



<https://revistas.upel.edu.ve/index.php/revinvformpedag>
ISSN 2477-9342

Monitoreo comunitario participativo como estrategia pedagógica para el uso sostenible del agua en la quebrada El Borugo (Paujil – Caquetá)

Participatory community monitoring as a pedagogical strategy for the sustainable use of water in the El Borugo stream (Paujil - Caquetá)

Godoy-Lozada, Donovan¹ | Cardozo-Pinilla, Bibiana² | Jiménez-Arenas, Claudia³

Contacto: d.godoy@udla.edu.co

En el presente estudio, se creó una línea base de conocimiento hacia el uso sostenible del agua, a partir de la capacitación y vinculación de ciudadanos de diversas edades y sin entrenamiento profesional, en métodos rápidos, confiables y de bajo costo, para evaluar el estado ecológico de la quebrada El Borugo durante el año 2019. En su desarrollo, se implementa la investigación mixta con enfoque de investigación acción participativa. La recolección de la información se analizó mediante la variación espacial de la composición y la abundancia de macroinvertebrados acuáticos, así como los factores ambientales que pueden ser responsables de dicha variación, y se contrastaron a partir de pruebas de comparación múltiple. Como estrategias pedagógicas, se implementa actividades de intervención y reflexión. Como conclusión, se observa cambios positivos de interés por la conservación del ambiente, el trabajo en equipo y el aprendizaje de los referentes teóricos trabajados.

In the present study, a knowledge base line was created towards the sustainable use of water, based on the training and engagement of citizens of different ages and without professional training, in fast, reliable and low-cost methods, to evaluate the state Ecological of the El Borugo stream during the year 2019. In its development, mixed research is implemented with a participatory action research approach and postpositivist paradigm. The information collection was analyzed by means of the spatial variation of the composition and abundance of aquatic macroinvertebrates, as well as the environmental factors that may be responsible for this variation, and they were contrasted using multiple comparison tests. As pedagogical strategies, intervention and reflection activities are implemented. In conclusion, positive changes in interest in the conservation of the environment, teamwork and learning of the theoretical references worked are observed.

Recibido: 05-05-2021 | **Aceptado:** 05-08-2021



Palabras clave

Conservación ambiental; Macroinvertebrados acuáticos; Uso sostenible del agua; Paujil – Caquetá.

Keywords

Environmental Conservation; aquatic macroinvertebrates; Sustainable use of water; Paujil – Caquetá.

¹ Universidad de la Amazonia Florencia (Caquetá). Colombia. Grupo de Investigación CAPREA. <https://orcid.org/0000-0002-4596-9945>.

² Docente secretaria de educación departamental. Florencia (Caquetá). Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-5195-0987>

³ Universidad de la Amazonia Florencia (Caquetá). Colombia. Grupo de Investigación INGEPRAL. <https://orcid.org/0000-0002-2346-7485>

Introducción

El municipio de El Paujil hace parte de la región andino – amazónica ubicada en el noroccidente de la amazonia Colombiana, con características del clima y relieve diferenciada tanto en la parte alta (cordillera) como en los piedemontes y paisaje de lomeríos. En su espacio geográfico, se encuentra la microcuenca de la quebrada El Borugo, principal recurso hídrico del municipio, ya que provee de varios servicios ambientales como el agua para el acueducto municipal, la pesca, agua para riego en actividades productivas; ofreciendo además, numerosos espacios y escenarios para la recreación, turismo y libre esparcimiento (Alcaldía El Paujil, 2016).

Sin embargo, este ecosistema acuático se encuentra expuesto a diferentes tipos de intervención provenientes del uso del suelo, como aporte de residuos orgánicos e inorgánicos generados por cultivos agrícolas, extracción de madera, descarga de residuos de actividades pecuarias y descarga de aguas servidas domésticas (acueducto, rellenos sanitarios, infiltraciones de tanques sépticos, entre otros). El posible impacto, pequeños cambios o alteraciones mediante la contaminación o presencia de algunas sustancias pueden variar sensiblemente las propiedades físicas y químicas del agua, hacerla inservible y hasta peligrosa para los organismos que dependen de ella (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von

Humboldt [IAVH], *et al.*, 2011), limitando su uso y el servicio ecosistémico del recurso hídrico.

En la evaluación de la calidad de los ecosistemas acuáticos, se han venido implementando métodos basados en la utilización de indicadores biológicos de contaminación fluvial, entre estos, los macroinvertebrados acuáticos (García *et al.*, 2017); permitiendo cuantificar y cualificar el estado ecológico del recurso hídrico en particular y logrando establecer programas de protección y preservación del mismo. Como alternativa pedagógica en su aplicación, se presenta el Monitoreo Comunitario Participativo (MCP) con el objetivo de crear una línea base de conocimiento disciplinar, a partir, de la capacitación y vinculación de ciudadanos de diversas edades y sin entrenamiento profesional, en métodos rápidos, confiables y de bajo costo, acerca de diversos fenómenos a escala espacial y temporal (Flórez-Díaz *et al.*, 2013).

Teniendo en cuenta lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo desarrollar un Monitoreo Comunitario Participativo (MCP) como estrategia pedagógica en la determinación de la calidad del agua, mediante el uso de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos (MA) y su relación con factores ambientales en la quebrada El Borugo (Paujil – Caquetá). Del mismo modo,

se planteó y desarrollo tres objetivos específicos, los cuales consistieron en: Caracterizar la variable biológica de macroinvertebrados, físicas, químicas y sociales presentes en la quebrada; establecer las bases técnicas, pedagógicas y didácticas de un MCP con el grupo focalizado y determinar el desarrollo de competencias, intereses y motivaciones sobre el aprendizaje de conservación de los recursos hídricos de la región en estos.

Con esta información se espera aportar conocimiento sobre ambientes alternos de aprendizaje y alternativas didácticas de enseñanza en la población focalizada, así como factores sociales, culturales y económicos que pueden ser responsables del deterioro de los recursos naturales. De igual forma, conformar una línea base para el desarrollo de estudios posteriores en metodologías activas que fomenten aprendizajes significativos sobre la conservación, monitoreo y bioindicación de calidad del agua en sistemas acuáticos Andino - Amazónicos. Por último y para futura profundización en su conocimiento, comprende una revisión de metodologías en construcción de conciencia ambiental, que si bien son muy utilizados a nivel nacional, se citan y utilizan por primera vez para esta población del norte del Caquetá.

Ubicación geográfica del área de estudio: El trabajo de investigación se realizó en el cauce de la microcuenca de la quebrada El Borugo, ubicada

entre las coordenadas geográficas extremas: meridional 1°31'16.62" N; septentrional 1°36'13.21" N; occidental 75°23'58.11" W, y oriental 75°18'10.09" W; jurisdicción del municipio de El Paujil, departamento de Caquetá-Colombia (Figura 1 y 2). Pertenece a la subcuenca de la quebrada La Niña María, afluente de la cuenca del río Orteguaza, que tributa al río Caquetá, uno de los principales afluentes del río Amazonas. Posee aproximadamente una longitud de 44.07 Km desde su nacimiento sobre la cordillera oriental a 1.250 msnm aproximadamente en la vereda La Sonora, hasta el punto de confluencia en la quebrada La Niña María en la vereda la Providencia a 260 m.s.n.m. Cuenta a su alrededor con tres veredas en la zona rural, que en conjunto tienen una población de 550 habitantes; en la zona urbana del municipio de Paujil con una población aproximada de 3.608 habitantes (Alcaldía El Paujil, 2016).

El municipio de El Paujil se encuentra localizado al nororiente de Florencia, capital del departamento del Caquetá, a una distancia de 48 kilómetros por la carretera Marginal de la Selva. El área del estudio geográficamente está ubicada entre 1°33'52.0" de latitud norte y 75°19'54.8" de longitud oeste y cuenta con un área aproximada de tres hectáreas (Alcaldía El Paujil, 2016). El sitio según Peters *et al.* (2000), se encuentra dentro del ecosistema de Bosque Húmedo Tropical (Bh-T), caracterizado por un

régimen pluviométrico monomodal con un promedio anual de 3.600 mm; temperatura

ambiental promedio de 25,5° C y humedad relativa de 85%.

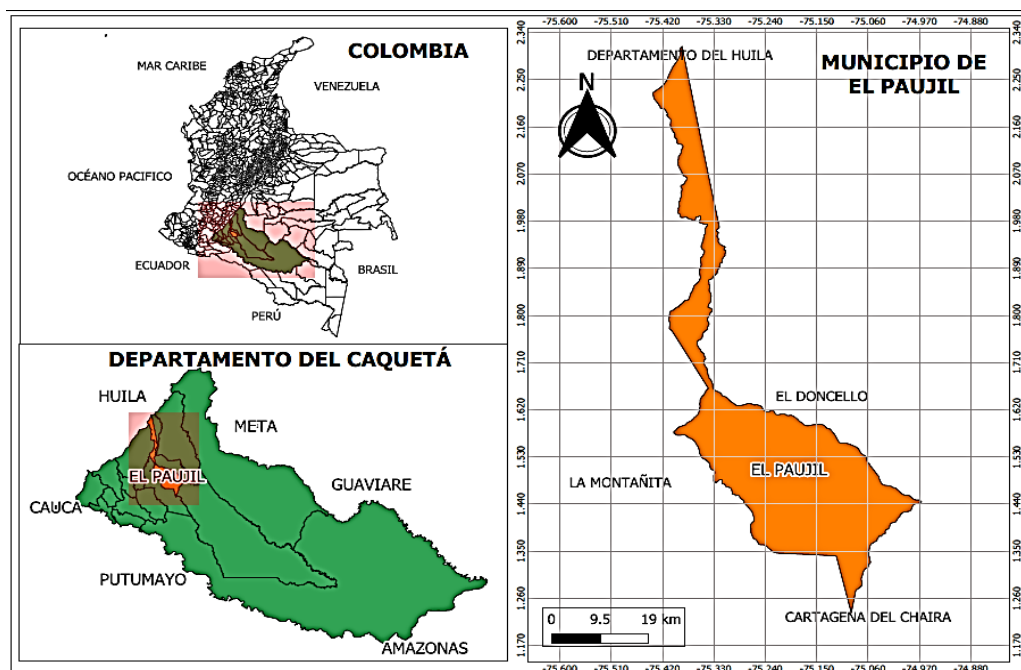


Figura 1. Localización geográfica del municipio de El Paujil – Caquetá – Colombia, identificando los límites del municipio. Elaboración propia a partir de ArcMap 10.5

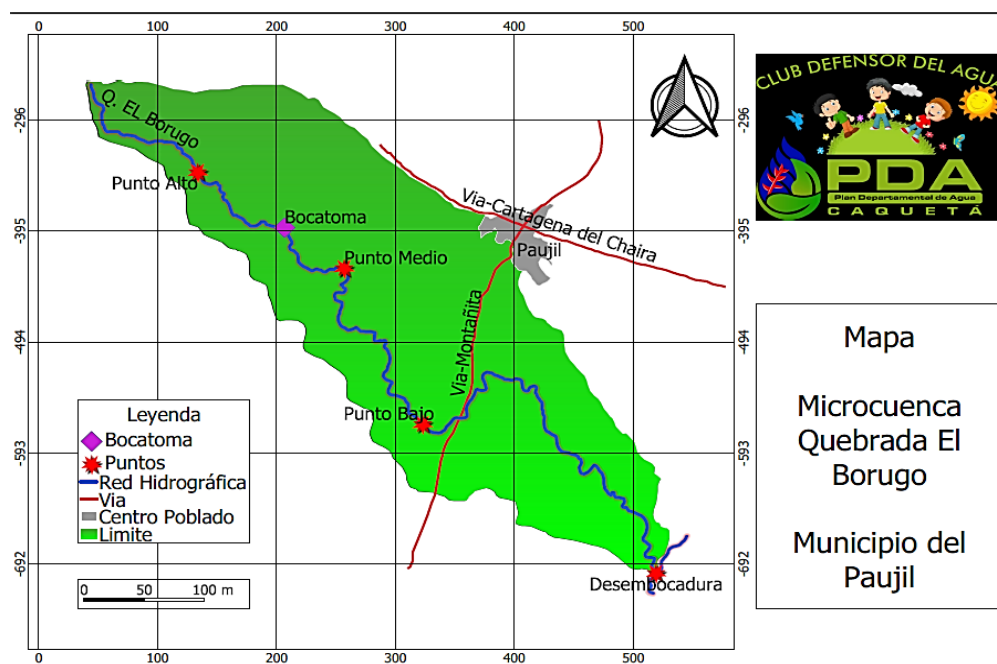


Figura 2. Localización geográfica de la microcuenca de la quebrada El Borugo, identificando los sitios de muestreo y punto de la bocatoma como referencia. Elaboración propia a partir de ArcMap 10.5

Materiales y Métodos

Fase pedagógica: Se realizó tomando como guía la Investigación-Acción Participativa (IAP) cuya orientación se dirige al ser humano ubicado en un determinado contexto social en el que a través de acciones educativas, investigación y participación equitativa busca su transformación para el incremento de su calidad de vida (Hernández et al., 2010). Lo anterior, implicó procesos simultáneos entre la investigación e intervención para alcanzar cada objetivo específico propuesto y conocer desde una perspectiva subjetiva la problemática caracterizada. Para ello, se focalizó un grupo de 26 personas (entre docentes, directivos, estudiantes y padres de familia) que de manera voluntaria después de la divulgación de la iniciativa a trabajar a través de la emisora de la Institución Educativa Agroecológico Amazónico del municipio de El Paujil decidieron participar, y con los cuales se fijó un horario en horas extra clase del área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental dos veces por semana para la realización del plan de acción-intervención que en conjunto se programó.

El desarrollo de este plan se estableció durante los meses de marzo a mayo del 2019, haciendo uso de las recomendaciones de Andrade, Aguedas y Vides (2011) que permitieron conocer a fondo la problemática alrededor de la fuente hídrica El Borugo por medio de talleres, debates, técnicas de

procesamiento visual y digital de imágenes de satélite: 1) reconocimiento en campo de las propiedades físicas y químicas del agua; 2) aplicación e interpretación de índices de calidad de aguas y orientaciones técnicas de monitoreo; 3) manejo de equipo y diligencia de formatos de campo; 4) saberes previos sobre el deterioro de ecosistemas acuáticos, con el fin de evaluar el estado de conocimiento sobre sus recursos naturales y manejo ambiental como fuente de desarrollo sostenible, como también, las acciones que hay que realizar para cambiar la práctica en beneficio a su calidad de vida (García y López, 2018).

Fase de campo: Teniendo en cuenta el gradiente altitudinal de la quebrada, uso y ocupación del suelo y trabajos anteriores realizados en la microcuenca de la quebrada El Borugo (Sánchez y Motta 2017; Saldarriaga y Vivero 2006), se eligieron tres altitudes como sitios de muestreo (Tabla 1). En ellos, se realizó una campaña de muestreo, en la que los macroinvertebrados acuáticos asociados a pequeños remansos, hojarasca, piedras, arena, lodos y vegetación riparia fueron muestreados, en el periodo de alta y media precipitación (junio y septiembre respectivamente) de 2019.

En cada localidad, se realizó un análisis cuantitativo y cualitativo abarcando un área de 1m² (con tres repeticiones en los sectores más representativos para la fauna bentónica y

superficial), con la ayuda de una red con malla de 0.5 mm de abertura y de forma manual a los organismos sésiles o fijos a sustratos (Álvarez, 2005). Solo fueron conservados algunos especímenes que por su estado de desarrollo no se lograron identificar en campo, los restantes,

se mantuvieron en bandejas con agua y luego de su determinación taxonómica, liberados en los hábitats donde fueron colectados. Las muestras colectadas se fijaron en frascos plásticos de 250 ml de capacidad con alcohol al 96% (Domínguez y Fernández, 2009).

Tabla 1. Altitudes, coordenadas geográficas y ubicación específica de cada una de las estaciones de muestreo, en el Estudio del Monitoreo Comunitario Participativo (MCP) de la Quebrada El Borugo.

ESTACIONES DE MUESTREO				
Altitud (msnm)	Nombre del lugar	Altura msnm	Coordenadas Geográficas	Ubicación Específica
A1	V. La Sonora	1038	N: 01°35.763 W: 075°22.051	Punto representativo cuenca alta quebrada El Borugo.
A2	V. La Cristalina	491	N: 01°34.221 W: 075°21.663	Localizada aguas abajo de la bocatoma (punto de referencia cuenca alta-media).
A3	Balneario	282	N: 01°32.256 W: 075°20.129	Zona recreacional de preferencia. Cerca al eje vial. Localizada aguas arriba de la desembocadura.

En cada punto de muestreo se registraron características del microhábitat siguiendo las recomendaciones de Carrera y Fierro (2001), donde fueron encontrados los macroinvertebrados acuáticos, entre ellos, tipo y tamaño del sustrato, vegetación marginal y del entorno, hábitos (vida libre, agregación, sésiles, construcción de casas portátiles, bentónicos, superficiales, entre otros). Así mismo, el registro de las variables ambientales, se tomaron datos in situ de pH, conductividad (cond), temperatura del agua (T°), oxígeno disuelto (OD), porcentaje de saturación de

oxígeno (%O) y sólidos disueltos totales (SDT).

Fase de laboratorio: Los especímenes colectados se analizaron en el Laboratorio de Biología de la Institución Educativa Agroecológico Amazónico; se inició depositando la muestra en una bandeja plástica de color blanco para favorecer la separación por el contraste de su color, en algunos casos fue necesario el tamizado y lavado. La identificación y conteo se llevó a cabo empleando un estereoscopio binocular Olympus SZX9 con 20X y 40X. Las determinaciones se realizaron con base en las

claves propuestas por Springer, Ramírez y Hanson (2010); Domínguez y Fernández (2009); Molano, Morales y Serrato (2008); Liévano y Ospina (2007); Posada y Roldán (2003).

Fase de Evaluación pedagógica: Con el objetivo de identificar las inquietudes, problemas y demás situaciones que se presentaron durante las fases, poder ajustar y reorientar las acciones necesarias al momento de realizar los procesos, se diseñó un modelo de evaluación permanente tanto a corto, mediano y largo plazo. Para ello, se realizaron dos procesos: el primero, ejercicios de memoria (juegos de concéntrese, trovas, frases para completar, acrósticos y mapas mentales), juegos de roles, *quiz* escrito, crucigramas, exposiciones orales y debates con preguntas dirigida, una vez cada dos semana de estudio. El segundo, se empleó antes y después de iniciar la fase de campo, a través de situaciones de estudio de caso (simulando ecosistemas eutróficos y oligotróficos), técnicas de medición directa de parámetros in situ y la interpretación de resultados.

Análisis de datos biológicos: Para cada uno de los muestreos se determinó el número de detecciones (individuos) y morfoespecies, sus abundancias y riqueza específica. Se aplicaron los índices de diversidad de Shannon-Wiener, dominancia de Simpson, equitatividad de Pielou

y similaridad de Jaccard; utilizando el programa Biodiversity Pro, versión 5 de 2002.

Para valorar la sensibilidad de los macroinvertebrados acuáticos en cada uno de las tres localidades seleccionadas, se calculó el índice biótico EPT y el índice BMWP (Biological Monitoring Working Party). El primero utiliza el porcentaje de los órdenes *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera* respecto al porcentaje total de la muestra. El valor hallado se clasifican las aguas en cuatro categorías, desde muy buenas hasta mala calidad (Kleine & Trivinho-Strixino, 2005).

El segundo requiere la identificación hasta el nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje asignado por el investigador a cada familia de macroinvertebrado oscila entre 1 y 10 (Alba-Tercedor et al., 2002). De acuerdo con la tolerancia a la contaminación orgánica, las familias más sensibles reciben los mayores puntajes y las tolerantes a la degradación los valores más bajos. La sumatoria de las calificaciones proporciona el puntaje total BMWP del sitio (Roldán, 2003). Los resultados fueron correlacionados entre sí para unificar criterios sobre el estado de las aguas en cada localidad.

Resultado y discusión

Fase Pedagógica: Desarrollar talleres de capacitación y formación en el uso y manejo sostenible del recurso hídrico, con el fin de prevenir y reducir la contaminación de las fuentes de agua fue el lema utilizado para la divulgación del proyecto, el cual, obtuvo buena acogida, agrado y expectativa de los resultados por parte de la población en general. De igual forma, las necesidades, intereses y expectativas del grupo de trabajo y las cuales se trabajaron fueron: conocer las propiedades físicas, químicas, características morfológicas y clasificación de los ecosistemas acuáticos; los métodos de recolección y monitoreo de las comunidades acuáticas, su ecología e importancia de la cuenca hidrográfica para la región. Como resultado, se evidencian que son muchos los conceptos nuevos vistos, desconocidos por la mayoría, lo que originó un mayor interés en su aprendizaje, investigativo y capacidad de asombro por parte del grupo.

El primer acercamiento teórico – práctico, se realizó a través de una visita a la planta de tratamiento de agua para consumo humano del municipio. En ella, se logró conceptualizar las fases, tratamientos y costos que se llevan a cabo para garantizar a la población en general el suministro de agua potable por parte de los operarios de la empresa de acueducto. Asimismo, en el lugar se enfatizó a través de una charla magistral y dos talleres

de intervención (mapas mentales y estudios de caso) el uso y manejo sostenible del recurso hídrico por parte de los consumidores y fincarios alrededor de la cuenca hidrográfica en la prevención de aportes contaminantes e identificación de variables de alteración de la calidad del recurso hídrico.

En la realimentación del proceso en las clases siguientes, a través de tres debates, dos ejercicios de ilustración con fichas didácticas, cinco simulaciones de datos para el procesamiento de información, aplicación e interpretación de monitoreos biológicos e índices de calidad de aguas y dos exposiciones con preguntas dirigidas sobre lo aprendido, se evidenció el entusiasmo por el nuevo conocimiento adquirido, curiosidad por seguir haciéndolo y cambio de postura para la atención del problema desde sus casas e institución educativa. Lo anterior se logró corroborar por medio de los resultados positivos presentados en la participación, liderazgo y creatividad en la solución de juegos de concéntrese, dos trovas por grupos alusivas al medio ambiente, un taller escrito sobre completar frases en temas ambientales, un acróstico y un *quiz* escrito. Situación que motivó aún más en el aprender por parte del grupo participante y con ello, el generar y liderar mecanismos didácticos y pedagógicos para enseñanza por parte del docente.

Sitio de muestreo: Dado el dominio disciplinar y entusiasmo por parte del grupo focalizado, se logró gestionar la logística y realizar con la secretaría del plan departamental de agua (PDA) de la gobernación del departamento del Caquetá, dos salidas de campo a los tres puntos de muestreo focalizados e insumos para la toma de muestras biológicas y parámetros físicos y químicos. En ellos, se desarrollaron las 4 estrategias de intervención y reflexión permitiendo identificar la buena aceptación, disposición y colaboración tanto del grupo focalizado, como de la población en general que se incorporó en su momento. Asimismo, el aporte conceptual, destreza y la motivación con la que los participantes del proceso debatían y desarrollaban cada una de las estrategias, evidencia lo acertada de la intervención en la región, lo cual, en definitiva, permitió tomar conciencia y aceptación de los inadecuados hábitos que realizan las sociedades actuales sobre los ecosistemas acuáticos y que, en la misma sociedad se pueden lograr las acciones de mitigación al deterioro de los recursos naturales en el territorio. Fue en este momento donde sale la idea que convertir este grupo focalizado como “club defensor del agua” y centro de referencia conceptual a la población en general, interesada en ser partícipe de actividades de aprendizaje, conservación y monitoreo de los recursos hídricos de la región.

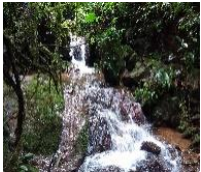
Desde esta perspectiva, Quincho (2015) sostiene que los hábitos se obtienen a partir de procesos de formación, ya sea en el hogar, la escuela o en su entorno, poniéndose en práctica en la vida diaria del ser humano. Los cuales, son coherentes con los resultados obtenidos en el presente estudio y confirma lo idóneo y acertada de su implementación, puesto que las nuevas nociones conceptuales, forma de pensar y de actuar ecológicamente sostenible con el medio que los rodea, se lograron evidenciar después de la implementación de las estrategias. De igual forma, Jara (2019) considera necesario capacitar de manera constante a los padres de familia como una manera de sensibilización, acompañamiento y orientación en la planeación, organización y ejecución de proyectos ambientales, con el fin, de lograr cambios actitudinales de los estudiantes a través del desarrollo de habilidades, capacidades y destrezas, como el liderazgo, la creatividad, la capacidad crítica, el sentido de pertenencia por su entorno, el espíritu investigativo, entre otros, propósitos a los cuales fueron direccionadas cada una de las estrategias implementadas en el presente estudio.

Como resultado de estas salidas, se detallan en la Tabla 2 los diferentes componentes que caracterizaron cada una de las altitudes de estudio. La altitud A1 presenta un alto grado de conservación de bosques en sus riberas y con un lecho del agua dominado por

sustratos duros, que va cambiando a medida que se baja por el cauce de la quebrada El Borugo. Desde la altitud A2 aguas abajo, se hace más evidente la fragmentación de la vegetación riparia y las zonas de franja protectora del ecosistema acuático y la conformación de su lecho ha cambiado significativamente, pasando a ser más visible la gravilla y la arena. Condiciones que se evidenciaron en el recorrido

para definir los sitios de muestreo, gran cantidad de fuentes contaminantes principalmente por el uso del suelo para prácticas agrícolas, actividades pecuarias como la ganadería porcina, bovina y acuícola, las más representativas, captación de aguas para abastecimiento de la población rural, establecimiento de viviendas, extracción de material de arrastre y la recreación.

Tabla 2. Descripción de la estructura del paisaje y la hidrogeomorfología del río en cada una de las altitudes (Estaciones) de Muestreo.

ESTACIÓN	PAISAJE	VEGETACIÓN	AGUA	SUSTRATO	FOTO
A1	Bosque, agricultura y asentamientos humanos.	Arbórea y arbustiva, 100% de vegetación riparia.	Agua de color transparente, rápidos (80%), corriente (15%), remanso (5%)	Bloques (70%) Cantos rodados (15%) Gravas (10%) Arena (5%)	
A2	Bosque, agricultura, pastoreo y asentamientos humanos.	Arbórea, arbustiva, herbácea, 80% de vegetación riparia.	Agua de color transparente, rápidos (50%), corriente (45%), remanso (5%)	Bloques (40%) Cantos rodados (30%) Gravas (10%) Arena (10%) Materia orgánica gruesa (10%)	
A3	Bosque, pastoreo y asentamientos humanos.	Arbórea, arbustiva, herbácea y pasturas, 60% de vegetación riparia.	Agua de color transparente, rápidos (20%), corriente (60%), remanso (20%)	Bloques (10%) Cantos rodados (50%) Gravas (20%) Arena (10%) Materia orgánica gruesa (10%)	

En cuanto al muestreo de los macroinvertebrados acuáticos, la disciplina y destreza del grupo focalizado a consecuencia del trabajo de simulación y formación realizado fue significativa. A partir de ello, se logró muestrear

de manera simultánea varios puntos en la zona y facilitó en el laboratorio su rápida identificación. Se recolectaron 314 individuos de la comunidad pertenecientes al *Phylum Arthropoda*, de la clase *Insecta*, con 8 órdenes, 20

familias, 31 géneros y 31 morfotipos, donde el 72% se encontraron en estado inmaduro. Durante el periodo de alta precipitación se encontró un total de 23 morfotipos, a diferencia del periodo de transición lluvioso-seco, que aumentó a 28, posiblemente por la formación de microhábitats durante la inundación de la quebrada, como fue el caso de los insectos de los órdenes *Hemiptera* (*Gerridae* y *Naucoridae Pelocoris*) y *Coleoptera*, los cuales pueden establecerse en charcas temporales aledañas. Sin embargo, la abundancia de insectos muestra mayores diferencias en el tiempo y el espacio.

La riqueza de la comunidad de macroinvertebrados entre muestreos fue mayor

en la época de precipitación alta, donde la estación Vereda La Sonora (A1) presentó la mayor riqueza y la estación Vereda La Cristalina (A2) la menor. La mayor abundancia de organismos de la comunidad entre muestreos, se presentó en la época de muestreo de baja precipitación, donde el Sector Balnearios (A3) fue la mayor y la estación Vereda La Cristalina (A2) presentó las menores abundancias. En términos de diversidad, las estaciones A1 y A3 tienen una mayor diversidad y mejor distribución de taxones en el medio acuático, a diferencia de las estaciones A2 cuyos valores fueron los más bajos (Tabla 3).

Tabla 3. Índices de Diversidad, Macroinvertebrados Acuáticos.

Puntos de muestreo	Abundancia		Riqueza		Índices					
					H'		J'		D'	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
1	32	81	17	16	1,15	0,71	0,93	0,84	0,05	0,21
2	19	19	13	7	0,60	0,82	0,5	0,72	0,49	0,24
3	58	105	14	13	1,08	0,91	0,97	0,82	0,04	0,17

Índice de diversidad de Shannon-Weaver (H'), Equitatividad de Pielou (J') y Dominancia de Simpson's (D') en la Quebrada El Borugo de 2019. Puntos de muestreo: 1. Vereda La Sonora 2. Vereda La Cristalina 3. Sector Balnearios. M1: Muestreo 1; M2: Muestreo 2.

Los valores promedios de las principales características físicas y químicas del agua medida en cada una de las altitudes y épocas (alta precipitación y de transición) en el cauce de la quebrada el Borugo se representan en la Tabla 4. Para todas la variables evaluadas

difieren estadísticamente (Lambda-Wilks, $p < 0.05$) con respecto al gradiente altitudinal y época de precipitación. Se evidenció un gradiente creciente del pH, temperatura, oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno y fue consistente en los dos períodos

analizados. Temporalmente fueron observados menores valores de sólidos totales disueltos y conductividad de la estación A3, respecto a las estaciones anteriores, en las dos épocas de muestreo.

Con estos resultados, se procedió a su análisis y dar respuesta a las posibles explicaciones de la información obtenida, donde después de un debate y en consenso como grupo focalizado se define que este comportamiento en las variables ambientales se debe a la altura sobre el nivel del mar, hora del muestreo y el uso dado a la tierra. El en caso del pH y la temperatura que tienen, responden normal a la altura y condiciones de aguas de montaña, siendo el primero en su mayoría letal, para la biota acuática valores menores a 4.5 y mayores a 9.5 unidades, valores no presentados en este estudio. Las concentraciones de oxígeno disuelto evidencia una disminución en la época de precipitación alta, debido a las grandes cantidades de solidos suspendidos que ocasionan las lluvias. Sin embargo, sus valores de 7,52 y 8,41 mg/L (mínimos y máximos durante el muestreo) están en el rango de aguas superficiales no contaminadas (Manrique y Peláez, 2010).

De igual forma, el gradiente creciente, aguas abajo, en los valores de oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de manera consistente en los dos períodos analizados, demuestran la buena capacidad de

reoxigenación, capacidad fotosintética y propicio para el crecimiento y desarrollo de los organismos acuáticos en este ecosistema, como también, apta para el uso de riego, animal y recreacional, por presentar valores mayores al 70% en el agua (Gualdrón, 2016).

Por otra parte, en soluciones acuosas la conductividad en el agua es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos y constituye una de las variables más importantes en el análisis del metabolismo y funcionamiento del sistema acuático (Prat *et al*, 2009). Los mayores valores se presentaron en la estación A2 sector donde presentó menor riqueza y abundancias de especies de macroinvertebrados acuáticos y se considera sitio de atención en cuanto a la calidad del agua. Estos incrementos en la conductividad se da según Manrique y Peláez (2010) como efecto de la erosión del cauce, tipo de sustrato, aporte de material alóctono al agua, descarga de aguas domiciliarias, el depósito de residuos sólidos y aumentan en periodos de lluvia, por el lavado de las rocas y la dilución en el agua, condiciones que se evidenciaron en esta estación. Desde este panorama, como grupo de investigación se reflexiona sobre los hábitos ambientales correctos que se deben realizar al momento de hacer uso de los ecosistemas acuáticos que mitiguen la alteración de su calidad y abundancia de agua, tanto para la vida del ser humano, como la biota presente en este. En

consecuencia, estas iniciativas confirman el interés de los participantes e importancia de llevar a cabo el MCP para la mejor comprensión desde el contexto, sobre la situación actual de

recursos hídricos que desde sus saberes previos generen acciones en su aprovechamiento sostenible y conservación.

Tabla 4. Medias del Análisis de Varianza Multivariado para las principales características físicas y químicas medido en la quebrada El Borugo en el Paujil (Caquetá).

Precipitación	Altitud (msnm)	STD	Con	pH	Temp	OD	% O	Prueba de Hotelling ^a
Alta	A1	24	32	7,1	20,2	7,52	85,12	a
	A2	32	42	7,8	21,6	7,82	92,11	b
	A3	10	22	8,0	22,1	8,41	96,32	c
Transición	A1	20	30	7,8	20,4	7,63	83,22	d
	A2	30	40	8,2	21,9	8,21	89,14	e
	A3	10	20	8,2	22,7	8,01	94,95	f

^aNiveles del factor en esta columna seguida por la misma letra no difieren estadísticamente (Prueba de Hotelling, $P < 0.05$). STD (ppm), Sólidos Totales Disueltos; Con, Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$); pH (unidades); Temp (grados centígrados), Temperatura; OD (mg/L), Oxígeno Disuelto; %O, Porcentaje de Saturación de Oxígeno medidos en el cauce principal de la quebrada El Borugo en el Paujil (Caquetá). Elaboración propia a partir del programa Infostat

En cuanto a la interpretación más específica de este análisis, se logra señalar que desde lo biológico, en la estación A1, hubo morfoespecies características de aguas en óptima condición en su calidad, entre ellas los *Ephemeroptera* (*Lachlania* sp. y *Thraulodes* sp.),

Megaloptera (*Corydalus* sp.), propias de agua limpias, oxigenadas y con baja exposición a la luz; lo cual se relaciona con la buena cobertura vegetal del borde de la quebrada (Figura 3).

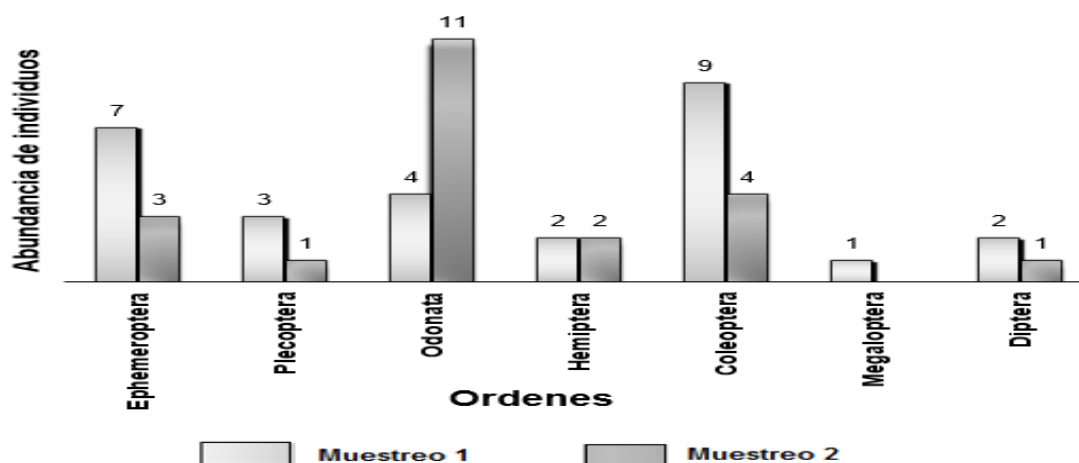


Figura 3. Comparación de la abundancia de órdenes de insectos para las dos épocas muestreos en la estación Vereda Sonora (A1) de la Quebrada El Borugo (Paujil, Caquetá). Elaboración propia a partir del programa Biodiversity Pro

En la estación A2, hubo pérdida en la diversidad y riqueza de especies en comparación con la estación A1, como también, la menor abundancia hallada durante todo el estudio. La cual se relaciona con la expansión de la frontera agropecuaria en especial la conversión del bosque por pasturas, hacen que el paisaje y sus componentes sean homogéneos, con implicaciones en el aporte de materia orgánica de origen vegetal al cauce, rocas grandes y rápidos, predominan en su lecho; lo que explica su reducción de hábitats y alimento, en especial para la fauna bentónica; sumado al tránsito de ganado por la quebrada y la captación de aguas que abastece el acueducto de la zona urbana de El Paujil y actividades de acuicultura.

Para la altitud A3 (balneario) hubo recuperación en la población de macroinvertebrados acuáticos, a pesar de ser

una localidad frecuentada por los pobladores para realizar actividades recreativas. Es de mencionar, que en la zona existen factores de compensación como vegetación arbórea y arbustiva dispersa, heterogeneidad en el tipo de lecho, pendientes fluctuantes que favorecen la oxigenación y en la variación topográfica que la disponibilidad de variedad en los microhábitats (caídas de agua, empozamientos, playas arenosas, vegetación marginal con raicillas, pequeños represamientos de hojarasca, entre otros). Hubo dominancia del Orden *Ephemeroptera*, seguido por *Plecoptera* y *Trichoptera* reportados por Domínguez y Fernández (2009) como sensibles a la contaminación, con preferencias de ecosistemas estables y con buenas condiciones en la calidad del agua.

Por último, se corrobora lo anterior con la correlación entre los descriptores diversidad biológica y la dominancia de especies encontradas en la Quebrada El Borugo (Figura 4). En el análisis, se confirma la tendencia

descrita anteriormente, en la cual, la estación A2 disminuye en la biodiversidad de especies en el tiempo, mientras que las estaciones A1 y A3, mantienen sus poblaciones.

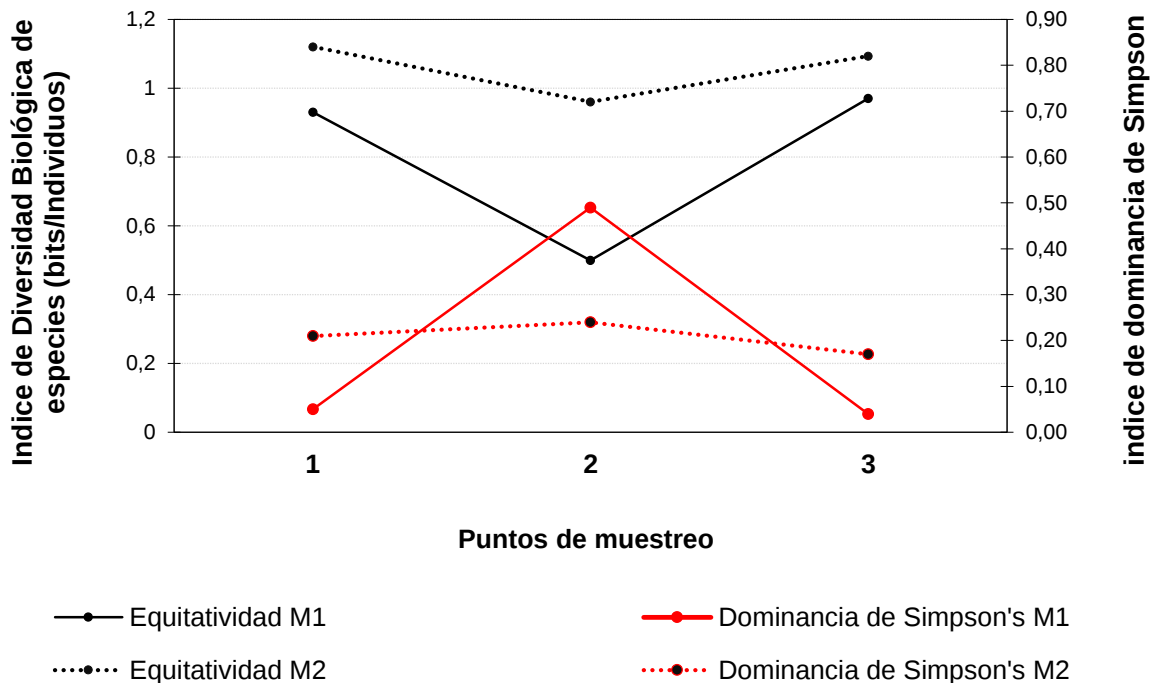


Figura 4. Correlación entre la diversidad biológica y la dominancia de especies de macroinvertebrados acuáticos presentes en la Quebrada El Borugo (Paujil, Caquetá). Elaboración propia a partir del programa Biodiversity Pro

Índices bióticos: El análisis de sensibilidad de los macroinvertebrados en relación con la calidad De esta manera, el índice EPT arrojó valores de clasificación de las aguas, que permitieron estimar como de calidad buena en la estación A1, regular en la estación A2 y muy buena en la estación A3 (53.1; 31.6 y 82.8 respectivamente). La variación en la composición de los tres órdenes más sensibles refleja las perturbaciones

que se ejercen en la microcuenca (Flowers y De la Rosa, 2010). Del mismo modo, los resultados del índice BMWP, mostraron tendencia tener aguas limpias en los tres sitios de muestreo, lo cual sugiere un grado de confiabilidad en este índice para valorar el agua, no obstante, la amenaza a la que están sometidas las comunidades en sitios vulnerables como el punto próximo a la bocatoma.

En cuanto a lo social y educativo, se logra explicar que el MCP permitió detectar este comportamiento y características del agua en la quebrada El Borugo y en las comunidades, una mejor comprensión de los ecosistemas acuáticos, su importancia y acciones ambientales en su conservación desde los territorios (Flores et al., 2013). En ese sentido, el salir de las aulas hacia ambientes de aprendizaje distinto como lo requiere el MCP, contribuye a la formación del vínculo entre sociedad y academia para aunar esfuerzos en la intervención de las diferentes problemáticas socioecológicas presente en la región, como también, de su comprensión para disminuir su vulnerabilidad (Perevochtchikova, et al., 2016).

Conclusiones

El conjunto de actividades realizadas durante el proceso de intervención investigativa como a nivel de diseño, permitió que, según los objetivos planteados, se obtuvieron las siguientes conclusiones: Por una parte, la investigación establecida se presentó como una iniciativa innovadora en cuanto a lo pedagógico, como acertada al contexto socio ambiental de la región, al ser el primero direccionado desde una Institución Educativa del municipio del Paujil. Por ello, se posiciona como proceso de intervención pionero centrado a conocer y reconocer el deterioro de los ecosistemas acuáticos como una realidad presente en el

mundo y con ello, incidir en la percepción de la necesidad de cambios conductuales en el grupo focalizado, fue un gran reto para esta investigación.

Desde esta perspectiva, las categorías y fundamentos conceptuales abordados en este proyecto de investigación favorecieron la comprensión de temas ambientales en torno al uso sostenible de los ecosistemas acuáticos a través de un plan de intervención y reflexión, por lo que se evidenció la dinámica de la participación del grupo focalizado en la construcción de ideas y aportes en la solución de éste. Lo anterior se logró respaldar, después de su implementación se observaron respuestas afirmativas de la mayoría del grupo focalizado con respecto al sentido de pertenencia con el ambiente, valores ecológicos y hábitos ambientales que no eran considerados transcendentales antes de la intervención de ésta. De igual forma, el aunar esfuerzos entre las instituciones del estado, las orientaciones adecuadas, con propósitos claros y trabajando de forma coordinada y colaborativa, ha podido generar los recursos suficientes y apoyo mutuo, para llevar adelante el proyecto con éxito.

Por otra parte, se evidenció que la integración del conocimiento interdisciplinar y alternativas de enseñanza en la escuela, es útil y valiosa para producir mejoras apreciables y significativas en la población participante, contribuyendo con la satisfacción, motivación y

prosperidad del proceso en ellos. Sin embargo, la experiencia confirma el grado de implicación, dedicación y compromiso que conlleva para el profesor avanzar y profundizar en el aprendizaje del estudiante, como también, el rendir información conjunta de calidad para producir aprendizajes significativos y socialmente valiosos como persona, profesional y como ciudadano.

En cuanto al Monitoreo Comunitario Participativo (MCP), se logra demostrar que a partir de estrategias pedagógicas y salidas de campo contextualizadas es posible caracterizar con la participación de cualquier población, el estado ecológico de la calidad del agua, de un ecosistema acuático, su importancia y educación hacia el uso sostenible del recurso hídrico, respondiendo a los tres objetivos específicos propuestos en este. Como resultado de ello, se logró evidenciar que durante la implementación de la estrategia se creó el “club defensor del

agua” quien de manera autónoma lideran procesos de divulgación científica y educación ambiental a la población en general, interesada en ser partícipe de actividades de aprendizaje, conservación y monitoreo de los recursos hídricos de la región.

En relación con el estado ecológico de la calidad del agua en el cauce principal de la Quebrada El Borugo y como ejercicio de interpretación entre el grupo focalizado, se evidencia que las estaciones de muestreo A1 (V. Sonora) y A3 (cerca al eje vial), conservan buenas condiciones para el establecimiento y desarrollo de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, a pesar de presiones antrópicas como las actividades agropecuarias y recreacionales. La estación A2 arrojó valores de clasificación del agua, como regular (31.6) los que se considera un sitio de atención y mayor monitoreo en cuanto a la calidad del agua.

Referencias

- Alba-Tercedor, Javier; Jáimez-Cuellar, Pablo; Álvarez, Maruxa; Avilés, Juan; Bonada, Nuria; Casas, Jesús; Mellado, Andrés; Ortega, Manuel; Pardo, Isabel; Prat, Narcis; Rieradevall, María; Robles, Santiago; Sáinz-Cantero, Carmen; Sánchez-Ortega, Antonio; Suárez, María; Toro, Manuel; Vidal-Abarca, María; Vivas, Soledad y Zamora-Muñoz, Carmen. (2002). *Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP)*. Limnética 21(3-4):175-185. Recuperado de <https://bit.ly/3AG7NJm>
- Alcaldía de El Paujil (2016). *Plan de desarrollo municipal de El Paujil, 2016-2019, “Nuevos Retos, Más Progreso”*. Recuperado de <https://bit.ly/3AC40wB>
- Álvarez-Arango, Luisa. (2005). *Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, D.C. 263.
- Andrade Pérez, Ángela; Aguedas Mora, Stanley y Vides, Roberto (2011). *Guía para la aplicación y monitoreo del Enfoque Ecosistémico*. Publicación CEM-UICN, UNESCO-Programa MAB, CI Colombia, ELAP-UCI, FCBC.

- Carrera, Carlos y Fierro, Karol (2001). *Manual de monitoreo. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua*. Editorial Eco Ciencia. Quito, Ecuador. 67.
- Domínguez, Eduardo; Molineru, Carlos y Nieto, Carolina (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo. Tucuman- Argentina. 654.
- Flores-Díaz, Adriana; Ramos-Escobedo, Miriam; Ruiz-Córdova, Sergio; Manson, Roberto; Aranda, Eduardo y Deutsch, William (2013). *Monitoreo comunitario del agua: retos y aprendizaje desde la perspectiva de Global Water Watch-México*. México, DF: GWW. Recuperado de <https://bit.ly/3lWzqYw>
- Flowers, Ralph y De la Rosa, Carlos (2010). *Ephemeroptera, Capítulo 4*. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. 58 (Suppl. 4): 63-93. Recuperado de <https://bit.ly/2W5BKDG>
- García, Juan; Sarmiento, Luisa; Salvador, Manuel y Porras, Lina (2017). Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña. Revisión corta. *UGCiencia*, 23, 47-62. Recuperado de <https://bit.ly/3o6DBnl>
- García García, Luz y López Osorio, Rossana (2018). *Cambio climático y cuidado de la naturaleza: percepción de la comunidad de El Paso, departamento del César, Caquetá*. Universidad de Manizales, Colombia. Recuperado de <https://bit.ly/3CFXQw7>
- Gualdrón Durán, Luis. (2016). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos. Compendio de trabajos de investigación. *Revista dinámica ambiental*, No.1 Año1. 83-90. Recuperado de <https://bit.ly/2XRFFyo>
- Hernández Sampieri, Roberto., Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, María. (2010). *Metodología de la investigación, 5ª edición*. México: Mc. Graw Hill.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt [IAVH], Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], Investigaciones Ambientales del Pacífico [IIAP], Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras [INVEMAR], Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas [SINCHI] (2011). *Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables 2010*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Bogotá D.C., Colombia. 384.
- Jara Araujo, Milagros. (2019). *Programa de Hábitos Ecológicos en la Conciencia Ambiental en los estudiantes de 4to grado de educación secundaria* (Tesis doctoral). Universidad César Vallejo, Perú. Recuperado de <https://bit.ly/3CxNi2e>
- Kleine, Priscila & Trivinho-Strixino, Susana. (2005). Chironomidae and other aquatic macroinvertebrates of a first order stream: community response after habitat fragmentation. *Acta Limnológica Brasileira* 17(1): 81- 90. Recuperado de <https://bit.ly/2W5eVQu>
- Liévano León, Arturo y Ospina Torres, Rodolfo. (2007). *Guía ilustrada de los macroinvertebrados acuáticos del Río Bahamón*. Universidad El Bosque e Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia.
- Manrique Losada, Lis y Peláez Rodríguez, Marlon (2013). *Manual de Análisis de calidad de aguas en ecosistemas acuáticos Andino-Amazónicos. Análisis físicos y químicos*. Universidad de la Amazonia: 179 p.
- Molano-Rendón, Fredy; Morales-Castaño, Irina y Serrato-Hurtado, Clemencia. (2008). Clasificación y hábitats de Gerridae (Heteroptera - Gerromorpha) en Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 13 (2): 41-60. Recuperado de <https://bit.ly/3EInvX7>
- Peters, Junenette L., Murray, Richard W., Sparks, Joel W., Coleman, Drew S (2000) *Components and accumulation rates of sediments from ODP Leg 165 sites*. PANGEA.
- Perevochtchikova, María; Aponte, Nidya; Zamudio, Verónica y Sandoval, Gabriel (2016). Monitoreo comunitario participativo de la calidad del agua: caso Ajusco, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 7(6) 5-23. Recuperado de <https://bit.ly/3ELquOe>.
- Posada-García, José y Roldán-Pérez, Gabriel. (2003). *Clave ilustrada y diversidad de las larvas*

de Trichoptera en el noroccidente de Colombia. Caldasia. 25 (1): 169-192

240. Universidad de Costa Rica. Editorial, Universidad de Costa Rica. San José, C.R.

Prat, Narcis; Ríos, Blanca; Acosta, Raúl y Rieradevall, María (2009). Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. En E. Domínguez y H.R. Fernández (Eds). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología.* Tucumán, Argentina. Fundación Miguel Lillo. 654. Recuperado de <https://bit.ly/3u5txvZ>

Quincho Apumayta, Raúl (2015). *Práctica de hábitos ecológicos para la conservación del medio ambiente en conservación del medio ambiente.* Huancavelica: Universidad para el Desarrollo Andino. Recuperado de <https://bit.ly/3hXi9xl>

Roldán Pérez, Gabriel (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col.* Universidad de Antioquia. Colombia. Universidad de Medellín. 21.

Sánchez, Paula y Motta, Lina (2017). *Caracterización de Gerromorpha y Nepomorpha presentes en la microcuenca el Borugo del municipio El Paujil-Caquetá (Colombia).* Trabajo de grado. Programa Ingeniería Agroecológica. Facultad de Ingeniería, Universidad de la Amazonia, Florencia. 61p.

Saldarriaga Pascuas, Astrid y Vivero Parra, Lady (2006). *Plan de Ordenamiento y Manejo de la Microcuenca de la Quebrada El Borugo, Municipio de El Paujil.* Trabajo de grado. Programa Ingeniería Agroecológica. Facultad de Ingeniería, Universidad de la Amazonia, Florencia. 205.

Serrato Hurtado, Clemencia y Duque, Santiago. (2008). Calidad de las aguas de sistemas de la Amazonía andina colombiana, a través de la bioindicación con macroinvertebrados acuáticos. *Revista Gente, tierra y agua en la Amazonía.* Universidad Nacional de Colombia- Sede Amazonía. Instituto Amazónico de Investigaciones IMANI. Editorial, Guadalupe Ltda. Bogotá DC. 86.

Springer, Monica; Ramírez, Alonso y Hanson, Paul (2010). Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I. *Revista de Biología Tropical*, 58: