
los días 3 y 4 de junio de 2017 con una duración de 10 horas.

El curso/taller se realizó como una actividad del trabajo de grado **“Evaluación de la calidad del agua de la quebrada Doña María, utilizando macroinvertebrados como indicadores biológicos para la construcción de estrategias pedagógicas en el cuidado de las fuentes hídricas del corregimiento de San Antonio de Prado, 2017”**, con el fin de sensibilizar a las comunidades adyacentes en el uso y aplicación del indicador BMWP/Col y la importancia del cuidado del agua.

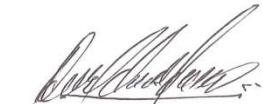

Juliana Amador Upegui

Estudiantes de Pregrado
Administración en Salud: Gestión Sanitaria y Ambiental


Carolina Cardona C
Carolina Cardona Castro


Gilberto Arenas Yepes

Coordinador de Programa
Universidad de Antioquia


Carlos Mario Uribe Garcia

Director
Corporación Pro Romeral



Anexo 3. Carta de invitación entregada a cada uno de los posibles participantes de los talleres.



San Antonio de Prado, Junio de 2017

Asunto: Invitación a participar en el Curso/Taller Intensivo "Bioindicación y Conservación del Agua"

En alianza con la Universidad de Antioquia y la Corporación Pro Romeral, nos complace invitarlo al Curso/Taller Intensivo "Bioindicación y Conservación del Agua", proceso de formación encaminado al diagnóstico de la calidad del agua de algunas quebradas del corregimiento de San Antonio de Prado con base en el estudio de macroinvertebrados como indicadores biológicos del agua y la utilización de prácticas enfocadas a la conservación del recurso hídrico.

El curso/taller contará con un certificado de participación a quienes asistan activamente a las actividades teórico/prácticas las cuales serán gratuitas.

Se tendrá una intensidad de encuentro presencial de 4 horas por día:

Actividad	Día	Hora
Taller teórico	Sábado 10 de Junio	De 1:00 a 5:00 pm
Taller práctico / Salida de campo	Domingo 11 de Junio	De 8:00 a 12:00pm

Lugar: Aula Ambiental La Toluca
Calle 48 Sur No. 69 A-26
Vergel Centro – San Antonio de Prado

Favor confirmar su asistencia: 286 5734 – 300 5535173 - 321 7243617

"La metodología será activa, práctica y dinámica ¡Anímate a participar!"

Cordialmente,

Juliana Amador
Estudiante
Universidad de Antioquia

Carolina Cardona
Estudiante
Universidad de Antioquia

Carlos Mario Uribe García
Director
Corporación Pro Romeral

Mayor información: 286 5734 / 300 5535173 / 321 7243617
amadorpegui@gmail.com / carolina.cardonac@udea.edu.co / corproromeral@hotmail.es

Anexo 4. Agenda definitiva para el manejo del tiempo y las actividades a desarrollar en los talleres

AGENDA

REALIZACIÓN DE TALLERES COMUNITARIOS

DÍA 1: SÁBADO 1:00 – 5:00pm

Objetivo: Realizar actividades de sensibilización sobre el cuidado de fuentes hídricas y sobre la existencia, la utilización y la clasificación de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua.

1:15pm–1:30pm presentación general del proyecto. Ubicación en contexto universitario y alianza con la corporación Pro Romeral, presentación corta de los participantes.

1:30pm–2:00pm Actividad grupal tipo panel para realizar diagnóstico de conocimientos básicos. **ACTIVIDAD 1:** Cartografía socioambiental.

2:00pm -2:15pm Socialización, ubicación de la cuenca, ¿qué problemas identificaron?

2:15pm–2:45pm Presentación de temáticas

1. El agua potable
2. ¿Por qué el agua debe ser potable? enfermedades hídricas
3. Escasez del agua **ACTIVIDAD 2:** Botella de agua
4. Causas y consecuencias de la contaminación (Ejemplos)

2:45pm-3:00pm **ACTIVIDAD 3:** emparejamiento de tarjetas (causas y consecuencias de la contaminación) y línea del tiempo

3:00pm–3:15pm **RECESO y REFRIGERIO**

3:20pm–4:00pm Presentación de temáticas

1. Monitoreo
2. Macroinvertebrados
3. ¿Por qué se usan macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua?
4. BMWP/Col: Que es el indicador, uso y aplicación.
5. Trabajo en campo

4:00- 4:30pm ACTIVIDAD 5 “conociendo a los macroinvertebrados”. Muestra física de macroinvertebrados y observación con lupas

4:30pm-5:00pm Síntesis de lo aprendido, solución de dudas e inquietudes, entrega de plegables y lectura corta para ejecutar en casa y visualización del taller práctico programado para el domingo.

DÍA 2: DOMINGO 8:00am

Objetivo: Practicar los conceptos vistos el día anterior en la quebrada la Manguala y la Cabuyala, realizar recolección, identificación y clasificación de macroinvertebrados en campo y definir un estado promedio de la calidad del agua.

8:00am-8:15am Encuentro en el parque San Antonio de Prado

8:15am-8:40am Transporte hasta la quebrada destino

8:45am-9:00am Demostración de recolecta de material con red y separación rápida de sustrato

9:00am- 9:40am División por grupos, recolección de material y separación de sustrato en bandejas blancas

9:40am-10:00am RECESO – REFRIGERIO

10:00am-10:45am Actividad de análisis. Entregar hoja guía y según macroinvertebrados colectados. Realizar un diagnóstico general según lo encontrado

10:45am-11:30am Socialización de resultados por grupos de trabajo, síntesis de la actividad, conclusiones, cierre y agradecimientos.

11:30am-12:00m Transporte hasta el Parque principal, espacio para comentarios y agradecimientos por la participación.

Anexo 5. Contenido de las temáticas en cada bloque programático

ACTIVIDADES:

- 1. Conservación** El agua potable, ¿Por qué el agua debe ser potable? enfermedades hídricas, Escasez del agua, causas y consecuencias de la contaminación

ACTIVIDAD 1: CARTOGRAFÍA SOCIOAMBIENTAL

- **El agua potable**

El agua potable es aquella que puede beberse sin peligro, pues no provoca ningún daño para la salud. Muy por el contrario, es la bebida ideal para nuestro organismo.

Antes de tomarla, el agua de ríos, lagos y otras fuentes debe ser potabilizada, que significa purificar o depurar. Es un método con el que se eliminan las partículas de arcilla, las algas y los microbios.

Requisitos

De acuerdo a lo establecido por la Organización Mundial de la salud (OMS), el agua tiene que cumplir con los siguientes requisitos para ser potable:

No debe contener sustancias nocivas para la salud, es decir, carecer de contaminantes biológicos (microbios y/o gérmenes patógenos), químicos tóxicos (orgánicos o inorgánicos), y radiactivos.

Poseer una proporción determinada de gases y de sales inorgánicas disueltas.

Debe ser incolora o translúcida, inodora y de sabor agradable.

¿Sabías que...?

De viaje

Algunas veces el agua puede afectar a nuestro organismo aun siendo potable. Esto sucede cuando tomamos agua en otras zonas geográficas (cuando estamos de viaje, por ejemplo). Lo que pasa es que el agua puede tener algunos microorganismos que no son peligrosos pero a los que nuestro cuerpo no está acostumbrado. Generalmente no es preocupante, unos días de adaptación es suficiente.

- **contaminación del agua -**

Aunque cueste creerlo, el agua contaminada se ha convertido en el asesino más peligroso del mundo. Los datos son alarmantes: según la Organización Mundial de la Salud (OMS) al menos 25 mil personas mueren cada día en e--Potabilización

El proceso de potabilización del agua es complejo y costoso, y requiere de un complicado sistema de captación, conducción, almacenado, potabilización y distribución de agua. Además del mantenimiento de las obras y de los equipos instalados.

Para que el agua dulce, que comenzó su largo viaje desde la parte más alta de la cuenca hídrica, llegue en condiciones de ser bebida sin riesgo a las canillas de los hogares, tuvo que pasar por diferentes etapas: Captación, canalización, potabilización y distribución

I mundo por causas derivadas de su consumo.

La contaminación del agua es cualquier cambio químico, físico o biológico en la calidad del agua que tiene un efecto dañino en cualquier cosa viva que consuma esa agua. Cuando los seres humanos beben el agua contaminada tienen a menudo problemas de salud.

Hay varias clases de agentes contaminantes del agua. Los primeros son agentes causantes de enfermedad. Éstos son bacterias, virus, protozoos y los gusanos parásitos que se incorporan desde los sistemas de aguas residuales y las aguas residuales sin tratar.

La contaminación del agua se detecta en los laboratorios, donde pequeñas muestras de agua se analizan para diversos tipos de contaminantes. Los organismos vivos tales como pescados se pueden también utilizar para la detección de la contaminación del agua. Los cambios en su comportamiento o crecimiento nos demuestran, que el agua en la que viven está contaminada. Las características específicas de estos organismos pueden dar información sobre la clase de contaminación en el ambiente.

Las causas entonces se dividen en dos tipos fundamentales:

- **Contaminación Natural:** relativa al Ciclo del Agua, y comprende al agregado de sustancias minerales y residuos orgánicos que toman contacto con el agua, eliminando su pureza y requiriendo un tratamiento potabilizador para que sea consumida por los seres humanos.

- Contaminación Antrópica: Como su nombre lo indica, la fuente de la contaminación es el accionar del hombre, con orígenes que son completamente variados (y de hecho, diariamente se suelen descubrir más formas de dañar la calidad del agua) oscilando desde la utilización de pesticidas, hasta el vertido de combustibles tanto por embarcaciones como por accidentes en yacimientos petroleros.
- Contaminación del agua y sus consecuencias.

Causas y consecuencias de la contaminación (Ejemplos)

Como muchos sabrán, el agua potable es un recurso no renovable, y como tal, debemos cuidarlo ya que se trata de un bien necesario para nuestras vidas, tanto como para la de todos los seres vivos.

Causas de la Contaminación del Agua

Existen dos vías de inducción de la contaminación del agua, una en forma directa (en contacto con el contaminante, de forma intencional) o bien en forma indirecta (la intención no es verter el contaminante en el agua, sino que éste toma contacto a través de otro soporte)

Se trata de un bien necesario para la vida, por lo cual la principal consecuencia de la contaminación del agua es lógicamente el daño a las numerosas especies que habitan un ecosistema acuático, alterando sus condiciones de vida e inclusive pudiendo causarles la muerte.

Enfermedades hídricas -

Grupo 1: Enfermedades propagadas por el agua

- El agua actúa como medio de transporte de organismos patógenos produciendo enfermedades como: Fiebre tifoidea, amebiasis, hepatitis y diarreas virales, cólera, poliomielitis

Grupo 2: Enfermedades basadas en el agua

- Algunos organismos patógenos desarrollan su ciclo de vida en animales acuáticos y producen la enfermedad llamada Esquistosomiasis

Grupo 3: Enfermedades por escasez de agua

- La falta de agua y de higiene personal producen enfermedades como: la sarna y la parasitosis intestinal

Grupo 4: Enfermedades de origen vectorial relacionados con el agua

- son aquellas enfermedades transmitidas por vectores: fiebre amarilla, dengue y paludismo

Algunas de las enfermedades asociadas a ella son: dengue, malaria, esquistosomiasis y cólera.

El cólera es conocida por ser la enfermedad de las manos sucias y el agua contaminada. Penetra en el cuerpo a través de la boca cuando se toma agua o alimentos contaminados por heces donde está presente la bacteria que produce la enfermedad. Provoca diarrea y vómitos, y si no es detenida a tiempo, puede provocar la muerte, especialmente en los niños más pequeños.

- **Escasez del agua**

Qué hace la gente con el agua potable? Aunque no puedas creerlo, el agua potable -que tanto costó obtener- es malgastada en muchos hogares.

Las poblaciones de cada ciudad en particular y del mundo en general deben saber que el agua es un recurso no renovable y que no se puede usar en forma indiscriminada. El número de personas crece día a día, pero las fuentes de abastecimiento de agua no. Y -para peor- están cada vez más contaminadas.

¿Cómo cuidarla ?

Estos son algunos de los consejos sencillos para ahorrar agua en casa:

- Canillas

Dejemos las canillas de agua bien cerradas. Una canilla goteando puede perder hasta 80 litros en un día. Si pierde un hilo de agua derrocha hasta 300 litros diarios.

- Cañerías

Verifiquemos que las cañerías de la casa no estén dañadas, una pérdida de este tipo derrocha entre 300 y 700 litros de agua por día.

- Ducha o bañera

Un baño de inmersión gasta el doble de agua que uno de ducha. Además, si al enjabonarnos cerramos la llave de agua de la ducha, podremos ahorrar muchos litros más.

- Inodoro

No descarguemos innecesariamente toda el agua del depósito del inodoro, a veces, con sólo presionar el botón un poco basta. Además, si la válvula no cierra correctamente y deja correr el agua en forma constante, el derroche alcanza los 150 litros diarios.

- Higiene

Cuando nos lavemos los dientes es conveniente cerrar la canilla durante el cepillado. Así se ahorran 15 litros de agua.

- Lavado

No dejemos la llave de agua abierta todo el tiempo que dure el lavado de platos o ropa. Debe abrirse sólo para enjuagar. Es conveniente poner el tapón del lavaplatos o utilizar un recipiente plástico.

- Autos y veredas

Evitemos el lavado de autos y veredas con manguera. Utilicemos un balde y ahorraremos más de 120 litros de agua.

- Riego

Las flores y plantas se deben regar por la mañana bien temprano o por la noche, para evitar la evaporación. Una manguera abierta en el jardín derrocha 60 litros por hora.

ACTIVIDAD 2: Emparejar tarjetas y línea del tiempo

2. **Bioindicación, macroinvertebrados acuáticos como indicadores, algunas familias de macroinvertebrados y sus características taxonómicas**

- **Monitoreo**

El monitoreo permite analizar los cambios en la salud del río.

Así como usted se hace un examen médico cuando se siente enfermo, lo mismo se debe hacer con el río cuando se sospecha que está contaminado. Un examen cada cierto tiempo, conocido como monitoreo, es importante para conocer con seguridad la salud del río.

El monitoreo de un río consiste en determinar los cambios ocurridos en el agua, los animales y la tierra que le rodea, a través de varias observaciones o estudios. Así podemos descubrir las enfermedades del río y sugerir el tratamiento necesario para sanarlo.

Para que este examen sea más exacto, es importante tomar datos en diferentes partes del río. De este modo, puede comparar la calidad del agua río arriba y río abajo, o de acuerdo con los ambientes que le rodean o con las actividades que suceden en sus proximidades. Por ejemplo, el río puede estar más sano cuando pasa cerca del bosque nativo, que cuando pasa cerca de las zona agrícola o industrial, porque los químicos usados para los cultivos contaminan el agua.

Para examinar el agua existen varias formas: análisis físicos, químicos y biológicos.

Ahondaremos en los biológicos, con el monitoreo de macroinvertebrados

- **Macroinvertebrados**

Los macroinvertebrados son excelentes indicadores de la calidad del agua.

Los macroinvertebrados acuáticos son bichos que se pueden ver a simple vista. Se llaman macro porque son grandes (miden entre 2 milímetros y 30 centímetros), invertebrados

porque no tienen huesos, y acuáticos porque viven en los lugares con agua dulce: esteros, ríos, lagos y lagunas.

Estos animales proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua, y, al usarlos en el monitoreo, puede entender claramente el estado en que ésta se encuentra: algunos de ellos requieren agua de buena calidad para sobrevivir; otros, en cambio, resisten, crecen y abundan cuando hay contaminación. Por ejemplo, las moscas de piedra sólo viven en agua muy limpia y desaparecen cuando el agua está contaminada. No sucede así con algunas larvas o gusanos de otras moscas que resisten la contaminación y abundan en agua sucia. Estos bichos, al crecer, se transforman en moscas que provocan enfermedades como la malaria, el paludismo o el mal de Chagas.

Los macroinvertebrados incluyen larvas de insectos como mosquitos, caballitos del diablo, libélulas o helicópteros, chinches o chicaposos, perros de agua o moscas de aliso. Inician su vida en el agua y luego se convierten en insectos de vida terrestre.

Además de los insectos, otros macroinvertebrados son: caracoles, conchas, cangrejos azules, camarones de río o minchillas, planarias, lombrices de agua, ácaros de agua y sanguijuelas o chupa-sangres.

-Los macroinvertebrados pueden vivir: en hojas flotantes y en sus restos, en troncos caídos y en descomposición, en el lodo o en la arena del fondo del río, sobre o debajo de las piedras, donde el agua es más correntosa y en lagunas, lagos, aguas estancadas, pozas y charcos.

Los macroinvertebrados se multiplican en grandes cantidades, se pueden encontrar miles en un metro cuadrado. Son parte importante en la alimentación de los peces.

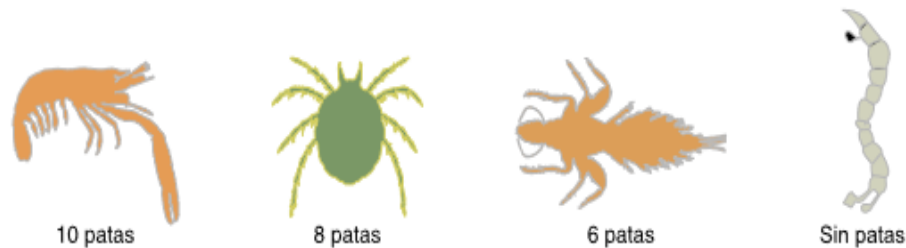
Los macroinvertebrados pueden alimentarse de plantas acuáticas, restos de otras plantas y algas, otros invertebrados y peces, pequeños restos de comida en descomposición y

elementos nutritivos del suelo, animales en descomposición, elementos nutritivos del agua y sangre de otros animales.

Los macroinvertebrados tienen muchas formas; así, las conchas son redondeadas, los escarabajos son ovalados, las lombrices son alargadas y los caracoles tienen forma de espiral.



Algunos tienen muchas patas, por ejemplo, los camarones tienen 10, los ácaros 8 y los chicaposos 6. Otros no tienen patas, como las larvas de mosca.



Algunos tienen muchas patas, por ejemplo, los camarones tienen 10 y los ácaros 8 6. Otros no tienen patas, como las larvas de mosca.

Casi todos los macroinvertebrados tienen colores parecidos al sitio donde viven. Por ejemplo, las conchas tienen colores oscuros, como el lodo que las rodea; las moscas de piedra son café amarillento, como las piedras cercanas.

- **¿Por qué se usan macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua?**

El biólogo Gabriel Roldán ha clasificado a cada macroinvertebrado con un número que indica su sensibilidad a los contaminantes. Estos números van del 1 al 10. El 1 indica al menos sensible, y así, gradualmente, hasta el 10, que señala al más sensible.

De acuerdo con esta sensibilidad se clasifican en cinco grupos:

SENSIBILIDAD	CALIDAD DE AGUA	CALIFICACIÓN
No aceptan contaminantes	Muy buena	9-10
Aceptan muy pocos contaminantes	Buena	7-8
Aceptan pocos contaminantes	Regular	5-6
Aceptan mayor cantidad de contaminantes	Mala	3-4
Aceptan muchos contaminantes	Muy mala	1-2

Por ejemplo, las lombrices de agua tienen una sensibilidad de 1, porque se encuentran por miles en ríos de aguas negras. Los caballos del diablo, en cambio, tienen una sensibilidad de 10, porque sólo se encuentran en aguas muy limpias y cristalinas.

- **BMWP/Col:** Que es el indicador, uso y aplicación.

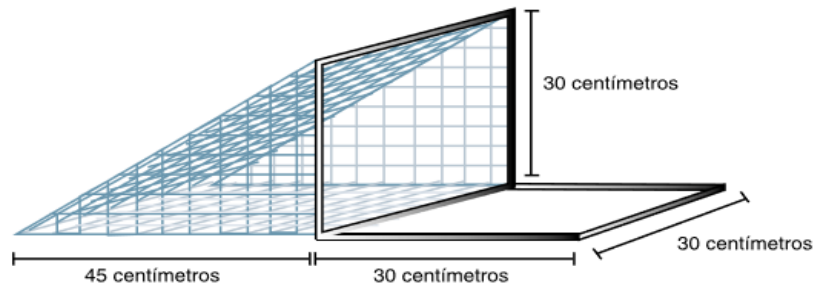
El BMWP/ COL, es un bioindicador modificado para Colombia que se calcula sumando las puntuaciones asignadas a las distintas familias de macroinvertebrados encontradas, según su grado de sensibilidad a la contaminación

Día #2- Trabajo en campo -

Existen varias técnicas para colectar macroinvertebrados, una de ellas es la Red Surber. Se utiliza en ríos de poca profundidad, con corrientes más o menos torrentosas y fondo de piedras pequeñas.

Para colectar el material nos ubicamos contra la corriente de la quebrada. Un compañero sostiene la red en el lecho del río, mientras que otro compañero remueve los diferentes microhábitats de los bichos: zapateando el fondo del río, levantando/frotando las rocas y moviendo las paredes de la quebrada. Los bichos serán arrastrados junto con el sedimento hacia la red.

Posteriormente el material se deposita en una bolsa de plástico con alcohol para conservar las estructuras, luego separar en una bandeja blanca el sedimento del material para después separar los individuos que tengan características similares y así agruparlos por familias



38



1. Seleccione las áreas donde realizará las observaciones

A lo largo del río se desarrollan varias actividades y hechos que están afectando o pueden afectar la calidad del agua; por ejemplo: deforestación en la cuenca cercana, derrames de petróleo, obras de canalización para riego, basura flotando en su corriente o arrojada en sus orillas, desagües de desechos industriales que dan al río, peces muertos, etcétera. De éstas, seleccione una o varias áreas donde suceden las actividades o hechos más graves; y otra

donde el agua esté limpia y transparente, tenga cobertura vegetal y muchas especies animales. Así podrá comparar las condiciones del agua.

2. Elija el tamaño de las áreas que quiere observar

En las áreas seleccionadas trate de cubrir, por lo menos, 500 metros. Recuerde que en un área más amplia requerirá el apoyo de un mayor número de personas y exigirá más trabajo y tiempo.

3. Decida cuándo realizará los recorridos

Debido a que las condiciones del río cambian de acuerdo con la época del año, es recomendable realizar recorridos por lo menos dos veces al año, en la estación seca y en la lluviosa. Desde luego, si se producen accidentes, como derrames de petróleo, químicos u otros elementos extraños al río, debe realizar un recorrido de observación en esos momentos.

4. Reúna el material necesario:

Hojas, lápiz, botas, gorra, bloqueador, cámara, hidratación.

5. Realice un recorrido de reconocimiento por la cuenca

El propósito de este recorrido es conocer el uso que se da a la tierra que rodea al río y los problemas de contaminación que ocurren o pueden ocurrir.

A continuación le ofrecemos algunas orientaciones para hacerlo. A medida que realiza el recorrido por la cuenca observe lo siguiente:

" ¿La orilla tiene abundante vegetación? " ¿Hay áreas con gran variedad de especies de animales y plantas? " ¿Existen cultivos cerca del río? " ¿Hay ganado en la cuenca cercana? " ¿Existen áreas del río canalizadas, represadas o desviadas para riego? " ¿El agua es correntosa y transparente? " ¿Tiene olores extraños? " ¿Hay basura, plantas o troncos cortando el flujo del agua y creando pozas? " ¿Se arrojan al río desechos sólidos o industriales? " ¿Existen derrumbes en los bancos? " ¿El río tiene muchas corrientes, pozas y rápidos, una a continuación de otra?

Términos utilizados

Agallas: Las aberturas que tienen los peces a cada lado y que les sirven para respirar.

Antenas: Cada uno de los filamentos que tienen en la cabeza muchos animales. Ejemplo: la cucaracha tiene antenas largas que le sirven para buscar alimento.

Cauce: Lugar por donde corren las aguas de ríos y esteros.

Contaminación: Alteración, daño de la pureza de una sustancia o el estado de alguna cosa.

Ejemplo: cuando se derrama petróleo se está contaminando la pureza del agua o del suelo.

Degradar: Acción de reducir o desgastar las condiciones propias de una cosa o lugar.

Ejemplo: las máquinas, al pasar por los esteros, están desgastando el suelo y eliminando los seres que viven en ellos.

Diversidad: Variedad de cosas o seres vivos distintos entre sí. Ejemplo: diferentes grupos de insectos como Ephemeropteros, Plecópteros y Dípteros.

Larvas: Animal en estado de desarrollo que ya ha abandonado su cubierta de huevo y es capaz de nutrirse por sí mismo, pero aún no ha adquirido la forma y organización propia de los adultos de su especie.

Segmentos: Porción o parte cortada de una cosa. Cada una de las partes que forma el cuerpo de insectos y lombrices de tierra. Ejemplo: las lombrices de tierra tienen en su cuerpo varios segmentos que parecen anillos.

- **Claves taxonómicas para identificar macroinvertebrados**

Contexto de las principales órdenes y familias a encontrar.

Anexo 6. Algunos listados de asistencia de los talleres teóricos y prácticos

UNIVERSIDAD DE ANTOQUIA

LISTADO DE ASISTENCIA

Curso/taller sobre Bioindicación y conservación del recurso hídrico

Fecha/sesión: 3 de junio / 2017 Taller 1.

NOMBRE	CC / TI	CORREO ELECTRÓNICO	ENTIDAD / VEREDA
Arnulfo Sanchez	70.661.693	arnulfo609@gmail.com	Limorita.
Freicia Yilla	43 516062	freaciavilla66@gmail.com	Aracón PaloBlanco
Maria Juera Marin	42749956	jueramarin.26@hotmail.com	San José
Adrián Muñoz	8275125	adrianmuoz@hotmail.com	Me. el Vergel.
Carolina Nilona Janet Diet	43997.219	carolajanediet@gmail.com	JAc Vergel caño
Piedad H. Valencia Gaurin	43 69452	pvalenciavalencia@gmail.com	JAc Vergel caño
Edwin Fernan Saurer Diaz	79515927	edwinfernansaurer@gmail.com	Ac. el Vergel.
Maryluz Penagos Saramillo	42786528	maryluzpenagos@gmail.com	JAc. La verde.
Rubela Saramillo A.	32472.801	rubela.saramillo@gmail.com	JAc La Verde.
Jairo Gardoñi	71525.163	jgardoñi@gmail.com	JAc
Elizabeth Percequillo	35550570	elizabethpercequillo@gmail.com	JAc - mgnes.

CORPORACIÓN PRO ROMERAL



LISTADO DE ASISTENCIA

Curso/taller sobre Bioindicación y conservación del recurso hídrico

Fecha/sesión: 11 Junio/2019 - Taller 2 (día Páctico - @ La Manzanilla)

NOMBRE	CC / TI	CORREO ELECTRÓNICO	ENTIDAD / VEREDA	TELÉFONO/ CELULAR
Elizabeth Pera	35850510	elizo-6802@pda	PAE. Ed. mg	3015022048
Aurélien Mouton	11284628214	aurucam@leptecol.gub.cu	B. Palo Verde	3172087945
Ma. Fernanda Valencia-T.	1122463145	mcfervt1@hotmail.com	Vereda San José	3217100336
Pencsis Lepez P.	1158408432	velezmagreth@gmail.com	JAC Vered. C.	3008717692
Auis Alexander Morúa J.	98529946	alexmorua@msb@gmail.com	JAC Aragon	3218303211
Carlos A. Garzón A.	1128468389	carlosgarzon.mea@gmail.com	Pro Romeral	3127123384
Carolina Cardona C.	1.040.016835	carolina.cardonac@udea.edu.co	UdeA	3217243617
Harold Henao Arroyave	7042773360	harold.henao@udea.edu.co	Ude A	3149587494
Julieith Tanguiré Acevedo	1036645835	julieith.tanguirer13@gmail.com	El vegetal	3218968204
Juliana Amador Yepojo	1128461211	amadorjulyepojo@gmail.com	UdeA.	3005535173
Miriam Carolina Pizarro	98526441		Pro Romeral	3045903884

Carlos M. Pérez @ 71608075 Proromeral@yahoo.com Proromeral 3013685160

Anexo 7. Algunos plegables entregados a los participantes y facilitados por la corporación Pro Romeral

Desde hace cerca de 10 años la Alcaldía de Medellín en cumplimiento del artículo 111 de la ley 99 de 1993, viene adquiriendo predios ubicados en las partes altas de las cuencas abastecedoras de agua para acueductos en todos los corregimientos de la ciudad.

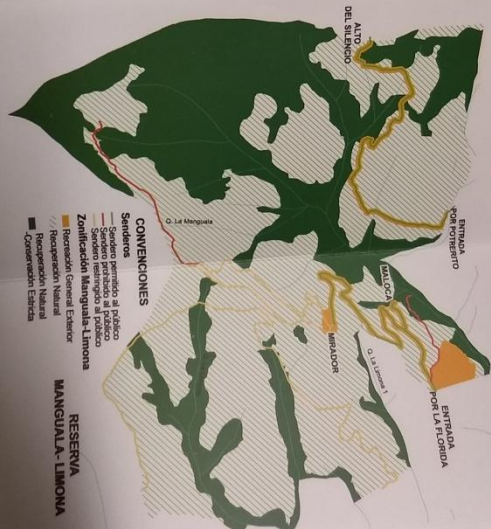
En San Antonio de Prado se han adquirido cinco predios que se sumaron a la reserva que había sido comprada antes por el Instituto MI Rio. Los predios se ubican en las veredas La Florida, Potrerrito y Astilleros, en las partes altas de las microcuencas La Limona, La Manguala, La Astillera y La Guapare. En total suman cerca de 350 hectáreas que ahora están en procesos de restauración y conservación.

Su cuidado y administración se realiza bajo la figura de comodato y la estrategia de comanejamiento, llevado a cabo entre la Secretaría del Medio Ambiente de Medellín y la Corporación Pro Romeral.

Los predios adquiridos se agrupan en tres reservas (Mangual-Limona, Guapare y Astillera) que tienen diferentes rasgos biológicos, fitomorfología y variedad de especies nativas con sectores microclimáticos en muy buen estado de conservación.

En general presentan una elevada biodiversidad vegetal y se nota una gran mejora en cuanto a la restauración de la diversidad animal, así como en relación con la cantidad y calidad de los servicios ecosistémicos: provisión de agua, control de erosión, hábitat de especies biológicas, restauración de corredores biológicos, mejoramiento paisajístico, oferta de espacios para la investigación, educación e incluso sectores para la recreación pasiva, entre otros.

Zonificación de la Reserva Mangual-Limona, ubicada en las veredas La Florida y Potrerrito.



CONVENIONES


- Senderos permitidos al público
- Senderos restringidos al público
- Zonificación Mangual-Limona
- Reserva Mangual-Limona
- Restauración Natural
- Restauración Estricta


RESERVA MANGUAL-LIMONA

CONTACTOS:

CORPORACIÓN PRO ROMERAL
Calle 14 de Julio # 231-1, 26 San Antonio de Prado
Calle 40 Sur # 20-1, 26 San Antonio de Prado
proromeral@pro.com

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE DE MEDELLÍN
Calle 14 de Julio # 231-1, 26 San Antonio de Prado
Calle 53 # 42-151 El Páramo de Prado
secretaria.medioambiente.gov.co





INFORMACIÓN GENERAL
ÁREA RESERVAS DEL NORTE: 176,4 has
ÁREA RESERVAS DEL SUR: 174,8 has

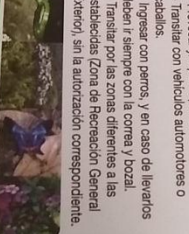
UBICACIÓN: Las reservas del sur se ubican en la parte alta de las cuencas Manguala y Limona (veredas Portento y La Florida), y las reservas del norte se ubican en las partes altas de las cuencas La Guapante y La Astillera (vereda Astillero), en San Antonio de Prado, municipio de Medellín, dentro del Distrito de Manejo Integrado Divisoria Valle de Aburrá Río Cauca –DMIDVAHC


ALTURA: Entre 2.200 hasta los 2.850 msnm
TEMPERATURA: Entre los 14 °C y los 19 °C
PRECIPITACIÓN: Entre 2.400 y 3.000 mm
ZONA DE VIDA: Bosque muy húmedo Montano Bajo (tmh-MB)


BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES
OFERTADOS: Agua abundante y de buena calidad para acueductos verticales y la zona urbana, así como para usos agropecuarios, purificación del aire, captación de carbono y regulación hidrológica, control de la erosión y formación de suelos, regulación del clima local, espacios para la silvicultura, corredor de investigación y recreación pasiva, corredor biológico, protección de la biodiversidad, mejoramiento paisajístico, entre otros.

NORMAS DE COMPORTAMIENTO
Para proteger nuestros ecosistemas te invitamos a cumplir las normas de las reservas en el Plan de San Antonio de Prado, entre las ecológicas se destacan las siguientes prohibiciones:

- Tabar, secar, amasar o electuar nocidas sin autorización.
- Prender fogatas, fuera de los sitios o rancherías.
- Realizar excavaciones de cualquier índole de hornos.
- Causar daño a las instalaciones, equipos y en general a los bienes de las reservas.
- Caserío, extracción de material vegetal, saño o cualquier bien natural.
- Usar pólvora o portar sustancias inflamables no autorizadas y sustancias explosivas.
- Amopar o incinerar basuras en las reservas.
- Producir ruidos o utilizar equipos sonoros que perturben el ambiente natural.
- Alterar, modificar, o renovar señales, avisos, vallas y mojoneros.
- Portar armas de fuego.
- Embriagarse.
- Provocar y/o participar en escándalos.
- Transitar con vehículos automotores o caballos.
- Ingresar con perros, y en caso de llevarlos deben ir siempre con la correa y bozal.
- Transitar por las zonas diferentes a las establecidas Zona de Recreación General Extendi, sin la autorización correspondiente.










¿QUIERES SER GUARDABOSQUE VOLUNTARIO?

Puedes contribuir a cuidar las reservas de San Antonio de Prado inscribiéndote como guardabosque voluntario. Esta estrategia busca apoyar al grupo de guardabosques profesionales en sus tareas de control de las reservas, con actividades de control de cacería y extracción de plantas o tierra, sólidos, extracción, manejo de residuos al ingreso guardabosques en paseantes, control por el Plan de Manejo Ambiental, reparación de daños, de manejo, monitoreo ambiental tales, apoyo a la implementación en guías, prevención de incendios, entre otros.

La Corporación Pro Romeral ha establecido el Programa de guardabosques voluntarios, con un grupo máximo de 10 personas cada año, los cuales se asignan preferiblemente a estudiantes que están en proceso de terminar el bachillerato; sin embargo, se destinan algunos cupos para otros habitantes del corregimiento. Si estas interesado(a) puedes contactarnos.

GUARDABOSQUES VOLUNTARIOS de El Romeral

Áreas de Importancia Estratégica -AIE- para la conservación del agua en San Antonio de Prado



Plegable Colectable No 1
Reserva de Manejo Integrado Divisoria Río Cauca con vos

ALGUNOS MACROINVERTEBRADOS EN SAN ANTONIO DE PRADO



Los macroinvertebrados tienen funciones muy importantes dentro de los procesos ecológicos de los sistemas acuáticos. Por ejemplo son claves en la cadena alimenticia controlando la productividad primaria de los ecosistemas acuáticos, consumen gran cantidad de algas, microorganismos, detritus y sirven de alimento a los peces, así como a las aves y anfibios asociados al medio acuático.

Los Invertebrados se encuentran entre los organismos que mejor se han adaptado a los ecosistemas fluviales, ya que viven en la mayoría de los ambientes y en todo el mundo. Y al responder rápidamente a las variaciones ambientales, reflejan el grado de salud o contaminación ecológica del sistema. Su sensibilidad ante la degradación ambiental y ante los cambios en las condiciones del hábitat los convierte en indicadores biológicos de la calidad del agua, y en esa medida son importantes complementos en actividades de monitoreo y programas de restauración y manejo de ecosistemas.



En algunas cuencas de San Antonio de Prado y en particular en las quebradas asociadas a las reservas de la localidad se ha identificado diferentes grupos de macroinvertebrados como los observados en el gráfico, los cuales también exigen y merecen nuestro cuidado, como parte fundamental de la conservación de la biodiversidad general del territorio.



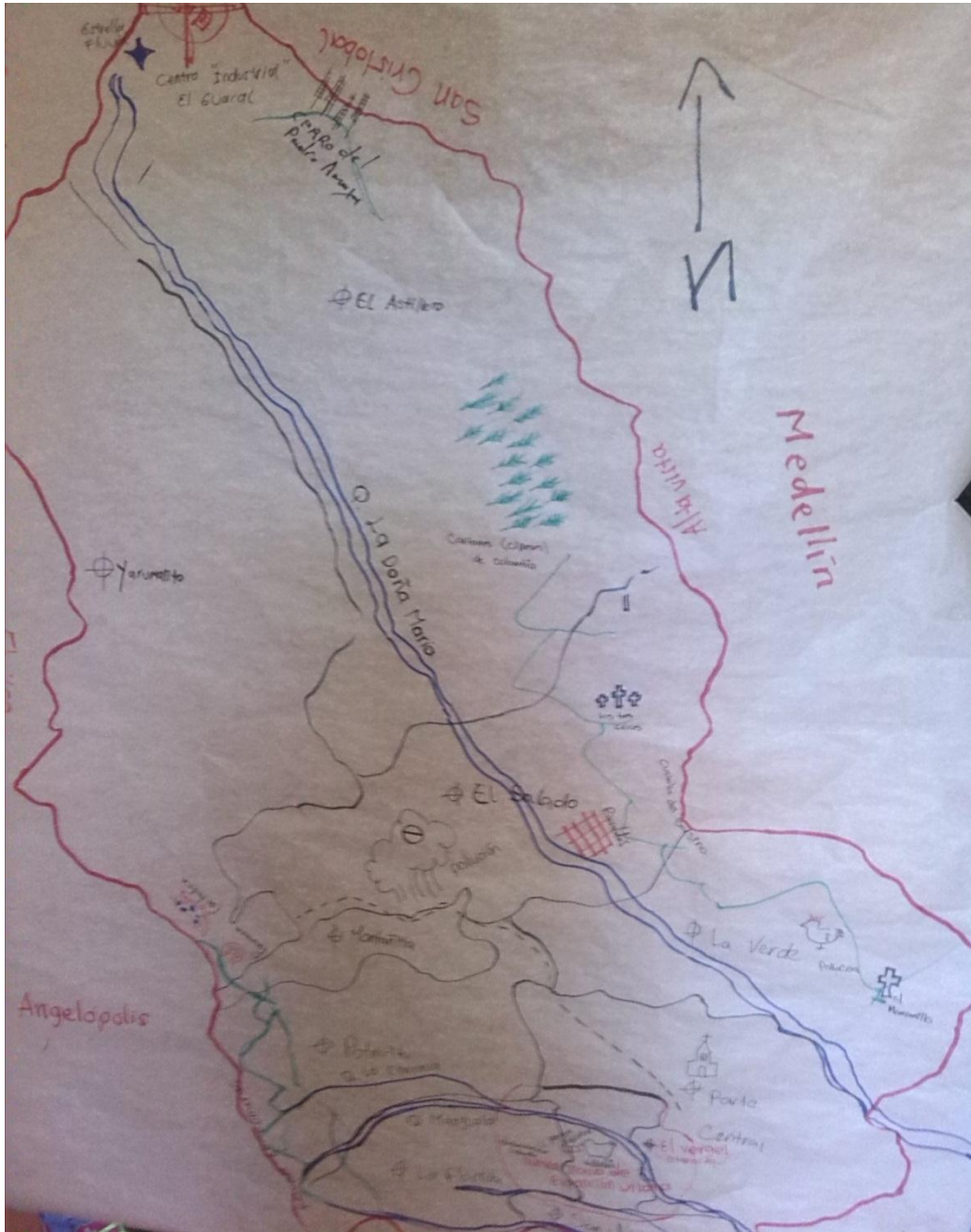
Sistema hídrico y bioindicadores en los reservorios ecológicos de San Antonio de Prado

Plegable Coleccionable N° 3



Asesía en Acción
Cuertito con vos

Anexo 8 Mapa de cartografía socioambiental realizado por un grupo de participantes





Anexo 9 *Resultados de los parámetros fisicoquímicos tomados en campo por el equipo multiparamétrico.* (Este anexo puede observarse digitalmente en la carpeta de Anexos del DVD)

Anexo 10. *Presentaciones bases en PowerPoint para la realización de los talleres y socialización de resultados. Memorias* (Este anexo puede observarse digitalmente en la carpeta de Anexos del DVD)